



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“DISEÑO DE PROTOTIPO DE CONTROL AUTÓMATA
PARA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS DEL
BANANO EN LA FINCA LA CANTARINA S.A.S.- SANTA
ELENA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

AUTORES:

JIMÉNEZ SALINAS RONALD FABRICIO
DEL PEZO CHALÉN KLEINER MANUEL

TUTOR:

Ing. BUENAÑO BUENAÑO EDISON NOE, Msc.

LA LIBERTAD, ECUADOR

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA

ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAL

TEMA:

**“DISEÑO DE PROTOTIPO DE CONTROL AUTÓMATA
PARA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS
DEL BANANO EN LA FINCA LA CANTARINA S.A.S.-
SANTA ELENA”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTOR(ES):

DEL PEZO CHALÉN KLEINER MANUEL

JIMÉNEZ SALINAS RONALD FABRICIO

TUTOR:

Ing. BUENAÑO BUENAÑO EDISON NOE, Msc.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

CERTIFICACIÓN

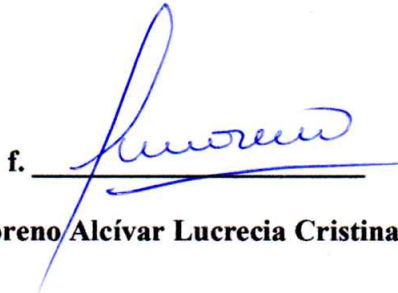
Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por **Del Pezo Chalén Kleiner Manuel** y **Jiménez Salinas Ronald Fabricio**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Industrial**.

TUTOR



f. _____
Ing. Buenaño Buenaño Edison Noe, Msc.

DIRECTOR DE LA CARRERA



f. _____
Ing. Moreno Alcívar Lucrecia Cristina, PhD

La Libertad, a los 26 días del mes de noviembre del año 2024

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Proyecto de Investigación “DISEÑO DE PROTOTIPO DE CONTROL AUTÓMATA PARA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS DEL BANANO EN LA FINCA LA CANTARINA S.A.S.- SANTA ELENA”, elaborado por el Sr. DEL PEZO CHALÉN KLEINER MANUEL y el Sr. JIMÉNEZ SALINAS RONALD FABRICIO, estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR



f.

Ing. Buenaño Buenaño Edison Noe, Msc.

La Libertad, a los 26 días del mes de noviembre del año 2024.

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **Del Pezo Chalén Kleiner Manuel y Jiménez Salinas**

Ronald Fabricio

DECLARAMOS QUE:

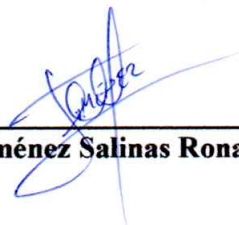
El Trabajo de Titulación, **Diseño de prototipo de control autómeta para optimización de procesos productivos del banano en la finca La Cantarina S.A.S.- Santa Elena**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de nuestra total autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 26 del mes de noviembre del año 2024

LOS AUTOR (ES)

f. Kleiner D.
Del Pezo Chalén Kleiner Manuel

f. 
Jiménez Salinas Ronald Fabricio

AUTORIZACIÓN

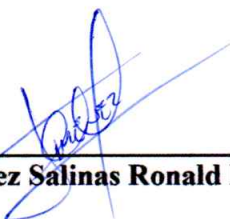
Nosotros, **Del Pezo Chalén Kleiner Manuel y Jiménez Salinas Ronald**
Fabricio

Autorizamos a la Universidad Estatal Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución el Trabajo de Titulación, **Diseño de prototipo de control automático para optimización de procesos productivos del banano en la finca La Cantarina S.A.S.- Santa Elena**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 26 días del mes de noviembre del año 2024.

LOS AUTOR(ES):

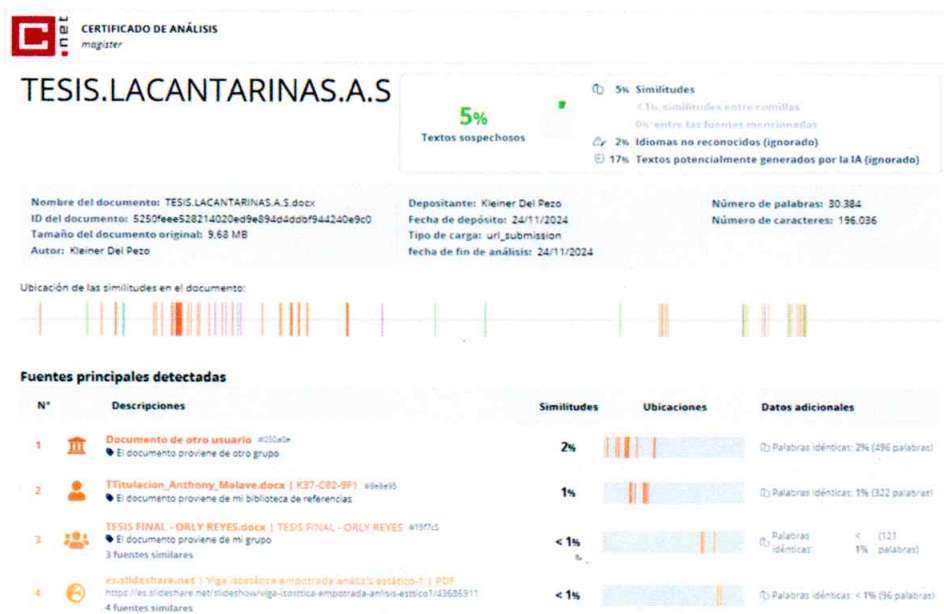
f. Kleiner M.
Del Pezo Chalén Kleiner Manuel

f. 
Jiménez Salinas Ronald Fabricio

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del trabajo de investigación para titulación del tema “DISEÑO DE PROTOTIPO DE CONTROL AUTÓMATA PARA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS DEL BANANO EN LA FINCA LA CANTARINA S.A.S.- SANTA ELENA” elaborado por el Sr. DEL PEZO CHALÉN KLEINER MANUEL y el Sr. JIMÉNEZ SALINAS RONALD FABRICIO, egresado de la carrera de Ingeniería de Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingenieros Industriales me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio COMPILATIO, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 5% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.



Atentamente,

f. 
Ing. Edison Noe Buenaño Buenaño, Msc.

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

Santa Elena, 25 de noviembre del 2024

Yo, **Mónica Isabel Paredes Castro**, Magíster en Educación Básica, con registro de la **SENECYT N° 1023-2024-2904505** por medio del presente certifico que:

Después de revisar y corregir la sintaxis y ortografía del trabajo investigativo titulado **“DISEÑO DE PROTOTIPO DE CONTROL AUTÓMATA PARA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS DEL BANANO EN LA FINCA LA CANTARINA S.A.S.- SANTA ELENA”**, elaborado por los estudiantes **RONALD FABRICIO JIMÉNEZ SALINAS** y **KLEINER MANUEL DEL PEZO CHALÉN** en su opción al título de **INGENIERO INDUSTRIAL** en la Universidad Estatal Península de Santa Elena, puedo afirmar que el trabajo está apto para ser defendido.

Sin otro particular.



Lic. Mónica Paredes Castro, M.Sc.

C.I: 0605353143

Celular: 0969917044

Correo: misabelp1017@gmail.com

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a Dios, cuya infinita bondad y amor me han dado la fortaleza y la sabiduría necesaria para culminar el trabajo de integración curricular. Él ha sido mi guía, permitiéndome afrontar cada desafío con paciencia, determinación y esperanza.

Mis agradecimientos al Ing. Muyulema Allaica Juan Carlos docente U.I.C y al Ing. Buenaño Buenaño Edison Noe tutor de tesis, por su compromiso y dedicación formando así parte de este recorrido depositando su confianza, impartiéndonos su conocimiento, tiempo y paciencia.

A mis padres el señor Del Pezo Suárez Manuel y la señora Chalén Del Pezo Lourdes quienes son el pilar fundamental en mi vida y mi fuente de motivación, les debo el mayor de los agradecimientos, por su apoyo incondicional, por brindarme su ayuda en cada momento, por su amor y confianza en mí.

A la señorita Del Pezo Chalén Allison y Pozo De La O Nallely, quienes formaron parte de este proceso, brindando su apoyo incondicional en los momentos más complejos de esta etapa.

También quiero expresar mi gratitud al señor Jiménez por su invaluable ayuda en la fabricación del prototipo. Su apoyo y experiencia dentro del campo mecánico fueron esenciales para culminar el trabajo deseado.

KLEINER DEL PEZO CHALÉN

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a Dios por darme la sabiduría suficiente, también a todos los buenos deseos que me brindaron en términos de inspiración, para culminar este proyecto de tesis, ya que sin duda será una de las cosas más importantes de nuestra profesión.

Me siento muy honrado por todo el apoyo de mi familia que ha brindado durante este largo proceso. Agradezco a mis padres y hermanos por el amor, la paciencia y el aliento que me han mostrado durante este periodo.

Doy la gracia a nuestro tutor y el conocimiento que me ha brindado, permitiéndome realizar esta extenuante investigación y mi mayor agradecimiento está para él. Estuvo allí para brindarnos la correcta orientación durante todo el proceso.

Gracias al personal de la finca La Cantarina S.A.S por proporcionarnos la información necesaria para la respectiva investigación que me ayudó a comprender y evaluar los métodos de producción de la finca y crear el prototipo de control automatizado.

Agradezco a mis amigos y docentes por estar ahí durante mi preparación académica. Su sabiduría y apoyo han sido muy esenciales en mi viaje y en la finalización de este capítulo más en mi vida.

RONALD JIMÉNEZ SALINAS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a Dios el cual me preparo para esta etapa de la vida estudiantil, quien me ha brindado paz y responsabilidad para afrontar los obstáculos que se presentan en el día a día. Al señor Del Pezo Suárez Manuel y la señora Chalén Del Pezo Lourdes, que bajo su apoyo incondicional y sacrificios me han brindado las herramientas suficientes para alcanzar este logro. A la señorita Del Pezo Chalén Allison y Pozo De La O Nallely, por creer en mí y brindarme su apoyo en los momentos más difíciles, levantando mi autoestima y enseñándome a no rendirme.

KLEINER DEL PEZO CHALÉN

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres y hermanos gracias al inmenso amor, sabiduría y motivación, les dedico este logro a ustedes, quienes me han ayudado durante todo este largo proceso de mi etapa académica.

Desde un comienzo me enseñaron lo importante que es ser perseverante, que el esfuerzo tiene su recompensa, me han demostrado que siempre van a estar ahí, así sea en los peores momentos, ustedes mi familia nunca tendré las suficientes palabras para agradecerles, espero que mis acciones recompense un poco el agradecimiento que les tengo, sin más que decir, este trabajo de titulación es para ustedes, en especial a ti mama, que sé que me cuidas y proteges desde el cielo, de alguna manera tu amor sigue respaldándome y que este logro es sin duda una forma de honrar homenaje a tu memoria y a todo lo que me enseñaste durante el tiempo que estuviste conmigo.

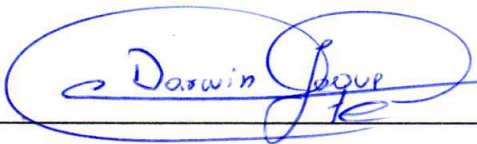
RONALD JIMÉNEZ SALINAS

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

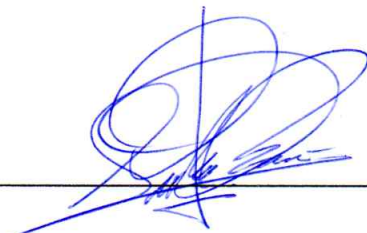
Ing. Lucrecia Cristina Moreno Alcívar, PhD.

DIRECTOR DE CARRERA

f. 

Ing. Darwin Gustavo Jaque Puca, Msc.

DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

Ing. Edison Noe Buenaño Buenaño, Msc

DOCENTE TUTOR

f. 

Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica, PhD.

DOCENTE UIC

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	v
AUTORIZACIÓN.....	vi
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	vii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
DEDICATORIA	xi
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	xiii
ÍNDICE GENERAL.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xx
ÍNDICE DE ANEXOS	xxiii
LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS.....	xxv
RESUMEN.....	xxvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	12

MARCO TEÓRICO	12
1.1. Antecedentes investigativos.....	16
1.2. Estado del arte.....	18
1.2.1. Desarrollo del proceso de revisión de alcance	20
1.3. Proceso analítico de jerarquía	29
1.4. Delineación del protocolo	33
1.5. Discusión del estado del arte.....	35
1.6. Fundamentos teóricos.....	36
1.7. Recapitulación del capítulo I.....	38
 CAPÍTULO II.....	 40
 MARCO METODOLÓGICO.....	 40
2.1. Enfoque de investigación.....	40
2.2. Diseño de investigación.....	41
2.3. Procedimiento metodológico.....	41
2.4. Población y muestra.....	43
2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos.....	45
2.5.1. Técnica de recolección de datos.....	46
2.5.2. Instrumentos de recolección.....	47
2.6. Variables del estudio.....	48
2.7. Operacionalización de las variables.....	48
2.8. Procedimiento para la recolección de los datos.....	51
2.9. Plan de análisis e interpretación de los resultados.....	52
2.10. Recapitulación del capítulo II.....	54
 CAPÍTULO III.....	 55

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
3.1. Contexto organizacional.....	55
3.1.1. Generalidades.....	55
3.1.2. Organigrama estructural.....	56
3.1.3. Análisis situacional.....	65
3.2. Marco de resultados.....	74
3.2.1. Validación del instrumento de recolección de datos.....	75
3.2.2. Análisis de fiabilidad alfa de Cronbach.....	81
3.2.3. Correlación de las variables por método de Pearson.....	83
3.3. Propuesta de mejora	85
3.3.1. Tema.....	85
3.3.2. Introducción.....	85
3.3.3. Objetivos.....	85
3.3.4. Diseño de prototipo de control automático para optimización de procesos productivos del banano.....	87
3.3.5. Presupuesto y retorno de la inversión	125
3.4. Marco de discusión.....	127
CONCLUSIONES.....	130
RECOMENDACIONES.....	131
BIBLIOGRAFÍA.....	132
ANEXOS	147

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Causas y sus frecuencias.	4
Tabla 2. Tabla de Pareto.....	5
Tabla 3. Revisión narrativa.	13
Tabla 4. Criterios de inclusión y exclusión.	21
Tabla 5. Matriz referencial de artículos.	23
Tabla 6. Matriz de criterios método saaty.	30
Tabla 7. Matriz de ponderación final.	31
Tabla 8. Credibilidad de los datos.....	32
Tabla 9. Criterios evaluados.....	32
Tabla 10. Población.....	44
Tabla 11. Personas inmersas en la encuesta.....	45
Tabla 12. Operacionalización de las variables.....	49
Tabla 13. Plan para la recolección de información.	53
Tabla 14. Datos generales de la empresa	55
Tabla 15. Funciones de la empresa La Cantarina S.A.S.	57
Tabla 16. Inventario de procesos.....	58
Tabla 17. Tabla de nivel de confianza.....	61
Tabla 18. Abreviatura de la fórmula de cálculo de la muestra.....	61
Tabla 19. Diagrama de flujo del proceso.	64
Tabla 20. Cálculo del tiempo estándar.....	67
Tabla 21. Tiempo suplementario.....	68
Tabla 22. Tabla para cartas de control.	69
Tabla 23. Límites de control	70
Tabla 24. Criterios de inclusión de expertos.	75

Tabla 25. Evaluación de expertos.	76
Tabla 26. Ábaco de Regnier.....	76
Tabla 27. Análisis de frecuencia de las rondas de validación por expertos..	77
Tabla 28. Tabulación de los datos obtenidos en la encuesta.....	77
Tabla 29. Tabulación de los datos obtenidos en la encuesta.....	78
Tabla 30. Tabulación de los datos obtenidos en la encuesta.....	78
Tabla 31. Análisis de resultados obtenidos de la encuesta.....	79
Tabla 32. Valoración de procesamiento de datos.....	82
Tabla 33. Fiabilidad del instrumento.....	82
Tabla 34. Correlación de variables por Pearson.....	84
Tabla 35. Características del motor eléctrico.....	95
Tabla 36. Pulsador con enclavamiento.....	96
Tabla 37. Indicadores pilotos.....	96
Tabla 38. PLC logo.....	97
Tabla 39. Pantalla HMI.....	97
Tabla 40. Sensor de proximidad inductivo.....	98
Tabla 41. Cargas del prototipo.....	103
Tabla 42. Propiedades de estudio.....	107
Tabla 43. Cargas y sujeción.....	108
Tabla 44. Información de malla.....	110
Tabla 45. Creación del prototipo.....	112
Tabla 46. Estudio de tiempo – propuesto.....	114
Tabla 47. Tabla de suplementos – Propuesto.....	115
Tabla 48. Comparación de resultados del OEE.....	117
Tabla 49. Temas a capacitar.....	119

Tabla 50. Cronograma de capacitaciones.....	120
Tabla 51. Plan de mantenimiento para el prototipo.	122
Tabla 52. Presupuesto del proyecto.....	125
Tabla 53. Cálculo de flujo de fondo.....	126

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Pareto.	6
Figura 2. Diagrama de Ishikawa nivel 1.	7
Figura 3. Diagrama de Ishikawa nivel 2.	8
Figura 4. Pasos del metaanálisis.	13
Figura 5. Pasos de revisión de alcance.....	14
Figura 6. Pasos de revisión integrativa.	15
Figura 7. Proceso de revisión de alcance.	20
Figura 8. Estudios para el trabajo de investigación.	22
Figura 9. Herramientas más utilizadas en la revisión de la literatura.	29
Figura 10. Herramientas identificadas en la matriz referencial.	30
Figura 11. Protocolo por seguir en la investigación.....	34
Figura 12. Protocolo de la investigación.....	40
Figura 13. Diseño de investigación.....	41
Figura 14. Procedimiento metodológico.....	42
Figura 15. Plan direccionado a recolección de datos.....	46
Figura 16. Etapas de la técnica de ábaco de Régnier.....	47
Figura 17. Plan proceso para la recolección de datos.	51
Figura 18. Ubicación de la finca La Cantarina S.A.S.	55
Figura 19. Organigrama estructural.	56
Figura 20. Plan mapa de procesos de La Cantarina S.A.S.....	59
Figura 21. Proceso productivo.	60
Figura 22. Diagrama de operaciones del proceso.	63
Figura 23. Recorrido del cable vía.	66
Figura 24. Carta de control -Promedio.....	70

Figura 25. Carta de control por rango.....	71
Figura 26. Esquema de soporte.....	87
Figura 27. Esquema de soporte con sus actuadores.....	88
Figura 28. Diseño de prototipo	89
Figura 29. Diseño del plano eléctrico.	89
Figura 30. Sistema eléctrico panel de control.....	90
Figura 31. Programación LADDER 1.....	90
Figura 32. Programación LADDER 2.....	91
Figura 33. Programación LADDER 3.....	91
Figura 34. Programación HMI 1.	92
Figura 35. Programación HMI 2.	92
Figura 36. Cable de acero	98
Figura 37. Tubo de acero	98
Figura 38. Polea de aluminio	99
Figura 39. Polea de aluminio	99
Figura 40. Platina de acero.....	100
Figura 41. Tubo de acero.	100
Figura 42. Chumacera.....	101
Figura 43. Eje de transmisión	101
Figura 44. Rodamiento.....	102
Figura 45. Perno de acero	102
Figura 46. Plancha de acero.	102
Figura 47. Caja metálica.	103
Figura 48. Diagrama de flujo de armaje	111
Figura 49. Pruebas con el prototipo.	113

Figura 50. Gráfica de comparación de OEE actual – propuesto.....	118
Figura 51. Ponderación de datos – Pregunta 1.....	160
Figura 52. Ponderación de datos – Pregunta 2.....	160
Figura 53. Ponderación de datos – Pregunta 3.....	161
Figura 54. Ponderación de datos – Pregunta 4.....	161
Figura 55. Ponderación de datos – Pregunta 5.....	162
Figura 56. Ponderación de datos – Pregunta 6.....	162
Figura 57. Ponderación de datos – Pregunta 7.....	163
Figura 58. Ponderación de datos – Pregunta 8.....	163
Figura 59. Ponderación de datos – Pregunta 9.....	164
Figura 60. Ponderación de datos - Pregunta 10.	164
Figura 61. Ponderación de datos – Pregunta 11.....	165
Figura 62. Ponderación de datos – Pregunta 12.....	165

ÍNDICE DE ANEXOS

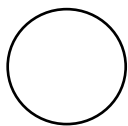
Anexo A.- Carta de aceptación de la empresa.	147
Anexo B.- Proceso analítico jerárquico (AHP).....	148
Anexo C.- Proceso productivo en la finca La Cantarina S.A.S.	149
Anexo D.- Sistema de suplementos.	153
Anexo E.- Valoración por Westinghouse.	154
Anexo F.- Tabla parcial para construir tablas de control.....	154
Anexo G.- Encuesta.....	155
Anexo H.- Validación de encuesta por expertos.	156
Anexo I.- Evidencia de la recolección de datos.....	158
Anexo J.- Resultado de encuestas realizadas.	159
Anexo K.- Tabulación de datos de las encuestas.....	160
Anexo L.- Fiabilidad alfa de Cronbach.	166
Anexo M.- Correlación de Pearson.	166
Anexo N.- Diseño de la estructura.....	167
Anexo O.- Medidas del motor trifásico.	168
Anexo P.- Diseño del eje.	169
Anexo Q.- Diseño de poleas.	170
Anexo R.- Diseño de polea pequeña.....	171
Anexo S.- Diseño de chumacera.....	172
Anexo T.- Ensamble del prototipo.....	173
Anexo U.- Ficha técnica del cable de acero.....	174
Anexo V.- Ficha técnica tubo redondo de acero.....	175
Anexo W.- Ficha técnica tubo cuadrado de acero.	176
Anexo X.- Ficha técnica plancha de acero.....	177

Anexo Y.- Construcción del prototipo de control automática.....	178
Anexo Z.- Toma de tiempos del prototipo.....	181
Anexo AA.- Valoración por Westinghouse – Propuesto.	182
Anexo BB.- Trabajo en el laboratorio de automatización.	182
Anexo CC.- Simulación de carga en el prototipo.....	183
Anexo DD.- Costo del prototipo de control automática.	184
Anexo EE.- Carta de donación.	185

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS

Controlador lógico programable	PLC
Diagrama de flujo del proceso	DFP
Diagrama de operaciones del proceso	DOP
Eficacia global de equipos productivos	OEE
Gestión de calidad total	GTC
Interfaz hombre-máquina	HMI
Modelo de gestión de calidad total	TQM
Pequeñas y medianas empresas	PYMES
Periodo de recuperación	PR
Proceso analítico jerárquico	AHP
Producto interno bruto	PIB
Revisión narativa	RN
Statistical package for the social sciences	SPSS
Tasa interna de retorno	TIR
Valor actual neto	VAN
Variable dependiente	VD
Variable independiente	VI

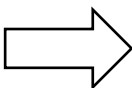
TABLA DE SÍMBOLOS



OPERACIÓN



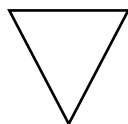
INSPECCIÓN



TRANSPORTE



DEMORA



ALMACENAMIENTO

UNIDADES DE MEDICIÓN

Centímetro	cm
Metro	m
Milímetro	mm
Pulgada	inch

“DISEÑO DE PROTOTIPO DE CONTROL AUTÓMATA PARA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS DEL BANANO EN LA FINCA LA CANTARINA S.A.S.- SANTA ELENA”

Autor(es): Del Pezo Chalén Kleiner Manuel

Jiménez Salinas Ronald Fabricio

Tutor: Ing. Buenaño Buenaño Edison Noe, Msc.

RESUMEN

La presente investigación se enfocó en el desarrollo de un prototipo de control automático para mejorar los procesos productivos en la finca La Cantarina S.A.S., ubicada en Santa Elena, Ecuador. Su objetivo principal fue optimizar el transporte de banano desde la zona de cosecha hasta el área de empaque, buscando incrementar la eficiencia y calidad del producto. Para ello, se utilizó una metodología cuantitativa con enfoque no experimental, empleando un muestreo no probabilístico y encuestas validadas mediante el ábaco de Régnier. Como resultado, el tiempo de traslado se redujo de 17.01 a 14.46 minutos, mejorando la eficiencia en un 15.34%. Además, el OEE (Overall Equipment Effectiveness) aumentó un 14.12%, pasando de una categoría inaceptable a una regular. Este incremento se correspondió a mejoras en la disponibilidad del sistema (del 85.3% al 87.90%), la calidad del producto (del 84% al 86.67%) y el rendimiento (del 71.43% al 85.71%). Estas mejoras reflejan un uso más eficiente de los recursos y una operación productiva más sostenible. Desde el aspecto económico, el costo del proyecto fue de \$16,062.50, con un período de recuperación de 4 años, 3 meses y 5 días, el análisis financiero muestra un valor neto actual (VAN) de \$18,266.85, lo que indica que la inversión inicial del proyecto se recupera, incluso al considerar una tasa de descuento del 10%. Estos resultados validan la propuesta como una solución rentable y sostenible para la optimización de procesos en el sector agrícola.

Palabras Claves: control automático, optimización, eficiencia, OEE, transporte banano, Logo PLC.

“DESIGN OF AN AUTOMATED CONTROL PROTOTYPE FOR OPTIMIZING BANANA PRODUCTION PROCESSES AT LA CANTARINA S.A.S. FARM - SANTA ELENA.”

Author(s): Del Pezo Chalén Kleiner Manuel - Jiménez Salinas Ronald Fabricio

Advisor: Ing. Buenaño Buenaño Edison Noe, Msc.

ABSTRACT

This research focused on developing an automated control prototype to improve production processes at La Cantarina S.A.S. farm, located in Santa Elena, Ecuador. The primary objective was to optimize the transport of bananas from the harvesting area to the packaging area, aiming to increase the product's efficiency and quality. For this purpose, a quantitative methodology with a non-experimental approach was used, employing non-probabilistic sampling and surveys validated through the Regnier's Abacus method. As a result, transport time was reduced from 17.01 to 14.46 minutes, improving efficiency by 15.34%. Additionally, the Overall Equipment Effectiveness (OEE) increased by 14.12%, moving from an unacceptable to a regular category. This increase was due to improvements in system availability (from 85.3% to 87.90%), product quality (from 84% to 86.67%), and performance (from 71.43% to 85.71%). These enhancements reflect a more efficient use of resources and a more sustainable production operation. From an economic perspective, the project cost was \$16,062.50, with a payback period of 4 years, 3 months, and 5 days. The financial analysis shows a Net Present Value (NPV) of \$18,266.85, indicating that the project's initial investment is recovered, even when considering a 10% discount rate. These results validate the proposal as a profitable and sustainable solution for optimizing processes in the agricultural sector.

Keywords: *automated control, optimization, efficiency, OEE, banana transport, Logo PLC.*

INTRODUCCIÓN

El control automático ha tomado un impacto considerable sustituyendo los sistemas tradicionales al momento de ejecutar tareas que manuales, enfatizando un hito en la automatización industrial reduciendo la mano de obra del ser humano. Los bocetos modulares y modernos consiguen adecuar la eficiencia de operaciones cambiantes en producción y sistemas autónomos, facilitando su consumación en numerosas manufacturas, dando como resultado en empresas manufactureras el 70% la adopción de estos enfoques aumentando la eficiencia operativa de 30 % respectivamente (Salkic et al., 2022). También a nivel global los sistemas automatizados alcanzaron \$12,5 mil millones en 2020, creciendo el 5.6% anualmente desde 2017, lo que resalta la capacidad de optimizar procesos al incrementar la competitividad en entornos industriales (David-Páez et al., 2020).

En Hispanoamérica, los sistemas de control automáticos generan un gran impacto en industrias, generando capacidades de soporte en condiciones ambientales para adaptarse a niveles óptimos, robustos y confiables, incursionando en aplicaciones automatizadas, los siguientes componentes; PLC, LOGO PLC de SIEMENS, son de vital importancia al mejorar notablemente la eficiencia, precisión en actividades de control autónomo (Reyes, 2021). El uso de estas herramientas logró aumentar un 60% de procesos, actividades o tareas en fábricas que adoptaron estos sistemas, implementando sensores adaptados a entornos diferentes, garantizando operaciones confiables y eficientes al momento de ejecutar sus operaciones (Natee-Thong, 2022).

A nivel de Ecuador, los sistemas de controles en empresas industriales se han visto en la necesidad de utilizar PLC para automatizar procesos elevando la eficiencia operacional de procesos físicos que dependían de la mano del hombre. La implementación de sistemas en instalaciones de plantas hidroeléctricas y estaciones de redes modulares, facilitando la automatización de los procesos y control eficiente de trabajadores. Sin embargo, al ser componentes vitales de la infraestructura nacional, estos sistemas son frecuentemente blanco de ataques cibernéticos, lo que subraya la necesidad de mejorar su ciberseguridad (Rais et al., 2022).

En Ecuador, a pesar de la creciente adopción de sistemas de control automatizado en diversas industrias a nivel nacional, incluyendo las 24 provincias y

especialmente Santa Elena, no se ha documentado la implementación de estas tecnologías en el sector agrícola. Bajo estos contextos, la finca la Cantarina S.A.S., emplazada en el cantón Santa Elena, se ve en la necesidad de optimizar el proceso de producción debido a la demandad del mercado en productos con mayor calidad y eficacia en todos sus procesos.

Actualmente, el transporte manual de banano a través del cable aéreo expone a los trabajadores a riesgos de lesiones y provoca demoras en el proceso. Mediante el análisis de un prototipo de sistema de control automatizado, la empresa busca incrementar su eficiencia operativa y mejorar el control de sus procesos. Sin embargo, la carencia de estudios previos que evalúen el impacto de esta tecnología en la agricultura ecuatoriana limita la comprensión de sus beneficios potenciales. Este vacío de conocimiento subraya la necesidad de investigar cómo la implementación de sistemas de control automatizado puede transformar las dinámicas productivas del sector agrícola local y ayudar a fincas como La Cantarina S.A.S. a adaptarse a las demandas del mercado global.

Un sistema de control automática emplea módulos de entrada y salida para ejecutar un diagrama de escalera (LD), integrando bloques de funciones PID que controlan los parámetros del proceso. Las señales analógicas de estos parámetros se convierten en digitales y se envían al controlador PID para su procesamiento eficiente. No obstante, al aumentar la cantidad de parámetros controlados, el tiempo de exploración del PLC se ralentiza, lo que puede comprometer su capacidad para gestionar el proceso de manera óptima (Porcelli, 2021; Menber-Nuñes et al., 2018; Herrera et al., 2014).

Este trabajo propone un controlador PID múltiple basado en una matriz de puertas programables en campo (FPGA) para mantener el tiempo de exploración del PLC bajo. La ejecución simultánea de múltiples controladores PID se logra asignando recursos de hardware FPGA separados para cada entrada digital, utilizando una novedosa conversión de analógico a digital (Dhanabalan et al., 2022).

En este estudio se plantea diseñar un prototipo de control automático para la finca La Cantarina S.A.S, ubicada en la provincia de Santa Elena, comuna Juan Montalvo. Este sistema automatizado mejorará el proceso de producción al emplear tecnología avanzada y métodos que no solo optimizan la producción, sino que también

aumentan la calidad y sostenibilidad del producto final. Además, permitirá una mayor precisión en el control estadístico y en la recopilación y análisis de datos, proporcionando una visión más detallada del proceso de producción para facilitar una mejor toma de decisiones y lograr un rendimiento óptimo para la finca. La adopción de tecnología brinda una ventaja estratégica que fortalezca su capacidad de adaptarse a las dinámicas del sector agrícola y a las exigencias del mercado global. El desarrollo de la investigación se estructura de la siguiente manera:

El presente trabajo inicia en el Capítulo I con una revisión exhaustiva de la literatura científica más reciente, centrándose en investigaciones relacionadas con el desarrollo de prototipos de control autónomo para optimizar procesos productivos. Esta revisión bibliográfica sienta las bases teóricas del estudio y justifica la elección de las variables a analizar.

En el Capítulo II, se detalla la metodología empleada para llevar a cabo la investigación, incluyendo las técnicas y herramientas utilizadas para recolectar y analizar los datos. Esta sección describe el proceso paso a paso que se siguió para alcanzar los objetivos del estudio.

Finalmente, el Capítulo III presenta la propuesta de diseño de un prototipo de control autónomo, específicamente diseñado para mejorar la ergonomía y, por ende, la productividad de los trabajadores de la finca La Cantarina S.A.S. Esta propuesta se fundamenta en los resultados obtenidos en los capítulos anteriores y representa la culminación del proyecto de investigación.

Planteamiento del Problema

A nivel global, la automatización de la manufactura, impulsada por sistemas de supervisión y control automático, ha revolucionado la industria (Pérez-López, 2020). Estos sistemas, al proporcionar datos precisos y en tiempo real, facilitan la toma de decisiones y permiten adaptarse a las demandas del mercado (Zallas-Espinoza et al., 2023). En línea con esta tendencia, los sistemas de control automática se han convertido en elementos clave para mejorar la eficiencia y competitividad en diversos sectores, incluyendo la industria bananera (González-Quiñonez et al., 2022).

En el contexto latinoamericano, y específicamente en la industria bananera ecuatoriana, la precisión en las especificaciones técnicas de las máquinas es

fundamental para optimizar los procesos y satisfacer las demandas del mercado (Álvarez-Perdomo et al., 2022; Motoche et al., 2021) La automatización de procesos industriales, que emplea maquinaria especializada para realizar tareas de manera autónoma, se presenta como una solución para mejorar la eficiencia, precisión y competitividad en este sector (Barragán-Martínez et al., 2023).

Sin embargo, en la provincia de Santa Elena, la industria bananera enfrenta desafíos significativos debido a la falta de automatización en sus procesos productivos (Zhiminaicela-Cabrera et al., 2020). Esta deficiencia limita la capacidad de las fincas para aumentar su eficiencia y productividad, generando cuellos de botella en la producción y aumentando los costos operativos (Ibujés-Villacís & Benavides-Pazmiño, 2018). La falta de adopción de nuevas tecnologías pone en riesgo la sostenibilidad económica de las fincas y limita su potencial de crecimiento (Franco-López et al., 2018; Cando-Zumba et al., 2023).

En este sentido, la finca Cantarina S.A.S. se enfrenta a un desafío particular relacionado con la lentitud en el transporte de los productos verdes debido a un sistema de cable manual. Esta situación genera tiempos de espera prolongados, reduce la eficiencia y aumenta el riesgo de lesiones para los trabajadores. La implementación de un sistema automatizado para el transporte de productos verdes se presenta como una solución viable para optimizar los procesos productivos de la finca, aumentar su competitividad y asegurar su sostenibilidad a largo plazo.

A continuación, en la tabla 1 se detallan los 6 principales problemas y sus respectivos tiempos de ejecución, los cuales están dados en segundos, siendo estos los mayores conflictos que enfrentan a diario los trabajadores del área de producción de la finca La Cantarina S.A.S.

Tabla 1. Causas y sus frecuencias.

Causa	Frecuencia dada en segundos
Transporte al cable vía	300
Transporte del banano hacia la zona de empaque	1020
Desmane y lavado de racimos	90
Pesaje del banano en su respectiva bandeja	105
Inspección de la fruta	120
Empaque del banano en cartones	200

Nota: Elaborado por los autores.

En la tabla 2, se realizó la debida organización de actividades, siendo la primera la que más tiempo toma en ejecutarse con un total de 1020 segundos la cual se identificó como “Transporte del banano hacia la zona de empaque”, luego la que conlleva menos tiempo fue el “Desmane y lavado de racimos” este se realiza en 90 segundos, las 6 actividades se ejecutan en 1835 segundos, en base a esta tabla se logra identificar el área que presento mayor afectación dentro del procesos productivo, de este modo se podrá mejorar la eficiencia en las dinámicas productivas de la bananera La Cantarina S.A.S. ubicada en la comuna Juan Montalvo del cantón Santa Elena.

Tabla 2. Tabla de Pareto.

Causa	Frecuencia dada en segundos	F. acumulada	% individual	% acumulado
Transporte del banano hacia la zona de empaque	1020	1020	55,59%	55,59%
Transporte al cable vía	300	1320	16,35%	71,93%
Empaque del banano en cartones	200	1520	10,90%	82,83%
Inspección de la fruta	120	1640	6,54%	89,37%
Pesaje del banano en su respectiva bandeja	105	1745	5,72%	95,10%
Desmane y lavado de racimos	90	1835	4,90%	100,00%
TOTAL	1835		100%	

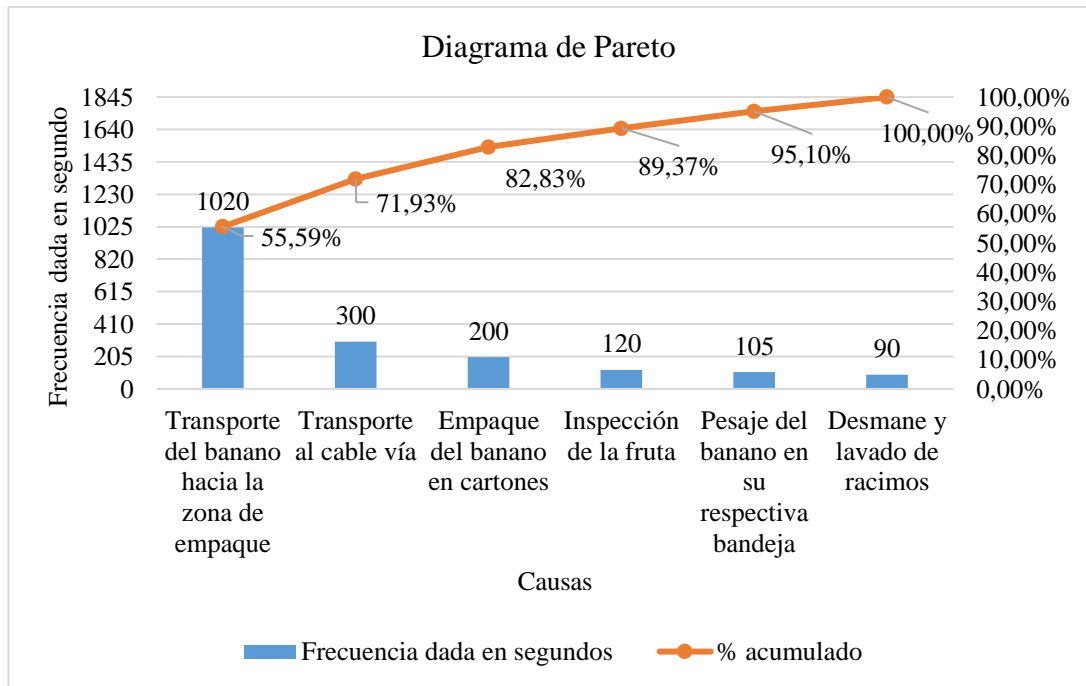
Nota: Elaborado por los autores.

La figura 1 muestra el diagrama de Pareto que expresan los principales problemas adyacentes en la finca La Cantarina S.A.S., donde las tres primeras actividades (transporte del banano hacia la zona de empaque, transporte del cable vía y empaque del banano en cartones) representan el 82,83% de la causas potenciales debido que son realizadas por factor humano, como medida preventiva se sugiere implementar nuevos métodos de ejecución de estas actividades, para mejorar las actividades del proceso.

Optimizar el proceso de transporte del banano hacia la zona de empaque es crucial para mejorar el rendimiento de la finca, este permitirá reducir los tiempos de ciclos productivos, disminuyendo los tiempos de espera, minimizando los riesgos a los que están expuestos los trabajadores, aumentando la productividad del sistema

operativo y a su vez la eficiencia con la que laboran los operadores de distintas áreas de la empresa.

Figura 1. Diagrama de Pareto.



Nota: Elaborado por los autores.

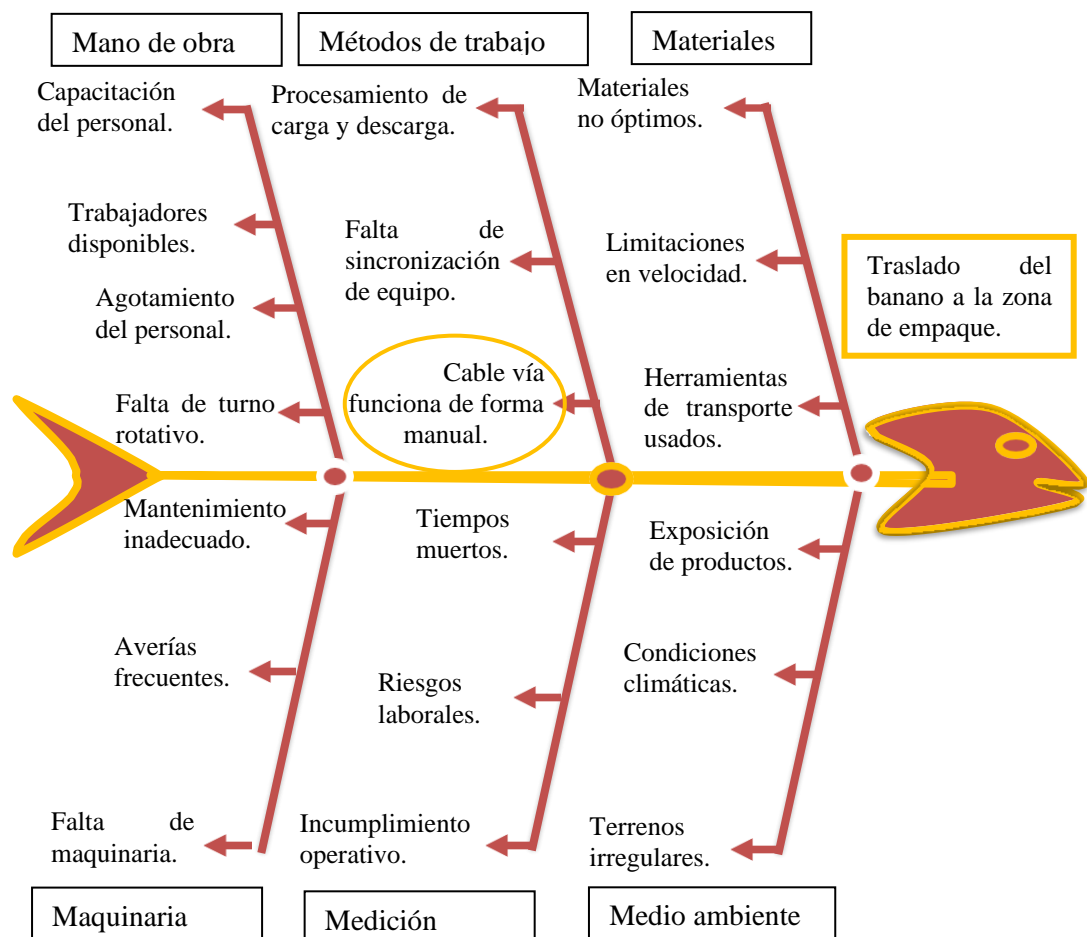
Luego del diagrama de Pareto es prudente elaborar el diagrama de causa efecto para describir la raíz causal del problema que existe en la finca La Cantarina S.A.S. Este enfoque tiene como objetivo identificar las causas subyacentes de un problema y se elige debido a sus ventajas específicas en este contexto. El método de las 6M considera diversos elementos asociados al problema y se enfoca en el proceso, que constituye el objeto de estudio.

La principal actividad de la finca La Cantarina S.A.S. es la exportación de bananos, pero el uso manual del cable vía retrasa significativamente las etapas de lavado, clasificación y empaquetado. Esta ineficiencia en el transporte interno no solo ralentiza el flujo de trabajo, sino que también reduce la capacidad de respuesta ante la demanda del mercado. Además, los tiempos prolongados en estas actividades afectan directamente la productividad global de la empresa, limitando su competitividad en el sector exportador. Modernizar este proceso es crucial para optimizar la eficiencia operativa y mejorar los resultados comerciales.

El diagrama de Ishikawa de primer nivel el cual tuvo su aplicación en la finca La Cantarina S.A.S., mostrado en la figura 1, ha revelado que en los métodos de trabajo se encuentra la causa del problema de la empresa productora, específicamente el funcionamiento del cable vía incorpora el uso del factor humano en la actividad de transporte, lo que genera un retraso en el proceso productivo y presenta riesgos a los trabajadores de esta área.

A su vez se manejó el método de las 6M, los cuales implicaron la mano de obra, métodos de trabajo, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente, esto permitió considerar diversos factores asociados al proceso y determinar que la falta de nuevas funcionalidades en el transporte interno es el principal obstáculo para mejorar la productividad y competitividad de la empresa en el entorno global. Por consiguiente, la modernización de este proceso se vuelve imprescindible para optimizar la eficiencia operativa y alcanzar mejores resultados.

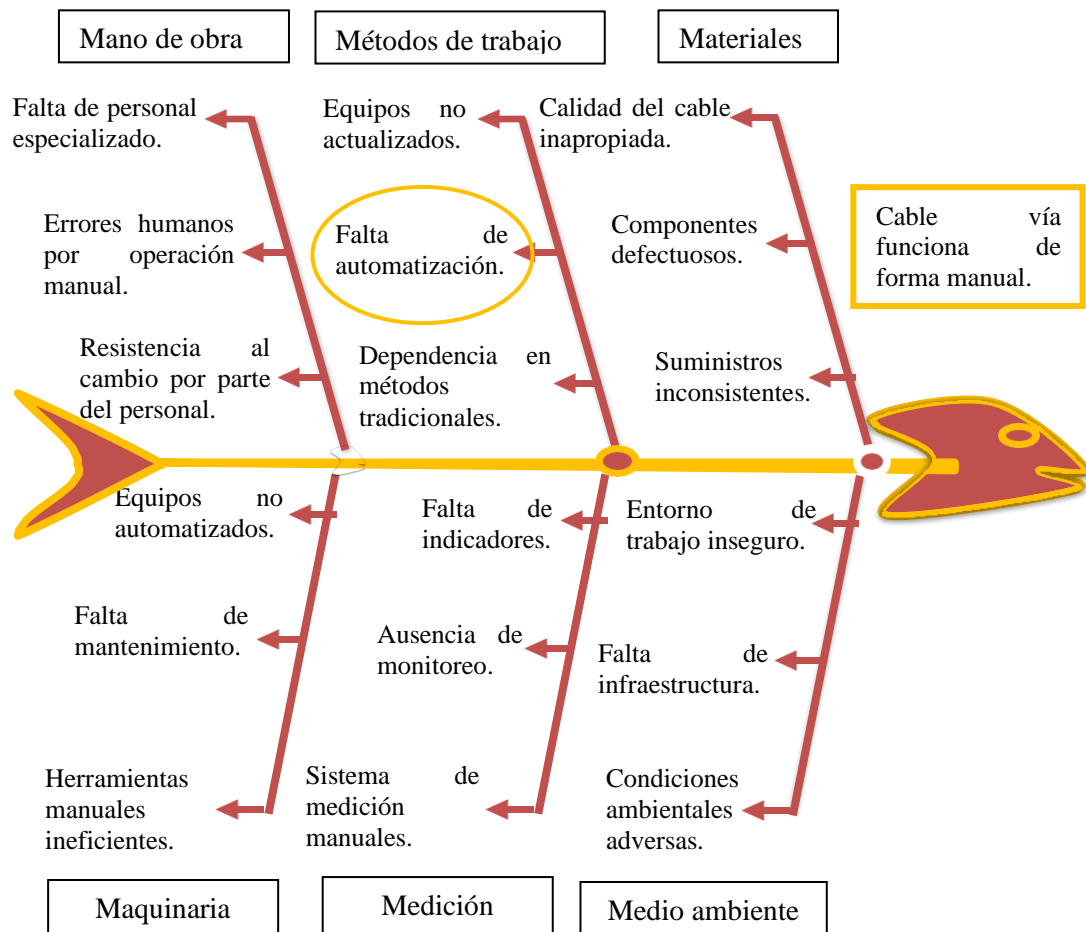
Figura 2. Diagrama de Ishikawa nivel 1.



Nota: Elaborado por los autores.

En el diagrama de Ishikawa de segundo nivel detallado en la figura 3 se identificó la causa raíz del problema, lo que permite desarrollar soluciones más precisas y efectivas para mejorar el proceso productivo mejorando el desenvolvimiento de los trabajadores.

Figura 3. Diagrama de Ishikawa nivel 2.



Nota: Elaborado por los autores.

A continuación, se presenta que la principal problemática que tiene la finca La Cantarina S.A.S. es la disminución de su producción, afectando a los otros procesos, como la mano de obra, medición, materiales y maquinaria, lo que impacta negativamente en la eficiencia general de la finca, la falta de rotación de genera fatiga entre los empleados, lo que a su vez provoca tiempos muertos y una disminución en la velocidad del proceso productivo. Según lo anterior, se formula la pregunta de investigación para abordar la problemática presentada. En base a lo expuesto con anterioridad, se procede a formular la pregunta de investigación para abordar la problemática presentada.

Formulación del problema de investigación.

¿De qué manera incide la incorporación del prototipo de control autónoma en la optimización de los procesos productivos en la finca La Cantarina S.A.S.?

Alcance de la investigación.

Este estudio se enfoca en diseñar e implementar un sistema de control automatizado para optimizar el transporte manual de bananos en la finca La Cantarina S.A.S. Utilizando tecnologías como PLC y FPGA para automatizar el cable vía y reducir los tiempos muertos, mejorando así la eficiencia del proceso productivo.

El prototipo de control automatizado que se diseña se centra en optimizar el transporte de racimos de banano desde la zona de cosecha hasta la zona de empaquetado en la finca La Cantarina S.A.S., ubicada en Santa Elena. Con este proyecto, se busca reducir significativamente los tiempos de producción y aumentar la eficiencia general del proceso.

Esta investigación tiene como objetivo diseñar un sistema de control automatizado adaptado a las necesidades específicas de la finca La Cantarina S.A.S., donde los retrasos en el transporte son una limitante para el desarrollo. Explorando tecnologías para automatizar el cable vía y así mejorar la eficiencia en el sector agrícola. Este sistema podría ser aplicado en otras fincas que enfrentan desafíos similares en el transporte manual de productos.

El objetivo es diseñar un prototipo de control automatizado para la finca La Cantarina S.A.S. Buscando aplicar los conocimientos adquiridos durante la formación universitaria y contribuir al desarrollo tecnológico del sector agrícola. Al automatizar el sistema de transporte, no solo se optimiza la producción, sino que también se da un paso hacia la modernización de la agricultura.

Justificación de la investigación.

La implementación de un prototipo de control autómatas en el cable vía en la finca La Cantarina S.A.S. es crucial e importante para lograr una mayor eficiencia operativa en el sector agrícola. La constante búsqueda de mejoras en los procesos productivos es fundamental para mantener la competitividad y garantizar el

crecimiento sostenible de la finca. En este caso, la automatización del transporte de racimos de bananos permite optimizar los recursos disponibles y reducir las limitaciones actuales del sistema manual, que afectan tanto la productividad como el bienestar de los trabajadores.

Este proyecto trasciende el ámbito local, ya que la automatización en el sector agrícola representa un avance significativo para toda la industria. Al mejorar la eficiencia en el transporte interno, se aborda una problemática que afecta a muchas fincas de producción de banano, no solo a La Cantarina S.A.S. La automatización del cable vía tiene el potencial de ser replicada en otras explotaciones agrícolas, impulsando el desarrollo tecnológico en el sector y posicionando a la finca como un referente de innovación.

La propuesta de desarrollar un prototipo de control automático destaca por su original enfoque de innovador en la solución de un problema tradicional en el sector agrícola. En lugar de depender de métodos manuales convencionales, este proyecto busca introducir tecnología avanzada para optimizar el transporte de bananos. Este enfoque no solo aborda la ineficiencia del sistema actual, sino que también incorpora una visión moderna de cómo la tecnología puede transformar la productividad y mejorar las condiciones laborales.

El proyecto es totalmente viable, ya que se basa en tecnologías existentes y probadas que pueden adaptarse a las necesidades específicas de la finca. La implementación del control automático requiere una inversión inicial, pero los beneficios en términos de reducción de tiempos muertos, disminución de la fatiga del personal y aumento de la capacidad productiva justifican el costo. Además, se cuenta con la infraestructura adecuada para llevar a cabo este tipo de automatización, lo que asegura su factibilidad técnica y económica.

Los beneficios de este proyecto son múltiples. Para los dueños y operadores de la finca, la automatización permite agilizar las operaciones y mejorar los resultados económicos. Los trabajadores también se verán beneficiados, ya que se reduce las tareas físicas intensas, mejorando sus condiciones laborales. A nivel social, genera nuevas oportunidades de empleo y contribuye al desarrollo económico de la región. En conjunto, esta iniciativa impulsa el progreso tecnológico y socioeconómico del sector agrícola, posicionando a la finca como un ejemplo de innovación.

Objetivos

Objetivo general

Diseñar un prototipo de control automático para el mejoramiento de los procesos productivos en la finca La Cantarina S.A.S.- Santa Elena

Objetivos específicos

- Realizar un estado de arte, mediante revisión de alcance combinado con AHP, utilizando artículos relacionados a los tipos de control automático y herramientas que se aplican en el diseño del prototipo.
- Estructurar un marco metodológico, por medio de las investigaciones realizadas sobre control autónoma para el diseño del prototipo.
- Desarrollar un prototipo de un sistema automatizado de transporte por cable vía, capaz de optimizar el traslado del banano en la finca La Cantarina S.A.S.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

La globalización y el mundo actual han dado lugar a un incremento constante de nueva información, reflejada en numerosos artículos y publicaciones (Manterola et al., 2017). Las revisiones sistemáticas proporcionan resúmenes claros y estructurados de la información disponible, diseñados para responder a preguntas específicas (Moreno et al., 2018).

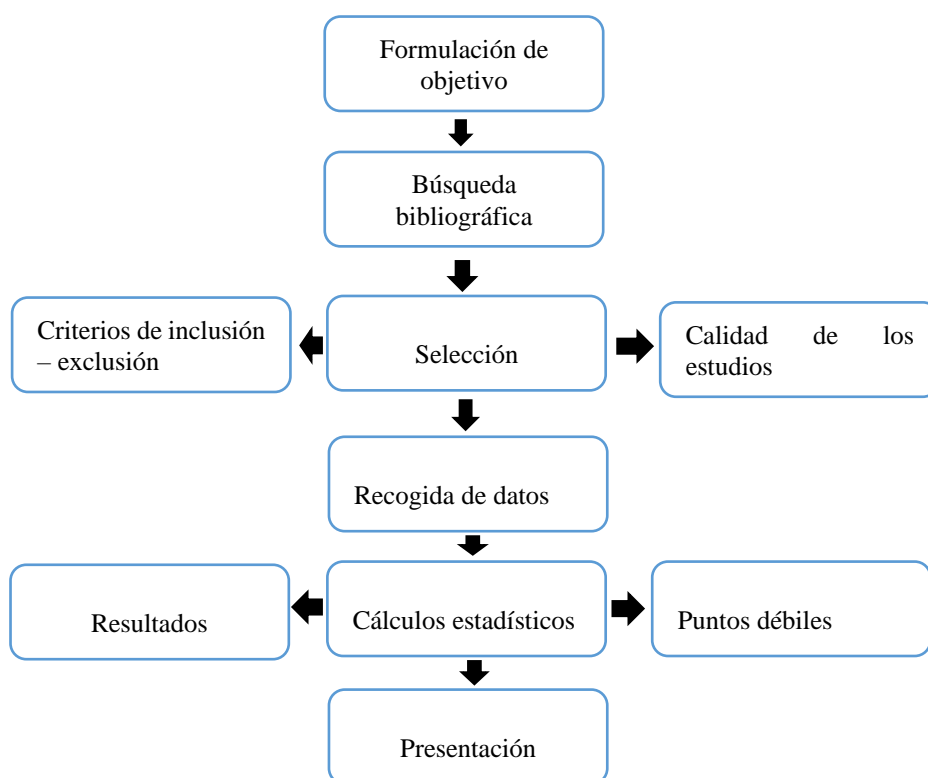
Para Khan et al., (2022), los métodos eficientes para ejecutar revisiones sistemáticas de la literatura, se necesita tener características particulares adoptando fuentes relevante inmersas al estudio mediante preguntas de investigación para comprender de mejor manera las investigaciones de campo. Mediante el uso de herramientas complejas, enfoques y técnicas, permitiendo un análisis preciso y eficiente de las variables de estudios. También subrayan la importancia de adoptar métodos consolidados y eficaces garantizando la fiabilidad y validez de los resultados. A continuación, se describen los métodos más relevantes utilizados en este tipo de investigaciones.

Metaanálisis.

El metaanálisis es una metodología para la revisión sistemática y cuantitativa de la investigación, ampliamente consolidada y aplicada en diversas áreas (Marín-Martínez et al., 2009). Ofrece las técnicas necesarias para acumular rigurosa y eficientemente los resultados cuantitativos de los estudios empíricos sobre un mismo problema, permitiendo a los profesionales la adopción de decisiones bien informadas en sus respectivas áreas de trabajo. es una técnica estadística que combina y resume los resultados de varios estudios individuales (Escrig-Sos et al., 2021).

A continuación, en la figura 4, mediante un diagrama de flujo se detallan una serie de pasos a seguir, las cuales se dividen en con la finalidad de aplicar correctamente la metodología del metaanálisis, la principal función de este procedimiento es seleccionar de manera acertada la base de artículos que serán fundamentales utilizar para llevar a cabo el proyecto de investigación.

Figura 4. Pasos del metaanálisis.



Nota: Elaborado por los autores.

Revisión narrativa.

Aguilera-Eguía, (2014), menciona que, las revisiones narrativas (RN) son un tipo de revisión que se caracteriza por ser de una forma “más o menos exhaustiva”; son realizadas por “expertos en un tema”, el/los autor/es no declaran los métodos que utilizaron para obtener, seleccionar la información.

La revisión narrativa tiene como objetivo explorar, describir y discutir un determinado tema, de forma amplia, considerando múltiples factores desde un punto de vista teórico y de contexto (Ferrari, 2015). A continuación, en la tabla 3, se presenta el ítem y la estructura de las revisiones narrativas, donde se describen los criterios a considerarse en el estudio.

Tabla 3. Revisión narrativa.

Ítem	Revisión narrativa
Cuestión	Amplia.
Fuente	Frecuencia no específica, potencialmente con sesgo.

Selección	Frecuencia no específica, potencialmente con sesgo.
Evaluación	Variable.
Síntesis	Cualitativa.
Inferencias	A veces basada en resultados de investigación clínica.

Nota: Elaborado por los autores.

Revisión de alcance.

La revisión de alcance se define como una revisión que identifica rápidamente conceptos claves de un tema a través de una cobertura exhaustiva de la literatura (Chamberg-Michilot et al., 2021). Esta revisión consiste en una serie de pasos estructurados diseñados para mapear la literatura existente sobre un tema específico (Grijalva et al., 2019). En este sentido, la figura 5 se detallan las etapas principales del proceso, el cuál sirvió para seleccionar los estudios e investigaciones más relevantes y su posterior extracción de datos.

Figura 5. Pasos de revisión de alcance.



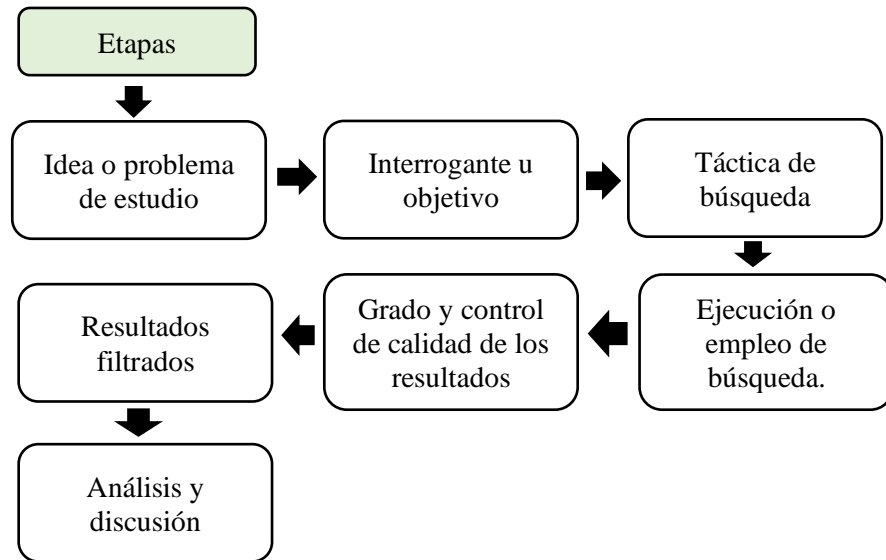
Nota: Elaborada por los autores.

Revisión integrativa.

La investigación integrativa es una metodología que permite darle coherencia al contexto de síntesis amplia de la literatura, proporcionando diversos tipos de estudios (analíticos, empíricos, cualitativos y cuantitativos) para ofrecer una visión holística del fenómeno en cuestión (Araújo-Girão et al., 2021). A diferencia de otros tipos de revisiones sistemáticas que se centran en tipos específicos de estudios (como ensayos

controlados aleatorios), la revisión integrativa combina estudios teóricos, empíricos, cualitativos y cuantitativos (Valencia-Contrera, 2022). A continuación, en la figura 6, detalla las etapas de la revisión integrativa, la cual tuvo como fin la inclusión de los artículos estudiados.

Figura 6. Pasos de revisión integrativa.



Nota: Elaborado por los autores.

Una vez conocidas todas las revisiones sistemáticas existentes, en el presente estudio se utilizó la revisión de alcance el cual es ideal para explorar áreas de investigación amplias y diversas, especialmente cuando se busca mapear la literatura existente en campos emergentes o interdisciplinarios. Las revisiones sistemáticas son esenciales para lograr una comprensión detallada de los métodos, técnicas y enfoques adaptados enfatizados por diferentes autores dándole validez a los instrumentos para recolectar datos como se muestra en el capítulo 1 (apartado 1.2).

En conclusión, las revisiones de alcance son una herramienta valiosa para mapear y clasificar la literatura en campos amplios y diversos, proporcionando una evaluación exhaustiva y metodológicamente sólida que identifica lagunas en el conocimiento y establece una base para futuras investigaciones. A diferencia de los otros métodos de revisión, ofrecen una visión holística e inclusiva de estudios cualitativos y cuantitativos, lo que las hace esenciales para obtener una comprensión global y bien fundamentada de áreas de investigación complejas y multidimensionales.

1.1. Antecedentes investigativos.

A continuación, se presentan los distintos artículos y estudios realizados por diversos investigadores que abordan temas relacionados con las variables del estudio, específicamente en torno al prototipo de control autónomo y la optimización de los procesos productivos. Estos trabajos ofrecen enfoques variados y contribuciones significativas en el campo, explorando tanto el desarrollo tecnológico como las mejoras en la eficiencia productiva. Además, proporcionan una base sólida para comprender las tendencias actuales y futuras en la automatización de procesos industriales.

Dahl et al., (2020) presentan un método para modelar automáticamente el comportamiento de una célula robótica. Este método utiliza programas de robots existentes y un modelo de simulación de la célula. Los programas se cargan en una herramienta de fabricación virtual, generando un modelo formal. Luego, la lógica de control se calcula inmediatamente y se determina el orden de ejecución más eficiente utilizando el modelo para formular un problema de automatización. Este enfoque permite resolver estos problemas de manera más rápida y eficiente, optimizando el proceso de control de las células robóticas.

Según Song et al., (2020), los diagramas de bloques funcionales (FBD) se utilizan para implementar sistemas críticos para la seguridad, como los sistemas de protección, que son esenciales para generar casos de pruebas efectivos. Los investigadores desarrollaron una técnica automatizada de generación de pruebas que desenreda explícitamente los programas FBD y resuelve los requisitos de prueba utilizando un solucionador SMT, con el fin de cumplir varios criterios de cobertura de pruebas estructurales. Esta técnica busca garantizar que los sistemas de protección sean evaluados de manera exhaustiva, mejorando así la fiabilidad y seguridad de los sistemas críticos.

Ganesh & Gurunathan, (2020), destacan el uso del accionamiento secuencial de cilindros neumáticos como una técnica común de automatización en industrias de pequeñas y medianas escalas. La adaptación de estas secuencias de actuación a diferentes productos permite una automatización flexible y económica. En su estudio, presentan una metodología innovadora para programar automáticamente PLC, utilizando la evolución de ecuaciones lógicas mediante algoritmos y programas

genéticos para lograr la secuencia de actuación deseada. Esta metodología busca optimizar el proceso de programación de PLC, facilitando la implementación de soluciones de automatización que se ajusten a diversos productos y necesidades industriales.

Según Diez et al., (2020), presenta una metodología denominada MEPUS (metodología para estructurar el programa de usuario mediante saltos) para la elaboración de programas de usuario en autómatas programables. Esta metodología elimina las aleatoriedades en la programación y reduce el tiempo de ciclo de lectura en procesos secuenciales, además de optimizar los recursos internos de este. El artículo también compara MEPUS con otros métodos de diseño de automatismos programados, destacando sus ventajas específicas en la optimización de los recursos. El objetivo es mejorar la eficiencia en la programación, facilitando un diseño más estructurado y eficiente de los sistemas automatizados.

Según Senthivel et al., (2021), muchos dispositivos SCADA carecen de mecanismos de autodefensa y confían implícitamente en las comunicaciones recibidas a través de la red. Para abordar esta vulnerabilidad, el monitoreo y análisis forense del tráfico de red son esenciales para construir una defensa eficaz alrededor de las unidades SCADA. El artículo subraya que estos dispositivos dependen de órdenes claramente definidas para un funcionamiento óptimo. Esta evaluación y vigilancia son cruciales para mejorar la seguridad de los sistemas SCADA, asegurando que operen de manera confiable y segura frente a posibles amenazas.

Zajac et al., (2021), describen un proceso para modelar un sistema de control discreto en su artículo. Utilizaron la metodología de máquinas de estados finitos, considerada una de las más efectivas para modelar tareas de control complejas. Identificaron las señales de entrada y salida del proceso, así como las dependencias y reglas de operación, para garantizar el correcto funcionamiento del sistema. El algoritmo resultante se implementó en lenguaje de diagrama LAD mediante un innovador software de ingeniería de control. Este enfoque permite una modelación precisa y eficiente del sistema de control, facilitando su implementación y asegurando su operación correcta en situaciones complejas.

Según Mo et al., (2023), el artículo denominado: automatización de la orquestación de PLC para mejorar la integración humano-máquina en sistemas de

fabricación adaptativos, examina cómo la automatización y orquestación de controladores lógicos programables (PLC) pueden optimizar la integración entre humanos y máquinas en entornos de fabricación adaptativa. Los autores exploran el uso de tecnologías avanzadas, metodologías basadas en datos, y técnicas como la generación automática de programas, pruebas estructurales, redes de conocimiento y modelos de madurez para aumentar la adaptabilidad y eficiencia de los procesos de producción. También se discuten las aplicaciones potenciales de redes neuronales gráficas en este contexto. El objetivo es desarrollar procesos de producción más adaptables y receptivos, mejorando la eficiencia y la interacción entre humanos y sistemas automatizados en la fabricación.

Lin & Nadjm, (2023), mencionan en su artículo, que los ataques contra sistemas de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) que operan infraestructuras críticas han aparecido en los últimos años. Los protocolos SCADA modernos también permiten el tráfico impulsado por servidores sin una solicitud emparejada, y la detención de anomalías para el tráfico impulsado por el servicio a través de diferentes protocolos, este sistema ayuda a mejorar el tiempo de rendimiento del tiempo de detención.

Bajo estos conceptos, finca La Cantarina S.A.S. se dedica a la cosecha y empaquetamiento de banano para exportación, pero actualmente atraviesa una problemática relacionada con los tiempos muertos en cada etapa de sus procesos productivos. Por este motivo se busca mejorar esos tiempos a través de una propuesta de un prototipo de control automática, el cual ayudara a mejorar la productividad y sostenibilidad en todas las etapas de la finca con el objetivo de cumplir las expectativas de los clientes a la vez mejorar la reputación de la finca en el mercado.

Los estudios anteriores sientan las bases del funcionamiento del prototipo de control automática debido a que en cada uno de esos artículos se da una breve explicación de su funcionamiento y el aporte beneficioso que conlleva su aplicación debido a esto se hace necesario realizar una revisión más profunda con base en estos antecedentes para conocer la metodología a utilizar en la presente investigación.

1.2. Estado del arte.

El estado del arte se basa en una investigación documental que analiza cómo varios autores han tratado un tema específico. Autores como (Corzo-Domínguez et al.,

2022), sostienen que la revisión del estado del arte es una parte esencial de cualquier investigación. Esto significa que los investigadores deben reconocer su importancia y mantener altos estándares éticos y de originalidad en sus proyectos y publicaciones.

Para desarrollar una metodología que aborde adecuadamente el tema de investigación, es necesario aclarar diversos conceptos relacionados mediante el estado del arte. Esto se debe a que el estado del arte es fundamental para definir un problema y encontrar soluciones, convirtiéndolo en un componente esencial en múltiples campos.

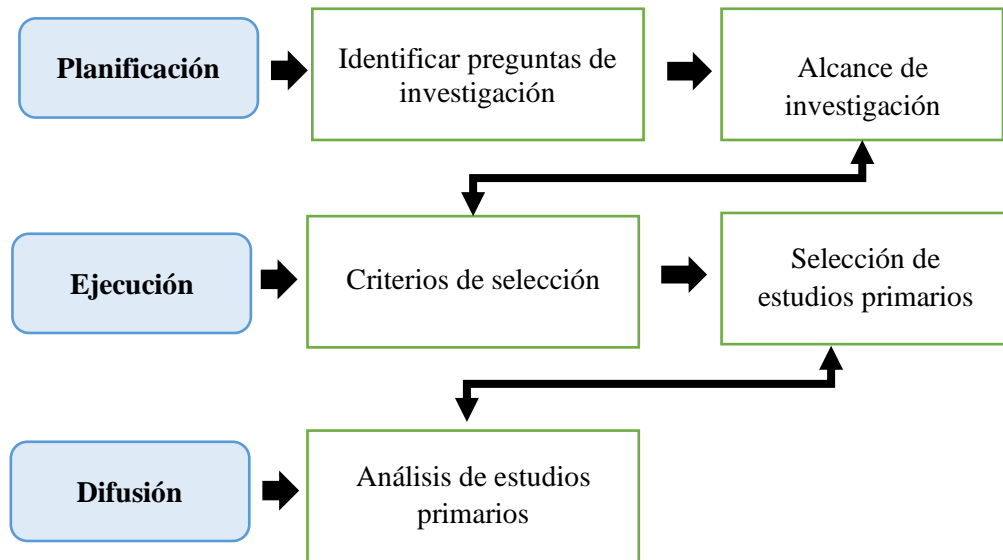
El método utilizado para elaborar el estado del arte en este trabajo es la revisión de alcance de la literatura, adaptada por (Mayo-Abarca et al., 2023). Estos autores afirman que este tipo de estudio permite realizar un esquema que resalta información crucial sobre un tema específico.

Por otro lado, Ollora-Triana et al., (2023), afirman que la revisión de alcance es una metodología que permite identificar, analizar y registrar recursos y datos de gran relevancia sobre un fenómeno específico. Esta metodología se enfoca en obtener información adecuada para realizar contribuciones significativas al tema en cuestión. El proceso de revisión de alcance se basa en el enfoque propuesto por (Mayo-Abarca et al., 2023) el cual consta de tres fases: planificación, ejecución y difusión. Estas fases se desarrollarán conforme avance la investigación.

Una vez identificadas las investigaciones con el contenido adecuado, se procede a la toma de decisiones utilizando el método analytic hierarchy process (AHP). Según Kudláč et al. (2017), el método de saaty consiste en evaluar las limitaciones de las variables, ponderándolas en una escala del 1 al 9 y del 2 al 8, según los descriptores de saaty. De esta manera, se busca alcanzar el objetivo de seleccionar las variables más factibles para desarrollar una metodología efectiva.

En la figura 7, se ilustra el proceso para llevar a cabo la revisión de alcance de la literatura basado en (Ollora-Triana et al., 2023). Este proceso se divide en tres fases: planificación, ejecución y difusión. La primera fase implica identificar la pregunta central y definir el alcance de la investigación. La segunda fase consiste en establecer los criterios y seleccionar los artículos de fuentes primarias. En la tercera fase se realiza un análisis detallado de los estudios identificados.

Figura 7. Proceso de revisión de alcance.



Nota: Elaborado por los autores en base a (Ollora-Triana et al., 2023).

1.2.1. Desarrollo del proceso de revisión de alcance

El proceso de la revisión de alcance implica realizar análisis bibliográficos en motores de búsqueda en internet, utilizando plataformas digitales que contienen investigaciones científicas actualizadas y confiables. Se examinará el contenido relevante según el tipo, diseño e importancia del tema. A continuación, se detallarán las actividades necesarias para desarrollar esta sección.

Planificación del proceso de investigación.

Pregunta de investigación:

¿Qué prácticas se destacan en la literatura científica sobre el diseño de prototipos de control automático para la optimización de procesos productivos en el sector agroindustrial?

Alcance de la revisión:

Existen numerosas bases de datos con información diversa; sin embargo, este estudio se enfoca específicamente en contenidos relacionados con la ingeniería, automatización, optimización de procesos y control automático. El periodo de búsqueda abarca desde el año 2019 hasta agosto de 2024.

Los motores de búsqueda son Scopus, Scimedirect, Redalyc, Scielo, Research article, Asecam, Cepal, Dialnet, contenido basado en (control automático OR automatización industrial) AND (diseño de prototipo automáticos OR optimización de procesos), o en inglés (control automático OR industrial automation) AND (design of automatic prototypes OR process optimization).

Ejecución del proceso de investigación.

Criterios de inclusión y exclusión.

En la tabla 4 se detallan los criterios de inclusión y exclusión, que consisten en formular criterios claros y específicos para guiar la investigación. Estos criterios están diseñados para identificar los instrumentos de recolección de datos, los tipos de estudios predominantes y las herramientas más utilizadas por los autores. La información obtenida permitirá detectar vacíos de conocimiento, identificar tendencias emergentes y señalar áreas que necesitan una mayor exploración. En resumen, la tabla 4 proporciona un punto de partida esencial para establecer una base sólida para el análisis.

Tabla 4. Criterios de inclusión y exclusión.

Criterio de inclusión	Criterios de exclusión
Todo artículo científica relacionado con diseños de control automático.	Artículos que no tengan relación a control automático.
Artículos publicados en inglés y español, intervalo de tiempo establecido entre los años: 2019- 2024	Artículos científica que no se encuentre dentro del lapso seleccionado (2019-2024).
Toda publicación científica que discuta el control automático como medida factible para optimizar procesos productivos.	Investigaciones que no tenga una postura profesional y no tenga evidencias claras en su estudio.

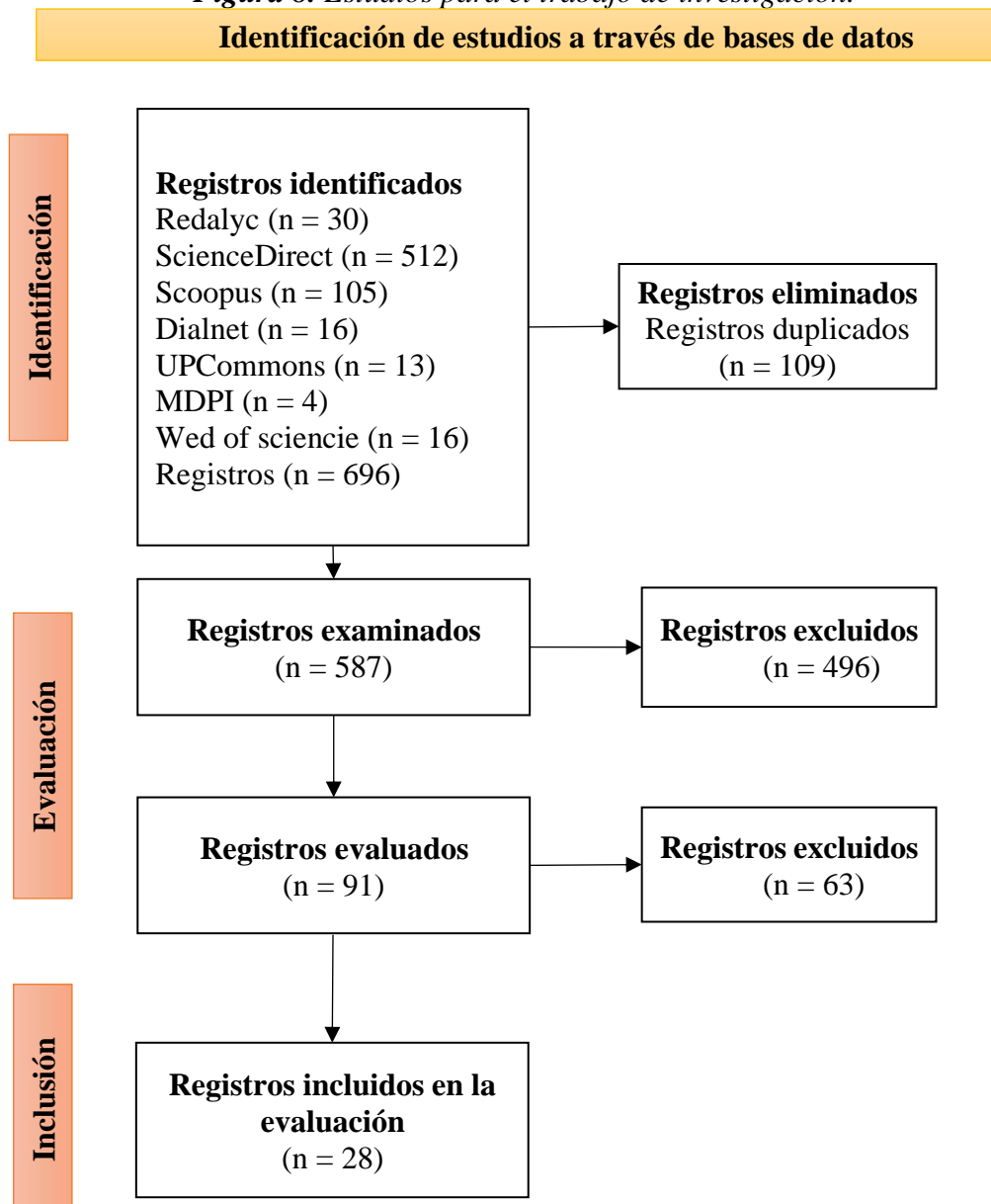
Nota: Elaborado por los autores.

Selección de estudios primarios.

En esta etapa, se muestran los resultados de la búsqueda y selección de contenido, comenzando con la definición de términos y siguiendo un lapso de búsqueda estimado. El proceso se completó con los filtros pertinentes, resultando en una selección de 28 artículos científicos que proporcionan la información necesaria para el avance de esta investigación.

En la figura 8, se detalla el proceso de selección de artículos para la revisión de alcance de la literatura, en donde detallada el proceso de selección de los artículos en los diferentes motores de búsqueda. En la fase de identificación, se analizaron 30 artículos en Redalyc, 512 en ScienceDirect, 105 en Scoopus, 16 en Dialnet, 13 en UPCommons, 4 en MDPI y 16 en web of sciencie, totalizando 696 artículos. Se detectaron 109 duplicados, resultando en 587 artículos únicos para examinar. Aplicando los criterios de inclusión y exclusión, se descartaron 496 fuentes adicionales. En la evaluación final, se eliminaron 63 artículos más, quedando 28 artículos con contenido adecuado para el estudio. Estos 28 artículos mencionados, sirven de base para desarrollar una metodología viable, sencilla y replicable.

Figura 8. Estudios para el trabajo de investigación.



Nota: Elaborado por los autores.

Análisis de estudios primarios.

Una vez completado el proceso anterior, es necesario elaborar una matriz referencial (tabla 5) con la información recopilada. Esto proporciona una base sólida para continuar con el proceso investigativo. La matriz destaca el contenido relevante, especificando el autor, el título del artículo de investigación, la herramienta utilizada para abordar la problemática en estudio y la fuente de donde se extrajo el trabajo investigativo.

Tabla 5. Matriz referencial de artículos.

N.	Autor	Título	Herramienta	Fuente
A1	(Fernández et al., 2023)	Evaluation of an automated temperature control equipment for lactating sows.	Analysis de variables estadísticas.	Redalyc.
A2	(Cornelio et al., 2021)	Sistema se laboratorios remotos para las prácticas de control de la carrera de ingeniería en automática.	Metodología computacional.	Redalyc.
A3	(Molina Hernández et al., 2022)	Diseño e implementación de un sistema automático de control para la regulación y monitoreo de las condiciones internas del secador solar térmico forzado híbrido.	Sistema PLC.	Redalyc.
A4	(Araujo & José, 2018)	Automatización del sistema de control de la máquina empaquetadora de Blíster.	Sistema PLC.	Redalyc.
A5	(Samada Rigo et al., 2018)	Web Client and SCADA Applications for Monitoring the “Cayo Santa María” Isolated Electric System.	Sistema Scada.	Redalyc.
A6	(Portillo & Ávila, 2020)	Design and Implementation of a Fuzzy Controller for Frequency Control of a Motor in an S7-1200 PLC.	Sistema PLC.	Scopus.
A7	(Lozano et al., 2016)	Sistema de monitorización y control de un robot cartesiano en PLC.	Sistema Scada.	Scopus.
A8	(Lopes & Lima, 2022)	Surveillance task optimized by Evolutionary shared Tabu Inverted Ant Cellular Automata Model	Algoritmo GIACA, computación natural.	Science Direct.

		for swarm robotics navigation control.		
A9	(Miranda Ruiz & Chafra Altamirano, 2015)	Diseño y construcción de un prototipo para control y monitoreo de reservas de agua con el empleo de comunicación móvil GSM / GPRS en sistema de riego.	Modulo lógico siemens y Logo 230 RC.	MDPI.
A10	(Viveros et al., 2019)	Prototipo de célula Robótica para Manufactura.	Sistema PLC.	MDPI.
A11	(Strong et al., 2022)	Electroactive polymer gels as probabilistic reservoir automata for computation.	Computación de autómatas, Hidrogel EAP.	Science Direct.
A12	(Mitra, 2024)	Cellular automata-based MapReduce design: Migrating a big data processing model from Industry 4.0 to Industry 5.0.	Computación de autómatas, Hidrogel EAP.	Science Direct.
A13	(Diez et al., 2016)	Metodología para la elaboración de los programas a implementar en autómatas programables. MEPUS.	Mepus, Sistema PLC.	Science Direct.
A14	(Vivas & Sanabria, 2020)	A Microservice Approach for a Cellular Automata Parallel Programming Environment.	Programación Modelos CA.	Science Direct.
A15	(Lee et al., 2024)	Numerical simulation for β/α transformation of Ti-6Al-4V alloy using a lattice Boltzmann - cellular automata method.	Método de Boltzmann reticular, software CALPHAD.	Scopus.
A16	(Goswami et al., 2024)	A review on regular clocking scheme in quantum dot cellular automata.	Programación Modelos CA.	Scopus.
A17	(Omri et al., 2023)	Extending device noise measurement capacity for OFDM-based PLC systems: Design, implementation, and on-field validation.	Sistema PLC.	Scopus.

A18	(Wadinger & Kvasnica, 2024)	Adaptable and Interpretable Framework for Anomaly Detection in SCADA-based industrial systems.	Sistema Scada.	Web of science.
A19	(Šverko & Grbac, 2024a)	Automated HMI design as a custom feature in industrial SCADA systems.	Sistema Scada.	Web of science.
A20	(Šverko & Grbac, 2024a)	Implementation of control and SCADA system: Case study of Allen Bradley PLC by using WirelessHART to temperature control and device diagnostic.	Sistema PLC/Scada.	Web of science.
A21	(Kermani et al., 2021)	Intelligent energy management based on SCADA system in a real Microgrid for smart building applications.	Sistema Scada.	Dialnet.
A22	(Malakouti, 2023)	Improving the prediction of wind speed and power production of SCADA system with ensemble method and 10-fold cross-validation.	Método de validación cruzada.	Dialnet.
A23	(Carlos et al., 2017)	Design and Implementation of Control and Monitoring Systems Based on HMI-PLC for Potable Water Well.	Sistema PLC.	Science Direct.
A24	(Antonio et al., 2021)	Comparison of the performance of PID controller on level process using programmable logic controller and embedded systems.	Método de validación cruzada.	Dialnet.
A25	(Luis et al., 2019)	A methodology to automaton synthetize in ground autonomous navigation systems control.	software MATLAB.	Dialnet.
A26	(Durán Acevedo & Ávila Peñaloza, 2018)	Remote communication between plc for control of ac motors.	Sistema Scada, software “Vijeo Citect”.	Dialnet.
A27	(Martínez Valencia et al., 2021)	Methodology for the Synthesis of Automata in the Planning of Movements	Sistema PLC.	Web of science.

		for Autonomous Systems with Multiple Agents.		
A28	(Caselles Osorio et al., 2018)	Sistema HMI-PLC-ADF-Motor CA para control de velocidad HMI-PLC-ADF-CA Motor system to speed control.	Sistema PLC.	Scopus.

Nota: Elaborado por los autores.

En la tabla 5 presentada, varios autores destacan las ventajas de incursionar en el ámbito de los sistemas de control automático. Actualmente, la alta demanda de productos y servicios ha provocado un impacto en la disponibilidad de materias primas necesarias para su fabricación. Por ello, se busca optimizar los procesos productivos para lograr beneficios económicos, sociales y medioambientales. El sistema PLC en conjunto con el sistema SCADA.

Según lo expuesto en la tabla 5, los investigadores utilizan diversas herramientas para ejecutar metodologías eficientes en el diseño de prototipos de control automático. En el artículo A1, se emplearon plataformas y herramientas centradas en el análisis de variables estadísticas, lo cual implica evaluar y optimizar el rendimiento de los sistemas. Como lo evidencian Fernández et al. (2023), esto incluye la recopilación de datos, la identificación de patrones y tendencias, y la utilización de estos hallazgos para ajustar los parámetros del sistema, mejorando así la eficiencia, estabilidad y respuesta del control automático.

. El artículo A2 está desarrollado mediante un modelo computacional basada en entrada y salida. Según lo menciona Cornelio et al., (2021), esta consiste en la creación de una representación digital del sistema de control. Este modelo simula el comportamiento del sistema mediante el uso de algoritmos y ecuaciones matemáticas, permitiendo predecir y analizar su desempeño en diversas condiciones.

De manera similar, las investigaciones A3, A4, A6, A10, A13, A17, A20, A23, A27 y A28 utilizan una metodología conocida como sistema PLC para el control de procesos industriales y sistemas automatizados. Este sistema destaca por su robustez, flexibilidad y facilidad de programación, lo que permite el diseño e implementación eficiente de prototipos de control automático. En la programación de estos prototipos,

el PLC emplea lenguajes específicos como: ladder logic, función de bloques y texto estructurado, facilitando la creación de secuencias de control complejas. Además, su capacidad para interactuar con diversos sensores y actuadores posibilita la recolección y procesamiento de datos en tiempo real, optimizando así el rendimiento y la confiabilidad del sistema de control (Molina-Hernández et al., 2022; Araujo & José, 2018; Viveros et al., 2019; Diez et al., 2016; Omri et al., 2023; Šverko & Grbac, 2024; Carlos et al., 2017; Martínez-Valencia et al., 2021).

Por otro lado, las investigaciones A5, A7, A18, A19, A21 y A26 se basan en una metodología denominada sistema scada, el cual consiste en supervisar, controlar y recopilar datos de procesos industriales en tiempo real. Scada proporciona una interfaz gráfica para visualizar el estado del sistema, emitir comandos de control, y registrar datos históricos, facilitando la gestión y optimización de operaciones complejas. Este sistema es esencial para garantizar la eficiencia, seguridad y rendimiento de los procesos automatizados (Samada-Rigo et al., 2018; Lozano et al., 2016; Wadinger & Kvasnica, 2024; Šverko & Grbac, 2024; Kermani et al., 2021).

La investigación A8 su metodología empleada es algoritmo giaca, computación natural, esta se caracteriza por resolver problemas de cinemática inversa en la elaboración de prototipos de control automático. Este algoritmo emplea principios de evolución y selección natural para encontrar soluciones óptimas, permitiendo que un sistema autónomo determine las posiciones y movimientos necesarios para alcanzar un objetivo específico. A través de iteraciones y adaptaciones, giaca mejora la precisión y eficiencia del sistema de control, optimizando su rendimiento en entornos dinámicos y complejos (Lopes & Lima, 2022).

La investigación A9 indican que la metodología que emplearon los autores se denomina, modulo lógico siemens y logo 230 RC, se utilizan en la creación de prototipos de control autónomo. Estos módulos permiten el control de procesos simples a través de su capacidad para ser programados con lógica de control básica. Caracterizados por su facilidad de uso, flexibilidad y capacidad de programación mediante software intuitivo, como logo (Miranda-Ruiz & Chafra-Altamirano, 2015).

El artículo A11 y A12, está desarrollado mediante computación de autómatas, hidrogel EAP, esta estudia sistemas de estados finitos para modelar y controlar comportamientos. Los hidrogeles EAP son polímeros que responden a estímulos

eléctricos cambiando de forma. En un prototipo de control, los autómatas gestionan las señales eléctricas para activar el hidrogel EAP, permitiendo respuestas automáticas y adaptativas (Strong et al., 2022; Mitra, 2024).

En los artículos A14 y A16 se utilizó la programación modelos CA, la cual se utiliza redes de celdas que evolucionan en función de reglas locales para simular sistemas complejos. En un prototipo de control automático, los modelos CA pueden modelar y predecir comportamientos emergentes y dinámicas del sistema, facilitando el diseño de controladores que responden a patrones y cambios en el entorno (Vivas & Sanabria, 2020; Goswami et al., 2024).

La investigación A15, en el cual se utiliza el método de Boltzmann reticular, software calphad, se utiliza en simulaciones estadísticas para modelar la evolución de sistemas materiales a nivel atómico, mientras que el software calphad (calculation of phase diagrams) facilita el análisis de diagramas de fases y la predicción de propiedades materiales. En un prototipo de control automático, estos métodos ayudan a diseñar materiales y componentes con propiedades específicas, mejorando la precisión y rendimiento del sistema (Lee et al., 2024).

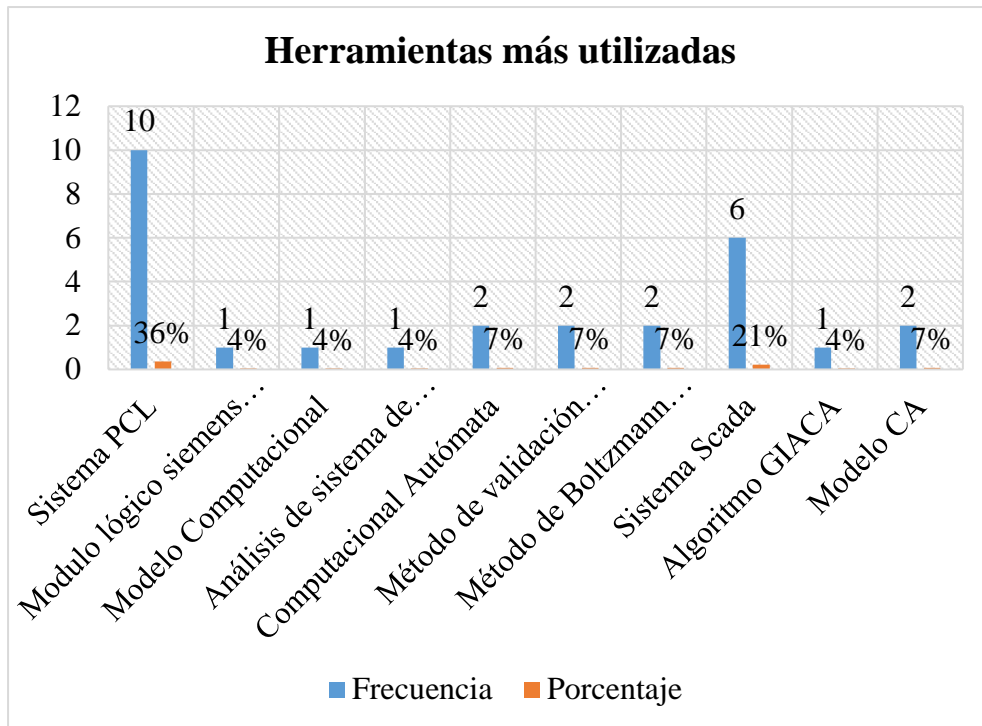
Las investigaciones A22 y A24 se utilizó el método de validación cruzada, la cual evalúa la precisión de un modelo de control dividiendo el conjunto de datos en múltiples subconjuntos, entrenando el modelo en algunos y probándolo en otros. En la elaboración de un prototipo de control automático, esta técnica asegura que el sistema de control generalice bien a nuevos datos y condiciones, evitando el sobreajuste y mejorando la robustez del modelo en situaciones reales (Malakouti, 2023; Antonio et al., 2021).

La investigación A25 utiliza software matlab, el cual se encarga del control automático para diseñar, simular y analizar algoritmos de control y sistemas dinámicos. Ofrece herramientas avanzadas para modelar sistemas, realizar simulaciones de comportamiento en diferentes escenarios y ajustar parámetros, facilitando el desarrollo y la optimización del prototipo antes de su implementación física (Luis et al., 2019).

Para una mayor referencia de las herramientas más utilizadas se elaboró una tabla donde resalta que herramientas son las que mayor beneficio aportan a mi

investigación dando como resultado los siguientes parámetros, a continuación, se muestra en la figura 9.

Figura 9. Herramientas más utilizadas en la revisión de la literatura.



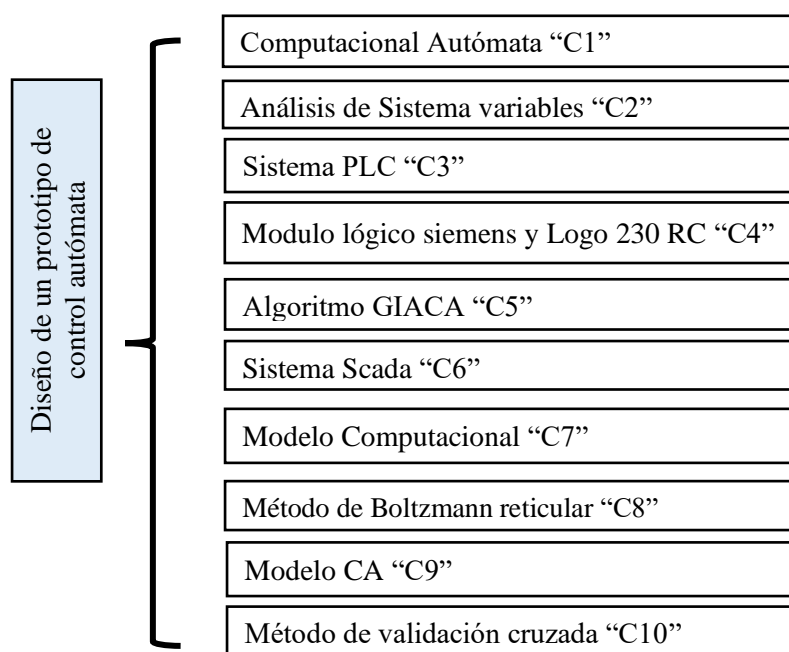
Nota: Elaborado por los autores.

1.3. Proceso analítico de jerarquía

El AHP es una técnica estructurada para la toma de decisiones complejas, fundamentada en matemáticas y psicología. Ofrece un marco racional completo para organizar problemas de decisión, establecer objetivos y criterios, y evaluar diferentes soluciones alternativas. Esta técnica facilita a los tomadores de decisiones la comprensión de los problemas y la toma de decisiones acertadas, estructurando el proceso en una jerarquía que incluye objetivos, criterios principales, subcriterios y alternativas (Elraaid et al., 2024).

Basado en la investigación realizada por Kudláč et al., (2017) se procede a seleccionar las variables identificadas en el estado del arte para su respectivo desglose, justamente la figura 10 detalla las herramientas que se identificaron en la matriz referencial. Se puede apreciar la manera de realizar una matriz para realizar la debida ponderación de las herramientas para el diseño de prototipo de control automático.

Figura 10. Herramientas identificadas en la matriz referencial.



Nota: Elaborado por los autores.

En la tabla 6, se presenta una matriz de comparación de criterios basada en el método de saaty. Este método permite asignar un valor ponderado que refleja la importancia relativa entre los criterios, con los valores definidos situados en la diagonal principal. Por ejemplo, si se asigna una ponderación a C1C4, su inverso C4C1 será igual a $1/C1C4$, y así sucesivamente hasta completar toda la matriz de comparación.

Tabla 6. Matriz de criterios método saaty.

	Criterios									
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10
C1	1,00	3,00	0,33	0,33	3,00	2,00	0,50	3,00	3,00	2,00
C2	0,33	1,00	0,33	0,50	2,00	2,00	0,50	2,00	3,00	2,00
C3	3,00	3,00	1,00	3,00	2,00	7,00	3,00	3,00	5,00	4,00
C4	3,00	2,00	0,33	1,00	2,00	3,00	2,00	5,00	5,00	3,00
C5	0,33	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	1,00	0,33	0,50	0,33
C6	0,50	0,50	0,14	0,33	2,00	1,00	0,50	3,00	2,00	2,00
C7	2,00	2,00	0,33	0,50	1,00	2,00	1,00	2,00	3,00	3,00
C8	0,33	0,50	0,33	0,20	3,00	0,50	0,50	1,00	0,50	3,00
C9	0,33	0,33	0,20	0,20	2,00	0,33	0,33	2,00	1,00	2,00
C10	0,50	0,50	0,25	0,33	3,00	0,33	0,33	0,33	0,50	1,00
Total	11,33	13,33	3,76	6,90	21,00	18,67	9,67	21,67	23,50	22,33

Nota: Elaborado por los autores.

En la tabla 7, se evidencian los datos de la matriz de ponderación, dividiendo cada valor de una celda de la matriz entre el resultado total de la columna, sacando un promedio en relación con las filas de criterios, de esta manera ya se puede evidenciar que existen dos criterios que resaltan entre los demás, eso quiere decir que tanto C3 y C4 tienen una consideración más importante en relación con los demás criterios.

Tabla 7. Matriz de ponderación final.

	Matriz normalizada										Pond
C1	0,08823529 4	0,225	0,08866371	0,04830917 9	0,14285714 3	0,10714285 7	0,05172413 8	0,13846153 8	0,12765957 4	0,08955223 9	0,11 1
C2	0,02941176 5	0,075	0,08866371 1	0,07246376 8	0,09523809 5	0,10714285 7	0,05172413 8	0,09230769 2	0,12765957 4	0,08955223 9	0,08 3
C3	0,26470588 2	0,225	0,26599113 4	0,43478260 9	0,09523809 5	0,375	0,31034482 8	0,13846153 8	0,21276595 7	0,17910447 8	0,25 0
C4	0,26470588 2	0,15	0,08866371 1	0,14492753 6	0,09523809 5	0,16071428 6	0,20689655 2	0,23076923 1	0,21276595 7	0,13432835 8	0,16 9
C5	0,02941176 5	0,037 5	0,13299556 7	0,07246376 8	0,04761904 8	0,02678571 4	0,10344827 6	0,01538461 5	0,02127659 6	0,01492537 3	0,05 0
C6	0,04411764 7	0,037 5	0,03799873 3	0,04830917 9	0,09523809 5	0,05357142 9	0,05172413 8	0,13846153 8	0,08510638 3	0,08955223 9	0,06 8
C7	0,17647058 8	0,15	0,08866371 1	0,07246376 8	0,04761904 8	0,10714285 7	0,10344827 6	0,09230769 2	0,12765957 4	0,13432835 8	0,11 0
C8	0,02941176 5	0,037 5	0,08866371 1	0,02898550 7	0,14285714 3	0,02678571 4	0,05172413 8	0,04615384 6	0,02127659 6	0,13432835 8	0,06 1
C9	0,02941176 5	0,025	0,05319822 7	0,02898550 7	0,09523809 5	0,01785714 3	0,03448275 9	0,09230769 2	0,04255319 1	0,08955223 9	0,05 1
C10	0,04411764 7	0,037 5	0,06649778 3	0,04830917 9	0,14285714 3	0,01785714 3	0,03448275 9	0,01538461 5	0,02127659 6	0,04477611 9	0,04 7

Nota: Elaborado por los autores.

En la tabla 8 se expone el índice de consistencia CI con su respectiva fórmula y la consistencia aleatoria con su respectiva fórmula dando como resultado en la relación de consistencia un valor de 0,099. Según la metodología Saaty si la relación de consistencia $CR < 0,1$ se ha ponderado racionalmente y es factible optar por el resultado.

Tabla 8. Credibilidad de los datos.

		MAX	11,425
	AXP		
C1	1,271	Índice de consistencia	
C2	0,948	$CI = (n_{max} - n) / (n - 1)$	0,158278831
C3	2,871		
C4	1,975	Consistencia aleatoria	
C5	0,544	$RI = (1,98 * (n - 2)) / n$	1,584
C6	0,791		
C7	1,268	Relación de consistencia	
C8	0,663	$CR = CI / RI$	0,099923505
C9	0,575		
C10	0,519		

Nota: Elaborado por los autores.

En la tabla 9, se evidencia que el modelo de sistema PLC ocupa el primer lugar con una ponderación de 0.250, seguido del modelo lógico siemens y Logo 230 RC, con una ponderación de 0.169. Estos métodos resultan ser los más factibles para la presente investigación, según el análisis jerárquico aplicado. A continuación, se detalla la relevancia de cada método y su contribución a los objetivos de la investigación.

Tabla 9. Criterios evaluados.

Criterio	Ponderación	Ranking
Sistema Plc	0,250	1
Modulo lógico siemens y Logo 230 RC	0,169	2
Computacional autómeta	0,111	3
Modelo computacional	0,110	4
Análisis de sistema variables	0,083	5
Sistema scada	0,068	6
Método de Boltzmann reticular	0,061	7
Modelo CA	0,051	8
Algoritmo GIACA	0,050	9
Método de validación cruzada	0,047	10

Nota: Elaborado por los autores.

La revisión de alcance de literatura permitió identificar, analizar y seleccionar investigaciones de fuentes confiables. Los motores de búsqueda elegidos proporcionan el nivel de conocimiento necesario para comenzar el desarrollo del tema. En ellos, se encontraron diversas herramientas con enfoques circulares, características ideales para ser la base fundamental de la investigación que se llevará a cabo.

En el capítulo 1, se utilizó una metodología de toma de decisiones multicriterio (MCDM), específicamente el proceso de jerarquía analítica (AHP), para cuantificar y establecer escalas de preferencias basadas en juicios expertos. La implementación del método AHP, reconocido por ser una herramienta eficaz de toma de decisiones, permitió establecer una escala de importancia en la cual las principales herramientas seleccionadas, el sistema PLC con una ponderación de 0.250 y el modelo lógico siemens logo 230 RC con una ponderación de 0.169, constituirán la base fundamental para el desarrollo del modelo requerido en la investigación. Complementariamente, el computacional autómeta y el modelo computacional ocupan el tercer y cuarto lugar, con ponderaciones de 0.111 y 0.110, respectivamente, fortaleciendo así el enfoque metodológico de la investigación.

1.4. Delineación del protocolo

Como resultado de la revisión de alcance realizado en la investigación se presenta un protocolo donde se detalla la integración de las diferentes metodologías utilizadas para el diseño del prototipo de control autómeta y la optimización del sistema productivo. Partiendo del tipo de enfoque investigativo, siendo el cuantitativo utilizado para establecer pautas del comportamiento de las variables para probar hipótesis mediante la recolección de datos numéricos y luego siendo analizados estadísticamente con el objetivo de obtener una perspectiva más precisa y objetiva.

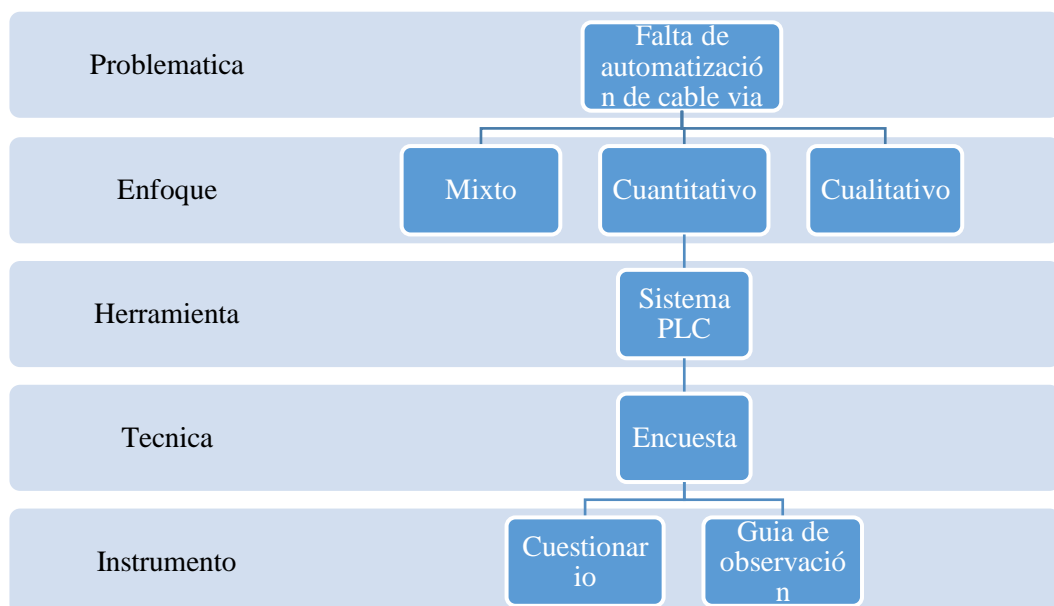
Mediante una búsqueda y análisis exhaustivo se determina que las metodologías más aplicadas son 3, siendo primero el sistema PLC (ponderación de 0,250) destacándose por ser un dispositivo de control industrial diseñado para automatizar procesos, es decir, pueden manejar múltiples operaciones y controlar equipos de manera continua y precisa, sin intervención humana. Esto permite automatizar tareas repetitivas, mejorar la eficiencia y reducir el margen de error humano. En este sentido, el módulo lógico siemens y logo 230 RC (ponderación 0,169) es una familia de controladores lógicos programables (PLC) de siemens, diseñada

especialmente para aplicaciones de automatización simples y de pequeña escala, por lo tanto, se considera influyente para el prototipo. De igual manera, se determinó la importancia de un sistema computacional autómatas (ponderación 0,111) ya que tiene la función de representar matemática y lógicamente un sistema o proceso real, creado en un entorno de computadora para simular y analizar el comportamiento del sistema en distintas condiciones.

Bajo este contexto de selección de la herramienta o metodología a aplicar, la siguiente figura 11 ilustra la concatenación entre los diversos elementos del proceso investigativo, destacando su alineación con la problemática de la investigación y el enfoque elegido para abordarla. Esta estructuración permite observar claramente cómo se integra cada componente metodológico, desde el enfoque de investigación hasta la técnica de recolección de datos, en una secuencia lógica y coherente.

El enfoque investigativo se ha elegido cuidadosamente para abarcar aspectos tanto cuantitativos como cualitativos, lo cual asegura una visión integral de la problemática. Al combinar técnicas e instrumentos específicos para la recopilación de información, como encuestas y guías de observación, se logra una mayor riqueza de datos y una perspectiva más amplia. Estos instrumentos, además, se han seleccionado y diseñado en función de los objetivos de la investigación y las características del contexto de estudio.

Figura 11. Protocolo por seguir en la investigación.



Nota: Elaborado por los autores.

El proceso de recolección de información no solo se fundamenta en una base sólida creada mediante una revisión exhaustiva de la literatura relevante, sino que también se complementa con el método de análisis jerárquico de toma de decisiones. Esta metodología AHP permite desglosar la complejidad del problema en niveles jerárquicos, evaluando las distintas alternativas y criterios en forma estructurada. De esta manera, se facilita la identificación y priorización de factores clave para el estudio, ofreciendo una base sólida y objetiva que fortalece la validez de los resultados y la toma de decisiones en el análisis.

Este enfoque metodológico, en su totalidad, no solo proporciona una estructura clara y lógica para abordar la problemática de investigación, sino que también contribuye a la confiabilidad y robustez de los resultados obtenidos. En conjunto, todos estos elementos metodológicos forman una plataforma exhaustiva y bien fundamentada para el desarrollo de la investigación, asegurando que los resultados reflejen una comprensión profunda y objetiva del problema en estudio.

1.5. Discusión del estado del arte.

Los hallazgos del estado del arte sobre el diseño de un prototipo de control automatizado y la optimización del sistema productivo en la finca La Cantarina S.A.S. han brindado una comprensión detallada del contexto actual en este campo de estudio. La cual nos permitió encontrar información verídica mediante una revisión de la literatura, en conjunto con la metodología AHP, permitió descomponer la complejidad del problema en distintos niveles jerárquicos, lo que condujo a la identificación inicial de 696 artículos relevantes. No obstante, tras aplicar criterios de selección rigurosos, esta cantidad se redujo considerablemente. Este proceso meticuloso destaca la importancia de una evaluación cuidadosa para asegurar resultados precisos y significativos para la investigación en curso.

El examen exhaustivo de la revisión de alcance reveló la prominencia del sistema PLC una herramienta eficaz para la optimización de procesos. Esta metodología fue implementada en 9 de los 28 proyectos de investigación revisados, lo que indica su amplia aplicabilidad y relevancia en una variedad de contextos industriales. Su aplicación en el proyecto de investigación fue fundamental, ya que

permitió abordar los mecanismos y parámetros idóneos para el desarrollo del diseño de prototipo automática.

En cuanto a la técnica y los instrumentos de recolección de datos, se decidió emplear la encuesta como técnica principal, apoyada por un cuestionario estructurado y fichas de observación como instrumentos. Sin embargo, es importante señalar que, en la revisión de los 28 artículos seleccionados, solo en un número reducido de ellos se mencionaban explícitamente las técnicas y los instrumentos utilizados. Esto limitó, en cierta medida, el acceso a referencias directas para la elección de estos elementos.

La selección de la técnica y los instrumentos fue, por tanto, basada en la información disponible de esos pocos artículos que ofrecían algún detalle sobre sus métodos. Además, se fundamentó en el interés específico de esta investigación en lograr una recopilación de datos efectiva y alineada con los objetivos de optimización del sistema productivo en la finca La Cantarina S.A.S. La combinación de cuestionarios y fichas de observación permite una visión más integral del proceso, al proporcionar datos cuantitativos y cualitativos sobre el rendimiento y los aspectos críticos de la producción de banano. De esta forma, la metodología seleccionada busca suplir la carencia de referencias en la literatura revisada y aporta una perspectiva propia, adaptada a las necesidades y contexto del estudio.

1.6. Fundamentos teóricos.

Variable independiente: Prototipo de control automática.

Según Malakouti, (2023), menciona que el diseño de un prototipo de control automática implica la creación inicial de un sistema automatizado para realizar tareas específicas sin intervención humana. Este proceso incluye la definición de requisitos, el desarrollo de un modelo funcional, la integración de sensores y actuadores, y la implementación de un software de control que gestione las operaciones del automática de manera eficiente y precisa.

PLC.

Un PLC (controlador lógico programable) es un dispositivo digital utilizado en automatización industrial para controlar procesos y máquinas. Funciona mediante la ejecución de programas lógicos almacenados en su memoria, permitiendo la gestión

de entradas y salidas digitales y analógicas para operar diversos equipos y sistemas (Tang et al., 2024).

El sistema del PLC está compuesto por tres elementos:

1) Fuente de señal discreta, 2) un generador con forma de onda cuadrada con salida de relé, Por lo tanto, el diseño del proceso de control se basa en los supuestos que reacciona a los estados de los sistemas digitales. Así mismo se aplica a las señales de salida digitales: en el diseño del proceso de control, un ajuste o reinicio del sistema – incorporando un dispositivo PLC como sistema de control; se utilizó un controlador muy popular de la serie LOGO PLC SIEMENS, modelo logo 8 / PLC 230RCE / 8 IN / 4 OUT / 115/230 VAC siemens y el 3) Sistema de medición y visualización.

Logo Siemens 8.

El logo siemens 8 es un micro PLC compacto y modular utilizado para tareas de automatización sencillas. Ofrece facilidad de programación, integración de pantalla HMI, y conectividad a redes, lo que lo hace ideal para aplicaciones en edificios, instalaciones pequeñas y proyectos de automatización básicos (Ocaña et al., 2024).

HMI.

Un HMI (interfaz hombre-máquina) es un dispositivo que permite la interacción entre los operadores y los sistemas automatizados. Proporciona una interfaz gráfica para monitorear y controlar procesos, facilitando la visualización de datos y el ajuste de parámetros en tiempo real (Šverko & Grbac, 2024).

Programación Ladder.

La programación ladder es un lenguaje de programación gráfica utilizado en PLCs, basado en esquemas de escalera que representan circuitos eléctricos. Utiliza símbolos como contactos y bobinas para simular el funcionamiento de relés y dispositivos electromecánicos, facilitando la creación y comprensión de programas lógicos de control industrial (David-Páez et al., 2015).

Norma IEC 61499.

Los sistemas de automatización industriales tradicionales desarrollados bajo IEC 61499 en control centralizado están programados estáticamente con

procedimientos determinados para realizar comportamientos / tareas predefinidas en entornos estructurados (Lyu et al., 2020).

Variable Dependiente: Optimización de procesos.

Según Ruiz-Ramos et al., (2024), La optimización de procesos es la mejora continua y sistemática de procedimientos y operaciones para aumentar la eficiencia, reducir costos y mejorar la calidad. Utiliza técnicas analíticas y herramientas de gestión para identificar y eliminar ineficiencias, asegurando que los recursos se empleen de manera óptima.

Proceso productivo.

Gutiérrez-Rodríguez & Almanza-Junco, (2016) en su artículo, mencionan, que un proceso productivo es el conjunto de actividades y operaciones organizadas y sistemáticas mediante las cuales se transforman insumos o materias primas en productos terminados o servicios. Este proceso involucra la utilización de recursos como materiales, mano de obra, tecnología, y energía, y se lleva a cabo de manera planificada y controlada para maximizar la eficiencia, la calidad y la rentabilidad.

Diseño de transporte.

El diseño de transporte es el proceso de planificación y creación de sistemas y redes de transportes eficientes, seguros y sostenibles para mover personas y mercancías de un lugar a otro. Este proceso involucra la consideración de diversos factores, como la infraestructura, los medios de transporte, la gestión del tráfico, la accesibilidad, la seguridad, el impacto ambiental, y la integración con otros modos de transporte (López et al., 2012).

1.7. Recapitulación del capítulo I.

El Capítulo I del documento establece una base teórica robusta al explorar los antecedentes investigativos, el estado del arte y los fundamentos teóricos relevantes para el diseño de un prototipo de control automático en la optimización de procesos productivos del banano. En los antecedentes investigativos, se recopilan estudios previos que abordan diversos aspectos de la automatización en la industria agrícola, subrayando la necesidad de modernización y eficiencia en el sector bananero. Esta sección demuestra que, aunque se han realizado numerosos estudios sobre la

automatización, aún existen áreas específicas, como la optimización de procesos productivos en fincas bananeras, que requieren una mayor atención.

El estado del arte amplía la discusión al presentar las tendencias actuales y las tecnologías emergentes en el ámbito de la automatización industrial. Se enfatiza la adopción de controladores lógicos programables (PLC) y su impacto positivo en la eficiencia operativa. Además, se destacan las aplicaciones específicas de los PLC en América Latina, subrayando la relevancia de estas tecnologías en entornos industriales complejos y variables. La revisión de literatura revela que la implementación de sistemas automatizados no solo mejora la eficiencia, sino que también contribuye a una mayor sostenibilidad y calidad en la producción, lo cual es crucial para las fincas bananeras que compiten en mercados globales.

En conclusión, el capítulo I del documento proporciona una revisión exhaustiva y bien fundamentada de los antecedentes investigativos, el estado del arte y los fundamentos teóricos necesarios para el diseño de un prototipo de control automático. Al identificar las brechas en la literatura existente y destacar la relevancia de la automatización en la industria bananera, el capítulo establece una base sólida para la investigación. Esta fundamentación teórica es esencial para guiar el desarrollo e implementación de tecnologías avanzadas que optimicen los procesos productivos y mejoren la competitividad y sostenibilidad de la finca La Cantarina S.A.S.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

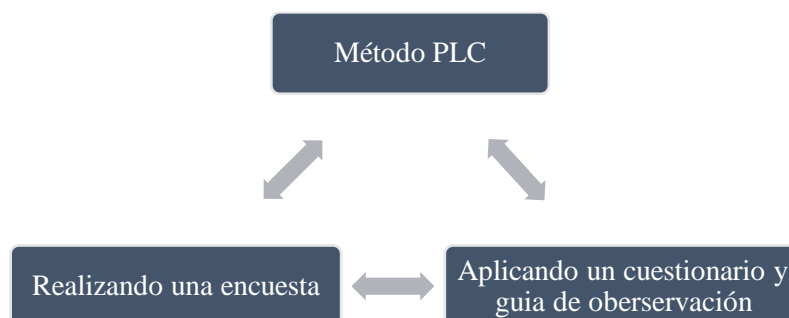
2.1. Enfoque de investigación.

En el primer capítulo, se estableció una metodología basada en el estado del arte, destacando la viabilidad de diseñar un prototipo de control automático que optimice los procesos productivos de finca La Cantarina S.A.S. En esta investigación, es fundamental considerar las técnicas, métodos e instrumentos como pilares esenciales que sustentan la base empírica del estudio. El método define la dirección a seguir, las técnicas ofrecen las herramientas necesarias para su aplicación, y los instrumentos proporcionan los recursos que facilitan la investigación (Hernández-Mendoza & Duana-Avila, 2020).

La aplicación de técnicas de recolección de datos conlleva el análisis y la transformación de la información para extraer datos valiosos, lo que facilita la formulación de conclusiones y respalda la toma de decisiones. Al planificar una investigación, es esencial determinar de antemano qué tipo de datos se van a obtener. En este estudio, de naturaleza cuantitativa, se adoptó un enfoque no experimental con un diseño descriptivo-correlacional.

En la figura 12 se detallan tres secciones las cuales representan el método o la técnica. Los métodos para utilizar son: PLC, ábaco de Regnier y el instrumento el cual nos ayudara a conocer el estado de situación de la empresa aplicando para esto una encuesta. Las secciones se encuentran relacionadas con flechas las cuales sugieren una interrelación entre ellas.

Figura 12. *Protocolo de la investigación.*

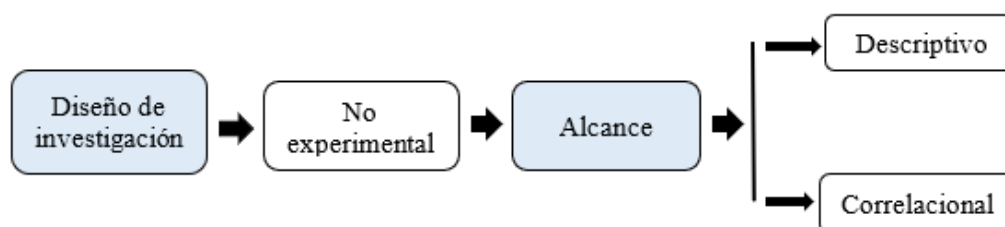


Nota: Elaborado por autores.

2.2. Diseño de investigación.

Una vez definido el tipo de investigación y considerando su enfoque cuantitativo, se eligió un diseño transversal no experimental, sustentado en las recomendaciones de (Del Cid et al., 2011) y (Starbuck, 2023). La figura 13, ilustra el diseño a seguir en la investigación, el cual se define como no experimental y de alcance descriptivo y correlacional.

Figura 13. Diseño de investigación.



Nota: Elaborado por los autores en base a (Hernández-Sampieri et al., 2014).

Investigación descriptiva: en ese apartado se conoce el grado de influencia de las variables tanto de la independiente como de la dependiente, en las cuales destacan características de las actividades.

Investigación correlacional: se determina el grado de relación entre las variables dependiente e independiente. Este análisis ofrece indicios sobre la factibilidad de diseñar un prototipo automatizado para mejorar los procesos de la finca La Cantarina S.A.S.

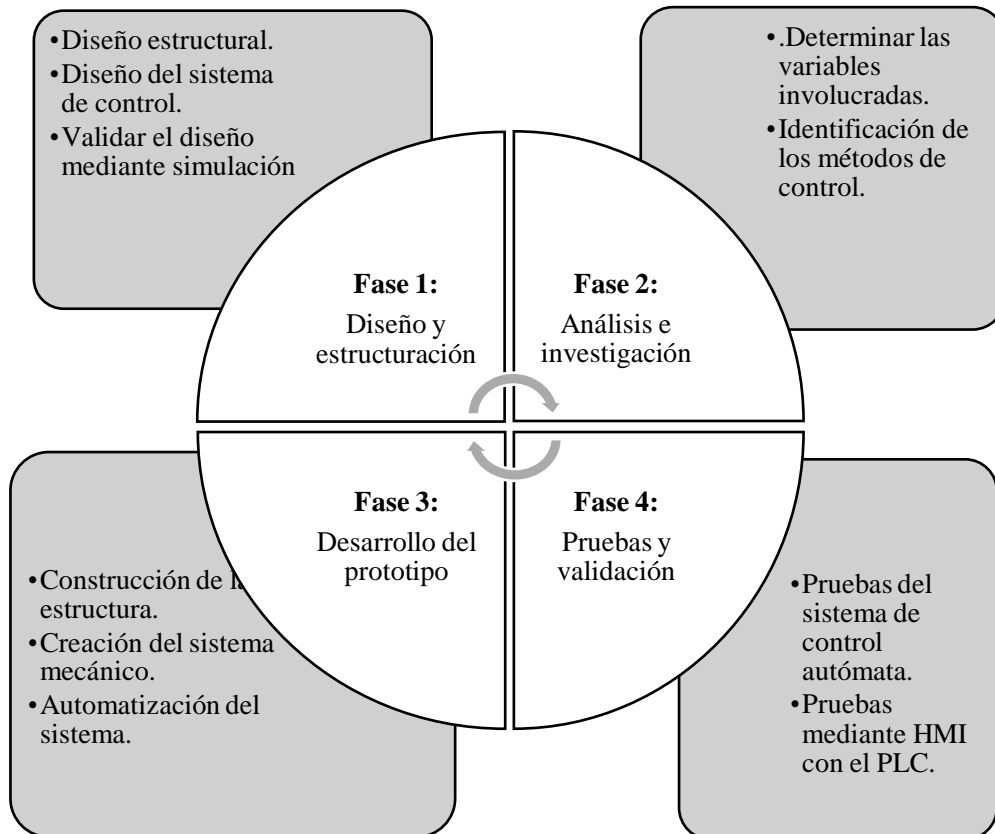
2.3. Procedimiento metodológico.

El estudio presenta la revisión de alcance como la metodología seleccionada para estructurar el estado del arte, fundamentada en los aportes recientes de Mayo-Abarca et al., (2023) y Ollora-Triana et al., (2023), estos autores destacan que dicha metodología permite organizar y analizar información clave sobre el objeto de estudio de forma sistemática y exhaustiva. La revisión de alcance facilita la interpretación y registro de los datos, con el objetivo de desarrollar contribuciones.

El procedimiento metodológico de esta investigación se fundamenta en la metodología propuesta por Zipa-Bermudez & Farfan-Eraza (2021), donde se desarrolló un prototipo de control automático para la optimización de la captura de radiación solar en un panel solar, de tal modo que esta investigación va ligado al

procedimiento que se requiere en el presente proyecto. En este sentido, con el fin de cumplir los objetivos propuestos se plantearon 4 fases ilustradas en la figura 14, donde se detallan las actividades correspondientes en cada etapa. La finalidad de este plan fue conseguir de manera metódica y sistemática las actividades concernientes al desarrollo del prototipo.

Figura 14. Procedimiento metodológico.



Nota: Elaborado por los autores.

• **Fase 1: Diseño y estructuración.**

En la primera fase se elabora el diseño de la estructura de soporte y se crean las programaciones de los softwares, la información es tomado de artículos los cuales ayudaran a resolver estos problemas. Entre las actividades a ejecutar se encuentran:

1. Diseño de la estructura del soporte la cual llevara los componentes.
2. Programación en logo soft conformt.
3. Simulaciones del prototipo en software solidworks, para su respectiva validación.

- **Fase 2: Análisis e investigación.**

En esta etapa, se recopiló la información necesaria sobre cada uno de los actores del sistema de control automatizado, así como las variables más importantes para su proceso. Para ello, se llevaron a cabo las siguientes acciones:

1. Identificación de las variables relacionadas con el proceso de transporte del producto a su destino.
2. Determinación de los posibles métodos de control para el prototipo.
3. Indagación de los componentes necesarios para el diseño del sistema autómatas.

- **Fase 3: Desarrollo e implementación.**

Se realizó el respectivo ensamblaje de la estructura metálica la cual es el soporte y la programación del sistema. Las actividades que se desarrollaron son:

1. Ensamble de la estructura de soporte la cual facilitara el transporte del banano.
2. Acoplamiento del motor y poleas para el respectivo movimiento del cable vía.
3. Ensamblaje electrónico, conectando los módulos electrónicos y el logo PLC.
4. Conexión de los elementos para el sistema automatizado de control del prototipo.

- **Fase 4: Pruebas y validación.**

La fase final consistió en las pruebas de funcionamiento y operación del sistema automatizado, así como en las pruebas de eficiencia del transporte del producto a través del cable aéreo. Las actividades realizadas fueron:

1. Pruebas de los diferentes componentes del sistema automatizado para asegurar su correcto funcionamiento.
2. Pruebas de la eficiencia en el transporte del banano mediante el sistema automatizado de cable aéreo.

2.4. Población y muestra.

Según Fernández-Callado & Baptista-Lucio, (2016), la población se refiere al conjunto total de elementos que cumplen con un conjunto específico de criterios o especificaciones predefinidas. Con base en este concepto, la población de esta investigación está compuesta por las áreas administrativa y de campo de la finca La Cantarina S.A.S., también se acopla el personal operativo de estas áreas constituye la principal fuente de información para realizar un diagnóstico inicial. La tabla 10 detalla

la población estudiada en la investigación realizada en la finca La Cantarina S.A.S., que incluye tanto el personal administrativo como el de campo.

Tabla 10. Población.

Personal de la finca	Cantidad	Porcentaje
Gerente general	1	5%
Gerente Administrativo	1	5%
Asistente Administrativo	1	5%
Secretarias	2	10%
Jefe de Empaque	1	5%
Superiores de campo	2	10%
Trabajadores	12	60%
Total	20	100%

Nota: Elaborado por los autores.

Según el concepto de Fernández-Callado y Baptista-Lucio., (2016), la población está formada por los elementos que cumplen con criterios predefinidos. En este caso, la población se compone de 20 personas por lo que no es necesario de una muestra estratificada. El grupo más numeroso es el de los trabajadores, que representan el 60% del total, mientras que el resto de los puestos, como gerentes y supervisores, suman porcentajes menores. Dado el tamaño reducido de la población, se optó por realizar una encuesta, aunque no todos los participantes tenían conocimientos sobre el tema de investigación.

En este estudio, la población se consideró finita, ya que al iniciar la recopilación de datos se determinó con precisión la cantidad de participantes en cada área de trabajo a investigar. Se observó que había muy pocos elementos, por lo que se decidió realizar una encuesta utilizando la técnica de evaluación, dado que no todos los participantes poseían conocimientos sobre el tema de la investigación.

Para esta investigación, se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, en el cual, de acuerdo con Blanco (2011), el investigador selecciona a los sujetos de estudio en función de su conveniencia. Este enfoque se llevó a cabo a través de una evaluación para obtener información más directa de la finca. Este tipo de muestreo resulta ser más práctico y adecuado para el propósito de la investigación,

que busca establecer un diseño de control automático para optimizar los procesos productivos de la finca La Cantarina S.A.S.

El total de la población de la finca La Cantarina S.A.S., es de 20 trabajadores, el cuestionario se aplicará exclusivamente a los trabajadores de campo de los cuales 2 decidieron no participar en la encuesta y los 10 restantes aceptaron ser encuestados y brindaron información necesaria para el debido estudio (tabla 11).

Tabla 11. Personas inmersas en la encuesta.

<i>Áreas</i>	<i>Criterios de inclusión y exclusión</i>	<i>Personas</i>	<i>% Porcentaje</i>
<i>Trabajadores de campo</i>	<i>Por falta de cooperación de personal</i>	<i>10</i>	<i>100%</i>
<i>Total</i>		<i>10</i>	<i>100%</i>

Nota: Elaborado por los autores.

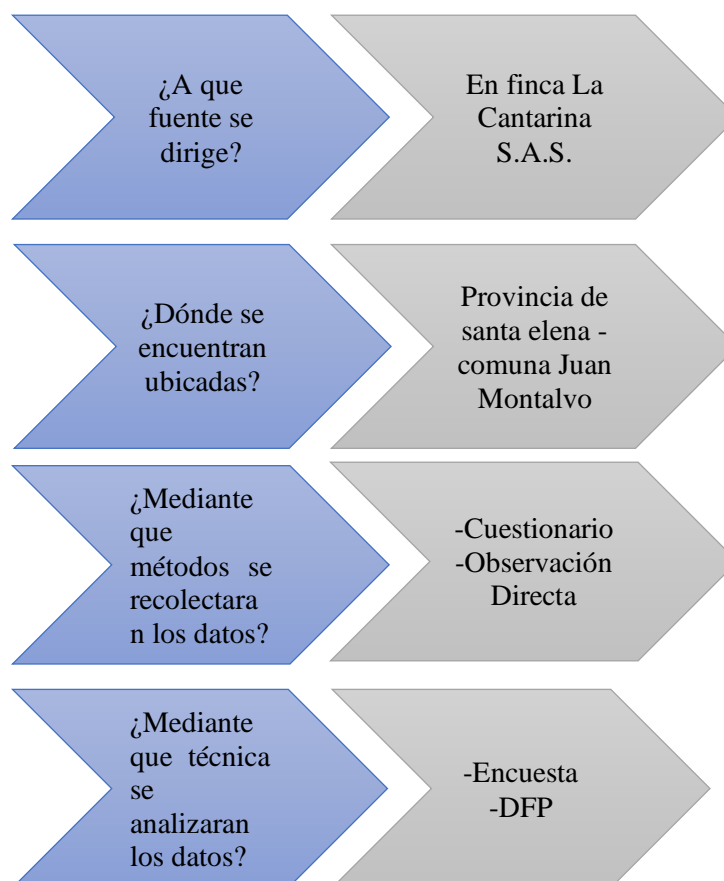
2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos.

En la etapa de recolección de datos que se llevó a cabo en la empresa se adaptó el método a emplear con la respectiva técnica e instrumento las cuales se adecuaron a las características de una investigación no experimental.

Métodos de recolección de los datos.

Para asegurar una recolección de datos eficiente y precisa, se realizó la implementación de un plan, con la finalidad de definir las etapas necesarias para alcanzar de manera correcta un objetivo específico (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018). La figura 15 muestra el plan direccionado a la recolección de datos, la cual permitirá tener un mejor entendimiento basándose en preguntas claves, este será ejecutado en donde se encuentra la fuente de información en este caso es la finca La Cantarina S.A.S.

Figura 15. Plan direccionado a recolección de datos.



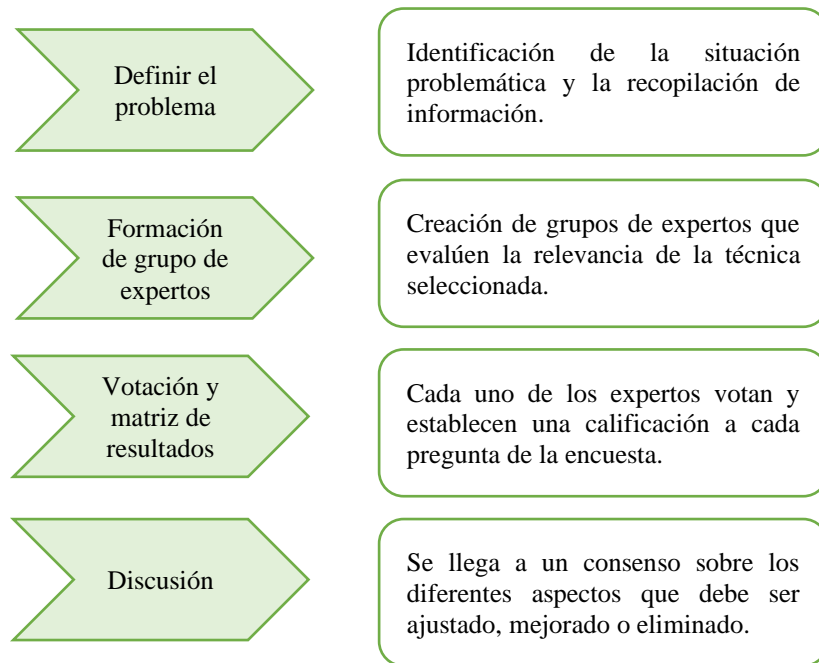
Nota: Elaborado por autores en base a (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018).

Para la recolección de datos, se utilizarán cuestionarios y observación directa como es la visita a la empresa bananera. En cuanto al análisis de los datos recolectados, se menciona el uso de encuestas dirigido a los trabajadores del área de producción y la técnica del diagrama de flujo del proceso (DFP). Este proceso permite recaudar valiosa información para luego ser sometido a análisis, a su vez facilita la interpretación de datos.

2.5.1. Técnica de recolección de datos.

Para la presente investigación se empleó el método del ábaco de Régnier la cual permite recopilar y registrar información, (Martelo et al., 2017). Esta metodología asegura la confiabilidad del instrumento. Para implementar la técnica fue imprescindible seguir de manera sistemática las fases descritas en la figura 16.

Figura 16. Etapas de la técnica de ábaco de Régnier.



Nota: Elaborado por autores en base a (Martelo et al., 2017).

2.5.2. Instrumentos de recolección.

Para obtener información de manera estructurada, se utilizó la observación directa, mediante una visita a la empresa para conocer su proceso productivo, como método principal de recolección de datos, acompañada de un análisis de procesos. Además, se diseñó un cuestionario con doce preguntas cerradas las cuales constan con cuatro respuestas cada una, centradas en las variables independientes y dependientes, dirigido a los trabajadores de la empresa. A continuación, los resultados se introdujeron en el software IBM SPSS statistics 25 para su análisis correspondiente.

Guía de observación - Diagrama de flujo de procesos.

Se empleó la técnica de observación directa y medición de tiempos para realizar el diagnóstico de la empresa, acompañada por la elaboración de un diagrama de flujo de procesos. Este diagrama permite cronometrar e identificar cada una de las tareas involucradas en el proceso productivo de la finca, con el propósito de recopilar información relevante. Dicha información, complementada con una encuesta, facilita el diseño un prototipo de control automático orientado a eliminar la problemática de La Cantarina S.A.S.

Cuestionario.

Con el objetivo de obtener información de manera estructurada y sistemática sobre la población de estudio, se empleó una encuesta para la recolección de datos. Para ello, se diseñó y aplicó un cuestionario compuesto por doce preguntas cerradas, enfocadas en la variable independiente y la variable dependiente. Este cuestionario fue desarrollado para recopilar datos estadísticos que sirvan en la creación del diseño de prototipo de control automático en la finca La Cantarina S.A.S. Para ello, se obtuvieron datos de fuentes primarias mediante el uso del cuestionario, que fue evaluado utilizando el método del ábaco de Régnier (Martelo et al., 2017), el cual consta de cuatro fases descritas en la figura 9.

2.6. Variables del estudio

Según la investigación de Espinoza-Freire, (2018), la clasificación de las variables se describe de la siguiente manera:

- **Variable independiente (VI):** esta variable representa la causa y es manipulada por el investigador, quien la utiliza para analizar y describir el objetivo del estudio a lo largo de la investigación.
- **Variable dependiente (VD):** esta variable refleja el efecto y cambia como resultado de la influencia ejercida por la variable independiente.
- **Variable Independiente:** prototipo de control automático.
- **Variable Dependiente:** optimización de procesos.

2.7. Operacionalización de las variables.

Según Estrada-Ezquivel, (2023), la operacionalización de las variables consiste en desglosar los componentes de la hipótesis, prestando especial atención a las variables. Este proceso se lleva a cabo al dividir las variables en dimensiones, las cuales se transforman en indicadores que facilitan la observación directa y la medición. Espinoza-Freire, (2019), añade que la operacionalización de las variables es fundamental, ya que permite definir con precisión los aspectos y elementos que se desean cuantificar, comprender y registrar, con el fin de llegar a conclusiones significativas. En la tabla 12 se detalla la matriz de operacionalización de variables, la

cual destaca los indicadores, preguntas e instrumento según cada variable de investigación.

Tabla 12. Operacionalización de las variables.

Variable	Concepto teórico	Dimensión	Indicador	Ítem	Instrumento
VI: Prototipo de control automático.	Un prototipo de control automático es un modelo preliminar o versión inicial de un sistema de control automatizado. Este tipo de prototipo se utiliza para diseñar, probar y refinar los mecanismos de control que regulan el comportamiento de un sistema automático (Vázquez & Mena, 2017).	Tiempo	Tiempo promedio de traslado.	¿Cuál es el tiempo promedio de traslado de los bananos a la zona de empaque?	Cuestionario
		Capacidad	Cantidad de bananos trasladados por ciclo.	¿Cuál es la cantidad de bananos trasladados por ciclo de transporte?	
			Capacidad de producción.	¿Considera necesario aumentar la capacidad de producción mediante sistemas automáticos?	
		Adaptabilidad de carga	Eficiencia en el manejo de diferentes volúmenes.	¿Considera que es importante aumentar la eficiencia en el transporte del banano?	
		Transporte	Ciclos de transporte.	¿Cuántas jornadas de transporte se manejan actualmente?	
			Jornadas de transporte.	¿Considera necesario automatizar el cable vía para	

				mejorar el sistema de transporte?
VD: Optimización de Procesos	La optimización de procesos permite mejorar la eficiencia, efectividad y calidad de las operaciones. Se requiere aumentar la producción, a su vez, minimizando el tiempo de producción y disminuyendo la cantidad de desperdicios, con la finalidad de mejorar la calidad del producto final (Morris Molinas et al., 2021).	Eficiencia	Tasa de utilización de la capacidad.	¿En qué medida se ha aprovechado la capacidad de producción de manera eficiente?
			Tasa de cumplimiento de plazo.	¿Qué tan eficiente es el transporte para garantizar que las tareas se completen a tiempo?
		Eficacia	Satisfacción del cliente.	¿Se cumple de manera consistente con los plazos de entrega acordados con los clientes?
		Productividad	Nivel de utilización de recursos.	¿Se está utilizando de manera eficiente la capacidad de los recursos disponibles en la finca?
			Productividad laboral.	¿Se ha aumentado la productividad laboral durante el último año?

		Calidad	Calidad del producto y servicio.	¿Ha mejorado recientemente la calidad de los productos o servicios ofrecidos por su empresa?	
--	--	---------	----------------------------------	--	--

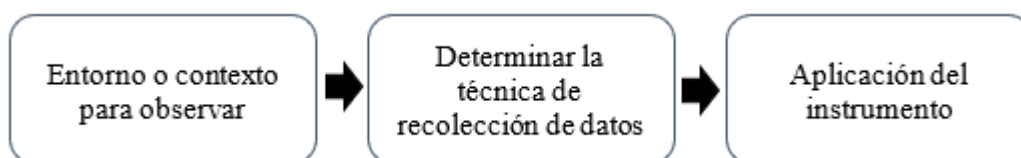
Nota: Elaborado por los autores.

La variable independiente (VI) es el prototipo de control automática, se evalúa a través de dimensiones como la eficiencia en el traslado, seguridad, capacidad de carga, y consumo energético, con indicadores y preguntas específicas dirigidas a medir la efectividad del sistema en estas áreas. Por otro lado, la variable dependiente (VD), es la optimización de procesos, se enfoca en la reducción de tiempos de producción, calidad del producto, costos operativos, y satisfacción del cliente final. Los instrumentos utilizados incluyen cuestionarios, que permiten evaluar el impacto del sistema automática en la mejora de la eficiencia y productividad en el traslado y empaque de bananos.

2.8. Procedimiento para la recolección de los datos.

En el contexto de la investigación, se utilizaron encuestas como herramienta para recopilar datos, las cuales se dirigieron al personal de la finca. La recolección de datos se centró en obtener y organizar información clave sobre variables, eventos, contextos, categorías y comunidades pertinentes a la investigación (De la Cruz & Marrero-Delgado, 2021). La figura 17 presenta un plan detallado para el procesamiento de los datos, así como las acciones que se implementarán en consecuencia.

Figura 17. Plan proceso para la recolección de datos.



Nota: Elaborado por los autores en base a (De la Cruz & Marrero, 2021).

El proceso comienza con la identificación del entorno o contexto a observar, que establece el área de interés o el espacio donde se recopilará la información. Luego, se selecciona la técnica a implementar, la cual incluye encuestas, entrevistas y observaciones directas. Para concluir se aplica el instrumento esto implica la ejecución de la herramienta seleccionada. A continuación, se detallan los procesos involucrados para el plan de recolección de datos.

Identificación del entorno: en esta primera fase se determina la variable de estudio, se toma en consideración la teoría subyacente. En la investigación el entorno a considerar es el área donde se desarrolla el proceso productivo de la finca.

Selección de la técnica de recolección: en la segunda fase se selecciona el instrumento apropiado para la recopilación de la información para así medir el comportamiento de la variable. El cuestionario y la observación directa se usarán en la investigación.

Aplicación del instrumento: en la etapa final el investigador realiza actividades de campo con el instrumento seleccionado para obtener los datos necesarios. Mediante el levantamiento de proceso pro el diagrama de flujo del proceso y las encuestas a los trabajadores.

2.9. Plan de análisis e interpretación de los resultados.

Se evaluó la relevancia de alcanzar los objetivos específicos definidos en la investigación, lo que llevó a la elaboración de un plan detallado. Para cumplir con el primer objetivo específico, se realizó una revisión bibliográfica mediante una revisión de alcance combinado con el proceso analítico jerárquico/técnica AHP. Esta revisión se estructuró en tres fases principales: planificación, implementación y análisis de resultados.

Al obtener los datos se inició un estudio de datos en el software IBM SPSS statistics 25. En este transcurso se efectuaron dos análisis, el primero fue un análisis de consistencia y el segundo fue un estudio de confiabilidad empleando el coeficiente alfa de Cronbach. En la tabla 13, se muestra el plan para la recolección de información en el cual se detallan los objetivos que se buscan cumplir, las acciones a ejecutar, herramientas adecuadas a utilizar y los resultados que se esperan obtener.

Tabla 13. Plan para la recolección de información.

N°	Objetivo	Acciones	Herramientas	Resultados
1	Realizar un estado de arte, mediante revisión de alcance combinado con AHT, utilizando artículos relacionados a los tipos de control automática y herramientas que se aplican en el diseño del prototipo.	1.- Revisión de la literatura.	1.- Revisión de alcance.	Obtención de las últimas investigaciones sobre diseños de control automátatas.
		2.-Determinación de las técnicas, metodologías y herramientas.	2.- AHP.	Descripción de métodos, herramientas y técnicas utilizadas en los controles automátatas.
2	Elaborar un marco metodológico, teniendo como base las investigaciones realizadas sobre control autónoma para el diseño del prototipo.	1.- Planeación para la obtención de datos.	1.- Técnica metodológica de obtención de datos.	1.- Determinación de la metodología (CENSO).
		2.- Validación de cuestionario.	2.- Metodología de ábaco de Regnier.	2.- Etapas de utilización de metodología ábaco de Regnier.
		3.- Etapas del desarrollo del prototipo.	3.- Etapas para diseñar el modelo según bases teóricas	3.- Fases de acuerdo con la necesidad de la empresa.
3	Propuesta de un prototipo que permita automatizar el cable vía para mejorar la producción y garantizar la calidad del producto en la finca La Cantarina S.A.S.	1.-Ejecución de técnicas para la recolección de datos.	1. Software IBM SPSS stadistics 25.	1.- Tabulación de datos.
		2.- Análisis y fiabilidad de datos.	2.- Alfa de Cronbach.	2.-Análisis de los datos proporcionados para elaborar el diseño del prototipo.
		3.- Diseño del prototipo de control automática.	3.- Solidword, AutoCAD, cade simu, logoV8.	3.-. Ejecución del diseño de prototipo de control automática.

Nota: Elaborado por los autores.

2.10. Recapitulación del capítulo II.

La metodología de la investigación se llevó a cabo bajo un enfoque cuantitativo, estructurándose como un estudio no experimental. Se utilizó el método deductivo para su desarrollo y se diseñó un plan de evaluación. Para la obtención de la población de datos, se empleó un muestreo no probabilístico. La recopilación de datos se realizó mediante encuestas, utilizando un cuestionario elaborado y validado con la metodología del ábaco de Regnier. Los expertos fueron seleccionados según criterios de elegibilidad, y los resultados obtenidos fueron verificados a través del software IBMSPSS Statistics 25, aplicando el coeficiente alfa de Cronbach.

CAPÍTULO III

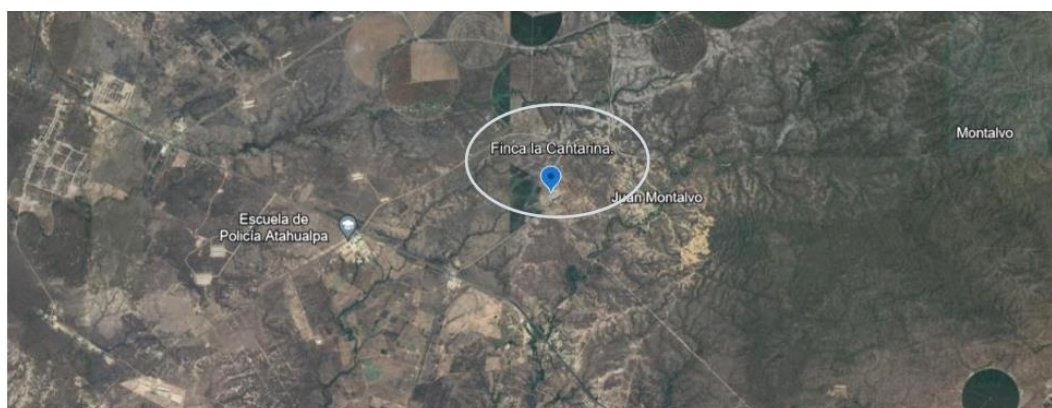
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1.Contexto organizacional.

3.1.1. Generalidades.

La finca La Cantarina S.A.S. se especializa en la cosecha y empaquetado de banano para los mercados nacional e internacional. Inició sus operaciones en 2018 y se encuentra localizada en la comuna Juan Montalvo, que pertenece al cantón Santa Elena. La figura 18 muestra el emplazamiento de la finca La Cantarina S.A.S.

Figura 18. Ubicación de la finca La Cantarina S.A.S.



Nota: Obtenido de Google Earth.

La finca sigue estrictas regulaciones de seguridad alimentaria y sostenibilidad, asegurando la calidad de sus productos en todas las etapas del cultivo y comercialización. A continuación, se detallan datos generales de la empresa de estudio, esta nos brinda una mejor apreciación de su estructura, el R.U.C. indica que esta formalmente registrada en Ecuador, permitiendo de este modo su participación en el mercado y el cumplimiento tributario (tabla 14).

Tabla 14. Datos generales de la empresa

RAZÓN SOCIAL	LA CANTARINA S.A.S.
RUC.	2490038496001
REPRESENTANTE LEGAL	ING. ALFREDO MONTALVO
TIPO DE EMPRESA	EMPRESA PRIVADA
DIRECCIÓN	COMUNA JUAN MONTALVO, SANTA ELENA, ECUADOR.

Nota: Elaborado por los autores.

Misión.

Somos una empresa ecuatoriana comprometida con la producción sustentable y sostenible de banano orgánico, proporcionando productos de alta calidad y seguridad alimentaria.

Visión.

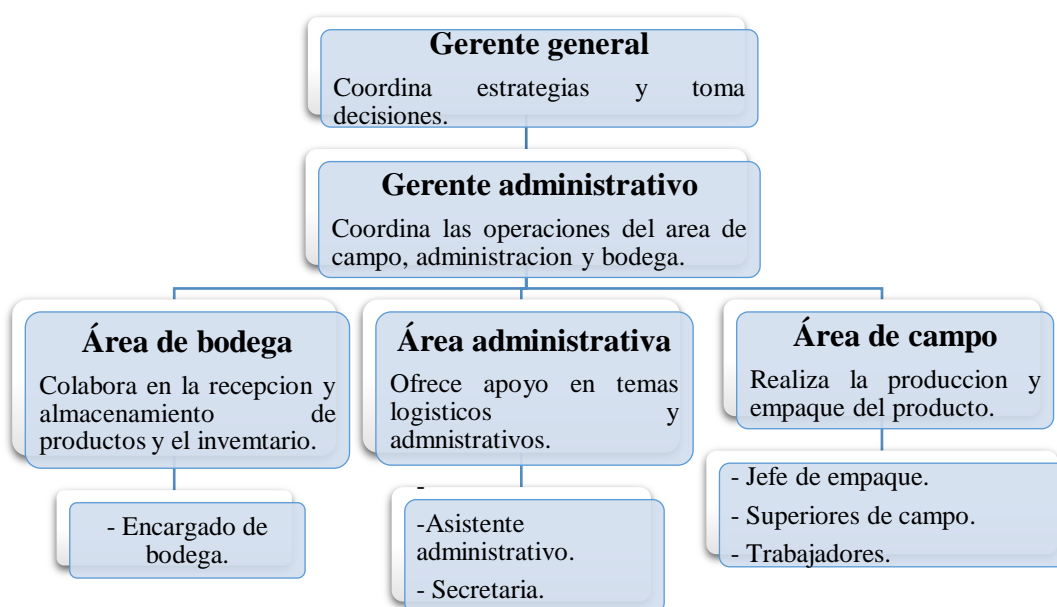
Ser reconocidos como una empresa líder local en el cultivo de banano orgánico, mejorando nuestra competitividad y estableciendo mejores alianzas estratégicas con nuestros clientes.

Solano-Santos (2009) aporta que la misión y visión de una entidad son elementos complementarios, los cuales establecen un propósito y una proyección a futuro de la empresa.

3.1.2. Organigrama estructural.

La finca La Cantarina S.A.S. cuenta con 66 trabajadores distribuidos en las diferentes áreas de trabajo. En la figura 19 se encuentra el organigrama estructural de la empresa, el cual consta de 5 niveles iniciando con el gerente general, luego el gerente administrativo y culminando con las áreas administrativas, de campo y bodega.

Figura 19. Organigrama estructural.



Nota: Elaborado por los autores.

A continuación, en la tabla 15 se describen las funciones de la empresa, en donde el cargo principal es el de gerente general, bajando por los puestos se encuentra al gerente de administración, pasamos al tercer nivel donde esta el área de campo, área administrativa y área de bodega cada una de ella se encuentra con sus respectivas actividades a realizar dentro de la institución.

**LA
CANTARINA
S.A.S.**

1. Gerente general.

Lidera la organización, establece políticas y asegura el cumplimiento de los objetivos. Se coordina directamente con el gerente administrativo para supervisar la operación global.

2. Gerente administrativo.

Central en la gestión operativa, coordina el área de campo, el área administrativa y el área de bodega. Ejecuta las directrices del gerente general y facilita la comunicación entre las áreas.

3. Área de campo.

Producción y empaque, colabora con el gerente administrativo y el área de bodega para gestionar inventarios y despachos.

Jefe de empaque: supervisa los procesos de producción y empaque, asegurando calidad y eficiencia.

Superiores de campo: organizan las actividades diarias en el campo y supervisan a los trabajadores.

Trabajadores: realizan las tareas prácticas de producción y empaque.

4. Área administrativa

Trabaja en coordinación con el gerente administrativo y apoya logísticamente a las otras áreas.

Asistente administrativo: soporta la gestión de recursos financieros y logística de la empresa.

Secretaria: maneja la comunicación y documentación, apoyando en la organización administrativa.

5. Área de bodega.

Colabora con el área de campo en el manejo de productos y con el área Administrativa para el control de inventarios.

Encargado de bodega: gestiona el almacenamiento y control de inventarios, coordinando con el área de campo y el área administrativa.

Tabla 15. Funciones de la empresa La Cantarina S.A.S.

Nota: Elaborado por los autores.

Inventario de procesos.

El inventario de procesos ofrece una visión más detallada de la organización jerárquica del proceso de producción y sus diversas etapas en un entorno de trabajo común. La tabla 16 presenta justamente el inventario de los procesos de la entidad y describe sus procesos: los procesos estratégicos, es donde se encuentran los cuatro principales cargos; los procesos claves, se encuentran trece ítems entre ellos, pedidos,

planificación; y dentro de los procesos de apoyo, están ubicados, compras, contabilidad, gestión administrativa, y personal y nómina.

Tabla 16. Inventario de procesos.

Inventario de procesos de la finca La Cantarina S.A.S.	
Referencia: Inventario de procesos	Responsables: Del Pezo Kleiner y Jiménez Ronald.
Fecha: 12/10/2024	Empresa: La Cantarina S.A.S.
Nombre	Código
Procesos estratégicos	
Gestión gerencial	F1
Atención al cliente	F2
Gestión de la calidad	F3
Recursos Humanos	F4
Procesos operativos	
Pedidos	F5
Planificación	F6
Proceso productivo del banano	F5
✓ <i>Preparación del terreno</i>	F5-A
✓ <i>Plantación de plátanos</i>	F5-B
✓ <i>Cuidado y mantenimiento de plantación.</i>	F5-C
✓ <i>Cosecha</i>	F5-D
✓ <i>Transporte</i>	F5-E
✓ <i>Lavado y desinfección</i>	F5-F
✓ <i>Clasificación del banano</i>	F5-G
✓ <i>Empaque</i>	F5-H
Almacén y entrega	F6
Facturación	F7
Procesos de apoyo	
Compras	F8
Contabilidad	F9
Gestión administrativa	F10
Personal y Nomina	F11

Nota. Elaborado por los autores.

Mapa de procesos de la empresa.

De acuerdo con el inventario de procesos, en la figura 20 se presenta el mapa de procesos actual de la finca La Cantarina S.A.S., en el que se ilustra el proceso estratégico que se encuentra relacionado con la gestión gerencial, de manera continua se encuentra los procesos operativos donde se hallan los pedidos, la planificación, el procesos productivo del banano, almacén y entrega, y por último se definen los procesos de apoyo, en el se encuentran los departamentos de compras y de contabilidad.

Figura 20. Plan mapa de procesos de La Cantarina S.A.S.



Nota: Elaborado por los autores.

A continuación, se detallan cada uno de estos niveles:

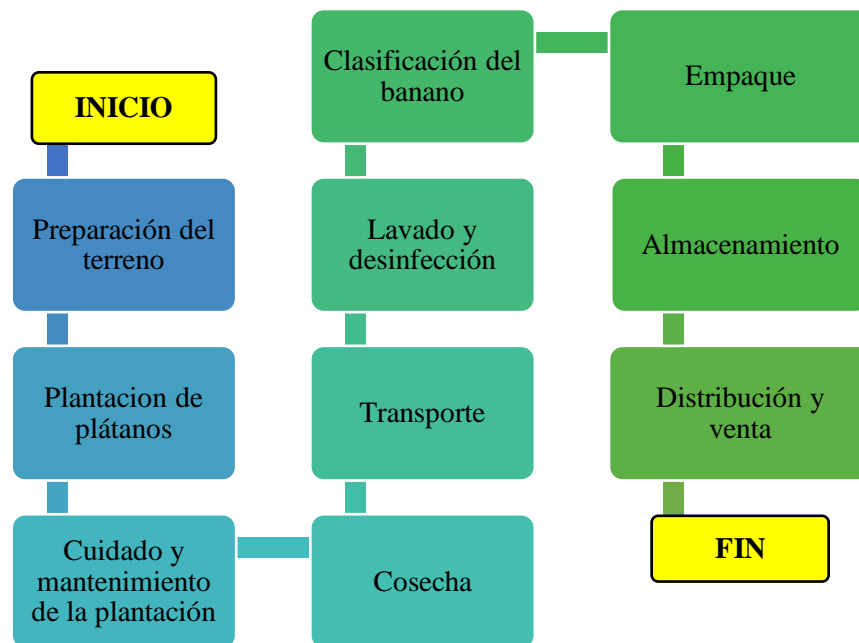
1. **Procesos estratégicos:** incluyen actividades relacionadas con la gestión gerencial, atención al cliente, gestión de la calidad, y recursos humanos. Estos procesos tienen un enfoque en la dirección general de la empresa y en la satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes, estos definen la orientación de la institución.
2. **Procesos operativos:** son los procesos clave que se relacionan directamente con la producción del producto principal de la empresa, en este caso, el proceso productivo del banano. Las etapas operativas incluyen pedidos, planificación, proceso productivo del banano, almacén y entrega, y facturación. Este flujo es fundamental para asegurar la entrega efectiva del producto al cliente.
3. **Procesos de apoyo:** se encargan de brindar soporte a los procesos operativos y estratégicos. Incluyen compras, contabilidad, gestión administrativa, y personal y nóminas. Estos procesos aseguran que los recursos y la infraestructura estén disponibles y se gestionen eficientemente para facilitar la operación continua de la empresa.

En virtud de lo anterior, el trabajo se centra exclusivamente en el tercer proceso clave de la empresa: proceso productivo del banano. Dicho eslabón fue codificado en el inventario de procesos como F5, de donde se derivan 7 etapas que lo conforman, siendo: F5-A, F5-B, F5-C, F5-D, F5-E, F6-F, F7-G y F8-H. En donde el estudio se centra en el F5-E (Transporte), con la intención de aplicar una propuesta de mejora para el cable aéreo.

Descripción del proceso productivo.

El proceso de producción de la finca inicia en el cultivo del banano, con la debida preparación del terreno pasando por la cosecha, luego transportar e producto, el procesamiento del producto para finalmente comercializar el producto a los clientes. En base a las visitas realizadas se levantó la información adecuada para realizar el diagrama. (Figura 21).

Figura 21. Proceso productivo.



Nota: Elaborado por los autores.

Cálculo de ciclo o muestra.

Este cálculo de muestra nos ayudara a conocer los ciclos necesarios para poder realizar el debido estudio de tiempo, al conocer el tamaño de la población se considera finita y entre sus variables se encuentran el nivel de confianza (Z) el cual se asigna por

el investigador mediante la tabla 17, para e el error estimado máximo es de un 3% a 5% disponible para empresas y se asigna por el investigador.

Tabla 17. *Tabla de nivel de confianza.*

Tabla de nivel de confianza (Z)	
Nivel de confianza	Z
99%	2,58
98%	2,38
97%	2,25
96%	2,12
95%	1,96
94%	1,88
93%	1,81
92%	1,75
91%	1,69
90%	1,65
80%	1,28

Nota: Elaborado por los autores.

Ecuación 1:

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Para una mayor interpretación de las variables que forman parte de la ecuación 1, destinada al cálculo de las muestras finitas en la investigación, se optó por realizar una tabla en la cual se detalla el significado de cada una de las seis abreviaturas. Esto proporciona un enfoque visual que ayuda a evitar posibles confusiones al momento de realizar los cálculos. (tabla 18).

Tabla 18. *Abreviatura de la fórmula de cálculo de la muestra*

n	Tamaño de muestra buscada
N	Tamaño de la población
Z	Parámetro estadístico (nivel de confianza)
e	Error de estimación máximo aceptado
p	Probabilidad de que ocurra el evento estudiado
q	Probabilidad de que no ocurra

Nota: Elaborado por los autores.

Al realizar el cálculo de la ecuación 1 destinada a conocer los ciclos se obtuvo como resultado, que para realizar el estudio de tiempo del proceso productivo de la finca La Cantarina S.A.S., se necesitan 10 tiempos de ciclo, esto se evidencia en la resolución del cálculo 1 en el cual se consideró un 95% de nivel de confianza (Z) y un 5% de error estimado máximo aceptado (e).

Cálculo de ciclos 1

DATOS

Tamaño de muestra: $n = ?$

Tamaño de población: $N = 10$

Parametro estadistico $Z = 95\% = 1,96$

Error estimado: $e = 5\% = 0,05$

Probabilidad de que ocurra: $p = 50\% = 0,5$

Probabilidad de que no ocurra: $q = 50\% = 0,5$

Resolución de la incógnita

$$n = \frac{10 * 1,96^2 * 0,5 * 0,5}{0,05^2 * (10 - 1) + 1,96^2 * 0,5 * 0,5}$$

$$n = \frac{10 * 3,8416 * 0,25}{0,0025 * 9 + 0,9604}$$

$$n = \frac{9,604}{0,9829}$$

$$n = 10 \text{ ciclos}$$

Diagrama de operaciones del proceso.

Se realizó el diagrama de operaciones del proceso con la finalidad de presentar las principales actividades que se realizan en la finca La Cantarina S.A.S. En donde encontramos que se realizan 8 operaciones identificados con un círculo y tan solo 2 inspecciones que se identifican con un cuadrado, con un tiempo de 475 segundos y 150 segundos respectivamente. (Figura 22)

Figura 22. Diagrama de operaciones del proceso.

DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO - MÉTODO ACTUAL

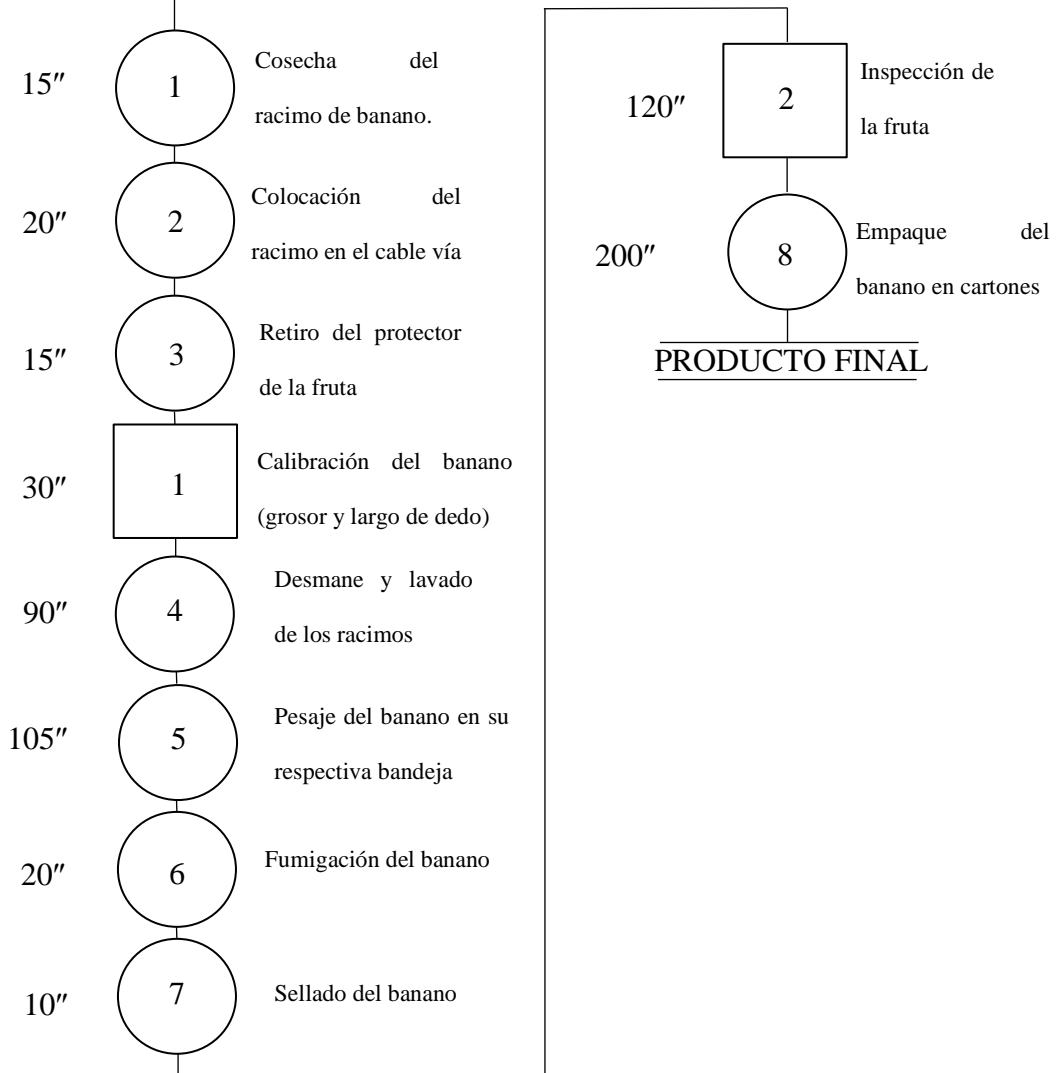
Objeto: Proceso productivo del banano

Elaborado por: Del Pezo Chalen Kleiner

Fecha de elaboración: 12-10-2024

Revisado por: Jiménez Salinas Ronald

PROCESO PRODUCTIVO DEL BANANO



Nota: Elaborado por los autores.

Diagrama de flujo del proceso

En el diagrama se encuentran registrados las actividades que se llevan a cabo durante el proceso productivo de la finca “La Cantarina S.A.S.”, en la tabla 19 se observa que el diagrama consta de 15 actividades las cuales se dividen en 8 operaciones, 2 inspecciones y 3 transportes.

Tabla 19. Diagrama de flujo del proceso.

DIGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE LA FINCA LA CANTARINA S.A.S.								
DESCRIPCIÓN		RESUMEN						
Objeto: Proceso productivo del banano		ACTIVIDAD				ACTUAL	PROPUESTO	
	●	OPERACIÓN				8		
	■	INSPECCIÓN				2		
Lugar: finca La Cantarina S.A.S.		TRANSPORTE				3		
	⬇	DEMORA				0		
		ALMACENAMIENTO				2		
Método: actual	ACTUAL: X	TIEMPO Y DISTANCIA						
	PROPUESTO:	TIEMPO (min)				1985 segundos		
Elaborado por: Autores	HORA INICIAL:	DISTANCIA (m)				940 metros		
Fecha: 12/10/2024	HORA FINAL:	SÍMBOLOS						
Supervisión: Administración		Distancia (metros)	Tiempo (Segundos)	●	■	➡	⬇	Observaciones
1	Almacenamiento temporal		--					
2	Cosecha del racimo de banano		15	●				
3	Transporte al cable vía.	30	300			➡		
4	Colocación del racimo en el cable vía.		20	●				
5	Transporte del banano hacia zona de empaque.	900	1020			➡		Tiempo prolongado
6	Retiro del protector de la fruta.		15	●				
7	Calibración del banano (grosor y largo de dedo)		30		■			
8	Transporte al área de desmane y lavado	10	40			➡		
9	Desmane y lavado de los racimos		90	●				
10	Pesaje del banano en su respectiva bandeja		105	●				
11	Fumigación del banano		20	●				
12	Sellado del banano		10	●				
13	Inspección de la fruta		120		■			
14	Empaque del banano en cartones		200	●				
15	Paletizado y carga al camión		--				⬇	
TOTAL		940	1985	8	2	3	0	2

Nota: Elaborado por los autores.

Como se observa en la tabla 19, mediante la visita realizada a la empresa bananera se pudo elaborar el diagrama de flujo del proceso la cual dio como resultado 8 operaciones, 2 inspecciones, 3 transporte y 2 almacenamiento, dando un tiempo de 1985 segundos es decir 33,08 minutos. Por otro lado, se puede apreciar en el diagrama de flujo de procesos, en la actividad 5 existe un promedio de tiempo prolongado de 15 minutos ocupados en el transporte del banano hacia la zona de empaque, esto debido a que se realiza el transporte mediante el cable vía de manera manual, es decir, requiere de la fuerza del operador para jalar los racimos en un ciclo de transporte, cada ciclo contiene máximo 20 racimos. En este sentido, se busca mejoras aplicables a este sistema tradicional de transporte a uno que requiere de menor esfuerzo humano y mayores rendimientos en la producción.

3.1.3. Análisis situacional

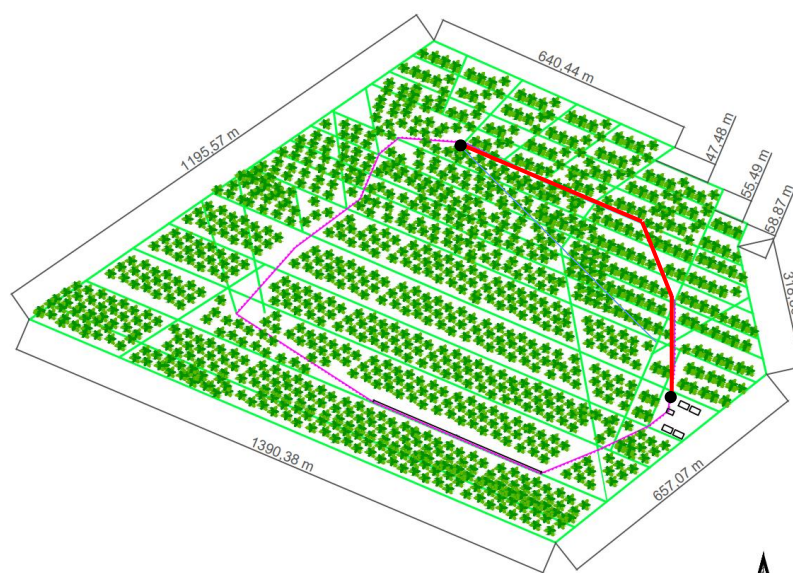
Diagnóstico inicial del transporte del cultivo de banano.

En la empresa objeto del presente estudio se investigó únicamente al transporte del cultivo de banano hacia el área de empaque, en donde se utiliza una infraestructura llamada cable vía, la cual ayuda a transportar todos los racimos cosechados de cualquier punto de la finca. Para los propósitos de esta investigación, se implementa un método de estudio de caso ya que permite investigar la relación de causa y efecto en un contexto de la vida real (Malindzakova et al., 2021). Esto es particularmente adecuado, ya que el objetivo del trabajo de investigación es presentar una propuesta para el proceso productivo del banano que busque mejorar el tiempo de traslado del banano hacia la zona de empaque.

Descripción del transporte del cultivo de banano.

La actividad de traslado de banano por cable vía es un proceso metódico y eficiente que permite transportar la fruta desde las plantaciones hasta el centro del área de empaque, sin embargo, en la finca de estudio esta actividad se realiza de forma manual lo que trae consigo demoras en la producción y la exposición de los trabajadores a accidentes laborales. En la figura 23 se especifica el trayecto del cable vial resaltado de color fucsia y rojo, en donde el rojo representa justamente la distancia que se recorre hacia la zona de empaque y que tiene una distancia aproximada de 900 metros.

Figura 23. Recorrido del cable vía.



Nota: Elaborado por los autores.

Capa-Benítez et al. (2016), menciona que el transporte de banano es una actividad colectiva la cual requiere de coordinación entre los trabajadores. Cada día de trabajo requiere del apoyo de todos los trabajadores desde el que cultiva hasta el de la zona de empaque. El ostentar una convivencia sana es fundamental para que no existan contratiempos.

Si bien automatizar el cable vía permite disminuir el esfuerzo físico en comparación a los métodos tradicionales, los trabajadores aún deben realizar actividades que requieren esfuerzo físico, como la cosecha de las racimas, la carga y descarga, lo que es exhaustivo.

Estudio de tiempo del proceso productivo.

La información suministrada por la empresa, detallada en la tabla 19, permitió identificar que el proceso de empaque de banano opera con un tiempo ciclo de 31,08 minutos. Sin embargo, para este caso particular y como complemento al DFP. En consecuencia, y de acuerdo con la referencia de la tabla 19 se considerarán 10 ciclos como recomendados para el análisis. En la tabla 20, se presenta el estudio de tiempos realizados, se detalla el porcentaje de valoración y tiempo de suplemento considerado, los cuáles fueron necesarios para el cálculo del tiempo estándar, en donde T.O. (tiempo observado), T.P.O. (tiempo promedio observado), Val. (valoración), T.N. (tiempo normal), Suple. (suplementos) y T.E. (tiempo estándar).

Tabla 20. Cálculo del tiempo estándar.

Actividad	Tiempos en minutos										T.O.	T.P.O.	Val	T.N.	Suple.	T.E.
	Ciclos cronometrados															
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10						
Cosecha del racimo de banano	0,25	0,30	0,25	0,45	0,43	0,32	0,36	0,28	0,22	0,22	3,08	0,31	107%	0,33	29%	0,43
Transporte al cable vía	5,10	6,40	4,50	5,20	4,89	6,20	5,30	6,25	5,50	4,92	54,26	5,43	105%	5,70	31%	7,46
Colocación del racimo en el cable vía	0,33	0,42	0,25	0,27	0,35	0,28	0,36	0,30	0,41	0,35	3,32	0,33	114%	0,38	29%	0,49
Transporte del banano hacia la zona de empaque	16,50	17,10	16,85	17,56	17,23	17,12	16,80	17,20	16,93	16,85	170,14	17,01	95%	16,16	14%	18,43
Retiro del protector de la fruta.	0,25	0,29	0,20	0,15	0,17	0,23	0,35	0,24	0,21	0,30	2,39	0,24	116%	0,28	12%	0,31
Calibración del banano (grosor y largo del dedo)	0,50	0,52	0,57	0,46	0,49	0,53	0,58	0,40	0,39	0,46	4,90	0,49	116%	0,57	14%	0,65
Transporte al área de desmane y lavado	0,67	0,58	0,60	0,55	0,58	0,61	0,66	0,54	0,64	0,62	6,05	0,61	114%	0,69	31%	0,90
Desmane y lavado de los racimos	1,50	1,65	2,10	1,56	1,49	2,15	1,30	1,54	1,27	1,10	15,66	1,57	116%	1,82	12%	2,03
Pesaje del banano en su respectiva bandeja	1,75	1,15	1,30	2,10	1,25	1,77	2,20	2,16	1,45	1,56	16,69	1,67	114%	1,90	15%	2,19
Fumigación del banano	0,33	0,32	0,24	0,29	0,35	0,32	0,21	0,27	0,25	0,34	2,92	0,29	119%	0,35	13%	0,39
Sellado del banano	0,16	0,12	0,18	0,20	0,15	0,24	0,22	0,17	0,21	0,25	1,90	0,19	116%	0,22	13%	0,25
Inspección de la fruta	2,15	1,55	1,60	2,20	2,50	2,11	2,14	1,28	2,35	1,58	19,46	1,95	116%	2,26	12%	2,53
Empaque de bananos en cartones	3,33	3,10	2,50	3,40	3,18	2,50	2,12	3,20	2,48	3,12	28,93	2,89	119%	3,44	23%	4,23

Nota: Elaborado por los autores.

Con base en el estudio de tiempo realizado, donde se estableció un tiempo promedio observado para transporte del banano hacia la empaquetadora de 17,01 minutos. Este resultado sirve como referencia clave para evaluar la eficiencia en el proceso de cosecha. Vale destacar que, en la tabla 21 se detallan los porcentajes de suplementos, los cuales fueron tomado del anexo D. La tabla de valoración se muestra en el anexo E.

Tabla 21. Tiempo suplementario.

Actividad	Constantes		Variables										Suple mentos
	SNP	SBF	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Cosecha del racimo de banano	5	4	2	0	17	0	0	0	0	1	0	0	29%
Transporte al cable vía	5	4	2	2	17	0	0	0	0	1	0	0	31%
Colocación del racimo en el cable vía	5	4	2	0	17	0	0	0	0	1	0	0	29%
Transporte del banano hacia la zona de empaque	5	4	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	14%
Retiro del protector de la fruta.	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	12%
Calibración del banano (grosor y largo del dedo)	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	2	14%
Transporte al área de desmane y lavado	5	4	2	2	17	0	0	0	0	1	0	0	31%
Desmane y lavado de los racimos	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	12%
Pesaje del banano en su respectiva bandeja	5	4	2	0	3	0	0	0	0	1	0	0	15%
Fumigación del banano	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	13%
Sellado del banano	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	13%
Inspección de la fruta	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	12%
Empaque de bananos en cartones	5	4	2	0	9	0	0	0	0	1	0	2	23%

Nota: Elaborado por los autores.

Cartas de control X – R: método actual.

Una vez culminado el estudio de tiempo es conveniente realizar tablas de control permiten detectar la variabilidad a lo largo del proceso productivo del cuello de botella, estas atipicidades se detectarán mediante las tablas de control X – R, con la finalidad de realizar correcciones previniendo posibles fallos en la producción. Como se observa en la tabla 22, el tamaño de la muestra a utilizar es de 10 ciclos, en ella se encuentra el promedio y rangos, estos índices aportaran a la construcción de las tablas de control.

Tabla 22. Tabla para cartas de control.

Actividad	Tiempos en minutos										Promedio	Rango
	Ciclos cronometrados											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10		
Cosecha del racimo de banano	0,25	0,30	0,25	0,45	0,43	0,32	0,36	0,28	0,22	0,22	0,31	0,23
Transporte al cable vía	5,10	6,40	4,50	5,20	4,89	6,20	5,30	6,25	5,50	4,92	5,43	1,90
Colocación del racimo en el cable vía	0,33	0,42	0,25	0,27	0,35	0,28	0,36	0,30	0,41	0,35	0,33	0,17
Transporte del banano hacia la zona de empaque	16,5	17,1	16,85	17,56	17,23	17,12	16,80	17,20	16,93	16,85	17,01	1,06
Retiro del protector de la fruta.	0,25	0,29	0,20	0,15	0,17	0,23	0,35	0,24	0,21	0,30	0,24	0,20
Calibración del banano (grosor y largo del dedo)	0,50	0,52	0,57	0,46	0,49	0,53	0,58	0,40	0,39	0,46	0,49	0,19
Transporte al área de desmane y lavado	0,67	0,58	0,60	0,55	0,58	0,61	0,66	0,54	0,64	0,62	0,61	0,13
Desmane y lavado de los racimos	1,50	1,65	2,10	1,56	1,49	2,15	1,30	1,54	1,27	1,10	1,57	1,05
Pesaje del banano en su respectiva bandeja	1,75	1,15	1,30	2,10	1,25	1,77	2,20	2,16	1,45	1,56	1,67	1,05
Fumigación del banano	0,33	0,32	0,24	0,29	0,35	0,32	0,21	0,27	0,25	0,34	0,29	0,14
Sellado del banano	0,16	0,12	0,18	0,20	0,15	0,24	0,22	0,17	0,21	0,25	0,19	0,13
Inspección de la fruta	2,15	1,55	1,60	2,20	2,50	2,11	2,14	1,28	2,35	1,58	1,95	1,22
Empaque de bananos en cartones	3,33	3,10	2,50	3,40	3,18	2,50	2,12	3,20	2,48	3,12	2,89	1,28
											2,54	0,67

Nota: Elaborado por los autores.

Para realizar las cartas de control se necesitan hallar: límite superior, límite central y límite inferior en la siguiente tabla 23, se muestran los resultados obtenidos de dichos límites, el procedimiento se realizó mediante la tabla parcial para construir tablas de control A₂, D₃ y D₄ (anexo F).

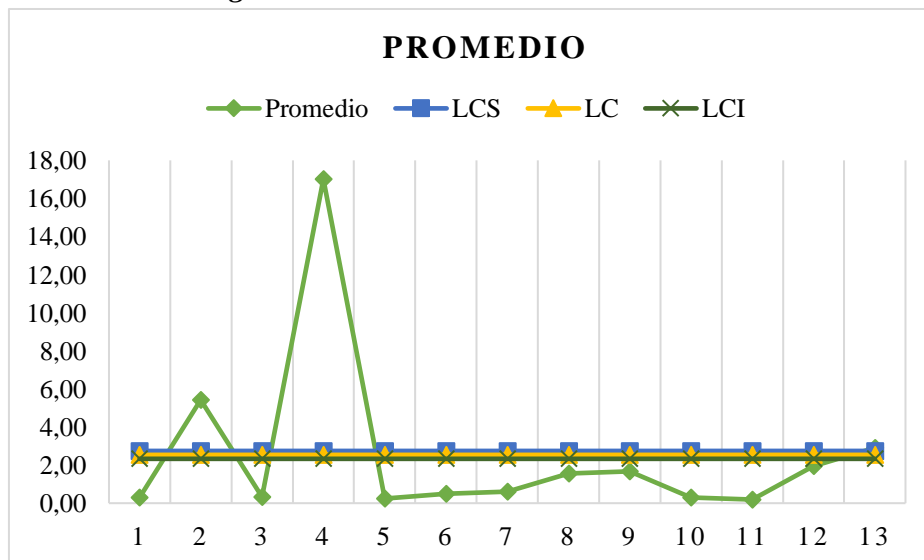
Tabla 23. Límites de control

Medias			Rangos		
LCS	LC	LCI	LCS	LC	LCI
2,74	2,54	2,33	1,20	0,67	0,15
2,74	2,54	2,33	1,20	0,67	0,15
2,74	2,54	2,33	1,20	0,67	0,15
2,74	2,54	2,33	1,20	0,67	0,15
2,74	2,54	2,33	1,20	0,67	0,15
2,74	2,54	2,33	1,20	0,67	0,15
2,74	2,54	2,33	1,20	0,67	0,15
2,74	2,54	2,33	1,20	0,67	0,15
2,74	2,54	2,33	1,20	0,67	0,15
2,74	2,54	2,33	1,20	0,67	0,15
2,74	2,54	2,33	1,20	0,67	0,15
2,74	2,54	2,33	1,20	0,67	0,15
2,74	2,54	2,33	1,20	0,67	0,15
2,74	2,54	2,33	1,20	0,67	0,15
2,74	2,54	2,33	1,20	0,67	0,15
Medias		Rangos			
LCS	2,74	LCS	1,195923	A2	0,308
LC	2,54	LC	0,67	D3	0,2232
LCI	2,33	LCI	0,150231	D4	1,7768

Nota: Elaborado por los autores.

Los valores del promedio muestran un incremento en los subgrupos, los cuales no se estabilizan. El límite central (LC) es de 2,49, el límite superior de control (LCS) está alrededor de 2,72, mientras que el límite inferior de control (LCI) está en 2,25. Todos los puntos se encuentran fuera de los límites de control, lo cual indica que el proceso no se encuentra bajo control y que las variaciones en las medias no son aceptables (Figura 24).

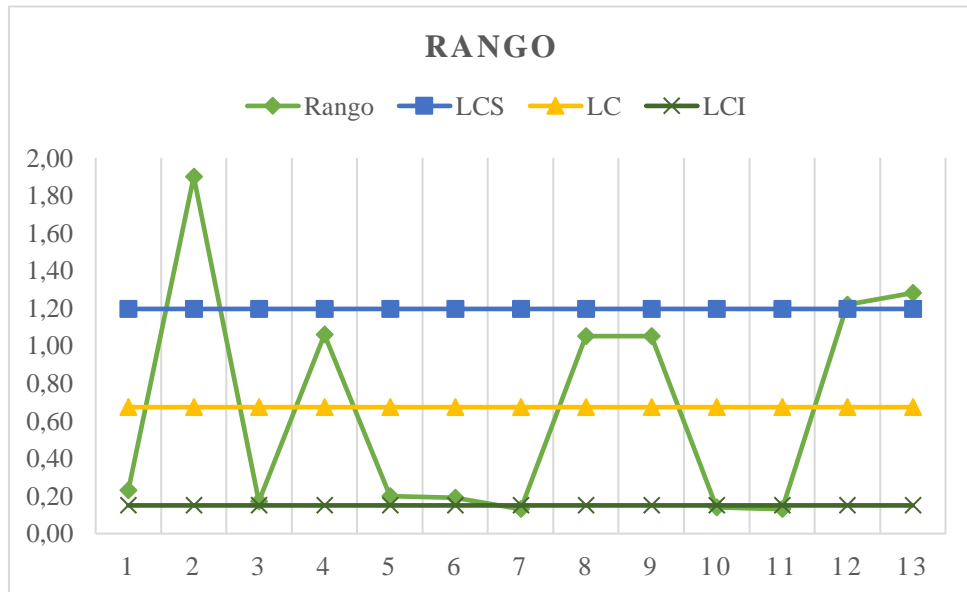
Figura 24. Carta de control -Promedio.



Nota: Elaborado por los autores.

La figura 25, carta de control de rango muestra una variabilidad considerable en los primeros puntos de datos, estabilizándose en torno a un valor central a partir del punto 5. En el punto 4 se observa un pico, el cual supera el límite de control superior. Esta oscilación da a entender que el proceso experimenta inestabilidad debido a la dispersión de los datos, se requiere tomar medidas para garantizar la estabilidad del proceso.

Figura 25. Carta de control por rango.



Nota: Elaborado por los autores.

Evaluación de desempeño operativo actual.

Para adoptar una estrategia orientada a la optimización de un proceso productivo, el paso más importante es identificar y analizar los procesos y los efectos de los posibles tiempos de inactividad en la eficiencia de la producción. Tsarouhas (2020) menciona que el OEE es el indicador de desempeño más utilizado, que consta de tres elementos principales: disponibilidad, desempeño y calidad. Por tanto, el OEE se puede calcular de acuerdo con la ecuación (1):

$$OEE (\%) = Disponibilidad \times Calidad \times Rendimiento \times 100\% \quad (1)$$

Sobre la base de esta medida de desempeño, la atención debe centrarse en los tiempos de transporte del banano hacia la zona de empaque, que tienen un alto impacto en la disponibilidad y la eficiencia operativa o la calidad del producto. De acuerdo con

(Haddad et al., 2021) estos tres elementos OEE se pueden calcular de la siguiente manera:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{(\text{Tiempo total de trabajo} - \text{Tiempo de inactividad})}{\text{Tiempo total de trabajo}} \quad (2)$$

$$\text{Calidad} = \frac{(\text{N}^\circ \text{ de unidades producidas} - \text{N}^\circ \text{ de defectos})}{\text{N}^\circ \text{ de unidades producidas}} \quad (3)$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de unidades producidas}}{\text{Posible N}^\circ \text{ de unidades}} \quad (4)$$

Con el objetivo de evaluar el desempeño operativo inicial de la finca La Cantarina S.A.S. se efectúa el cálculo inicial de la eficiencia general de los equipos (OEE) para conocer cómo se están desempeñando actualmente los indicadores preestablecidos y determinar cuáles de ellos se deben intervenir. Para poder calcular el OEE actual, se calcularon todos los componentes del OEE de acuerdo con las ecuaciones (2), (3) y (4).

Para este caso se analiza exclusivamente el proceso de transporte del cultivo de banano hacia la zona de empaque, donde su tiempo promedio de traslado es de 17,01 minutos y su tiempo de paro programado es de 10 min en cada turno, Con esa base de información ya es posible determinar el tiempo total de trabajo y el tiempo de inactividad. Vale destacar que se trabajan 2 turnos para el transporte de banano, con una jornada laboral de 8 horas por 3 días a la semana, que corresponde únicamente a la actividad de cosecha del producto.

$$\text{Tiempo de cultivo}_{\text{Transp}} = \frac{17,01 \text{ min}}{1 \text{ h}} \times \frac{4 \text{ h}}{1 \text{ turno}} \times \frac{2 \text{ turnos}}{1 \text{ día}} \times \frac{3 \text{ días}}{1 \text{ semana}}$$

$$\text{Tiempo de cultivo}_{\text{Transp}} = 408,24 \frac{\text{min}}{\text{sem}}$$

$$\text{Tiempo de inactividad}_{\text{Transp}} = \frac{10 \text{ min}}{1 \text{ turno}} \times \frac{2 \text{ turnos}}{1 \text{ día}} \times \frac{3 \text{ días}}{1 \text{ semana}} = 60 \frac{\text{min}}{\text{sem}}$$

✓ **Disponibilidad.**

Ya con aquello, se aplica la fórmula de la disponibilidad con los datos obtenidos:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\left(408,24 \frac{\text{min}}{\text{sem}} - 60 \frac{\text{min}}{\text{sem}}\right)}{408,24 \frac{\text{min}}{\text{sem}}}$$

$$\text{Disponibilidad} = 0,83 \times 100 = \mathbf{85,3\%}$$

- **Calidad.**

En este apartado, y de acuerdo con información brindada por el departamento de producción, se conoció que se cosechan en promedio 7000 racimos de verde semanales por hectárea durante los 3 días de esta actividad, sin embargo, solo un promedio de 5000 sale a la venta, y generalmente el 40% de esos 2000 racimos descartados son considerados productos con inconsistencias. Cada caja de banano pesa 19 kg, por lo que vendría a ser 95 T/sem en producción media.

➤ *Producción media* = 95 T/sem = 31,67 T/día

➤ *Promedio de desperdicio* = $2000 \frac{u}{\text{sem}} \times 0,40 = 800 \frac{u}{\text{sem}} = 15200 \frac{\text{kg}}{\text{sem}}$

➤ *Promedio de desperdicio* = 15,2 T/sem = 5,067 T/día

$$\text{N}^\circ \text{ de unidades de cosecha} = \frac{31,67 \text{ T}}{1 \text{ día}} \times \frac{3 \text{ días}}{1 \text{ sem}} \times \frac{4,345 \text{ sem}}{1 \text{ mes}} = 412,775 \text{ T/mes}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de defectos por cosecha} = \frac{5,067 \text{ T}}{1 \text{ día}} \times \frac{3 \text{ días}}{1 \text{ sem}} \times \frac{4,345 \text{ sem}}{1 \text{ mes}} = 66,044 \text{ T/mes}$$

$$\text{Calidad} = \frac{\left(412,775 \frac{\text{T}}{\text{mes}} - 66,044 \frac{\text{T}}{\text{mes}}\right)}{412,775 \frac{\text{T}}{\text{mes}}}$$

$$\text{Calidad} = 0,84 \times 100 = \mathbf{84\%}$$

- **Rendimiento.**

Para este caso, la cosecha esperada en cada temporada es de 7000 racimos de banano, ya que en los mejores escenarios se ha llegado a producir esta cantidad. Sin embargo, en los últimos periodos la cantidad de cosecha ha sido a ser de 5000 racimos semanales.

$$\text{Rendimiento} = \frac{N^{\circ} \text{ de unidades cosechadas}}{\text{Posible } N^{\circ} \text{ de unidades}}$$

$$\text{Rendimiento} = \frac{5000 \frac{u}{sem}}{7000 \frac{u}{sem}} = 71,43\%$$

Entonces, el OEE es:

$$\text{OEE} (\%) = 0,853 \times 0,84 \times 0,7143 = 0,5118$$

$$\text{OEE} (\%) = 0,5155 \times 100 = 51,18 \%$$

En primer lugar, la disponibilidad del 85,3% sugiere que existen períodos en los que el transporte mediante el cable vía estuvo inactivo, lo que estuvo relacionado con el tiempo requerido para realizar el relevo del personal. Por otro lado, el rendimiento del 71,43% indica la eficiencia con la que la finca está produciendo en comparación con su capacidad máxima teórica. Dicho rendimiento sugiere que la finca no está alcanzando su máximo potencial de producción. En cuanto a la calidad del 84%, es una medida de la proporción de productos de calidad cosechados en comparación con el total de la jornada de cosecha. Una calidad alta indica que la producción de banano cumple con los estándares requeridos.

El OEE general de 51,18% indica que hay margen muy considerable de mejora en la eficiencia de este proceso. Para aumentar el OEE, es importante optimizar tanto la disponibilidad como el rendimiento. Esto implica mejorar los procesos productivos, así como garantizar que la producción se realice de manera eficiente y sin interrupciones una vez que el cable vía esté en funcionamiento. Un enfoque integral en la mejora de estos aspectos puede conducir sin duda a un aumento significativo en el OEE y, en última instancia, a una mayor eficiencia y rentabilidad en la operación de la finca La Cantarina S.A.S.

3.2.Marco de resultados.

En el segundo capítulo se describe la metodología empleada en este estudio, caracterizada por un enfoque sistemático y con una secuencia lógica. Primero se realizó un análisis descriptivo para identificar las características de la población. A

continuación, se ejecutó un análisis correlacional la cual resalto la relación entre la variable dependiente e independiente.

En ese contexto, tras construir y validar el instrumento de recolección de datos (el cuestionario), lo cual requirió la evaluación por parte de expertos, dicho instrumento fue aplicado a la población objetivo, facilitando así la obtención de los resultados.

3.2.1. Validación del instrumento de recolección de datos.

Para garantizar la calidad y confiabilidad de los datos recolectados, se procedió a validar el instrumento de medición mediante la técnica del ábaco de Regnier. Es uno de los métodos más empleados en el campo de la investigación el cual nos permite evaluar los ítems que formar parte del instrumento. Con esto se busca que los ítems midan de forma correcta el constructo teórico a evaluar.

Actividad 1: Constitución del grupo de expertos.

Para la selección de los expertos se realizó la tabla 24 la cual detalla los criterios de inclusión que debe cumplir el especialista para formar parte del grupo, en la presente investigación se seleccionan 3 expertos con la finalidad de validar la encuesta a emplear en la institución.

- Se requiere de tres profesionales inmersos en el campo de la ingeniería industrial con total conocimientos en el tema simulación y optimización de procesos industriales; cada uno con veinte años de experiencia profesional.

Tabla 24. Criterios de inclusión de expertos.

Nº	Criterios
1	Conocimiento del área investigada: Optimización, diseño y simulación de procesos industriales.
2	Experiencia mayor a cinco años.
3	Formación académica de nivel 4.

Nota: Elaborado por los autores.

Actividad 2: Votación y matriz de resultados.

Es la fase del dialogo en donde los expertos elegidos entablan una conversación con el autor del estudio, intercambiando conocimientos y expresando sugerencias sobre las preguntas formuladas, la tabla 25 evidencia las rondas que se realizó con los expertos. (anexo H)

Tabla 25. Evaluación de expertos.

Expertos	Ronda I	Ronda II
1	X	
2	X	
3		X
Total	2	1

Nota: Elaborado por los autores.

Una vez los expertos validen las preguntas se procede a efectuar el cuestionario en la finca “La Cantarina S.A.S.”, e iniciar con el proceso de recolección de datos. En el cuestionario se establecen 12 indicadores, 6 están relacionados con el diseño de control automático y 6 con la optimización de procesos productivos.

- Tiempo promedio de traslado.
- Cantidad de bananos trasladados por ciclo.
- Capacidad de producción.
- Eficiencia en el manejo de diferentes volúmenes.
- Ciclos de transporte.
- Jornadas de transporte.
- Tasa de la utilización de la capacidad.
- Tasa de cumplimiento de plazo.
- Satisfacción del cliente.
- Nivel de utilización de recursos.
- Productividad laboral.
- Calidad del producto y servicio.

Empleando el método del ábaco de Régnier se realizaron las interrogantes para las cuales se desarrollaron respuestas cerradas, las opciones se detallan en la tabla 26. Vale mencionar que todas las opciones de respuestas mantienen sus 5 alternativas y especificaciones correspondientes en el cuestionario.

Tabla 26. Ábaco de Regnier

Escala Ordinal de colores	
5	Muy importante
4	Importante
3	Duda
2	Poco Importante
1	Sin importancia
0	Sin respuesta

Nota: Elaborado por los autores.

La tabla 27 presenta un resumen de los resultados obtenidos en las dos rondas de validación del instrumento, en las cuales se contó con la participación de un panel de expertos. Estos resultados muestran el alto grado de consenso alcanzado entre los expertos respecto a la claridad, pertinencia y validez de las preguntas del cuestionario, lo que garantiza la confiabilidad de los datos que se obtendrán con su aplicación.

Tabla 27. Análisis de frecuencia de las rondas de validación por expertos.

Rondas	Frecuencia	F. Acumulada	F. Relativa	Porcentaje
I	2	2	0.66	66%
II	1	3	0.34	34%
TOTAL	3		1	100%

Nota: Elaborado por los autores.

Actividad 3: Discusión.

Una vez concluida la etapa de revisión por expertos, estos acotaron que las preguntas son adecuadas para su implementación en la empresa, esta encuesta será aplicada exclusivamente para los trabajadores que se encuentran inmersos en el área de producción los cuales enfrentan los desafíos del día a día. Se destacan las sugerencias de los expertos los cuales aportaron una mejor estructuración en las preguntas realizadas.

3.1 Análisis de resultados.

Los resultados de la encuesta aplicada al personal administrativo y operativo de la finca La Cantarina S.A.S., se presentan en las tablas 28, 29 y 30. Estos datos nos permiten conocer la situación actual de la empresa, identificando las problemáticas clave y obtener información vital para el desarrollo del sistema de control automático, como la frecuencia de manipulación de cable vía mediante transporte del banano, división por partes y almacenamiento del producto terminado.

Tabla 28. Tabulación de los datos obtenidos en la encuesta.

Preguntas	Respuestas				Total
	Entre 7 a 10 min	Entre 10 a 13 min	Entre 13 a 16 min	Mas de 16 min	

<i>P1</i>	-	5	5	-	10
	<i>10 a 12 racimos</i>	<i>12 a 14 racimos</i>	<i>14 a 16 racimos</i>	<i>Mas de 16 racimos</i>	
<i>P2</i>	-	-	-	10	10
	<i>2 a 4 jornadas</i>	<i>4 a 6 jornadas</i>	<i>6 a 8 jornadas</i>	<i>Otra especifique</i>	
<i>P5</i>	10	-	-	-	10
<i>TOTAL</i>	10	5	5	10	30

Nota: Elaborado por los autores.

En la tabla 29 se muestra las elecciones individuales de las preguntas P3, P4 y P6 realizadas mediante la encuesta al personal conformado por 10 personas de la finca La Cantarina S.A.S., los datos obtenidos se tabularon en el software IBM SPSS Statistics y son requeridos para el desarrollo del prototipo autómata.

Tabla 29. Tabulación de los datos obtenidos en la encuesta.

<i>Preguntas</i>	<i>Respuestas</i>				<i>Total</i>
	<i>No</i>	<i>Mediamente importante</i>	<i>importante</i>	<i>Muy importante</i>	
<i>P3</i>	4	-	4	2	10
	<i>No</i>	<i>Mediamente importante</i>	<i>importante</i>	<i>Muy importante</i>	
<i>P4</i>	-	1	6	3	10
	<i>No</i>	<i>Mediamente importante</i>	<i>importante</i>	<i>Muy importante</i>	
<i>P6</i>	-	4	4	2	10
<i>TOTAL</i>	4	5	14	7	30

Nota: Elaborado por los autores.

En la tabla 30 se muestra las elecciones individuales de las preguntas P7 y P8 eligiendo respuestas como: muy ineficiente y eficiente, mediante las preguntas P9, P10, P11 y P12 realizadas mediante la encuesta al personal conformado por 10 personas de la finca La Cantarina S.A.S., los datos obtenidos se tabularon en el software IBM SPSS Statistics con respuestas como: nunca y siempre.

Tabla 30. Tabulación de los datos obtenidos en la encuesta.

<i>Preguntas</i>	<i>Respuestas</i>				<i>Total</i>
	<i>Muy ineficiente</i>	<i>Ineficiente</i>	<i>Eficiente</i>	<i>Muy eficiente</i>	
<i>P7</i>	-	-	5	5	10
<i>P8</i>	-	-	4	6	10
	<i>Nunca</i>	<i>Ocasionalmente</i>	<i>Casi siempre</i>	<i>Siempre</i>	
<i>P9</i>	-	-	-	10	10

<i>P10</i>	-	-	3	7	10
<i>P11</i>	-	-	2	8	10
<i>P12</i>	-	-	6	4	10
<i>TOTAL</i>	0	0	20	40	60

Nota: Elaborado por los autores.

Posteriormente, en la tabla 31 se muestra una matriz donde detalla el análisis de los resultados obtenidos mediante el cuestionario. Esta matriz se clasifica en preguntas y el análisis de sus respectivas respuestas, junto con sus anexos.

Tabla 31. *Análisis de resultados obtenidos de la encuesta.*

Preguntas	Análisis de las preguntas del censo	Anexos
Pre. 1	La figura 51 muestra que el 50% de los clientes esperó entre 13 y 16 minutos en la cola, mientras que el otro 50% esperó entre 10 y 13 minutos. Esta distribución equilibrada sugiere que los tiempos de espera son relativamente consistentes y no hay picos significativos en ningún rango de tiempo en particular.	Anexo K
Pre. 2	El 100% de los datos corresponde a la categoría "Más de 16 racimos". Esto indica que todos los casos analizados superan la cantidad de 16 racimos. Es decir, no existe variabilidad en esta variable, ya que todos los valores se encuentran por encima del umbral establecido como lo indica la figura 52.	Anexo K
Pre. 3	El 80% de los encuestados la calificaron como importante o muy importante, lo que indica una percepción generalizada de su relevancia. Tan solo del 20% de los encuestados la consideró como no importante, figura 53.	Anexo K

Pre. 4	La figura 54 muestra que (P4), mediante las encuestas, es considerado muy importante por un 60% de la población encuestada, mientras que el 30% lo considera importante, y tan solo el 10% lo considera medianamente importante. Estos resultados indican una alta valoración de P4 por parte de la mayoría de los participantes, lo que sugiere una relevancia significativa de este factor en el contexto de la investigación.	Anexo K
Pre. 5	La figura 55 muestra un resultado unánime: el 100% de los encuestados reportaron trabajar entre 2 y 4 jornadas. Esto indica una homogeneidad completa en la distribución de las jornadas laborales entre los participantes.	Anexo K
Pre. 6	En la figura 56 se evaluó la importancia de (P6), el 40% de los encuestados consideraron que P6 es muy importante. Solo un 20% medianamente importante.	Anexo K
Pre. 7	La figura 57, el 50% lo considero muy eficiente, mientras que el otro 50% lo considera eficiente.	Anexo K
Pre. 8	La figura 58 muestra que el 60% de los encuestados consideran a P8 como muy eficiente, el 40% lo considera eficiente, indicando una alta eficiencia en P8.	Anexo K
Pre. 9	La figura 59 obtuvo una respuesta afirmativa del 100% de los participantes, demostrando un consenso absoluto.	Anexo K

Pre. 10	La figura 60 muestra una alta frecuencia de la respuesta siempre (70%), indicando una gran aprobación o satisfacción relacionada con la pregunta 10. Sin embargo el 30% de los encuestados respondió casi siempre, sugiriendo un margen de mejora o algunas excepciones.	Anexo K
Pre. 11	La figura 61 muestra que un 80% respondió siempre, y un 20% seleccionó la opción casi siempre, lo que sugiere que, aunque la mayoría está de acuerdo, existe un pequeño margen de mejora o algunas excepciones. En general, los resultados de la gráfica P11 son muy favorables.	Anexo K
Pre. 12	La figura 62 muestra una tendencia mayoritariamente positiva en las respuestas. Un 60% de los encuestados respondió "siempre", indicando un alto nivel de acuerdo o satisfacción con lo que se pregunta. Sin embargo, un 40% eligió la opción "casi siempre", lo que sugiere que, aunque la mayoría está de acuerdo, existe un margen de mejora o algunas excepciones.	Véase Anexo K

Nota: Elaborado por los autores.

3.2.2. Análisis de fiabilidad alfa de Cronbach.

La validez del instrumento se realizó mediante la valoración de un grupo de experto en materia, sustentada en el método de ábaco de Régnier, posteriormente, la fiabilidad de los datos recolectados en el censo se verificó utilizando el coeficiente alfa de Cronbach, empleando para ello la herramienta estadística del software IBM SPSS 25 (anexo L).

Para medir la fiabilidad de la evaluación se utiliza el coeficiente Kappa (K). El cual oscila entre 0 y 1. Si K es cercano a 1 significa que existe una alta concordancia, por otro lado, si es cercano a 0 se entiende como una baja concordancia. A continuación, se presenta la escala de los valores de K.

- Si el coeficiente $0.8 < k < 0.9$ se contempla como eficiente.
- Si el coeficiente $0.5 < k < 0.8$ significa que es estable.
- Si el coeficiente $k < 0.5$ se considera deficiente.

Este cálculo de fiabilidad se realizó mediante el software IBM SPSS. El cual arrojó un resultado de, 0.719, este valor indica que existe una alta consistencia de los ítems. Se analizaron 10 casos de trabajadores de los distintos puestos del área de producción, se muestra en la tabla 32.

Tabla 32. Valoración de procesamiento de datos.

Resumen de procesamiento de casos			
		<i>N</i>	<i>%</i>
<i>Casos</i>	<i>Válido</i>	<i>10</i>	<i>100,0</i>
	<i>Excluido</i>	<i>0</i>	<i>0,0</i>
	<i>Total</i>	<i>10</i>	<i>100,0</i>

Nota: Elaborado por los autores.

En la tabla 33 se presenta la valoración de la confiabilidad del cuestionario, obtenida mediante el coeficiente alfa de Cronbach, con un valor total de 0,719, de acuerdo con los criterios de fiabilidad, este valor se considera como aceptable, tomando como base el procesamiento del cuestionario conformado por 12 preguntas con alternativas de respuesta (anexo M).

Tabla 33. Fiabilidad del instrumento.

Estadísticas de fiabilidad		
<i>Alfa de Cronbach</i>	<i>Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados</i>	<i>N de elementos</i>

0,719	0,660	12
-------	-------	----

Nota: Elaborado por los autores.

3.2.3. Correlación de las variables por método de Pearson.

El análisis de correlación es una técnica estadística que examina la relación entre dos variables numéricas, evaluando tanto la fuerza como la dirección de su asociación, para ello, se emplean distintos coeficientes de correlación, elegidos en función de las características particulares de las variables analizadas (Lalinde et al., 2018).

En la verificación de la hipótesis, esta se llevó a cabo mediante la correlación de Pearson. Este coeficiente es muy útil para la evaluación de fuerza y dirección de relación entre dos variables cuantitativas, debido a que permite establecer una asociación significativa entre los constructos teóricos que se desean estudiar.

Para la correcta interpretación es necesario tener en cuenta la magnitud y significancia estadística. Si el valor obtenido es cercano a 1 indica que la relación positiva es fuerte, en cambio si los valores tienden a acercarse a 0 sugieren una relación débil o inexistente. Además, el valor p debe ser inferior al 0,05. (Zuñiga et al., 2020).

- Si $r = 0$ la correlación entre las variables no existe.
- Si $0 < r < 0.30$ = débil correlación.
- Si $0.30 \leq r < 0.70$ = existe correlación moderada.
- Si $0.70 \leq r < 1$ = existe una correlación fuerte.
- Si $r = \pm 1$ = perfecta correlación.

Se definen las variables y posteriormente se establecen la hipótesis para el análisis respectivo mediante la correlación de Pearson:

Variable Independiente: prototipo de control automático.

Variable dependiente: optimización de procesos.

Hipótesis nula (H_0):

La implementación de un prototipo de control automática en finca La Cantarina S.A.S., Cantón La Libertad, Ecuador, no incide a una mejora significativa en la optimización de sus procesos.

Hipótesis alternativa (H_a):

La implementación de un prototipo de control automática en finca La Cantarina S.A.S., Cantón La Libertad, Ecuador, incide a una mejora significativa en la optimización de sus procesos.

A continuación, se presenta en la tabla 34 los datos arrojados del software SSPS de la correlación de Pearson para comprender la correlación que se tiene entre las variables de este objeto de estudio y posteriormente comprobar las hipótesis establecidas con anterioridad.

Tabla 34. Correlación de variables por Pearson.

Correlaciones			
		VI	VD
VI	Correlación de Pearson	1	0,691*
	Sig. (bilateral)		0,027
	N	10	10
VD	Correlación de Pearson	0,691*	1
	Sig. (bilateral)	0,027	
	N	10	10
*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).			

Nota: Elaborado por los autores.

En la Tabla 34 se exhiben los resultados del análisis de correlación de Pearson, donde se obtuvo un coeficiente de correlación de 0,69, este valor evidencia una correlación moderada entre las variables objeto de estudio. Adicionalmente, el valor de significancia, $p = 0.05$, proporciona un respaldo estadístico sólido a la existencia de una correlación significativa entre las variables (anexo O).

Con esta afirmación, se valida la negación de la hipótesis nula (H_0) y se respalda la aceptación de la hipótesis alternativa (H_a), que sugiere la implementación de un prototipo de control automático en finca La Cantarina S.A.S., Santa Elena, incide a una mejora significativa en la optimización de sus procesos productivos mediante una correlación moderada de $0.691 \leq r < 1$ reforzando la importancia de implementar la propuesta.

3.3. Propuesta de mejora

Para el presente trabajo de investigación se propone un diseño de un prototipo de control automático, este trabajo se realiza cumpliendo 4 fases; fase 1: diseño y estructuración; fase 2: análisis e investigación; fase 3: desarrollo del prototipo; y la fase 4: pruebas y validación, estas fases se encuentran detalladas en el procedimiento metodológico ubicado en la figura 14, la finalidad de este diseño es automatizar el cable vía el cual es el encargado de llevar el banano desde el área de cultivo hacia la zona de empaque evitando la generación de esfuerzo del trabajador y permitiendo la reducción del tiempo de ciclo del proceso de producción.

3.3.1. Tema.

Diseño de prototipo de control automático para optimización de procesos productivos del banano en la finca La Cantarina S.A.S.- Santa Elena.

3.3.2. Introducción.

El sistema actual de transporte de banano en la finca utiliza un cable vía que requiere la fuerza física de un trabajador para jalar y mover la carga de un lugar a otro. Este método manual, aunque funcional, implica un gran esfuerzo físico, es ineficiente y presenta riesgos de seguridad para los trabajadores. Con el objetivo de modernizar y optimizar este proceso, se propone la implementación de un diseño automático para el cable vía, eliminando la dependencia del esfuerzo humano y aumentando la productividad en la finca. En este sentido, los objetivos de la propuesta son:

3.3.3. Objetivos.

- Implementar un controlador lógico programable el cual automatice al cable vía, encargado del transporte del banano, de la finca sin la necesidad de la intervención física de los trabajadores

- Optimizar la eficiencia operativa para así reducir los tiempos de transporte, aumentando la capacidad de carga, permitiendo que el sistema funcione de manera continua.
- Minimizar el esfuerzo físico realizado por los trabajadores y a su vez eliminar las tareas de arrastre realizado por ellos, reduciendo consigo los riesgos laborales y posibles accidentes.
- Mejorar los costos de producción en la finca mediante la automatización del cable vía.

Descripción del prototipo.

Intención.

El diseño de un prototipo de control automático se elaboró con el propósito de mejorar el proceso productivo de la finca “La Cantarina S.A.S.” ubicada en la comuna Juan Montalvo, Ecuador. Para acceder a un entorno competitivo e innovador, especialmente con procesos automatizados que se reflejen como propuestas aplicables en el campo agroindustrial.

Beneficios.

Incremento en la eficiencia: este sistema de control automático posibilitará que el cable vía funcione de forma continua, sin necesidad del esfuerzo de los trabajadores, esto trae consigo la reducción de tiempos de transporte y aumento en la capacidad de carga por ciclo.

Disminución del esfuerzo físico: el trabajo designado, jalar el cable vía, será eliminado asegurando una mayor comodidad del operador en su puesto de labor, mejorando su salud y seguridad.

Menos riesgos laborales: al implementar este sistema las posibilidades de que ocurra un accidente laboral disminuyen, gracias a la automatización del transporte los trabajadores tendrán un trabajo seguro.

Optimización de costos: aunque el sistema requerirá una inversión inicial para su implementación, la reducción en la necesidad de mano de obra y el aumento en la eficiencia operativa se traducirán en ahorros a largo plazo.

3.3.4. Diseño de prototipo de control autómeta para optimización de procesos productivos del banano.

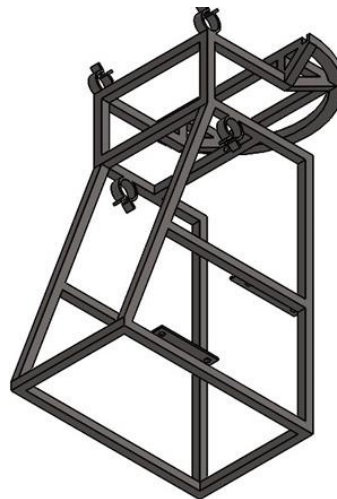
En el análisis del estado del arte, específicamente en la casilla número 15 de la matriz de artículos revisados, identificamos el estudio titulado: diseño e implementación de un prototipo de control automático de posición angular para la optimización de la captura de radiación solar en un panel solar, desarrollado por (Zipa-Bermudez & Farfan-Eraza, 2021).

FASE 1. Diseño y estructuración del prototipo.

1) Esquema del soporte

Para realizar este bosquejo, se graficó un boceto donde se detallan las medidas del diseño, luego de esto se realizó el diseño de la estructura tal como se evidencia en la figura 26, en donde serán ubicados el motorreductor, cinco poleas, el cable de acero y el tablero de control metálico para su debida funcionalidad, este diseño fue realizado en un software llamado Solidwork.

Figura 26. Esquema de soporte.



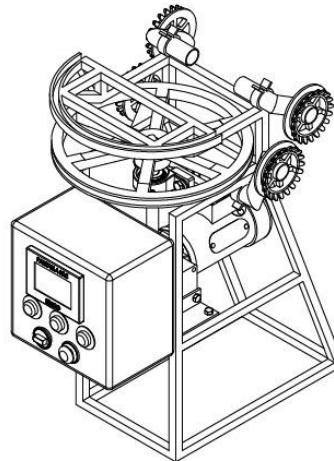
Nota: Elaborado por los autores.

2) Esquema del soporte con sus actuadores.

En la figura 27 se muestra el resultado final del esquema diseñado, donde cada actuador que participa en el prototipo se encuentra ubicado en su respectivo sitio, para el ensamble de los componentes se tomó en cuenta las dimensiones de cada uno de

ellos, en el caso del tablero de control metálico se optó por colocarlo fuera de la estructura debido a que mediante este se tiene el control del sistema.

Figura 27. Esquema de soporte con sus actuadores.



Nota: Elaborado por los autores.

3) Diseños de componentes del prototipo.

En el anexo N, se detalla el diseño estructural, en él se encuentra las medidas con la cual se realizó, fue diseñado en el software de solidworks con la finalidad de representar la estructura que servirá de apoyo para el debido montaje de todos los componentes del prototipo realizado.

Se detallan los componentes a implementarse en el prototipo (anexo O) refleja el diseño del motor eléctrico cuyas características son trifásicas, en esta se aprecian los principales tipos de vista los cuales son: vista frontal, vista lateral, vista de planta y vista isométrica.

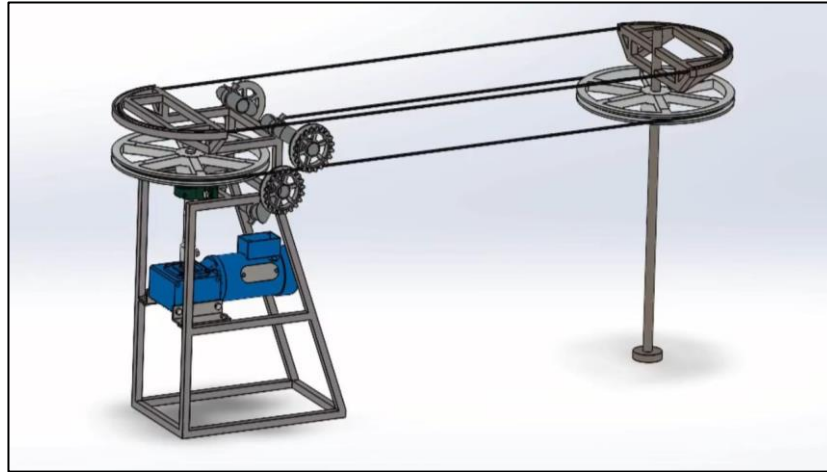
De igual manera, el anexo S, especifica el diseño de la chumacera, el cual es un componente mecánico, este componente se realizó en el torno, su principal función es cubrir el rodamiento de la intemperie también reduce la fricción que se crea, del eje con el soporte, esta chumacera permite que el eje tenga un giro suave y preciso.

Finalmente, en el anexo T se aprecia la finalización de la estructura metálica del prototipo donde se encuentran ubicados sus componentes como son: las poleas, el motorreductor, el eje y su respectiva chumacera. Este prototipo tiene como finalidad facilitar el traslado de los racimos de banano a la zona de empaque.

4) Diseño completo del prototipo.

Para el diseño del prototipo se utilizó el software SolidWorks, donde además se pudo simular el funcionamiento de este. En este sentido, la figura 28 detalla el diseño completo del sistema que se busca implementar en el cable vía de la finca.

Figura 28. Diseño de prototipo

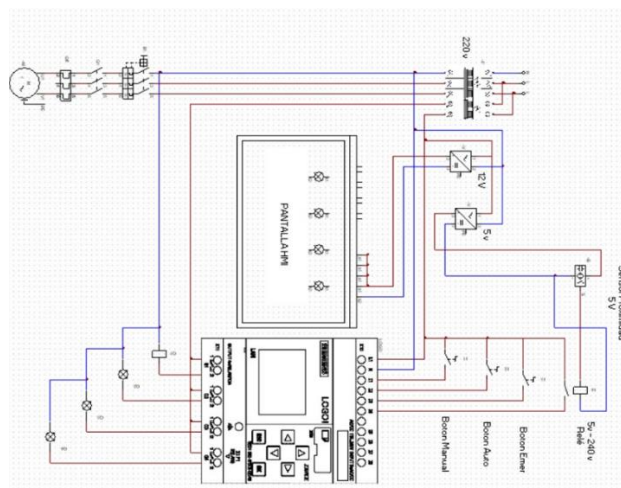


Nota: Elaborado por los autores.

5) Diseño del sistema eléctrico.

Este circuito eléctrico es controlado por el PLC logo, el cual gestiona tanto las entradas como las salidas para la debida automatización de la máquina. La principal fuente de alimentación del sistema es de 220V, con los transformadores se reduce a 12V y 5V para la alimentación de los distintos componentes como son el sensor de proximidad y los relés. La figura 29 y 30 especifican el diseño del sistema eléctrico.

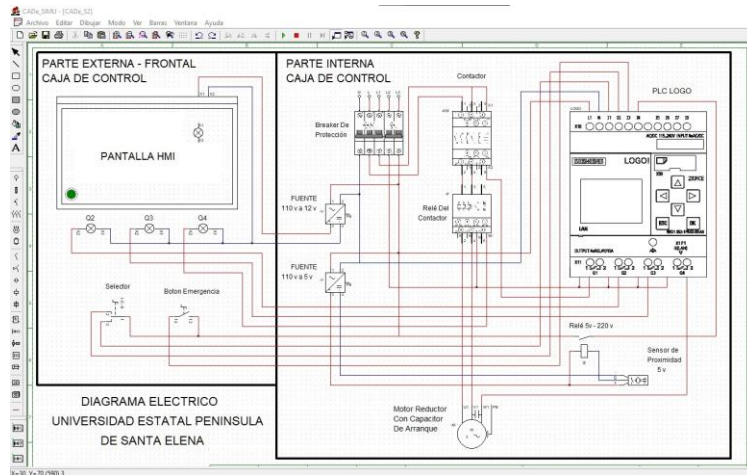
Figura 29. Diseño del plano eléctrico.



Nota: Elaborado por los autores.

6) Diseño del sistema eléctrico del panel de control.

Figura 30. Sistema eléctrico panel de control.

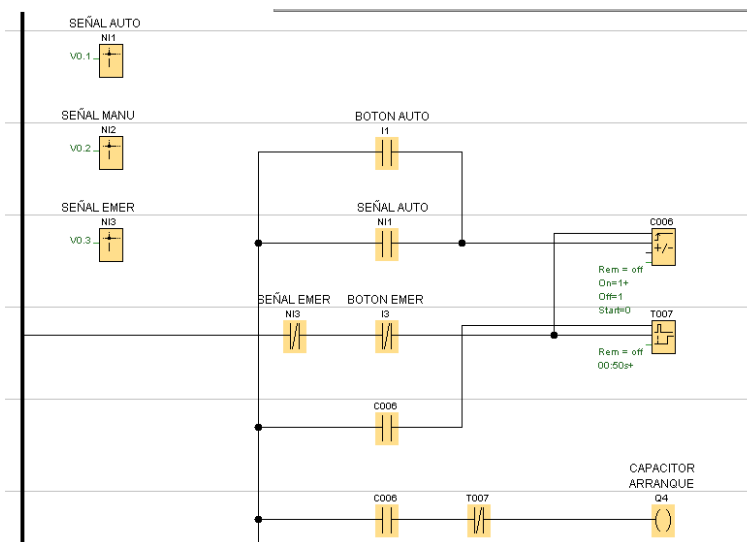


Nota: Elaborado por los autores.

7) Diseño de la programación LADDER.

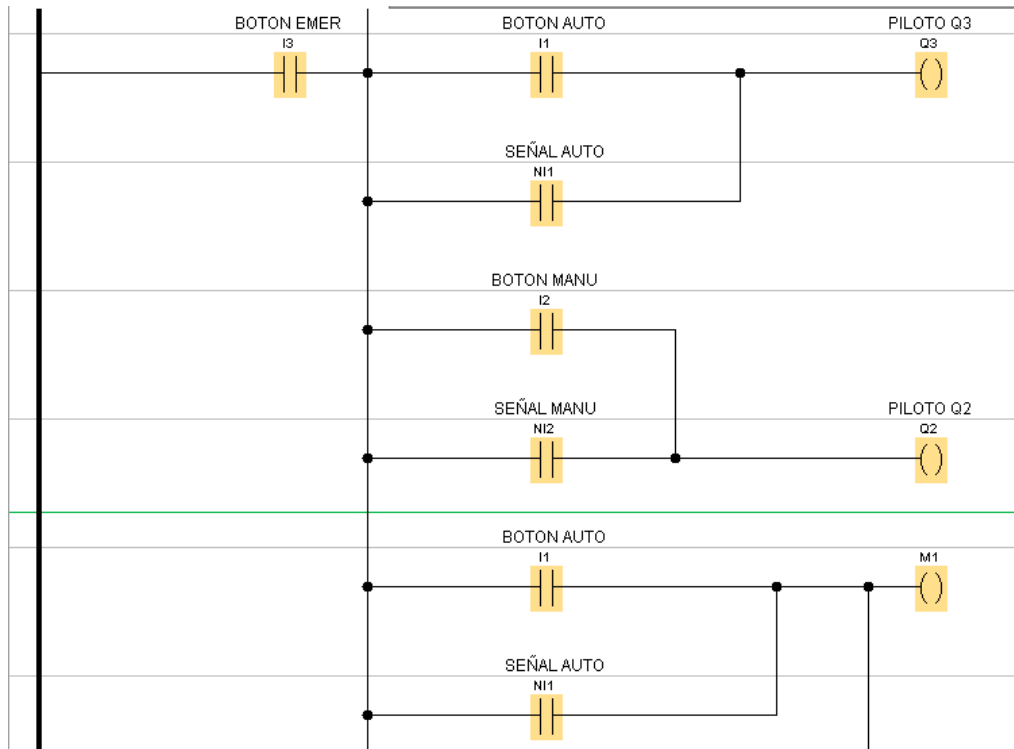
En las figuras 31, 32 y 33 se muestra la programación a cargar en el controlador lógico programable PLC LOGO V8, esta programación se realizó en el software logo soft comfort, el cual permite emplear tanto programación Ladder y como de bloques, esta utilizó contadores, retardos a la conexión, operaciones lógicas, temporizadores, marcadores, entre otros.

Figura 31. Programación LADDER 1



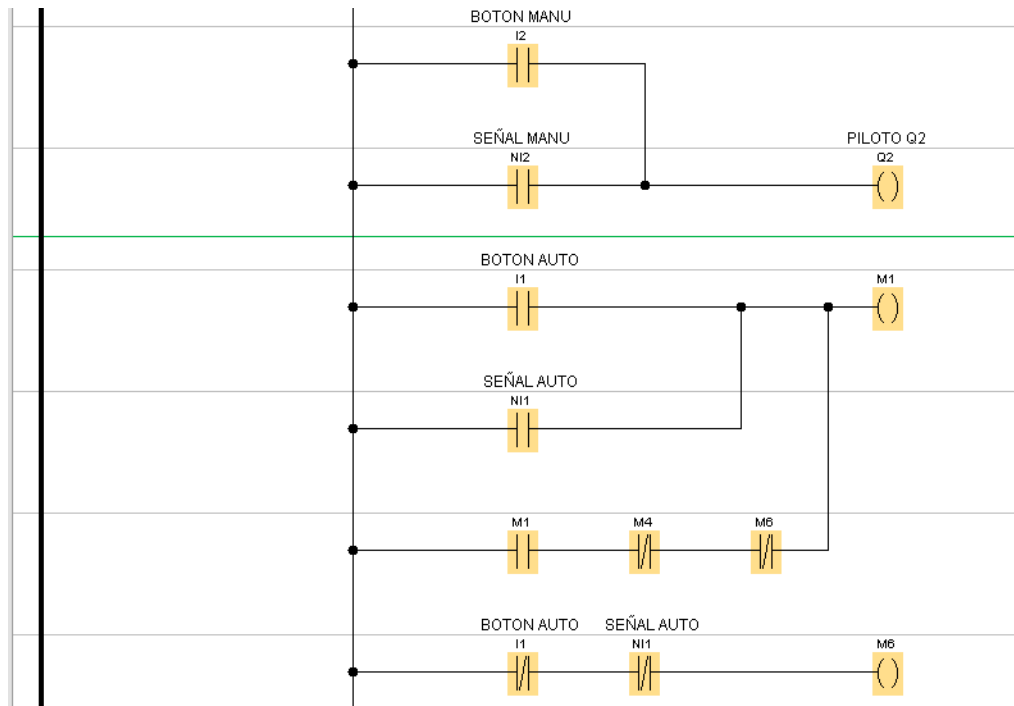
Nota: Elaborado por los autores.

Figura 32. Programación LADDER 2.



Nota: Elaborado por los autores.

Figura 33. Programación LADDER 3.



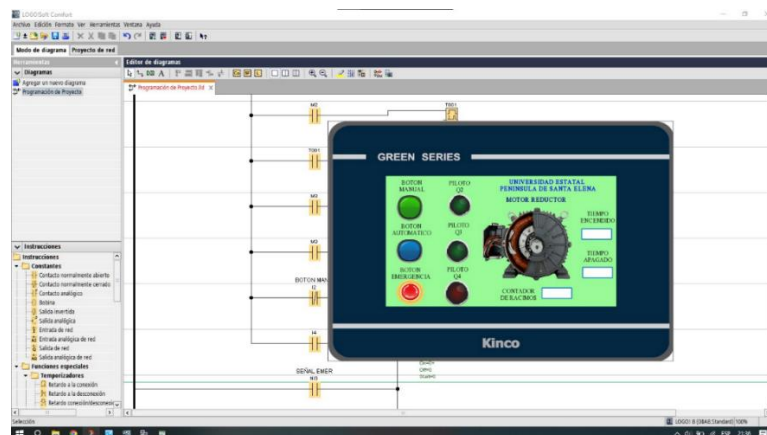
Nota: Elaborado por los autores.

8) Programación pantalla HMI

En la programación del prototipo para el cable vía, el cual presenta la función de alternar entre los modos de operación que son: manual, automatizado y una opción de parada de emergencia para seguridad. Los programas utilizados fueron: logo soft comfort y kinco DTools para la interfaz HMI, los cuales harán posible que los operadores elegir el modo de operación y visualizar el estado del sistema.

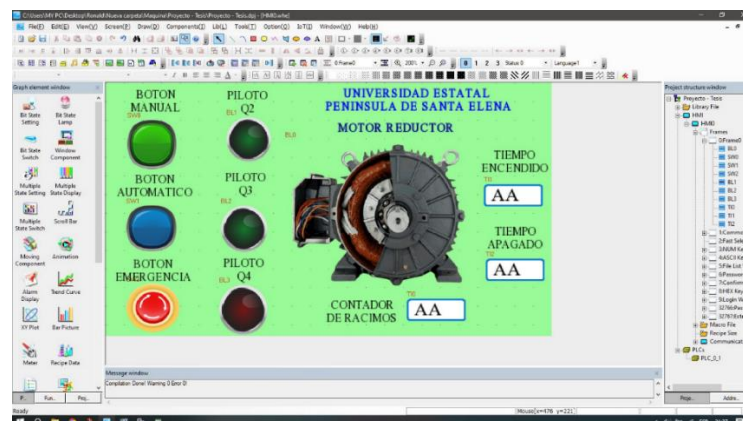
A través de luces pilotos, mediante el sensor de proximidad podemos contabilizar la cantidad de racimos que se han desplazado sobre el cable vía, permitiendo así obtener los datos que se pueden generar durante ese lapso del día. En conjunto a la programación, permite optimizar el protocolo productivo obteniendo control directo, vigilia en tiempo real y un rápida reacción en situaciones de emergencia, lo que contribuye a la operación segura y eficiente del cable vía. (Figura 34 y 35)

Figura 34. Programación HMI 1.



Nota: Elaborado por los autores.

Figura 35. Programación HMI 2.



Nota: Elaborado por los autores.

FASE 2: Análisis e investigación.

Mediante la metodología descriptiva en el capítulo anterior, se registró la información recopilada durante la fase de análisis e investigación. Los datos obtenidos fueron utilizados para establecer los principales parámetros, condiciones, variables y componentes necesarios para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de control automática.

Tras definir los elementos a utilizar se toman en cuentas las características necesarias, y su mejor ajuste al presupuesto designado, se establecieron los siguientes requisitos en el sistema de control automática:

- La alimentación se debe garantizar que sea de corriente alterna con un voltaje de 220v, para la alimentación del sistema de control, motor y motorreductor.
- El sistema de control automática deberá estar sellada para su respectivo uso y seguridad.
- El sistema de control automática deberá estar correctamente sellado por seguridad.
- Las dimensiones y diseño del sistema de control automática deberán ser iguales a las medidas del tablero.

Definición y selección de actuadores

Son dispositivos que influyen directamente en la modificación o ajuste de los procesos dentro del sistema de control. Para el caso particular del sistema de control automático para un prototipo, cuyos elementos son los siguientes:

Cálculo de potencia para trabajo del motor

Para la selección del motor se tomaron datos importantes como la distancia a recorrer (900 m), cantidad de racimos a transportar (15 u), masa unitaria de los racimos (30 kg), la potencia del motor (2 hp), poleas (15 in).

$$\text{Velocidad de salida del motorreductor } v. \text{ salida} = \frac{v. \text{ motor}}{\text{reducción}}$$

Datos

$$\text{velocidad del motor} = 1800\text{rpm} \quad \text{velocidad de salida} = \frac{1800\text{rpm}}{60}$$

$$\text{Reducción} = 60:1 \quad \text{velocidad de salida} = 30\text{rpm}$$

Velocidad del cable

$$v. \text{ cable} = \text{velocidad angular } (w) * \text{radio de polea } (r)$$

$$w = \frac{\text{velocidad de salida} * 2\pi}{60} \quad \text{radio de polea} = \frac{\text{diámetro de polea}}{2}$$

$$w = \frac{30 \text{ rpm} * 2\pi}{60} \quad \text{radio de polea} = \frac{0.381}{2}$$

$$w = 3.14 \text{ rad/seg} \quad \text{radio de polea} = 0.1905\text{m}$$

Datos

$$w = 3.14 \text{ rad/seg}$$

$$r = 0.1905\text{m}$$

$$v. \text{ cable} = w * r$$

$$v. \text{ cable} = 3.14 \text{ rad/seg} * 0.1925\text{m}$$

$$v. \text{ cable} = 0.599 \text{ m/s}$$

Fuerza requerida por el motor

$$F = \mu * m * g$$

Datos

$$\mu = 0.05$$

$$m = 450\text{kg}$$

$$g = 9.81\text{m/seg}^2$$

$$\text{Fuerza requerida} = \mu * m * g$$

$$\text{Fuerza requerida} = 0.05 * 450\text{kg} * 9.81\text{m/seg}^2$$

$$\text{Fuerza requerida} = 220.73\text{N}$$

Torque del motorreductor

$$T = \text{fuerza requerida } (F) * \text{radio de polea } (r)$$

Datos

$$F = 220.73\text{N}$$

$$r = 0.1905\text{m}$$

$$\text{Torque} = F * r$$

$$\text{Torque} = 220.73\text{N} * 450\text{kg} * 0.1905\text{m}$$

$$\text{Torque} = 42.05\text{Nm}$$

Potencia requerida

$$P = \text{fuerza requerida (F)} * \text{velocidad del cable (v)}$$

Datos

$$F = 220.73N$$

$$v = 0.599m/seg$$

$$Potencia = F * v$$

$$Potencia = 220.73N * \frac{0.599m}{seg}$$

$$Potencia = 132.21727w$$

$$Potencia = 0.132kw$$

En base a los cálculos realizados se obtiene como resultado que un motor de 2hp - 1.5 kw es óptimo para el funcionamiento del sistema debido a que la potencia calculada es de 0.132 kw la cual es inferior a la del motorreductor.

1) Motor eléctrico trifásico.

En la tabla 35 se describe las características del motor eléctrico WEG 2 HP, su funcionabilidad es con corriente alterna trifásica la cual permite suministrar una energía estable, su principal función en el proyecto es permitir el giro que accionara el eje con el cual se conecta la polea cuya función es mover el cable vía.

Tabla 35. Características del motor eléctrico.

<i>Motor eléctrico</i>	
Frecuencia	60 Hz
Grado de protección	IP55
Número de polos	4
Potencia	1.5 kw (2 hp)
Rotación sincrónica	1800 rpm
Tensión	220/330



Nota: Elaborado por los autores.

2) Botón de emergencia

La tabla 36 detalla los respectivos componentes del botón de emergencia, el cual es un dispositivo de seguridad fundamental en un entorno industrial. Está

diseñado para una posible emergencia, cuya función a cumplir es detener la totalidad del sistema para evitar o prevenir posibles averías en la máquina o accidentes laborales.

Tabla 36. Pulsador con enclavamiento.

Pulsador con enclavamiento	
Corriente nominal	3 amperios
Desbloqueo	Giro horario
Dimensiones	22 mm x 22 mm x 75 mm
Peso	50 gr



Nota: Elaborado por autores.

3) Indicadores pilotos

Los indicadores pilotos son dispositivos visuales que brindan información sobre el estado en el que se encuentra el funcionamiento de un equipo o sistema. En el presente trabajo de investigación estos indicadores nos permitirán conocer en qué estado se encuentra el sistema ya sea encendido el cual se identificará con el color verde y el apagado con el color rojo. La tabla 37 describe el color, voltaje, diámetro y tipo de conexión de los indicadores pilotos.

Tabla 37. Indicadores pilotos.

Indicadores pilotos	
Color	Rojo y verde
Voltaje	12 v
Diámetro	28 mm
Tipo de conexión	Por tornillo



Nota: Elaborado por autores.

4) PLC logo.

El logo v8 de Siemens se encuentra en la línea de controladores lógicos programables que está diseñado para la automatización sencilla y eficiente. la funcionalidad de logo es automatizar el sistema de control, mediante una programación realizada en el programa logo v8. La siguiente tabla 38 especifica la frecuencia, números de salidas y entradas, entre otros detalles del logo v8.

Tabla 38. PLC logo.

PLC LOGO	
Frecuencia	2 Hz con carga Resistiva; 0.5 Hz con carga Inductiva
Número de entradas	8
Número de Salidas	4
Dimensiones	71.5 (4MW) x 90 x 60 (mm)
Voltaje de suministro	110/220v



Nota: Elaborado por los autores.

5) Pantalla HMI.

La tabla 39 presenta las especificaciones de la pantalla HMI (Interfaz Hombre-Máquina) la cual es un medio que permite la interacción entre un operador humano y una máquina o sistema automatizado, siendo este muy importante para la recopilación de información de datos a través adquirido durante el tiempo estimado de producción.

Tabla 39. Pantalla HMI.

Pantalla HMI	
Puerto de comunicación con PLC	Ethernet / RS232 / RS485 / RS422
Display LCD	7" touch, 65536 colores, TFT, LED.
Resolución	800x480
Dimensiones	204 x 150 x 37 mm
Voltaje de suministro	12v



Nota: Elaborado por los autores.

DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE SENSORES

En función a los requerimientos planteados en el apartado 1, se procedió a realizar la selección del sensor a implementar en el prototipo de control autómatas destinado a la funca.

1) Sensor de proximidad.

Los sensores de proximidad inductivos pueden detectar objetos metálicos. No detectan objetos fabricados a base de plástico, madera, papel y cerámica. El sensor nos ayudara contabilizar la productividad que se realizaran los días de producción, sus especificaciones se detallan en la tabla 40.

Tabla 40. Sensor de proximidad inductivo.

Sensor de proximidad inductivo	
Dimensiones	70 mm x 25 mm x 25 mm
Proximidad	150 mA max
Voltaje	5v DC



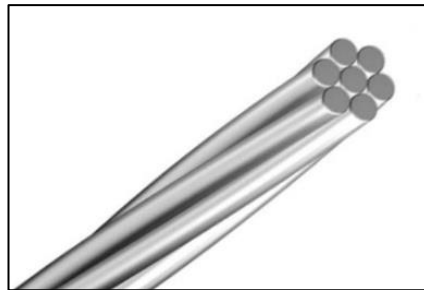
Nota: Elaborado por los autores.

DEFINICIÓN Y SELECCIÓN DE MATERIALES

1) Cable de alambre de acero.

En la figura 36 se describe las características del cable de alambre de acero de 1/4" (6 mm) de diámetro, proporciona una alta resistencia a la tensión y durabilidad industrial de carga, su funcionalidad es actuar como el componente de traslado principal del cable vía, facilitando el movimiento, peso del producto (anexo U).

Figura 36. Cable de acero



Nota: Investigación.

2) Tubo de acero negro.

En la figura 37 se describe el tubo de acero negro de 3/4" de diámetro y 2 mm de espesor, fabricado en acero negro, el tubo cuenta con una alta resistencia estructural y conveniente para soporte de peso, adicional proporciona soporte, rigidez y estabilidad en la construcción del prototipo (anexo V).

Figura 37. Tubo de acero



Nota: Investigación.

3) Polea de aluminio 15"

En la figura 38 se describe una polea de aluminio de 15" de diámetro, fabricado en aluminio, de acuerdo con el material fabricado la polea es ligera y resistente a la corrosión, su funcionalidad es transferir el movimiento que es generado por el motorreductor, permitiendo el desplazamiento del cable vía.

Figura 38. Polea de aluminio



Nota: Investigación.

4) Polea de aluminio.

En la figura 39 se describe una polea de 5" de diámetro, fabricada a base de aluminio, la polea cuenta con una alta resistencia a la corrosión, es ligera y fácil de remplazar, esto permite que su uso, sea eficiente al momento de transportar los productos verdes.

Figura 39. Polea de aluminio



Nota: Investigación.

5) **Platina acero negro.**

En la figura 40 se describe la platina de acero negro de 1/8" de espesor, fabricado en acero negro, la platina combina resistencia y rigidez en un material compactado, esta sirve como soporte y anclaje brindando así una estabilidad estructural, soportando peso y condiciones exigentes.

Figura 40. Platina de acero.



Nota: Investigación.

6) **Tubo acero 2".**

En la figura 41 se describe un tubo de 2" de diámetro, el cual está fabricado en acero, ofreciendo una resistencia estructural y durabilidad, siendo este ideal para actuar como parte del soporte de la base de la estructura del prototipo proporcionándonos resistencia (anexo W).

Figura 41. Tubo de acero.



Nota: Investigación.

7) **Chumaceras acero templado 1".**

En la figura 42 se describe una chumacera, el cual cuenta con una 1" diámetro interno, está fabricado de acero templado, permitiendo que su funcionamiento sea

sostener y alinear el eje de transmisión, permitiendo así sostener un movimiento estable y suave en el sistema de giro de la polea del prototipo.

Figura 42. Chumacera.



Nota: Investigación.

8) Eje de transmisión 1 1/4”.

En la figura 43 se describe el eje de transmisión de 1 1/4” de diámetro, el cual está hecho de acero inoxidable que permite soportar una carga y transmitir el movimiento rotativo que va del motorreductor a la polea, la función es actuar como funcionamiento principal de transmisión, lo que asegura el movimiento del cable vía.

Figura 43. Eje de transmisión



Nota: Investigación.

9) Rodamiento de acero templado.

En la figura 44 se describe el rodamiento de medidas de (43 mm x 80 mm x 20 mm), está realizado de acero templado, ofrecen una alta resistencia al desgaste y también ofrecen una buena capacidad de carga, lo que permite un funcionamiento eficiente, el cual facilita el giro de transmisión asegurando el movimiento.

Figura 44. Rodamiento



Nota: Investigación.

10) Pernos de acero negro.

En la figura 45 se describe los pernos utilizados, el cual cuenta con una medida de 1/4" de diámetro, están diseñado para brindar una alta resistencia y durabilidad, este sirve para sostener, asegurar los componentes del prototipo, brindando estabilidad.

Figura 45. Perno de acero



Nota: Investigación.

11) Plancha de acero.

En la figura 46 se describe una plancha de 10 mm de grosor, la plancha es fabricada en acero, tiene un espesor considerable, lo que permite tener una gran durabilidad y resistencia para el soporte de cargas, asegurando el alineamiento, solidez y estabilidad del prototipo (anexo X).

Figura 46. Plancha de acero.



Nota: Investigación.

12) Caja metálica.

En la figura 47 se describe la caja metálica con dimensiones de (30 mm x 30 mm x 20 mm), está fabricada de metal resistente, proporcionando una durabilidad y protección, este será el portador de los componentes eléctricos como los disyuntores, el controlador lógico programable, la interfaz hombre-máquina, los relés, el contactor y el relé térmico con la finalidad de garantizar la seguridad, de las personas capacitadas a operar el prototipo.

Figura 47. Caja metálica.



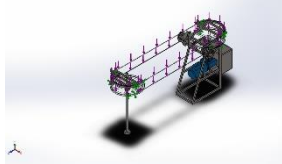
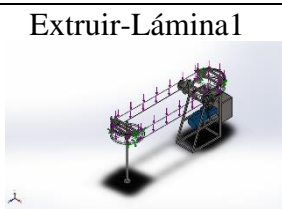
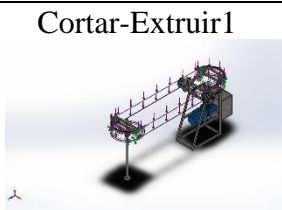
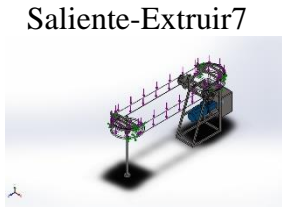
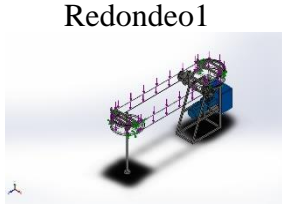

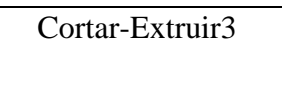
Nota: Investigación.

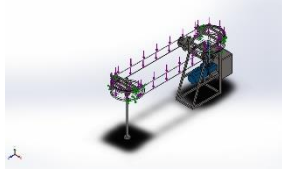
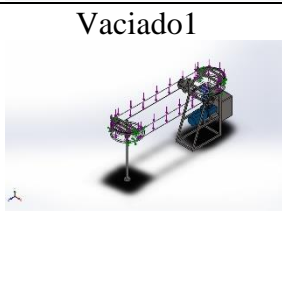


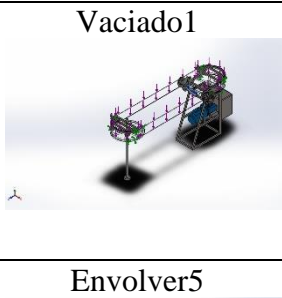
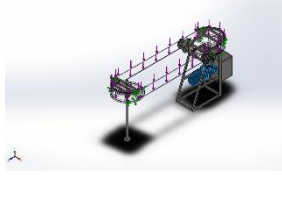
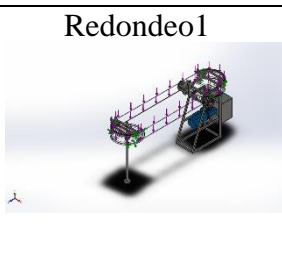
Estudio de cargas del prototipo.

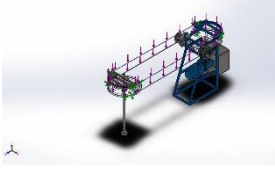
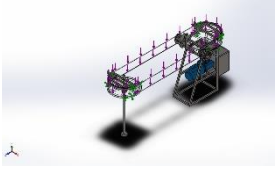
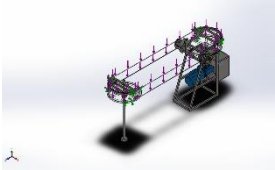
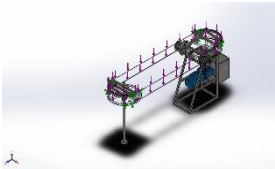
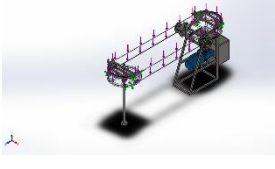
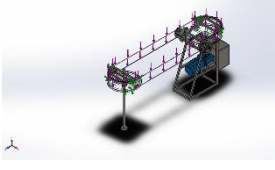
El análisis estático de tracción se realizó para determinar la integridad y la resistencia de un ensamblaje completo de la finalización bajo condiciones fijas que retenían las cargas. El estudio se completó con éxito mediante el uso de SolidWorks y los resultados evaluados demuestran que el diseño es resistente y seguro (tabla 41 y 42).

Tabla 41. Cargas del prototipo.

Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Extruir-Lámina 1	Sólido	Masa:0,653864 kg	C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nuev

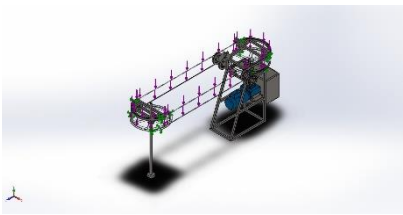
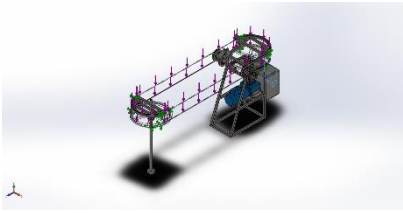
		Volumen:8,1733e-05 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:6,40786 N	a carpeta\Maquina\Banda 2.SLDPRT Oct 13 22:59:52 2024
Extruir-Lámina1 	Sólido	Masa:0,660081 kg Volumen:8,25101e-05 m ³ Densidad:8.000 kg/m ³ Peso:6,46879 N	C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Bando de Poleas.SLDPRT Nov 3 23:46:21 2024
Cortar-Extruir1 	Sólido	Masa:0,0364964 kg Volumen:3,57808e-05 m ³ Densidad:1.020 kg/m ³ Peso:0,357665 N	C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Boton Emergencia.SLDPRT Nov 3 22:35:49 2024
Saliente-Extruir7 	Sólido	Masa:0,0271806 kg Volumen:2,66476e-05 m ³ Densidad:1.020 kg/m ³ Peso:0,266369 N	C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Boton Selector.SLDPRT Nov 3 22:35:51 2024
Redondeo1 	Sólido	Masa:141,668 kg Volumen:0,0179327 m ³ Densidad:7.900 kg/m ³ Peso:1.388,35 N	C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Caja de control.SLDPRT Nov 3 22:35:58 2024
Revolve2 	Sólido	Masa:1,26011 kg Volumen:0,000159501 m ³ Densidad:7.900,33 kg/m ³ Peso:12,3491 N	C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Chumacera.SLDPRT Oct 13 22:54:58 2024
Cortar-Extruir3 	Sólido	Masa:1,32717 kg Volumen:0,000167996 m ³	C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Boton Emergencia.SLDPRT

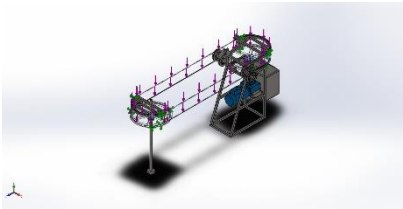
		Densidad:7.900 kg/m ³ Peso:13,0062 N	a carpeta\Maquina\Eje Principal.SLDPRT Oct 13 23:01:54 2024
Vaciado1 	Sólido	Masa:0,523628 kg Volumen:6,62694e-05 m ³ Densidad:7.901,5 kg/m ³ Peso:5,13155 N	C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Eje de Poleas.SLDPRT Oct 13 23:05:44 2024
Vaciado1 	Sólido	Masa:0,523628 kg Volumen:6,62694e-05 m ³ Densidad:7.901,5 kg/m ³ Peso:5,13155 N	C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Eje de Poleas.SLDPRT Oct 13 23:05:44 2024
Vaciado1 	Sólido	Masa:0,523628 kg Volumen:6,62694e-05 m ³ Densidad:7.901,5 kg/m ³ Peso:5,13155 N	C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Eje de Poleas.SLDPRT Oct 13 23:05:44 2024
Vaciado1 	Sólido	Masa:0,523628 kg Volumen:6,62694e-05 m ³ Densidad:7.901,5 kg/m ³ Peso:5,13155 N	C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Eje de Poleas.SLDPRT Oct 13 23:05:44 2024
Envolver5 	Sólido	Masa:39,9675 kg Volumen:0,00505917 m ³ Densidad:7.900,02 kg/m ³ Peso:391,682 N	C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Motor con Reductor.SLDPRT Oct 13 22:53:28 2024
Redondeo1 	Sólido	Masa:0,673384 kg Volumen:0,000660181 m ³ Densidad:1.020 kg/m ³ Peso:6,59917 N	C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Pantalla HMI.SLDPRT Nov 3 22:35:09 2024

<p>Saliente-Extruir30</p> 	Sólido	<p>Masa:27,8051 kg Volumen:0,00351963 m³ Densidad:7.900 kg/m³ Peso:272,49 N</p>	<p>C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Pieza1.SLDPRT Oct 13 22:57:12 2024</p>
<p>Redondeo1</p> 	Sólido	<p>Masa:0,0397079 kg Volumen:3,89293e-05 m³ Densidad:1.020 kg/m³ Peso:0,389137 N</p>	<p>C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Piloto Rojo.SLDPRT Nov 3 22:35:15 2024</p>
<p>Redondeo1</p> 	Sólido	<p>Masa:0,0397079 kg Volumen:3,89293e-05 m³ Densidad:1.020 kg/m³ Peso:0,389137 N</p>	<p>C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Piloto verde.SLDPRT Nov 3 22:35:19 2024</p>
<p>Redondeo1</p> 	Sólido	<p>Masa:0,0397079 kg Volumen:3,89293e-05 m³ Densidad:1.020 kg/m³ Peso:0,389137 N</p>	<p>C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Piloto verde.SLDPRT Nov 3 22:35:19 2024</p>
<p>Cortar-Extruir6</p> 	Sólido	<p>Masa:0,958916 kg Volumen:0,00024215 m³ Densidad:3.960 kg/m³ Peso:9,39737 N</p>	<p>C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Polea Completa.SLDPRT Oct 13 23:01:26 2024</p>
<p>Cortar-Extruir4[1]</p> 	Sólido	<p>Masa:4,81623 kg Volumen:0,00121622 m³ Densidad:3.960 kg/m³ Peso:47,199 N</p>	<p>C:\Users\MY PC\Desktop\Ronald\Nueva carpeta\Maquina\Polea Completa.SLDPRT Oct 13 23:01:26 2024</p>

Nota: Elaborado por los autores.

Tabla 42. Propiedades de estudio.

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: Acero inoxidable forjado</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Tensión de von Mises máx.</p> <p>Límite elástico: 2,06807e+08 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 5,17017e+08 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+11 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0,26</p> <p>Densidad: 8.000 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7,9e+10 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1,1e-05 /Kelvin</p>	<p>Sólido 1(Extruir-Lámina 1) (Banda 2-1), Sólido 1(Extruir-Lámina 1) (Bando de Poleas-1)</p>
	<p>Nombre: ABS</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite de tracción: 3e+07 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+09 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0,394</p> <p>Densidad: 1.020 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 3,189e+08 N/m²</p>	<p>Sólido 1(Cortar-Extruir1) (Boton Emergencia-1), Sólido 1(Saliente-Extruir7) (Boton Selector-1), Sólido 1(Redondeo1) (Pantalla HMI-1), Sólido 1(Redondeo1) (Piloto Rojo-1), Sólido 1(Redondeo1) (Piloto verde-1),</p>

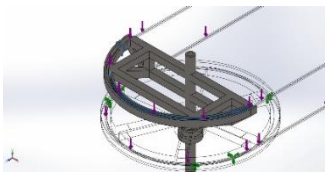
		Sólido 1(Redondeo1) (Piloto verde-2)
	Nombre: Alúmina Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite de tracción: 3e+08 N/m ² Límite de compresión: 3e+09 N/m ² Módulo elástico: 3,7e+11 N/m ² Coeficiente de Poisson: 0,22 Densidad: 3.960 kg/m ³ Módulo cortante: 1,5e+11 N/m ² Coeficiente de dilatación térmica: 7e-06 /Kelvin	Sólido 1(Cortar-Extruir 6) (Polea Completa-1), Sólido 2(Cortar-Extruir 4[1]) (Polea Completa-1), Sólido 1(Cortar-Extruir 6) (Polea Completa-2), Sólido 2(Cortar-Extruir 4[1]) (Polea Completa-2)
Datos de curva: N/A		

Nota: Elaborado por los autores.

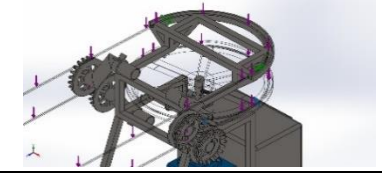
Cargas y sujeción.

En la simulación, se establecieron cargas de tracción de 200 N y 50 N en puntos críticos dentro del ensamblaje. Se sujetaron cargas en varios puntos de la superficie a modo de replicar las condiciones reales de instalación. Los puntos de sujeción fueron capaces de llevar las cargas causando reacciones equilibradas se encontraban dentro de los límites calculados y no existían indicaciones concentradas de falla que podría causar la falla estructural (tabla 43).

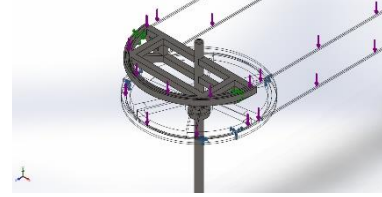
Tabla 43. Cargas y sujeción.

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija
Fuerzas resultants		
Componentes	X	Y
		Z
		Resultante

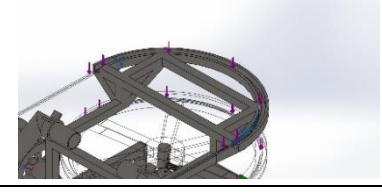
Fuerza de reacción(N)	1,86878	22,7531	0,649767	22,839
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0

Fijo-2		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija
--------	---	--

Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-3,81837	79,5332	171,253	188,859
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0

Fijo-3		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija
--------	---	--

Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-3,86877	93,2709	40,4401	101,734
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0

Fijo-4		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija
--------	---	--

Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	2,61729	55,9607	-212,692	219,946
Momento de reacción (N.m)	0	0	0	0

Información de malla.

La malla de alta calidad utilizada en el análisis consistió en 234,985 nodos y 143,185 elementos, lo que resulta en una precisión muy alta. La configuración sólida de los elementos cuadráticos y la baja distorsión, aseguran que los resultados finales sean precisos y fiables (tabla 44).

Tabla 44. Información de malla.

Tipo de malla	Malla sólida.		
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura.		
Puntos jacobianos para malla de alta calidad	16 puntos.		
Tamaño máximo de elemento	3,53849 cm.		
Tamaño mínimo del elemento	0,707698 cm.		
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden/Borrador.		
Mallar de nuevo las piezas fallidas de forma independiente	Activar.		
Reutilizar malla para partes idénticas en un ensamblaje (solo mallador basado en curvatura combinado)	Desactivar.		
Número total de nodos	234985.		
Número total de elementos	143185.		
Cociente máximo de aspecto	3.975,2.		
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	71,3.		
El porcentaje de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	6,45.		
Porcentaje de elementos distorsionados	0.		
Tiempo para completar la malla (hh; mm; ss):	00:00:38.		
Nombre de computadora:			
Nombre	Tipo	Min	Max
Calidad	Malla	-	-
Ensamblaje Completo-Análisis estático - Tracción-Calidad-Calidad1			
			

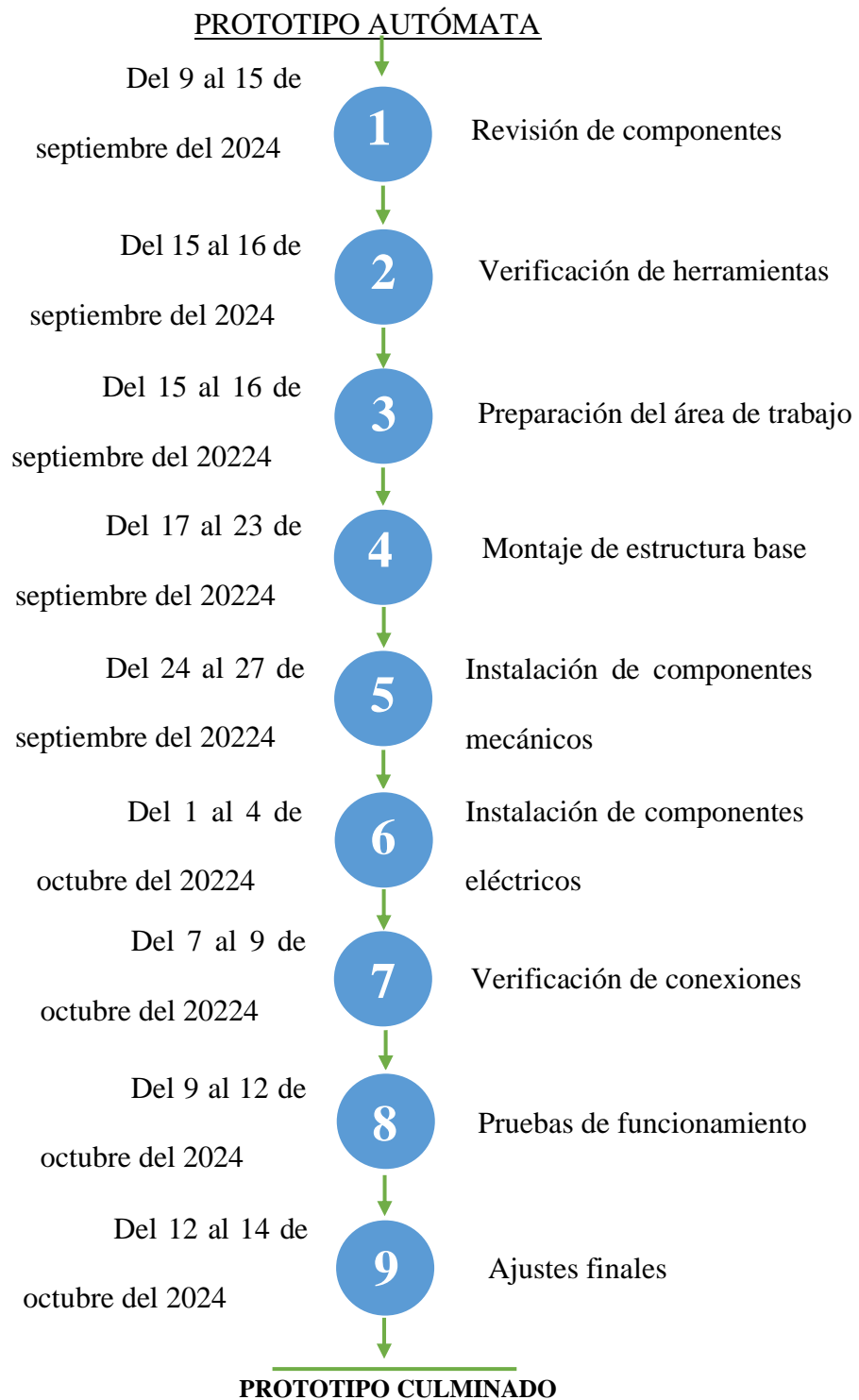
Nota: Elaborado por los autores.

FASE 3: Desarrollo del prototipo.

Previo a la formación del prototipo se creó un diagrama de flujo de armaje el cual es un esquema visual que nos ayudara a comprender de forma sencilla el paso a

paso de como ensamblar cada componente de la estructura, este también sirve tener una idea clara del ensamble para futuras reparaciones del prototipo, se presenta el diagrama en la figura 48.





Figura 48. Diagrama de flujo de armaje





Nota: Elaborado por los autores

La tabla 45, detalla cada uno de los pasos que se llevaron a cabo en el prototipo. Esta se dividió en 6 apartados, partiendo de la estructura metálica, posteriormente el ensamblado del motorreductor, su respectivo sistema de control hasta finalizar con la incorporación de los sensores de proximidad.

Tabla 45. Creación del prototipo.

Proceso descriptivo de la creación del prototipo		
Ítem	Descripción	Ilustración grafica
1	<p>Estructura metálica: La fabricación de la estructura metálica tiene un soporte principal para todos los componentes. Cuya estructura está diseñada para ser robusta y que sea capaz de soportar el peso del motorreductor, las poleas y el sistema de control.</p>	
2	<p>Ensamblaje del motorreductor: Una vez que la estructura estuvo lista, se procedió con el montaje del motorreductor, que es el componente adecuado para su movimiento, también se encuentra acoplado a un eje central que lleva la potencia mecánica para mover las poleas.</p>	
3	<p>Colocación de las poleas: En la instalación de las poleas, se encuentra la polea grande que puede observarse claramente en la parte superior del prototipo, la polea también está conectada al eje que este accionado por el motorreductor. Alrededor de la polea grande, hay cuatro poleas más pequeñas, las cuales son parte del sistema de transmisión que distribuye la potencia y su movimiento.</p>	
4	<p>Sistema de transmisión: El sistema de transmisión forma parte de los cables que conectan a las poleas, lo que permite que el movimiento rotatorio sea generado por el motorreductor a diferentes partes del prototipo. Esta puede asegurar que su movimiento sea sincronizado y distribuido a los puntos necesarios.</p>	

5	<p>Sistema de control: En la máquina exactamente en su parte frontal se observa un panel de control que incluye una pantalla HMI y botones de operación. Esta permite que el operador controle y monitoree el funcionamiento respectivo de la máquina.</p>	
6	<p>Integración de sensores: Los sensores de proximidad son aplicados para monitorear el movimiento de las poleas y garantizar su efectividad, y que esta funcione dentro de los parámetros establecidos. Estos sensores retienen información al PLC para realizar ajustes en tiempo real y evitar fallos en el sistema.</p>	

Nota: Elaborado por los autores.

FASE 4: Pruebas y validación.

La figura 49 deja en evidencia la culminación en su totalidad del prototipo de control automático, las pruebas se basaron en la toma de tiempos y con aquello proyectar sus resultados a una escala real, que para el caso de estudio fue prudente el tiempo de ciclo del cable vía del prototipo para poder proyectarlo en el escenario de la finca, ya que desea conocer el tipo de beneficio que puede aportar al sistema de transporte del banano ya cultivado.

Figura 49. Pruebas con el prototipo.



Nota: Inicio para la toma de tiempos

Estudio de tiempo del proceso productivo – propuesto.

Una vez recopilado los datos arrojados por el prototipo, se procede a realizar el estudio de tiempos – propuesto, se requirió la toma de 10 ciclos los cuales se detallan en la tabla 46, mediante estos se procede al cálculo de tiempo de observación, al culminar el estudio, el T.E. se utiliza para el cálculo de la evaluación de desempeño operativo, valoración por el método de Westinghouse. (véase anexo AA)

Tabla 46. Estudio de tiempo – propuesto.

Actividad	Tiempos en minutos										T.O.	T.P.O.	Val.	T.N.	Supl e.	T.E.
	Ciclos cronometrados															
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10						
Cosecha del racimo de banano	0,25	0,30	0,25	0,45	0,43	0,32	0,36	0,28	0,22	0,22	3,08	0,31	107%	0,33	29%	0,43
Transporte al cable vía	5,10	6,40	4,50	5,20	4,89	6,20	5,30	6,25	5,50	4,92	54,26	5,43	105%	5,70	31%	7,46
Colocación del racimo en el cable vía	0,33	0,42	0,25	0,27	0,35	0,28	0,36	0,30	0,41	0,35	3,32	0,33	114%	0,38	29%	0,49
Transporte del banano hacia la zona de empaque	14,9	14,6	14,4	14,52	14,2	14,8	14,56	14,15	14,21	14,23	144,57	14,46	102%	14,75	12%	16,52
Retiro del protector de la fruta.	0,25	0,29	0,20	0,15	0,17	0,23	0,35	0,24	0,21	0,30	2,39	0,24	115%	0,27	12%	0,31
Calibración del banano (grosor y largo del dedo)	0,50	0,52	0,57	0,46	0,49	0,53	0,58	0,40	0,39	0,46	4,90	0,49	116%	0,57	14%	0,65
Transporte al área de desmane y lavado	0,67	0,58	0,60	0,55	0,58	0,61	0,66	0,54	0,64	0,62	6,05	0,61	114%	0,69	31%	0,90
Desmane y lavado de los racimos	1,50	1,65	2,10	1,56	1,49	2,15	1,30	1,54	1,27	1,10	15,66	1,57	116%	1,82	12%	2,03
Pesaje del banano en su respectiva bandeja	1,75	1,15	1,30	2,10	1,25	1,77	2,20	2,16	1,45	1,56	16,69	1,67	114%	1,90	15%	2,19
Fumigación del banano	0,33	0,32	0,24	0,29	0,35	0,32	0,21	0,27	0,25	0,34	2,92	0,29	119%	0,35	13%	0,39
Sellado del banano	0,16	0,12	0,18	0,20	0,15	0,24	0,22	0,17	0,21	0,25	1,90	0,19	116%	0,22	13%	0,25
Inspección de la fruta	2,15	1,55	1,60	2,20	2,50	2,11	2,14	1,28	2,35	1,58	19,46	1,95	116%	2,26	12%	2,53
Empaque de bananos en cartones	3,33	3,10	2,50	3,40	3,18	2,50	2,12	3,20	2,48	3,12	28,93	2,89	119%	3,44	23%	4,23

Nota: Elaborado por los autores.

En este caso, el tiempo promedio de las 10 muestras fue de 14,46 minutos, con la propuesta de optimización del cable vía se evita el suplemento por el uso de fuerza de tal como lo detalla la tabla 47. Dicho esto, el nuevo tiempo estándar fue de 16,52 minutos, lo que representa una reducción de 1,19 minutos con respecto al tiempo anterior.

Tabla 47. Tabla de suplementos – Propuesto.

Actividad	Constan tes		Variables										Supl emen tos
	SN P	SB F	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
Cosecha del racimo de banano.	5	4	2	0	17	0	0	0	0	1	0	0	29%
Transporte al cable vía.	5	4	2	2	17	0	0	0	0	1	0	0	31%
Colocación del racimo en el cable vía.	5	4	2	0	17	0	0	0	0	1	0	0	29%
Transporte del banano hacia la zona de empaque.	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	12%
Retiro del protector de la fruta.	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	12%
Calibración del banano (grosor y largo del dedo).	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	2	14%
Transporte al área de desmane y lavado.	5	4	2	2	17	0	0	0	0	1	0	0	31%
Desmane y lavado de los racimos.	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	12%
Pesaje del banano en su respectiva bandeja.	5	4	2	0	3	0	0	0	0	1	0	0	15%
Fumigación del banano.	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	13%
Sellado del banano.	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	13%
Inspección de la fruta.	5	4	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	12%
Empaque de bananos en cartones.	5	4	2	0	9	0	0	0	0	1	0	2	23%

Nota: Elaborado por los autores.

En este sentido, con el cálculo del nuevo tiempo promedio de 14,46 minutos ya es posible realizar la evaluación del nuevo desempeño operativo de la finca, esto con el objetivo de conocer que tan eficiente puede ser la propuesta (tabla 46).

Evaluación de desempeño operativo propuesto.

Con el objetivo de evaluar el desempeño operativo propuesto de la finca La Cantarina S.A.S. se efectúa el cálculo propuesto de la eficiencia del desempeño de los indicadores con la propuesta de mejora. En este caso, el nuevo tiempo promedio de traslado es de 14,46 minutos, pero con la diferencia que la propuesta va a reducir también el tiempo de paro programado en un 30%, esto porque se evitará el relevo de personal para el funcionamiento del cable vía. En este sentido, el nuevo tiempo de

inactividad en base al criterio técnico y a las proyecciones esperadas será de 7 min. Con esa base de información ya es posible determinar la nueva disponibilidad.

$$\text{Tiempo de cultivo } T_{\text{transp}} = \frac{14,46 \text{ min}}{1 \text{ h}} \times \frac{4 \text{ h}}{1 \text{ turno}} \times \frac{2 \text{ turnos}}{1 \text{ día}} \times \frac{3 \text{ días}}{1 \text{ semana}}$$

$$\text{Tiempo de cultivo } T_{\text{transp}} = 347,04 \frac{\text{min}}{\text{sem}}$$

$$\text{Tiempo de inactividad } T_{\text{transp}} = \frac{7 \text{ min}}{1 \text{ turno}} \times \frac{2 \text{ turnos}}{1 \text{ día}} \times \frac{3 \text{ días}}{1 \text{ semana}} = 42 \frac{\text{min}}{\text{sem}}$$

✓ **Disponibilidad.**

Con los datos obtenidos se procede a realizar los calculo con la fórmula de la disponibilidad:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\left(347,04 \frac{\text{min}}{\text{sem}} - 42 \frac{\text{min}}{\text{sem}} \right)}{347,04 \frac{\text{min}}{\text{sem}}}$$

$$\text{Disponibilidad} = 0,879 \times 100 = \mathbf{87,9\%}$$

• **Calidad.**

Para el caso de la calidad se proyecta un incremento del 20% de los racimos cosechados debido al aumento del ritmo del transporte hacia la zona de empaque. Sin embargo, los racimos que no salen a la venta se mantienen en 2000, esto debido a que la propuesta del sistema automático no influye en las inconsistencias que se puedan presentar en cuanto a la calidad del producto final, por lo tanto, se mantiene el valor del desperdicio por día de 5,067 T. En este sentido se calcula el nuevo valor de calidad.

➤ *Producción media* = 31,67 T/día + 20% (6,334) = 38,004 T/día

➤ *Promedio de desperdicio* = 5,067 T/día

$$\text{N}^\circ \text{ de unidades de cosecha} = 38,004 \frac{\text{T}}{1 \text{ día}} \times \frac{3 \text{ días}}{1 \text{ sem}} \times \frac{4,345 \text{ sem}}{1 \text{ mes}} = 495,38 \text{ T/mes}$$

$$\text{N}^\circ \text{ de defectos por cosecha} = 5,067 \frac{\text{T}}{1 \text{ día}} \times \frac{3 \text{ días}}{1 \text{ sem}} \times \frac{4,345 \text{ sem}}{1 \text{ mes}} = 66,048 \text{ T/mes}$$

$$\text{Calidad} = \frac{\left(495,38 \frac{\text{T}}{\text{mes}} - 66,048 \frac{\text{T}}{\text{mes}} \right)}{495,38 \frac{\text{T}}{\text{mes}}}$$

$$Calidad = 0,8667 \times 100 = \mathbf{86,67\%}$$

Rendimiento.

Como anteriormente se mencionó, con el incremento del 20% de las unidades cosechadas se espera una cosecha de 6000 racimos semanales, por ende, el nuevo valor de rendimiento sería:

$$Rendimiento = \frac{N^{\circ} \text{ de unidades cosechadas}}{\text{Posible } N^{\circ} \text{ de unidades}}$$

$$Rendimiento = \frac{6000 \frac{u}{sem}}{7000 \frac{u}{sem}} = 85,71\%$$

Entonces, el OEE es:

$$OEE (\%) = \mathbf{0,879 \times 0,8667 \times 0,8571 = 0,653}$$

$$OEE (\%) = \mathbf{0,653 \times 100 = 65,3\%}$$

En primer lugar, la disponibilidad de 87,9% se refiere al tiempo que se tiene disponible para transportar la cosecha en función del tiempo total disponible. En este caso se logró aumentarla con la propuesta a razón de un 2,6%. Por otro lado, la calidad logró un crecimiento del 2,67% debido al aumento de la cantidad de racimos cosechados gracias al sistema automatizado en el cable vía. En el caso del índice de rendimiento logró superar el valor inicial y alcanzó un 85,71% debido al aumento del 20% de las unidades cosechadas. Sin embargo, este rendimiento sugiere que no se está alcanzando el máximo potencial productivo.

Estos 3 resultados hicieron posible el nuevo valor del OEE, alcanzando un 65,3%, lográndose una mejoría significativa del 14,12%, alcanzando la categoría regular ($65\% \leq OEE \leq 75\%$) y superando la categoría inaceptable ($OEE < 65\%$) en la que se encontraba inicialmente. Por lo tanto, para la respectiva comparación de los subindicadores de la OEE se procede a detallar en la tabla 48 el resumen de cada índice calculado.

Tabla 48. Comparación de resultados del OEE.

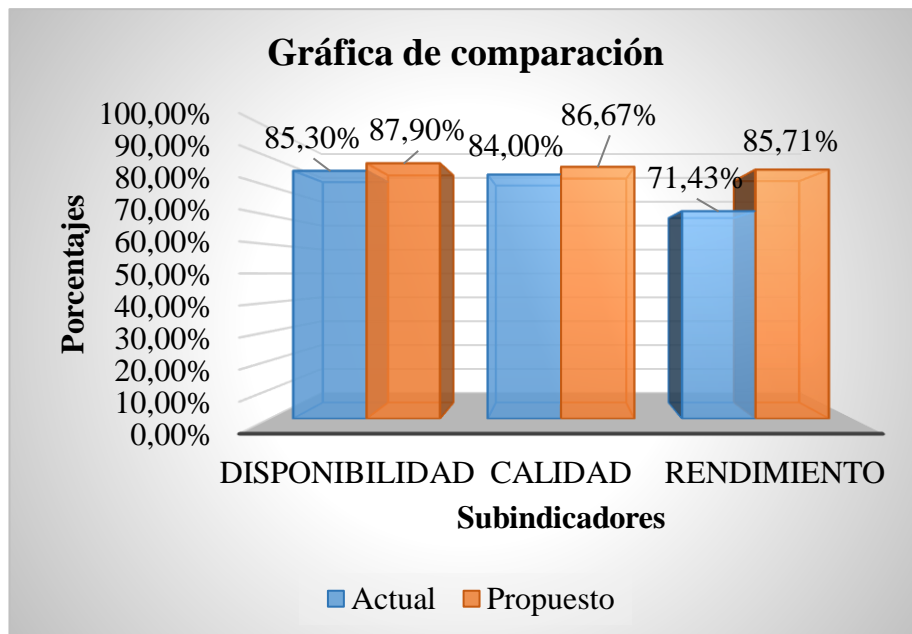
Subindicador	Inicial	Final
Disponibilidad	85,30%	87,90%

Calidad	84,00%	86,67%
Rendimiento	71,43%	85,71%

Nota: Elaborado por los autores.

Al analizar cada componente del OEE, se evidencia una optimización en cada subindicador, la disponibilidad pasó de 85,3% a 87,9% significando una reducción en los tiempos de inactividad junto con una mayor eficiencia de la cosecha del banano; la calidad mejoró de 84% a 86,67% y el rendimiento ha incrementado considerablemente de 71,43% a 85,71%, lo que significa una mayor productividad. Estos resultados indican el diseño de prototipo de sistema automático tiene un impacto positivo en la productividad y deja en evidencia una mayor eficiencia global en la línea de producción. (véase figura 50)

Figura 50. Gráfica de comparación de OEE actual – propuesto.



Nota: Elaborado por los autores.

Capacitaciones para la finca La Cantarina S.A.S.

Previo al manejo de la máquina propuesto se procede a realizar un cronograma de actividades dirigido hacia los trabajadores del área de producción de la finca, este cronograma tiene como base los componentes que se implementaron en la fabricación de la máquina los cuales nos permiten crear los temas de las respectivas capacitaciones, cabe aclarar que la finalidad de este cronograma de capacitaciones es para el debido manejo de la maquina disminuyendo los riesgos que se pueden presentar a futuro. A continuación, en la tabla 49, se detallan los temas a tratar en dichas capacitaciones.

Tabla 49. Temas a capacitar.

Tema	Descripción	Duración	Responsable
Introducción sobre sistemas automáticos.	Presentación del prototipo, objetivos, beneficios y funcionalidades.	Durante 2 días, cada día 1.5 horas.	Del Pezo Kleiner
Principales componentes del sistema	Explicación de la utilidad de cada uno de los componentes.	Durante 2 días, cada día 1 hora.	Del Pezo Kleiner
Interacción con la HMI	Interacción con el sistema HMI, monitoreo del sistema y ajustes manuales.	Durante 2 días, cada día 1 hora.	Jiménez Ronald
Procedimientos de uso	Como operar el sistema: encendido, apagado y automático.	Durante 3 días, cada día 1.5 horas	Jiménez Ronald
Detección y solución de problemas	Guía para la detección y resolución de problemas.	Durante 2 días, cada día 1 hora.	Del Pezo Kleiner
Pruebas de manejo	Pruebas operativas con los capacitados, para el refuerzo del conocimiento.	Durante 3 días, cada día 1.5 horas.	Jiménez Ronald
Simulacro frente a emergencias	Respuesta ante emergencias: fallos del sistema, paradas de seguridad.	Durante 1 día, 2 horas.	Jiménez Ronald
Diagnóstico	Evaluación práctica y teórica sobre el uso del prototipo.	Durante 1 día, 1 hora.	Del Pezo Kleiner Jiménez Ronald
Retroinformación	Sesión de preguntas y respuestas finales, culminación de la capacitación.	Durante 1 día, 1.5 horas.	Jiménez Ronald Del Pezo Kleiner

Nota: Elaborado por los autores.

Cronograma de capacitaciones para finca La Cantarina S.A.S.

Una vez culminado el planteamiento de los temas de capacitación, con sus respectivas descripciones, se elabora un cronograma para la ejecución de las capacitaciones destinadas a los trabajadores de la finca más específicos aquellos que están inmerso en la labor del transporte por el cable vía, el cronograma empieza el 3 de febrero del 2025 con el tema de “introducción sobre sistemas automátats” y culmina el 12 de marzo del 2025 con una “retroalimentación”, está diseñado para que los trabajadores puedan manipular el sistema sin exponerse a riesgos físicos o un daño en el prototipo, con este cronograma se busca disminuir el riesgo de accidentes y aumentar las habilidades de los operarios (tabla 50).

Tabla 50. Cronograma de capacitaciones.

ACTIVIDAD	INICIO DEL	DURACIÓN DEL	INICIO REAL	DURACIÓN	PORCENTAJE	3/2/2025	5/2/2025	7/2/2025	10/2/2025	12/2/2025	14/2/2025	17/2/2025	19/2/2025	21/2/2025	24/2/2025	26/2/2025	28/2/2025	3/3/2025	5/3/2025	7/3/2025	10/3/2025	12/3/2025	
						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Introducción sobre sistemas automátats	1	2	1	2	0%																		
Principales componentes del sistema	3	2	3	2	0%																		

Interacción con la HMI	5	2	5	2	0%															
Procedimientos de uso	7	3	7	3	0%															
Detección y de solución de problemas	10	2	10	2	0%															
Pruebas de manejo	12	3	12	3	0%															
Simulacro frente a emergencias	15	1	15	1	0%															
Diagnostico	16	1	16	1	0%															
Retroinformación	17	1	17	1	0%															

Nota: Elaborado por los autores.

Programa de mantenimiento.

El programa consta de varias actividades preventivas, correctivas y predictivas específicas a realizar sobre cada componente crítico. Por otro lado, la frecuencia de las actividades mencionadas deberá realizarse dependiendo de cada uno de sus componentes. Sin embargo, el mantenimiento tendrá la frecuencia que es necesario para cada uno de los componentes, evitando gastos que no se necesitan. Se recomienda llevar un seguimiento de cada una de las actividades realizadas en el mantenimiento, fundamental para identificar deficiencias recurrentes y adaptar el plan de mantenimiento a las necesidades operacionales del sistema. En última instancia, este enfoque comprensivo contribuirá a extender la vida útil de los equipos y permitirá reducir el tiempo de inactividad, lo cual contribuye a una operación del sistema de cable vía en la finca bananera más segura y eficiente (tabla 51).

Tabla 51. Plan de mantenimiento para el prototipo.

Equipo	Tipo de mantenimiento	Tareas	Frecuencia	Responsable	Observaciones
Motor trifásico, transformado o a monofásico	Preventivo	Limpieza externa, revisión de conexiones eléctricas, ajuste de tornillos y tuercas	Mensual	Operador	Usar aire comprimido para limpiar polvo y residuos
	Preventivo	Lubricación de ejes y partes móviles según especificaciones del fabricante	Semestral	Operador	Usar lubricante recomendado por el fabricante
	Predictivo	Medición de temperatura y análisis de vibraciones	Trimestral	Operador	Registrar valores y comparar con historial para detectar anomalías
	Correctivo	Reparación o reemplazo en caso de fallas	Según necesidad	Operador	Utilizar repuestos originales

Interfaz HMI (Kinco)	Preventivo	Verificación del funcionamiento de botones (manual, automático y emergencia) y luces piloto	Semanal	Operador	Reemplazar botones o luces defectuosos
	Preventivo	Actualización del software Kinco DTools y revisión de la funcionalidad del contador de racimos	Anual	Técnico especialista	Revisar compatibilidad con el PLC
Sistema de control PLC (Logo Soft Comfort)	Preventivo	Inspección de conexiones y estado del software de programación	Mensual	Operador	Asegurar integridad del cableado y ajustes en la lógica si es necesario
	Correctivo	Modificación del programa si se presentan errores o si el proceso requiere ajustes	Según necesidad	Técnico especialista	Documentar cambios en el programa
Cables de acero del cable vía	Preventivo	Inspección visual para detectar signos de desgaste, corrosión o daño	Diario	Operador	Registrar observaciones en un informe diario
	Correctivo	Reemplazo de cables dañados para evitar fallas en el transporte	Según necesidad	Operador	Utilizar cables de acero con especificaciones adecuadas

Sensores y Contadores	Preventivo	Limpieza y revisión del estado y calibración de sensores	Trimestral	Operador	Verificar que los sensores detecten correctamente e el conteo de racimos, la temperatura, desgaste
Sistema de parada de emergencia	Preventivo	Prueba de funcionamiento del botón de emergencia para asegurar que responde adecuadamente	Semanal	Operador	Registrar en el reporte semanal el estado del botón
Panel y circuitos eléctricos	Preventivo	Revisión de cables, conectores, y fusibles para evitar problemas eléctricos	Mensual	Operador	Verificar conexiones y reemplazar cables desgastados
Documentación y Registros	Administrativo	Registro detallado de cada actividad de mantenimiento	En cada actividad	Operador	Mantener un archivo actualizado para futuros análisis

Nota: Elaborado por los autores.

Presupuesto del prototipo autómeta.

El costo que se utilizó para realizar el prototipo contiene todos los elementos necesarios para la construcción de este mismo, los componentes que incluyen en materiales eléctricos son, motor, sensores y relés, los materiales estructurales que arman toda la estructura son poleas, tubos y ejes, en el control contamos con su sistema de programación de software y diseño.

El objetivo final es optimizar el transporte del cable vía dentro de la finca La Cantarina S.A.S. en términos kilométricos, la eficiencia operativa y por qué no en términos de seguridad, junto con la viabilidad de la automatización a largo plazo (anexo DD).

3.3.5. Presupuesto y retorno de la inversión

En la tabla 52 se proporciona una tabla de presupuesto en la cual se detallan los costos referenciales de cada uno de los componentes a utilizar para llevar a cabo la realización del prototipo el cual ayudara a la empresa a aumentar la productividad disminuyendo el tiempo de traslado del banano a la zona de empaque.

Tabla 52. Presupuesto del proyecto.

Rubro	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total
Monitoreo Eléctrico	Motor eléctrico	1	\$1.000,00	\$1.000,00
	Instalación	1	\$350,00	\$350,00
Diseño e Ingeniería	Estudio técnico	1	\$550,00	\$550,00
	Diseño	1	\$1.500,00	\$1.500,00
Adecuaciones Físicas	Obra	1	\$2.500,00	\$2.500,00
Capacitaciones	Capacitación al personal	2	\$300,00	\$600,00
Mantenimientos	Preventivo	4	\$450,00	\$1.800,00
Sistema de control programable	Autómata (PLC)	1	\$2.000,00	\$2.000,00
	Software de programación	1	\$500,00	\$500,00
	Instalación	1	\$350,00	\$350,00
Sensores	De carga y seguridad	4	\$250,00	\$1.000,00
Panel de control centralizado	Panel de control	1	\$500,00	\$500,00
	Software de monitoreo	1	\$200,00	\$200,00
Subtotal				\$12.850,00
	10% de imprevistos			\$1.285,00
	15% de reajuste			\$1.927,50
TOTAL				\$16.062,50

Nota: Elaborado por los autores.

Como indica la tabla 52 el rubro, la descripción cantidad, el costo unitario y el costo total, en la tabla de detallan los materiales software y mano de obra a utilizar para así obtener un subtotal de \$12.850,00, a este cálculo se añade un ajuste del 10%

el cual es de \$1.285,00 y una tasa de reajuste de \$1.927,50, brindando así una cantidad de \$16.062,50 el valor necesario para implementar el sistema de control automática.

Bajo este contexto, se realizaron los cálculos financieros, los cuales incluyen el valor actual neto, la tasa interna de retorno y el periodo de recuperación, esto se realiza para evaluar la viabilidad del proyecto. La tabla 53 ofrece un desglose de estas métricas financieras para facilitar la evaluación.

Tabla 53. Cálculo de flujo de fondo.

CÁLCULOS DEL FLUJO DE FONDO						
	0	1	2	3	4	5
Flujo Fondo	-\$16.062,50	\$4.818,75	\$4.818,75	\$4.818,75	\$4.818,75	\$4.818,75
Saldo Actual de 10%	-\$16.062,50	\$4.380,68	\$3.982,44	\$3.620,40	\$3.291,27	\$2.992,06
Saldo Actualizado Acumulado	-\$16.062,50	-\$11.681,82	-\$7.699,38	-\$4.078,98	-\$787,71	\$2.204,35

Nota: Elaborada por autores

Donde:

$$Tasa (\%) = Valor \text{ por definición}$$

$$Tasa (\%) = 10\%$$

$$VNA (\$) = VNA(\text{Interes}; \text{flujo de caja}) + \text{desembolso inicial}$$

$$VNA (\$) = \$18.266,85$$

$$VAN (\$) = \text{Beneficio Neto Actualizado} + \text{Inversion inicial}$$

$$VAN (\$) = \$2.204,35$$

$$TIR (\%) = 15,24\%$$

$$PR (t) = \frac{\text{Inversion inicial}}{\text{flujo de efectivo por periodo}}$$

$$PR (t) = \text{año anterior de recuperacion} + \frac{\text{Inversion}}{\text{Ingreso año de recuperacion}}$$

$$PR (t) = 4.26 \text{ años ; } 3.16 \text{ meses ; } 4.78 \text{ dias}$$

$$PR (t) = 4 \text{ años con } 3 \text{ meses y } 5 \text{ dias}$$

El valor actual neto (VAN) de \$18.266,85 indica que la inversión inicial del proyecto se recupera, incluso al considerar una tasa de descuento del 10%. Al emplear una (TIR) del 15%, se aprecia un aumento, lo que sugiere que la (TIR) excede la tasa esperada. Para concluir, el cálculo del periodo de recuperación de la inversión arroja un tiempo estimado de 4 años, 3 meses y 5 días, dando a conocer que el proyecto recupera el presupuesto invertido dentro de los primeros 5 años.

3.4.Marco de discusión.

La creación de un prototipo de control automático permite optimizar los procesos de las diferentes organizaciones, a su vez esto va ligado al rendimiento operativo de los trabajadores. En este sentido, a través de una investigación detallada respaldada por estudios previos (Capítulo I, Sección 1.1.), se evidenció la factibilidad de utilizar herramientas y tecnologías para desarrollar un prototipo de control automático en diversas industrias manufactureras a nivel global. Con el objetivo de realizar un análisis profundo sobre los antecedentes relacionados con el tema de estudio, se llevó a cabo una revisión de alcance (Capítulo I, Sección 1.2). Esta revisión permitió recopilar información relevante que contribuyó significativamente al tema, y posteriormente, se aplicó el proceso de jerarquía analítica (AHP) para identificar y evaluar las herramientas y metodologías más efectivas para el desarrollo del prototipo, de tal manera que se destacaron 3 criterios: el Sistema PLC, el Módulo lógico Siemens, el Logo 230 RC y el modelo computacional como fundamentos clave de la investigación a realizar.

En base al estudio realizado se establecieron los mecanismos que permitirán implementar la metodología de la investigación, también aportó a la estructuración del procedimiento metodológico, de este modo se aseguró que vaya a la par con el diseño del prototipo de control automático. La tabla 5, donde se encuentra la matriz de artículos, permitió seleccionar las herramientas necesarias para la debida aplicación, esto aporta a entender las interrelaciones entre las variables, lo que permitió la toma de decisión para garantizar el rendimiento de la producción de la finca.

En el capítulo II, más específico en la sección 2.3 se detalla el procedimiento metodológico, para el cual se toma en base la propuesta realizada por (Zipa-Bermudez & Farfan-Eraza, 2021), los cuales desarrollaron un prototipo automatizado, este artículo permitió dar una estructura sistemática. Cabe señalar que el autor implemento

una metodología de enfoque cuantitativo para la recolección de datos y su debido análisis, a su vez realizó la implementación de un diseño transversal descriptivo, con la finalidad de recopilar información en un determinado tiempo, y el enfoque correlacional para la identificación de la relación entre las variables estudiadas.

Mediante el método de ábaco de Régnier se validó la encuesta implementada la cual permite la obtención de datos y el registro de estos. Para una debida recolección de datos se optó por una observación directa en la finca La Cantarina, este método permitió complementar los análisis de los procesos. El cuestionario para implementar consta de doce preguntas en donde se encuentran tanto preguntas cerradas como de selección múltiple, el cual será aplicado a los trabajadores del área de producción de la finca.

Con el coeficiente de alfa de Cronbach se realizó el cálculo de fiabilidad, mediante el software IBM SPSS el cual arrojó un valor de 0,719 este resultado indica una alta consistencia entre los ítems implementados. La correlación de Pearson resultó en un valor de 0,691 este valor señala que existe una correlación moderada entre las variables. En base a estos estudios, la credibilidad de la investigación se ve fortalecida.

La propuesta planteada por el estudio es la desarrollar un prototipo de control automático para la finca La Cantarina S.A.S., con la finalidad de optimizar el tiempo de transporte de los racimos de banano a la zona de empaque. Al implementar el procedimiento metodológico se efectuó una mejora significativa debido a que se minimizó el tiempo promedio del transporte pasando de ser 17,01 minutos a 14,46 minutos, optimizando el tiempo de transporte el cual disminuyó 2.55 minutos, esto representando un 15.34% de mejora.

Se presenta mejoras en los indicadores del estudio esto se refleja en el crecimiento del OEE el cual es del 14.12%. El primer indicador es la disponibilidad el cual sufrió un incremento del 2,60% esto trae consigo la disminución de inactividad durante el proceso de producción. Este incremento en la disponibilidad es fundamental, ya que permite maximizar el tiempo operativo y minimizar las pérdidas. Asimismo, la calidad del producto también experimentó una mejora, subiendo del 84% al 86,67%. Esto sugiere no solo un mejor manejo durante el proceso de cosecha y empaque, sino también un compromiso con la excelencia que puede influir positivamente en la percepción del cliente y en la competitividad en el mercado. El

incremento es notable, el cual paso de ser del 71,43% a ser de 85,71%, esto expone un incremento de la productividad. Al maximizar la productividad se revela que los recursos empleados pro la empresa se están explotando de forma correcta.

Al combinar los resultados obtenidos se alcanzó un resultado del 65,33%, así se logró una clasificación regular ($65\% \leq \text{OEE} \leq 75\%$) y este a su vez logra superar un ($\text{OEE} < 65\%$) lo que se considera como inaceptable, en la cual se encontraba. Esta mejora en el OEE es un indicativo claro de que se están implementando prácticas más efectivas y se está avanzando hacia un uso óptimo de los recursos. En resumen, el aumento en la disponibilidad, calidad y rendimiento no solo refleja un progreso en la operación, sino que también establece una base sólida para futuras mejoras en la eficiencia del proceso productivo.

CONCLUSIONES

En el estudio realizado acerca de las herramientas que permiten la automatización de industrias, se realizó una búsqueda exhaustiva en la base de datos de Scopus, ScienceDirect, UPCommons, Redalyc y Dialnet, en este proceso se identificaron 696 artículos, 109 de estos son duplicados. Para la respectiva evaluación, en base a los criterios de inclusión y exclusión, se eliminaron 496, para finalizar con una revisión de 91 artículos, para culminar se encontraron 28 artículos los cuales tiene una información directa con la investigación. En el estado del arte, se describió el procedimiento metodológico el cual se divide en cuatro etapas, esto se realizó con la finalidad de diseñar el prototipo de control automático.

Los resultados que se lograron en la investigación evidencian un progreso en la inclusión de sistemas automáticos para optimizar los procesos productivos de las organizaciones agrícolas. La fiabilidad que otorga el coeficiente de alfa de Cronbach arroja un resultado de 0.691, ratifica la solidez de los datos obtenidos y la correlación que existe entre las variables. El sistema implementado otorgo un 14,12% de OEE, y a su vez mejora los indicadores, por lo cual se evidencia una correcta optimización en la cosecha del banano.

En el plan económico, la propuesta toma una inversión de \$16.062.50, mediante el análisis realizado se consigue un periodo de recuperación de 4 años con 3 meses y 5 días, esto indica que la inversión se recuperara dentro de los primeros cinco años de la inversión. Al efectuar los cálculos financieros el VAN obtenido es de \$2,204.35, se considera una tasa de descuento del 10%, y con una TIR del 15.24%. Estos resultados no solo subrayan la eficacia del prototipo desarrollado, sino que también establecen un modelo que puede ser replicado en otras áreas del sector agrícola, impulsando así una mayor eficiencia y sostenibilidad en la producción. En definitiva, esta investigación abre nuevas oportunidades para la mejora continua en el ámbito agrícola, beneficiando tanto a los productores como a la industria en su conjunto.

RECOMENDACIONES

La revisión exhaustiva de la literatura fue de carácter fundamental para la definición de las metodologías, en base al estudio realizado en los sistemas de control automático se recomienda adoptar un sistema de monitoreo constante en las bases de Scopus, UPCommons, ScienceDirect, Redalyc y Dialnet. Para así garantizar la actualización de las prácticas de optimización y adaptarse a los avances científicos, tecnológicos, fortaleciendo de este modo la efectividad del sistema propuesto.

En base a las cuatro etapas detalladas en el procedimiento metodológico, se recomienda insertar en la industria herramientas que permitan el monitoreo constante y en tiempo real del transporte del banano. Las tecnologías para utilizar pueden ser sensores inductivos, los cuales permiten el monitoreo de los racimos cosechados y a su vez un software de análisis para una obtención de datos precisa, esto permitirá ejecutar ajustes inminentes que ayudaran a maximizar la eficiencia del sistema.

Para culminar se recomienda realizar un plan de implementación gradual en las distintas áreas del sector agrícola dentro de la provincia de Santa Elena. El plan deberá incluir: análisis de adaptabilidad del prototipo a los cultivos y los distintos procesos de agricultura, realizar una evaluación de tiempos y costos dentro del área. Este crecimiento maximizará la eficiencia operativa de las distintas áreas del campo, este contribuirá a sectores sustentables y el crecimiento de competitividad en la industria agrícola.

BIBLIOGRAFÍA

Aguilera Eguía, R. (2014). ¿Revisión sistemática, revisión narrativa o metaanálisis? In *Rev Soc Esp Dolor* (Vol. 21, Issue 6).

<https://dx.doi.org/10.4321/S1134-80462014000600010>

Álvarez-Perdomo, P. E., Saborit mayo, M., & Vilcacundo Govea, L. (2022). Multivariate techniques: a contribution to the financial assessment of ecuadorian smes involved in banana production. *Universidad y Sociedad*, 14, 475–495.
<https://orcid.org/0000-0001-6316-9098>

Antonio Barragán Martínez, L., Acero Comercial Ecuatoriano, I. S., & Austin Zaldivar Almarales, D. (2023). *Process automation in the industry 4.0* (Vol. 5, Issue 1).
<https://orcid.org/0009-0000-3617-1256>

Antonio, L., Varon, B., Gonzalo Álvarez, J., & Arenas, W. M. (2021). Comparison of the performance of PID controller on level process using programmable logic controller and embedded systems. In *Revista chilena de ingeniería* (Vol. 29, Issue 4).

Araujo, M., & José, M. (2018). *Automatización del sistema de control de la máquina empaquetadora de Blíster. Automation control system of the blisters machine packaging* (Vol. 41, Issue 1).
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=688773637003>

Araújo-Girão, A. L., Silva-Nunes Cavalcante, M. L., Costa-Lima de Oliveira, I., Freitas-Aires, S., Paz-de Oliveira, S. K., & Fontenele-Lima de Carvalho, R. E. (2021). Tecnologías en la enseñanza en enfermería, innovación y uso de TICs:

revisión integrativa. *Enfermería Universitaria*, 17(4), 475–489.
<https://doi.org/10.22201/eneo.23958421e.2020.4.763>

Blanco, C. (2011). Encuesta y Estadística. *Brujas*.

Cando Zumba, A. del R., Silva Ajila, D. J., Gómez Romo, M. del C., & López Gómez, A. F. (2023). The production of the manufacturing industry in Ecuador in the time of COVID-19. *Ciencias Técnicas y Aplicadas*, 9, 1188–1208.
<https://doi.org/10.23857/dc.v9i1>

Capa Benítez, L. B., Castillo Alaña, T. P., & Benítez Narváez, R. M. (2016). Importancia de la producción de banano orgánico. caso: provincia El Oro, Ecuador. *Revista Científica de La Universidad de Cienfuegos*, 8.
<http://rus.ucf.edu.cu/>

Carlos, Q.-Q. J., Ernesto, F.-G., Jorge, B.-L., & Víctor, Q.-A. (2017). Design and Implementation of Control and Monitoring Systems Based on HMI-PLC for Potable Water Well. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, XV(1), 41–50.

Caselles Osorio, A., Mendoza P, G., Simanca Ospino, M., Romero Borja, I. M., Mosquera Ruiz, J. E., & Eslava Eljash, P. (2018). Tomato (*Lycopersicon sculentum*) production in sub surface flow constructed wetlands for domestic wastewater treatment in rural a colombian community. *Ingeniería Investigación y Tecnología*, 19(4), 1–10. <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2018.19n4.038>

Chambergó-Michilot, D., Díaz-Barrera, M. E., & Benites-Zapata, V. A. (2021). Revisiones de alcance, revisiones paraguas y síntesis enfocada en revisión de mapas: aspectos metodológicos y aplicaciones. In *Revista peruana de medicina*

experimental y salud publica (Vol. 38, Issue 1, pp. 136–142). NLM (Medline).
<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2021.381.6501>

Cornelio, M., González, G., & Ching, S. (2021). Cómo citar el artículo Número completo Más información del artículo Editorial Ediciones Futuro. *Revista Cubana de Ciencias Informaticas.*, 15(2), 77–95.

Corzo Dominguez, C. E., Flores Martinez, N. V., & Perez Roman, I. (2022). El estado del arte, ¿Necesidad o necesidad?. *Opción*, 38, 139–153.
<https://produccioncientificaluz.org/index.php/opcion/article/view/39016>

Dahl, M., Bengtsson, K., Fabian, M., & Falkman, P. (2020). Automatic Modeling and Simulation of Robot Program Behavior in Integrated Virtual Preparation and Commissioning. *Procedia Manufacturing*, 11, 284–291.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.107>

David-Páez, H., Zamora-Musa, R., Bohórquez-Pérez, J., Páez-Logreira, H., & Zamora-Musa -José Bohórquez-Pérez, R. P. (2020). Programación de Controladores Lógicos (PLC) mediante Ladder y Lenguaje de Control Estructurado (SCL) en MATLAB Programming logic controllers (PLC) using ladder and structured control language (SCL) in MATLAB Programação de Controladores Lógicos (PLC) mediante Ladder e Linguagem de Controle Estructurado (SCL) em MATLAB. *Revista Facultad de Ingeniería (Fac. Ing.)*, Mayo-Agosto, 24(39), 109–119.

De la Cruz, L. V., & Marrero Delgado, F. (2021). Evolución del control interno hacia una gestión integrada al control de gestión. *Estudios de La Gestión. Revista Internacional de Administración*, 211–230.
<https://doi.org/10.32719/25506641.2021.10.10>

- Del Cid, A., Méndez, R., & Sandoval, F. (2011). *Investigación. Fundamentos y metodología Segunda edición.*
- Dhanabalan, G., Selvi, S. T., & Mahdal, M. (2022). Scan Time Reduction of PLCs by Dedicated Parallel-Execution Multiple PID Controllers Using an FPGA. *Sensors*, 22(12). <https://doi.org/10.3390/s22124584>
- Diez, J. M., Montoya, R., & Blasco, P. A. (2016). Metodología para la elaboración de los programas a implementar en autómatas programables. MEPUS. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, 13(3), 322–329. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2016.03.006>
- Diez, J. M., Montoya, R., & Blasco, P. A. (2020). Metodología para la elaboración de los programas a implementar en autómatas programables. MEPUS. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, 13(3), 322–329. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2016.03.006>
- Durán Acevedo, C., & Ávila Peñaloza, H. (2018). Remote communication between plc for control of ac motors. *Ecnologías de Avanzada*, 85–90. <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/rcta/article/view/1929>
- Elraaid, U., Badi, I., & Bouraima, M. B. (2024). Identifying and Addressing Obstacles to PMO Success in Construction Projects: An AHP Approach. *Spectrum of Decision Making and Applications*, 1(1), 32–44. <https://doi.org/10.31181/sdmap1120242>
- Escrig Sos, V. J., Lluca Abella, J. A., Granel Villach, L., & Bellver Oliver, M. (2021). Meta-Analysis: A Basic Way To Understand And Interpret Your Evidence. In

Revista de Senologia y Patologia Mamaria (Vol. 34, Issue 1, pp. 44–51). Elsevier Doyma. <https://doi.org/10.1016/j.senol.2020.05.007>

Espinoza Freire, E. E. (2018). Las variables y su operacionalización en la investigación educativa. *Conrado*, 36–46.

Espinoza Freire, E. E. (2019). Variables and their operationalization in educational research. second part. *Conrado*, 171–180. <http://scielo.sld.cu/pdf/rc/v15n69/1990-8644-rc-15-69-171.pdf>

Estrada Ezquivel, A. L. (2023). Operacionalización de variables de investigación. *Cisa*, 5, 2534. <https://revista-cisa.com/index.php/cisa/article/view/35/55>

Fernandes, R. M., Maciel, M. L. D. S., de Souza, A. V., Amaral, L. G. de M., & Amaral, N. de O. (2023). Evaluation of an automated temperature control equipment for lactating sows. *Acta Scientiarum - Animal Sciences*, 45. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v45i1.54981>

Fernandez callado, C., & Baptista Lucio, P. (2016). Metodología de la investigación 6ta edición. *Mc Graw Hill*.

Ferrari, R. (2015). Writing narrative style literature reviews. *Medical Writing*, 24(4), 230–235. <https://doi.org/10.1179/2047480615z.000000000329>

Franco López, M. L., Torres Lovato, S., & Peña Abad, G. (2018). El impacto de la cuarta revolución industrial en las relaciones sociales y productivas de la industria del plástico implástico s. a. en guayaquil-ecuador: retos y perspectivas. *Universidad y Sociedad*, 10, 153–160. <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>

- Ganesh, S., & Gurunathan, S. K. (2020). Evolutionary Algorithms for Programming Pneumatic Sequential Circuit Controllers. *Procedia Manufacturing*, *11*, 1726–1734. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.299>
- González-Quiñonez, L. A., Maldonado-Ibarra, G. E., Cevallos-Mina, M. G., Vernaza-Quiñónez, L., & Capurro-Tapia, E. E. (2022). Implementation of a DCS system in natural gas treatment plants. *Sapienza*, *3*(1), 938–947. <https://doi.org/10.51798/sijis.v3i1.275>
- Goswami, M., Sharma, T. J., & Boruah, A. N. (2024). A review on regular clocking scheme in quantum dot cellular automata. *E-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, *8*. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2024.100588>
- Grijalva, P. K., Cornejo, ;, Galo E, Gómez, ;, Raquel R, Real, ;, Karina P, & Fernandez, A. (2019). *Herramientas colaborativas para revisiones sistemáticas*.
- Gutiérrez Rodríguez, R. E., & Almanza Junco, C. A. (2016). Una aproximación a la caracterización competitiva de los sectores productivos industrial y floricultor del municipio de Madrid Cundinamarca, Colombia. *Suma de Negocios*, *7*(16), 82–93. <https://doi.org/10.1016/j.sumneg.2016.02.006>
- Haddad, T., Shaheen, B. W., & Németh, I. (2021). Improving Overall Equipment Effectiveness (OEE) of Extrusion Machine Using Lean Manufacturing Approach. *Manufacturing Technology*, *21*(1), 56–64. <https://doi.org/10.21062/mft.2021.006>
- Hernández Mendoza, S. L., & Duana Avila, D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Index*, *9*, 51–53. <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/issue/archive>

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., María del Pilar Baptista Lucio, D., & Méndez Valencia Christian Paulina Mendoza Torres, S. (2014). *Metodología de la Investigación*.
- Hernández Sampieri, Roberto., & Mendoza Torres, C. Paulina. (2018). *Metodología de la investigación : las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Education.
- Herrera, J., Barrios, M., & Pérez, S. (2014). *Diseño e implementación de un sistema scada inalámbrico mediante la tecnología zigbee y arduino* (Vol. 12, Issue 2).
- Ibujés Villacís, J. M., & Benavides Pazmiño, M. A. (2018). Contribución de la tecnología a la productividad de las pymes de la industria textil en Ecuador. *Cuadernos de Economía*, 41(115), 140–150. <https://doi.org/10.1016/J.CESJEF.2017.05.002>
- Kermani, M., Adelmanesh, B., Shirdare, E., Sima, C. A., Carnì, D. L., & Martirano, L. (2021). Intelligent energy management based on SCADA system in a real Microgrid for smart building applications. *Renewable Energy*, 171, 1115–1127. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.008>
- Khan, K. S., Bueno Cavanillas, A., & Zamora, J. (2022). Systematic reviews in five steps: I. Framing questions to obtain valid answers. In *Semergen* (Vol. 48, Issue 5, pp. 356–361). Ediciones Doyma, S.L. <https://doi.org/10.1016/j.semerng.2021.12.005>
- Kudláč, Š., Štefancová, V., & Majerčák, J. (2017). Using the Saaty Method and the FMEA Method for Evaluation of Constraints in Logistics Chain. *Procedia Engineering*, 187, 749–755. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.04.433>

- Lalinde, H., Diego, J., Castro, E., Rangel, C., Gerardo, J., Sierra, T., Andrés, C., Torrado, A., Karina, M., Sierra, C., Milena, S., Pirela, B., & José, V. (2018). *Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?>
- Lee, W., Hyun, Y.-T., Won, J. W., & Yoon, J. (2024). Numerical simulation for β/α transformation of Ti-6Al-4V alloy using a lattice Boltzmann - cellular automata method. *Journal of Materials Research and Technology*. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2024.07.235>
- Lin, C. Y., & Nadjm-Tehrani, S. (2023). Protocol study and anomaly detection for server-driven traffic in SCADA networks. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 42. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2023.100612>
- Lopes, H. J. M., & Lima, D. A. (2022). Surveillance task optimized by Evolutionary shared Tabu Inverted Ant Cellular Automata Model for swarm robotics navigation control. *Results in Control and Optimization*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.rico.2022.100141>
- López, J., Pérez, D., Pinillos, R., Domínguez, S., Zalama, E., & Gómez-García-Bermejo, J. (2012). Diseño y desarrollo de un sistema de transporte reconfigurable para entornos hospitalarios. *RIAI - Revista Iberoamericana de Automatica e Informatica Industrial*, 9(1), 57–68. <https://doi.org/10.1016/j.riai.2011.11.008>
- Lozano, J., José Calderon, A., Miñambres, M., & Tomás peréz, A. (2016). Sistema de monitorización y control de un robot cartesiano en PLC. *Actas de Las XXXVII Jornadas de Automática*, 1030–1036. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/29220>

- Luis, J., Valencia, M., Londoño, M. H., Andrés, G., & Londoño, H. (2019). A methodology to automatize synthesis in ground autonomous navigation systems control. *Scientia et Technica Año XXIII*, 23(04).
- Lyu, G., Fazlirad, A., & Brennan, R. W. (2020). Multi-agent modeling of cyber-physical systems for IEC 61499 based distributed automation. *Procedia Manufacturing*, 51, 1200–1206. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.10.168>
- Malakouti, S. M. (2023). Improving the prediction of wind speed and power production of SCADA system with ensemble method and 10-fold cross-validation. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.cscee.2023.100351>
- Malindzakova, M., Malindzak, D., & Garaj, P. (2021). Implementation of the Single Minute Exchange of Dies method for reducing changeover time in a hygiene production company. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 12(4). <https://doi.org/10.24867/IJIEM-2021-4-291>
- Manterola, C., Astudillo, P., Arias, E., & Claros, N. (2017). Revisión sistemática de la literatura. Qué se debe saber acerca de ellas. *Cirugía Española*, 91(3), 149–155. <https://doi.org/10.1016/j.ciresp.2011.07.009>
- Marín Martínez, F., Sánchez Meca, J., & López López, J. A. (2009). El metaanálisis en el ámbito de las Ciencias de la Salud: una metodología imprescindible para la eficiente acumulación del conocimiento. In *Fisioterapia* (Vol. 31, Issue 3, pp. 107–114). <https://doi.org/10.1016/j.ft.2009.02.002>
- Martelo, R. J., Villabona, N., & Jiménez-Pitre, I. (2017). Guía metodológica para definir el perfil profesional de programas académicos mediante la herramienta

ábaco de régnier. *Formacion Universitaria*, 10(1), 15–24.
<https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000100003>

Martínez Valencia, J. L., Holguín Londoño, M., & Ramirez vanegas, C. alberto. (2021). Metodología para la síntesis de autómatas en la planificación de movimientos en sistemas autónomos con múltiples agentes. *Tecnura*, 25(70), 46–70. <https://doi.org/10.14483/22487638.17131>

Mayo Abarca, J. A., Martínez Figueroa, G. I., Cárdenas Villarreal, V. M., & Cruz Chávez, N. E. (2023). Estrategias de prevención de la obesidad durante los primeros mil días de vida: revisión de alcance. *Región y Sociedad*, 35, e1795. <https://doi.org/10.22198/rys2023/35/1795>

Miranda Ruiz, H., & Chafla Altamirano, G. (2015). Diseño y construcción de un prototipo para control y monitoreo de reservas de agua con el empleo de comunicación móvil GSM / GPRS en sistema de riego. *SATHIRI*, 9, 193–201. <https://doi.org/10.32645/13906925.462>

Mitra, A. (2024). Cellular automata-based MapReduce design: Migrating a big data processing model from Industry 4.0 to Industry 5.0. *E-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.prime.2024.100603>

Mo, F., Ugarte Querejeta, M., Hellewell, J., Rehman, H. U., Illarramendi Rezabal, M., Chaplin, J. C., Sanderson, D., & Ratchev, S. (2023). PLC orchestration automation to enhance human–machine integration in adaptive manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Systems*, 71, 172–187. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2023.07.015>

- Molina Hernandez, P. J., Castro-Badilla, G., & Guzmán Hernández, T. de J. (2022). Diseño e implementación de un sistema automático de control para la regulación y monitoreo de las condiciones internas del secador solar térmico forzado híbrido. *Tecnología En Marcha*, 35, 94–116.
- Moreno, B., Muñoz, M., Cuellar, J., Domancic, S., & Villanueva, J. (2018). Revisiones Sistemáticas: definición y nociones básicas. *Revista Clínica de Periodoncia, Implantología y Rehabilitación Oral*, 11(3), 184–186. <https://doi.org/10.4067/s0719-01072018000300184>
- Motoche Pacheco, M. A., Garzón Montealegre, V. J., Carvajal Romero, H. R., & Quezada Campoverde, J. M. (2021). Analysis of the participation of bananas in ecuador's agricultural exports, 2015-2019. *Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 4, 134–167. <https://www.redalyc.org/pdf/7217/721778109011.pdf>
- Natee Thong-un, W. W. (2022). Productivity enhancement using low-cost smart wireless programmable logic controllers: A case study of an oyster mushroom farm. *Computers and Electronics in Agriculture*, 195.
- Ocaka, A., O' Briain, D., & Barrett, K. (2024). Evaluating the Impact of Cyberattacks on PLC Performance: A Systematic Implementation and Empirical Investigation. *IFAC-PapersOnLine*, 58(3), 387–392. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2024.07.182>
- Ollora Triana, N., Isidori, E., & López Perea, E. M. (2023). Práctica de danza como actividad saludable a lo largo de la vida. Revisión de alcance. *Sportis. Scientific Journal of School Sport, Physical Education and Psychomotricity*, 9(2), 366–387. <https://doi.org/10.17979/sportis.2023.9.2.9371>

- Omri, A., Hernandez Fernandez, J., & Di Pietro, R. (2023). Extending device noise measurement capacity for OFDM-based PLC systems: Design, implementation, and on-field validation. *Computer Networks*, 237. <https://doi.org/10.1016/j.comnet.2023.110038>
- Páez-Logreira, H., Zamora-Musa, R., Bohórquez-Pérez, J., & Páez-Logreira, H. (2015). Programación de Controladores Lógicos (PLC) mediante Ladder y Lenguaje de Control Estructurado (SCL) en MATLAB. *Revista Facultad de Ingeniería (Fac. Ing.)*, Mayo-Agosto, 24(39), 109–119.
- Pérez-López, E. (2020). *Los sistemas SCADA en la automatización industrial SCADA systems in the industrial automation.*
- Portillo, E. S., & Avila, J. L. O. (2020). Design and implementation of a fuzzy controller for frequency control of a motor in an S7-1200 PLC. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.490>
- Rais, M. H., Awad, R. A., Lopez, J., & Ahmed, I. (2022). Memory forensic analysis of a programmable logic controller in industrial control systems. *Forensic Science International: Digital Investigation*, 40. <https://doi.org/10.1016/j.fsidi.2022.301339>
- Reyes, M. M. (2021). Autonomous weapons systems and IHL. Warning of the near future. *Ius et Veritas*, 2021(63), 179–191. <https://doi.org/10.18800/iusetveritas.202102.009>
- Ruiz Ramos, J., Santolaya Perrín, M. R., González del Castillo, J., Candel, F. J., Quirós, A. M., López-Contreras González, J., Jiménez, A. J., & Suárez-Lledó

- Grande, A. (2024). Design of a panel of indicators for antibiotic stewardship programs in the Emergency Department. *Farmacia Hospitalaria*, 48(2), 57–63. <https://doi.org/10.1016/j.farma.2023.06.011>
- Samada Rigo, S. E., Martinez Iaguardia, A. S., & Pozo Mederos, O. (2018). Web Client and SCADA: Applications for Monitoring the “Cayo Santa María” Isolated Electric System. *Sistema y Telematica*, 16, 59–70. <https://doi.org/10.18046/syt.v16i47.3216>
- Senthivel, S., Ahmed, I., & Roussev, V. (2021). SCADA network forensics of the PCCC protocol. *DFRWS 2017 USA - Proceedings of the 17th Annual DFRWS USA*, S57–S65. <https://doi.org/10.1016/j.diin.2017.06.012>
- Solano-Santos, F. (2009). *Elementos de la filosofía de gestión que sustentan la competencia*.
- Song, J., Jee, E., & Bae, D. H. (2020). FBDTester 2.0: Automated test sequence generation for FBD programs with internal memory states. *Science of Computer Programming*, 163, 115–137. <https://doi.org/10.1016/j.scico.2018.04.005>
- Starbuck, C. (2023). The Fundamentals of People Analytics With Applications in R. In *The Fundamentals of People Analytics with Applications in R*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-28674-2>
- Strong, V., Holderbaum, W., & Hayashi, Y. (2022). Electroactive polymer gels as probabilistic reservoir automata for computation. *IScience*, 25(12). <https://doi.org/10.1016/j.isci.2022.105558>

- Šverko, M., & Grbac, T. G. (2024a). Automated HMI design as a custom feature in industrial SCADA systems. *Procedia Computer Science*, 232, 1789–1798. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.001>
- Šverko, M., & Grbac, T. G. (2024b). Automated HMI design as a custom feature in industrial SCADA systems. *Procedia Computer Science*, 232, 1789–1798. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2024.02.001>
- Tang, L., Xu, L., Li, Y., Tan, J., Li, C., Li, J., Liang, J., Cui, C., & Sun, X. (2024). The influence of additive manufacturing on Portevin-Le Châtelier (PLC) effect in Ni–Co-based superalloy. *Journal of Materials Research and Technology*, 30, 9318–9324. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2024.05.261>
- Tsarouhas, P. H. (2020). Overall equipment effectiveness (OEE) evaluation for an automated ice cream production line: A case study. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 69(5). <https://doi.org/10.1108/IJPPM-03-2019-0126>
- Valencia-Contrera, M. A. (2022). Methodological update of integrative reviews: an emphasis on the quality of the results. *Salud, Ciencia y Tecnología*, 2. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2022171>
- Vázquez, G., & Mena, G. (2017). *Autómatas Programables: Programación y Aplicación Industrial*.
- Vivas, A., & Sanabria, J. (2020). A Microservice Approach for a Cellular Automata Parallel Programming Environment. *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, 349, 119–134. <https://doi.org/10.1016/j.entcs.2020.02.016>

- Viveros, I., Toledo Martínez, S. R., Muñoz Delgado, J., & Zamudio Reyes, R. (2019). Prototipo de Celula Robotica para Manufactura. *NNODOCT*, 14–16. <https://doi.org/10.4995/inn2018.2018.8849>
- Wadinger, M., & Kvasnica, M. (2024). Adaptable and Interpretable Framework for Anomaly Detection in SCADA-based industrial systems. *Expert Systems with Applications*, 246. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2024.123200>
- Zajac, W., Andrzejewski, G., Krzywicki, K., & Królikowski, T. (2021). Finite state machine based modelling of discrete control algorithm in LAD diagram language with use of new generation engineering software. *Procedia Computer Science*, 159, 2560–2569. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.09.431>
- Zallas Espinoza, A. E., Samano Hermosillo, E., Rey Balderrama. Ulises, Limon Aguilar, A. E., & López Hermosillo, D. E. (2023). Innovación en Recursos Hídricos: Prototipo de sistema de automatización de despacho de agua para pozos. *Unison*, 4, 12–19. <https://doi.org/10.46589/rdiasf.vi40.612>
- Zhiminaicela Cabrera, J. B., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2020). LA PRODUCCIÓN DE BANANO EN LA PROVINCIAL DE EL ORO Y SU IMPACTO EN LA AGROBIODIVERSIDAD. *Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3. <https://www.redalyc.org/pdf/7217/721778107024.pdf>
- Zipa Bermudez, C. A., & Farfan Erazo, E. L. (2021). *Diseño e implementación de prototipo de control automático de posición angular para optimización de captura de radiación solar en un panel solar*. 184–199.

ANEXOS

Anexo A.- Carta de aceptación de la empresa.



Ingeniera.

Lucrecia Moreno Alcívar, PhD

Directora De La Carrera De Ingeniería Industrial.

En su despacho.—

Mediante el presente es grato dirigirme a usted a fin de saludarla muy cordialmente a nombre de la finca LA CANTARINA S.A.S. y a la vez informar la aceptación respectiva para realizar el desarrollo del siguiente proyecto de tesis: "DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE CONTROL AUTÓMATA PARA OPTIMIZAR LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE BANANO EN LA FINCA LA CANTARINA S.A.S.- SANTA ELENA" a los estudiantes Ronald Fabricio Jiménez Salinas, Kleiner Manuel Del Pezo Chalén de la carrera de Ingeniería Industrial, en la cual depositamos nuestra confianza para desarrollar dicho proyecto.

Atentamente,



Ing. Alfredo Montalvo L.

Gerente General Finca la Cantarina S.A.S.



Anexo B.- Proceso analítico jerárquico (AHP).

Proceso analítico jerárquico (AHP)

	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3	Criterio 4
Criterio 1	1/1	5/1	5/1	7/1
Criterio 2	1/5	1/1	1/1	3/1
Criterio 3	1/5	1/1	1/1	3/1
Criterio 4	1/7	1/3	1/3	1/1

Igual	Moderada	Fuerte	Muy F.	Extrema
1	3	5	7	9

los criterios

- análisis de variables estadísticas "C1"
- Modelo Computacional "C2"
- Sistema PLC "C3"
- Sistema Scada "C4"
- Algoritmo GIACA "C5"
- Modulo lógico siemens y Logo 230 RC
"C6"
- Computación de automáts. Hidrogel
EAP RC "C7"
- Modelos CA "C8"
- Método de Boltzmann reticular "C9"
- Método de validación cruzada "C10)

Anexo C.- Proceso productivo en la finca La Cantarina S.A.S.

Traslado de los racimos de banano hacia el área productiva.



Retiro de las fundas protectoras y calibración del banano.



Desmane de los racimos de banano y su debido lavado.



Pesaje de la fruta para su debido empaquetado.



Fumigación del banano para evitar plagas en el viaje.




Proceso de sellado de la fruta (etiqueta con el logo de la finca).



Actividad final del proceso, donde se empaca el banano para su respectiva venta.



Anexo D.- Sistema de suplementos.

		SISTEMA DE SUPLEMENTOS POR DESCANSO			
SUPLEMENTOS CONSTANTES		HOMBRE	MUJER	SUPLEMENTOS VARIABLES	
Necesidades personales		5	7	e) Condiciones atmosféricas	
Básico por fatiga		4	4	Índice de enfriamiento, termómetro de KATA (milicalorías/cm2/segundo)	
SUPLEMENTOS VARIABLES		HOMBRE	MUJER	16	0
a) Trabajo de pie				14	0
Trabajo se realiza sentado(a)		0	0	12	0
Trabajo se realiza de pie		2	4	10	3
b) Postura normal				8	10
Ligeramente incómoda		0	1	6	21
Incómoda (inclinación del cuerpo)		2	3	5	31
Muy incómoda (Cuerpo estirado)		7	7	4	45
c) Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)				3	64
Peso levantado por kilogramo				2	100
2,5		0	1	f) Tensión visual	
5		1	2	Trabajos de cierta precisión	
7,5		2	3	Trabajos de precisión o fatigosos	
10		3	4	Trabajos de gran precisión	
12,5		4	6	g) Ruido	
15		5	8	Sonido continuo	
17,5		7	10	Sonidos intermitentes y fuertes	
20		9	13	Sonidos intermitentes y muy fuertes	
22,5		11	16	Sonidos estridentes	
25		13	20 (máx)	h) Tensión mental	
30		17		Proceso algo complejo	
33,5		22		Proceso complejo o de atención dividida	
d) Iluminación				Proceso muy complejo	
Ligeramente por debajo de la potencia calculada		0	0	i) Monotonía mental	
Bastante por debajo		2	2	Trabajo monótono	
Absolutamente insuficiente		5	5	Trabajo bastante monótono	
				Trabajo muy monótono	
				j) Monotonía física	
				Trabajo algo aburrido	
				Trabajo aburrido	
				Trabajo muy aburrido	



Anexo E.- Valoración por Westinghouse.

Actividad	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Suma algebraica %	Desempeño %
Cosecha del racimo de banano	0,08	0,05	-0,07	0,01	7%	107%
Transporte al cable vía	0,06	0,05	-0,07	0,01	5%	105%
Colocación del racimo en el cable vía	0,08	0,08	-0,03	0,01	14%	114%
Transporte del banano hacia la zona de empaque	0,00	0,02	-0,07	0,00	-5%	95%
Retiro del protector de la fruta.	0,08	0,05	0,02	0,01	16%	116%
Calibración del banano (grosor y largo del dedo)	0,06	0,05	0,04	0,01	16%	116%
Transporte al área de desmane y lavado	0,08	0,08	-0,03	0,01	14%	114%
Desmane y lavado de los racimos	0,08	0,05	0,02	0,01	16%	116%
Pesaje del banano en su respectiva bandeja	0,06	0,05	0,02	0,01	14%	114%
Fumigación del banano	0,08	0,08	0,02	0,01	19%	119%
Sellado del banano	0,08	0,05	0,02	0,01	16%	116%
Inspección de la fruta	0,08	0,05	0,02	0,01	16%	116%
Empaque de bananos en cartones	0,08	0,08	0,02	0,01	19%	119%



Anexo F.- Tabla parcial para construir tablas de control.






Tamaño de muestra	A ₂	D ₃	D ₄	C ₄	D ₂
2	1.880	0.0000	3.2686	0.7979	1.128
3	1.023	0.0000	2.5735	0.8862	1.693
4	0.729	0.0000	2.2822	0.9213	2.059
5	0.577	0.0000	2.1144	0.9400	2.326
6	0.483	0.0000	2.0039	0.9515	2.534
7	0.419	0.0758	1.9242	0.9594	2.704
8	0.373	0.1359	1.8641	0.9650	2.847
9	0.337	0.1838	1.8162	0.9693	2.970
10	0.308	0.2232	1.7768	0.9727	3.078

Anexo G.- Encuesta.

 UNIVERSIDAD ESTADAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL			
CUESTIONARIO			
Tema: Diseño de prototipo de control automata para optimización de procesos productivos del banano en la finca "La Cantarina".			
Nombre:			
N.	PREGUNTAS		
1	¿Cuál es el tiempo promedio de traslado de los bananos a la zona de empaque? 1) Entre 7 - 10 min 2) Entre 10 - 13 min 3) Entre 13 - 16 min 4) Más de 16 min		
2	¿Cuál es la cantidad de bananos trasladados por ciclo de transporte? 1) 10 - 12 racimos 2) 12 - 14 racimos 3) 14 - 16 racimos 4) Más de 16 racimos		
3	¿Considera necesario aumentar la capacidad de producción mediante sistemas automátats? 1) No 2) Medianamente importante 3) Importante 4) Muy importante		
4	¿Considera que es importante aumentar la eficiencia en el transporte del banano? 1) No 2) Medianamente importante 3) Importante 4) Muy importante		
5	¿Cuántas jornadas de transporte se manejan actualmente? 1) 2 a 4 jornadas. 2) 4 a 6 jornadas. 3) 6 a 8 jornadas. 4) Otra. Especifique: _____		
6	¿Considera necesario automatizar el cable via para mejorar el sistema de transporte? 1) No 2) Medianamente importante 3) Importante 4) Muy importante		
7	¿En qué medida se ha aprovechado la capacidad de producción de manera eficiente? 1) Muy ineficiente (la empresa hubiera producido menos del 25% de su capacidad de producción) 2) Ineficiente (la empresa hubiera producido entre el 26% y el 50% de su capacidad de producción) 3) Medianamente eficiente (la empresa hubiera producido entre el 51 y el 75% de su capacidad de producción) 4) Eficiente (la empresa hubiera producido entre el 76% y el 90% de su capacidad de producción.)		
8	¿Qué tan eficiente es el transporte para garantizar que las tareas se completen a tiempo? 1) Muy ineficiente 2) Ineficiente 3) Medianamente eficiente 4) Eficiente		
9	¿Se cumple de manera consistente con los plazos de entrega acordados con los clientes? 1) Nunca 2) Ocasionalmente 3) Casi siempre 4) Siempre		
10	¿Se está utilizando de manera eficiente la capacidad de los recursos disponibles en la finca? 1) Nunca 2) Ocasionalmente 3) Casi siempre 4) Siempre		
11	¿Se ha aumentado la productividad laboral durante el último año? 1) Nunca 2) Ocasionalmente 3) Casi siempre 4) Siempre		
12	¿Ha mejorado recientemente la calidad de los productos o servicios ofrecidos por su empresa? 1) Nunca 2) Ocasionalmente 3) Casi siempre 4) Siempre		

Anexo H.- Validación de encuesta por expertos.

 UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL 	
Asunto: Validación de cuestionario	
<p>OPINION: Yo, <i>Alfonso C. Veliz Aguayo</i>, con CC <i>0908182280</i>; requerido por los estudiantes de Ingeniería Industrial, Jiménez Salinas Ronald Fabricio y Del Pezo Chalén Kleiner Manuel, para evaluar la pertinencia de las preguntas contenidas en un test dirigido a una finca dedicada a la cosecha y empaquetado de banano ubicada en la provincia de Santa Elena, señalo lo siguiente:</p>	
<p>Firma: <i>[Firma]</i></p>	
TEMA	Método de validación: ÁBACO DE REGNIER
Diseño de prototipo de control automático para optimización de procesos productivos del banano en la finca La Cantarina S.A.S.- Santa Elena	Esta metodología permite la consulta por parte de expertos, dando así la oportunidad a todos de expresar su opinión mediante una escala ordinal de colores

N.	PREGUNTAS	RESPUESTA POR ESCALA DE COLORES
1	¿Cuál es el tiempo promedio de traslado de los bananos a la zona de empaque?	
2	¿Cuál es la cantidad de bananos trasladados por ciclo de transporte?	
3	¿Cuál es la capacidad actual de producción de bananos en términos de volumen?	
4	¿Cuáles son las variaciones en los volúmenes de bananos trasladados durante los ciclos de transporte?	
5	¿Cuántas jornadas de transporte se manejan actualmente?	

6	¿Con qué frecuencia se releva el personal encargado del transporte de banano?
7	¿En qué medida se ha aprovechado la capacidad de producción de manera eficiente?
8	¿Qué tan eficiente es el transporte para garantizar que las tareas se completen a tiempo?
9	¿Se cumple de manera consistente con los plazos de entrega acordados con los clientes?
10	¿Se está utilizando de manera eficiente la capacidad de los recursos disponibles en la finca?
11	¿Se ha aumentado la productividad laboral durante el último año?
12	¿Ha mejorado recientemente la calidad de los productos o servicios ofrecidos por su empresa?

0	1	2	3	4	5
0	1	2	3	4	5
0	1	2	3	4	5
0	1	2	3	4	5
0	1	2	3	4	5
0	1	2	3	4	5
0	1	2	3	4	5

ESCALA ORDINAL DE COLORES	
5	Muy importante
4	Importante
3	Duda
2	Poco importante
1	Sin importancia
0	Sin respuesta


Datos de experto	
Identificación	090818228-0
Profesión	Long Mac.
Años de experiencia	30+
Teléfono	0996866782
Correo	aveliga@pse.edu.ec
Fecha de validación	10/10/2024

Anexo I.- Evidencia de la recolección de datos.

Recolección de datos a trabajadores de la empresa en la parte operativa.



Anexo J.- Resultado de encuestas realizadas.

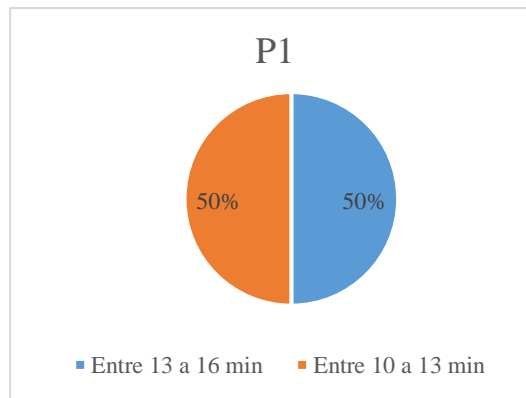
 UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL	
CUESTIONARIO	
Tema: Diseño de prototipo de control automático para optimización de procesos productivos del banano en la finca "La Cantarina".	
Nombre: <u>YELLEN MARIQUEL</u>	
N.	PREGUNTAS
1	¿Cuál es el tiempo promedio de traslado de los bananos a la zona de empaque? 1) Entre 7 - 10 min 2) <input checked="" type="radio"/> Entre 10 - 13 min 3) Entre 13 - 16 min 4) Más de 16 min
2	¿Cuál es la cantidad de bananos trasladados por ciclo de transporte? 1) 10 - 12 racimos 2) 12 - 14 racimos 3) 14 - 16 racimos 4) <input checked="" type="radio"/> Más de 16 racimos <u>20</u>
3	¿Considera necesario aumentar la capacidad de producción mediante sistemas automátats? 1) No 2) Medianamente importante 3) <input checked="" type="radio"/> Importante 4) Muy importante
4	¿Considera que es importante aumentar la eficiencia en el transporte del banano? 1) No 2) Medianamente importante 3) <input checked="" type="radio"/> Importante 4) Muy importante
5	¿Cuántas jornadas de transporte se manejan actualmente? 1) <input checked="" type="radio"/> 2 a 4 jornadas. 2) 4 a 6 jornadas. 3) 6 a 8 jornadas. 4) Otra. Especifique:
6	¿Considera necesario automatizar el cable vía para mejorar el sistema de transporte? 1) No 2) Medianamente importante 3) <input checked="" type="radio"/> Importante 4) Muy importante
7	¿En qué medida se ha aprovechado la capacidad de producción de manera eficiente? 1) Muy ineficiente (la empresa hubiera producido menos del 25% de su capacidad de producción) 2) Ineficiente (la empresa hubiera producido entre el 26% y el 50% de su capacidad de producción) 3) <input checked="" type="radio"/> Medianamente eficiente (la empresa hubiera producido entre el 51 y el 75% de su capacidad de producción) 4) Eficiente (la empresa hubiera producido entre el 76% y el 90% de su capacidad de producción.)
8	¿Qué tan eficiente es el transporte para garantizar que las tareas se completen a tiempo? 1) Muy ineficiente 2) Ineficiente 3) Medianamente eficiente 4) <input checked="" type="radio"/> Eficiente
9	¿Se cumple de manera consistente con los plazos de entrega acordados con los clientes? 1) Nunca 2) Ocasionalmente 3) Casi siempre 4) <input checked="" type="radio"/> Siempre
10	¿Se está utilizando de manera eficiente la capacidad de los recursos disponibles en la finca? 1) Nunca 2) Ocasionalmente 3) Casi siempre 4) <input checked="" type="radio"/> Siempre
11	¿Se ha aumentado la productividad laboral durante el último año? 1) Nunca 2) Ocasionalmente 3) Casi siempre 4) <input checked="" type="radio"/> Siempre
12	¿Ha mejorado recientemente la calidad de los productos o servicios ofrecidos por su empresa? 1) Nunca 2) Ocasionalmente 3) Casi siempre 4) <input checked="" type="radio"/> Siempre

Anexo K.- Tabulación de datos de las encuestas.

Pregunta 1: ¿Cuál es el tiempo promedio de traslado de los bananos a la zona de empaque?

P1	50%	Entre 13 a 16 min
	50%	Entre 10 a 13 min

Figura 51. Ponderación de datos – Pregunta 1.

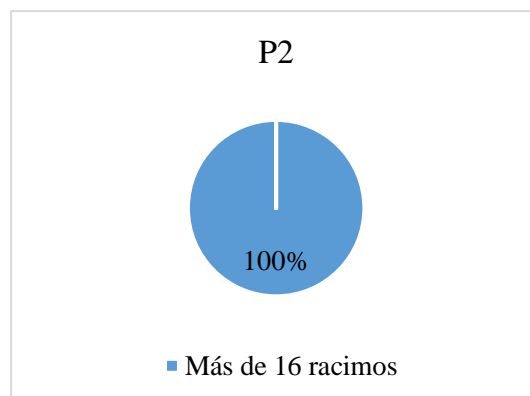


Nota: Elaborado por los autores.

Pregunta 2: ¿Cuál es la cantidad de bananos trasladados por ciclo de transporte?

P2	100%	Más de 16 racimos
----	------	-------------------

Figura 52. Ponderación de datos – Pregunta 2.

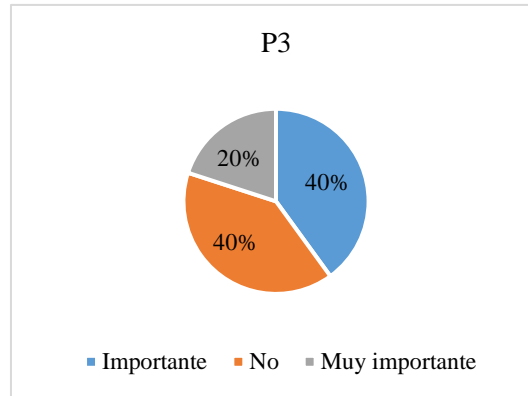


Nota: Elaborado por los autores.

Pregunta 3: ¿Considera necesario aumentar la capacidad de producción mediante sistemas automátatas?

P3	40%	Importante
	40%	No
	20%	Muy importante

Figura 53. Ponderación de datos – Pregunta 3.

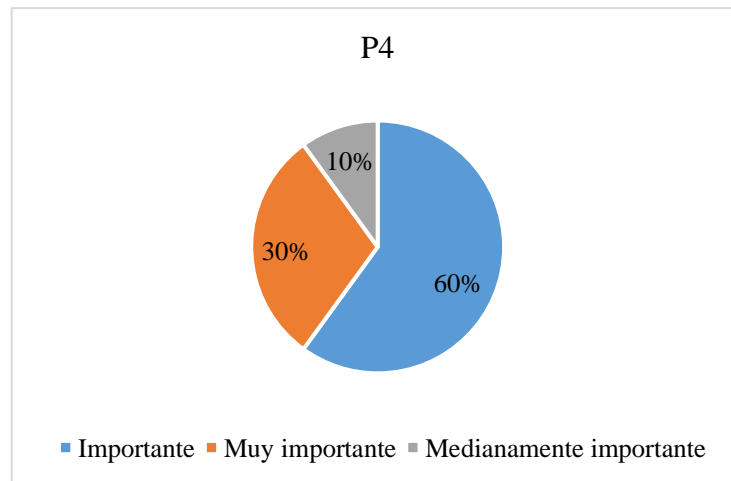


Nota: Elaborado por los autores.

Pregunta 4: ¿Considera que es importante aumentar la eficiencia en el transporte del banano?

P4	60%	Importante
	30%	Muy importante
	10%	Medianamente importante

Figura 54. Ponderación de datos – Pregunta 4.

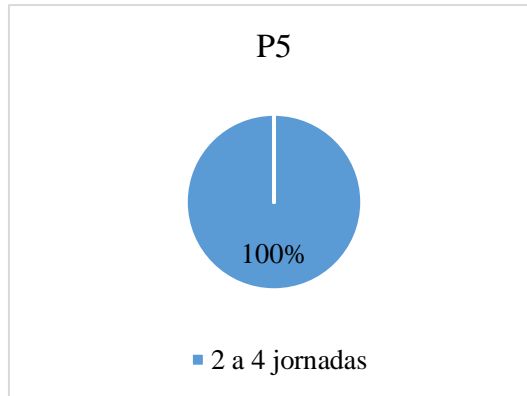


Nota: Elaborado por los autores.

Pregunta 5: ¿Cuántas jornadas de transporte se manejan actualmente?

P5	100%	2 a 4 jornadas
----	------	----------------

Figura 55. Ponderación de datos – Pregunta 5.

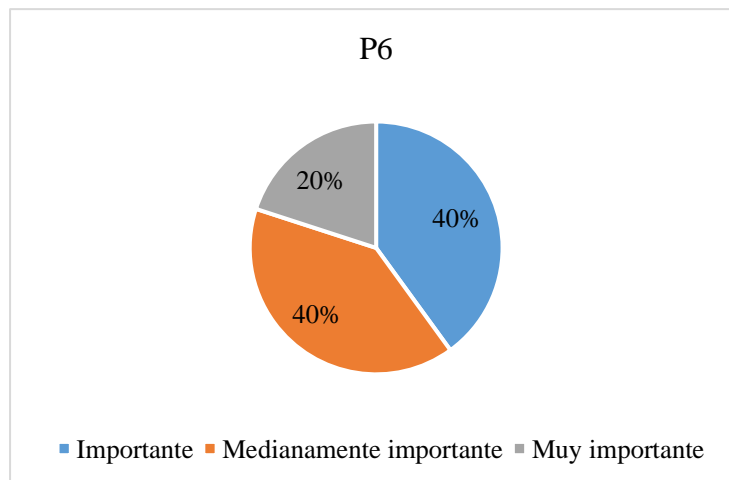


Nota: Elaborado por los autores.

Pregunta 6: ¿Considera necesario automatizar el cable vía para mejorar el sistema de transporte?

P6	40%	Importante
	40%	Medianamente importante
	20%	Muy importante

Figura 56. Ponderación de datos – Pregunta 6.

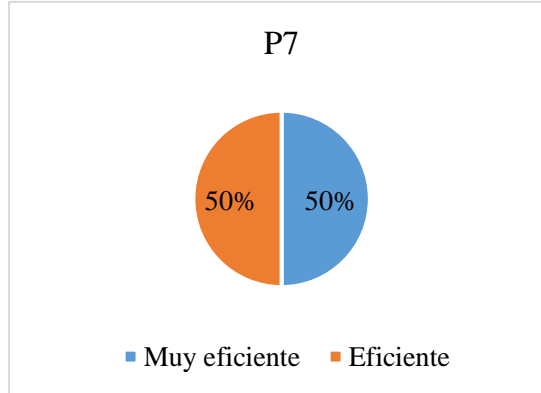


Nota: Elaborado por los autores.

Pregunta 7: ¿En qué medida se ha aprovechado la capacidad de producción de manera eficiente?

P7	50%	Muy eficiente
	50%	Eficiente

Figura 57. Ponderación de datos – Pregunta 7.

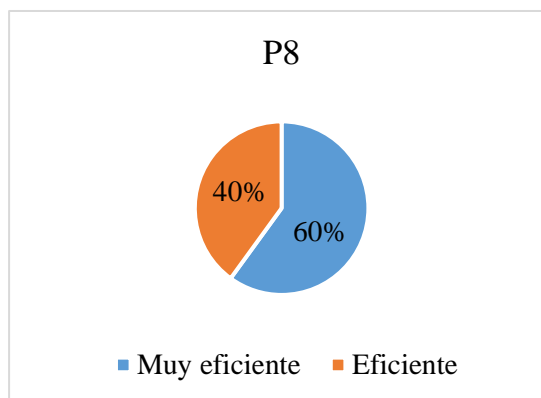


Nota: Elaborado por los autores.

Pregunta 8: ¿Qué tan eficiente es el transporte para garantizar que las tareas se completen a tiempo?

P8	60%	Muy eficiente
	40%	Eficiente

Figura 58. Ponderación de datos – Pregunta 8.

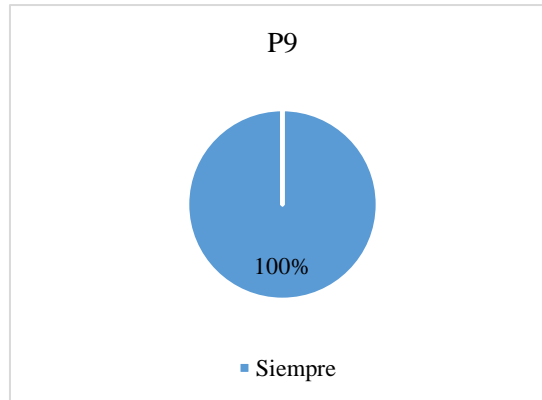


Nota: Elaborado por los autores.

Pregunta 9: ¿Se cumple de manera consistente con los plazos de entrega acordados con los clientes?

P9	100%	Siempre
----	------	---------

Figura 59. Ponderación de datos – Pregunta 9.

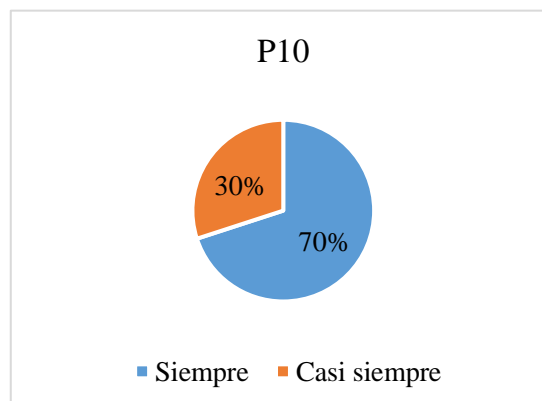


Nota: Elaborado por los autores.

Pregunta 10: ¿Se está utilizando de manera eficiente la capacidad de los recursos disponibles en la finca?

P10	70%	Siempre
	30%	Casi siempre

Figura 60. Ponderación de datos - Pregunta 10.

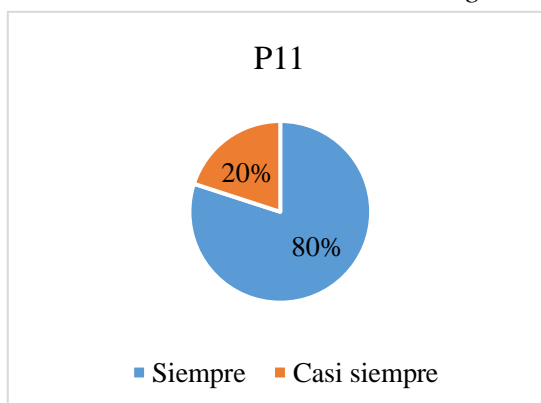


Nota: Elaborado por los autores.

Pregunta 11: ¿Se ha aumentado la productividad laboral durante el último año?

P11	80%	Siempre
	20%	Casi siempre

Figura 61. Ponderación de datos – Pregunta 11.

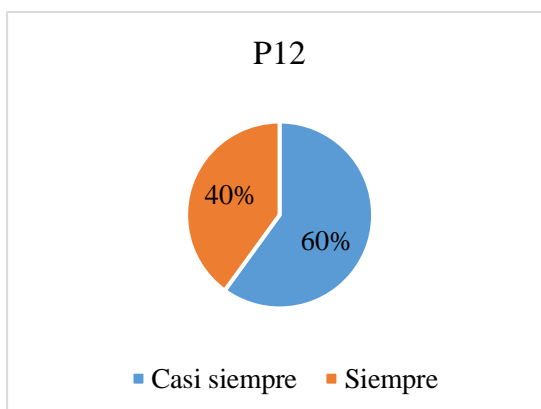


Nota: Elaborado por los autores.

Pregunta 12: ¿Ha mejorado recientemente la calidad de los productos o servicios ofrecidos por su empresa?

P12	60%	Casi siempre
	40%	Siempre

Figura 62. Ponderación de datos – Pregunta 12.



Nota: Elaborado por los autores.

Anexo L.- Fiabilidad alfa de Cronbach.

Fiabilidad

Avisos

El determinante de la matriz de covarianzas es cero o aproximadamente cero. Las estadísticas basadas en su matriz inversa no se pueden calcular y se visualizan como valores perdidos por el sistema.

Escala: ALL VARIABLES

Resumen de procesamiento de casos

Casos	Válido	N	%
	Válido ^a	10	100,0
	Excluido ^b	0	,0
	Total	10	100,0

^a La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,719	,660	12

Anexo M.- Correlación de Pearson.

Estadísticas de escala

Media	Varianza	Desv. Desviación	N de elementos
48,90	18,100	4,254	12

```

COMPUTE VI=P1+P2+P3+P4+P5+P6.
EXECUTE.
COMPUTE VD=P7+P8+P9+P10+P11+P12.
EXECUTE.
CORRELATIONS
/VARIABLES=VI VD
/PRINT=TWOCELL NOSIG
/MISSING=FAIRWISE.
    
```

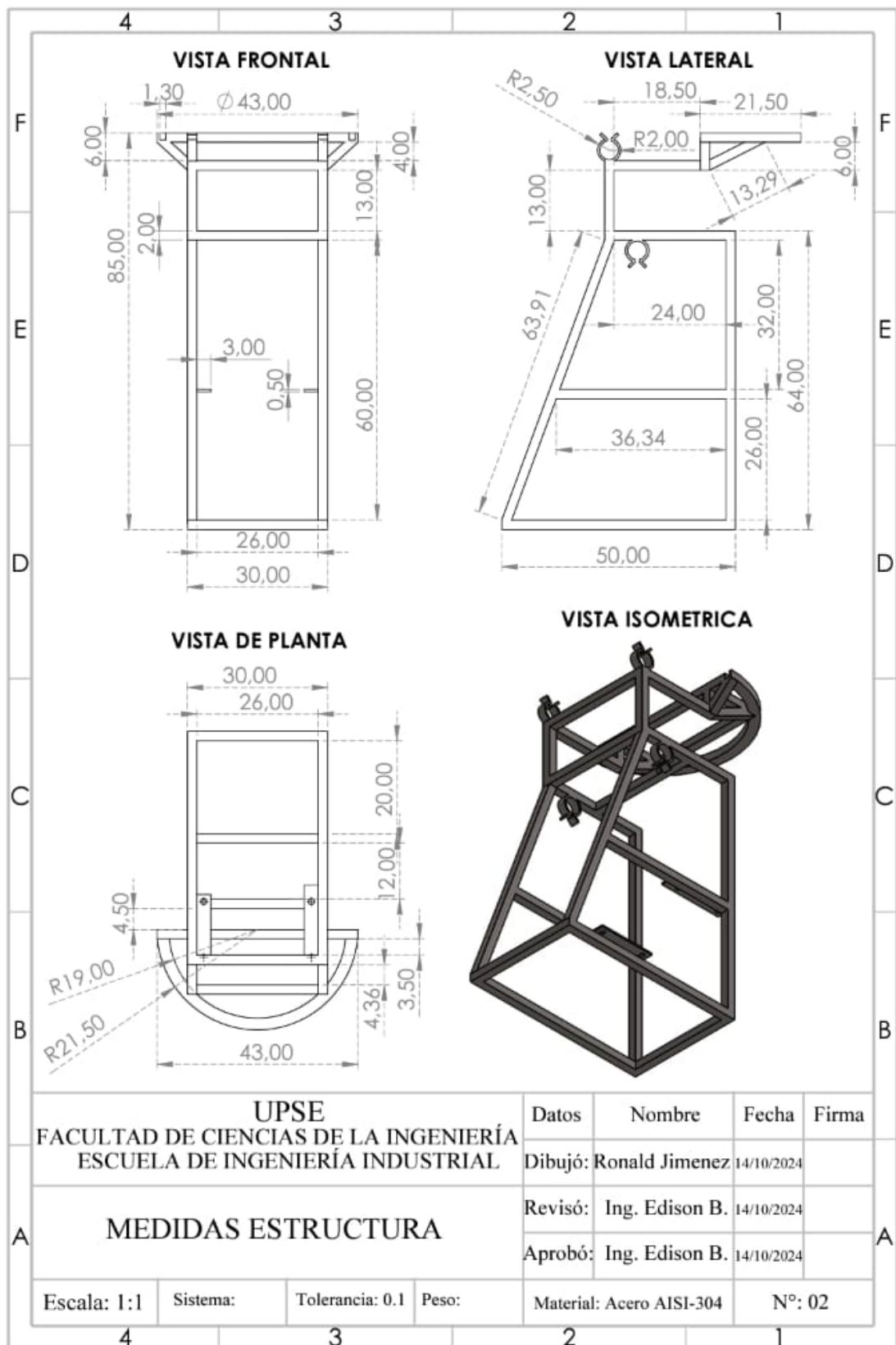
Correlaciones

Correlaciones

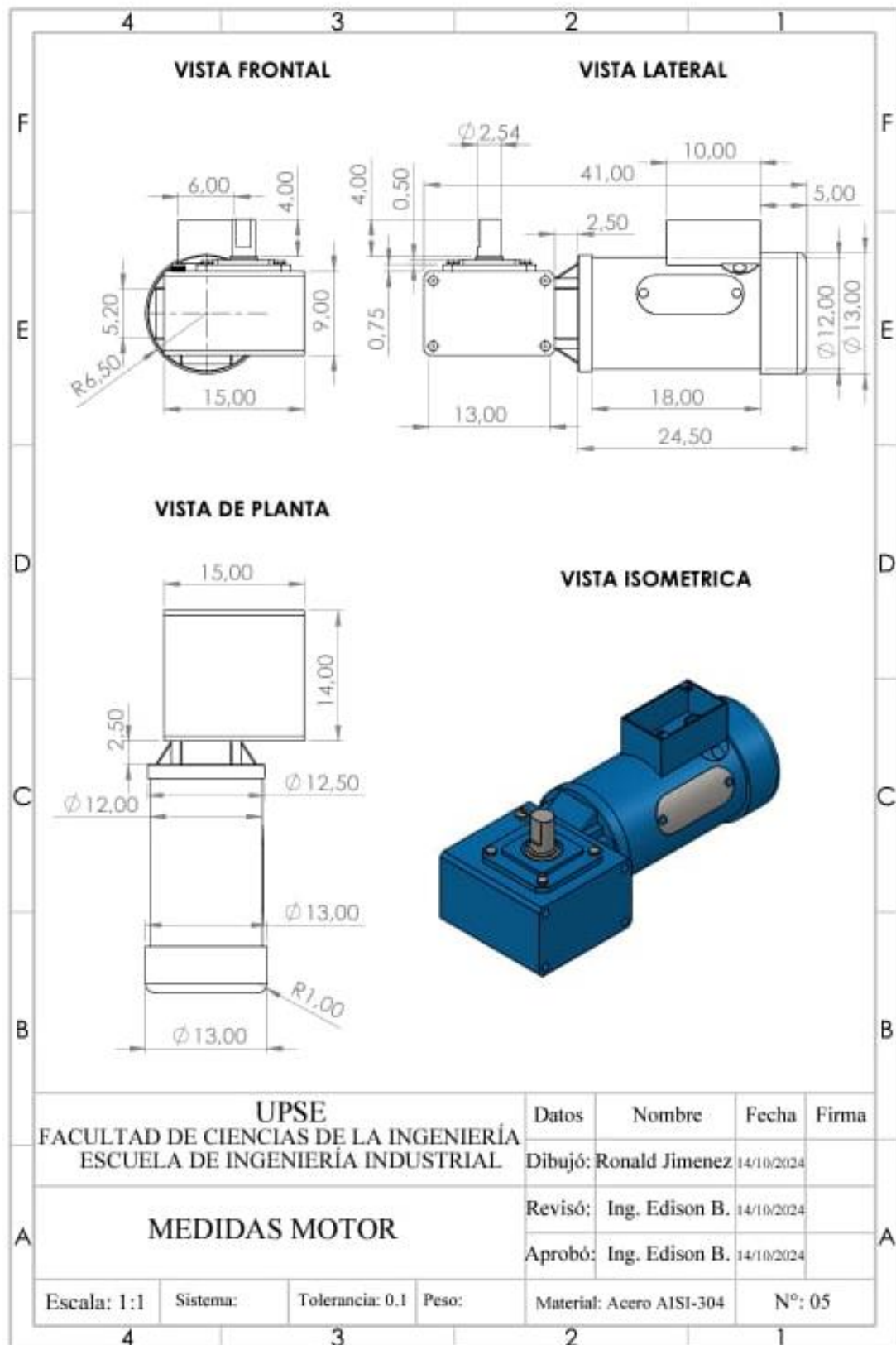
	VI	VD
VI	Correlación de Pearson	1
	Sig. (bilateral)	,027
	N	10
VD	Correlación de Pearson	,691 [*]
	Sig. (bilateral)	,027
	N	10

^{*} La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

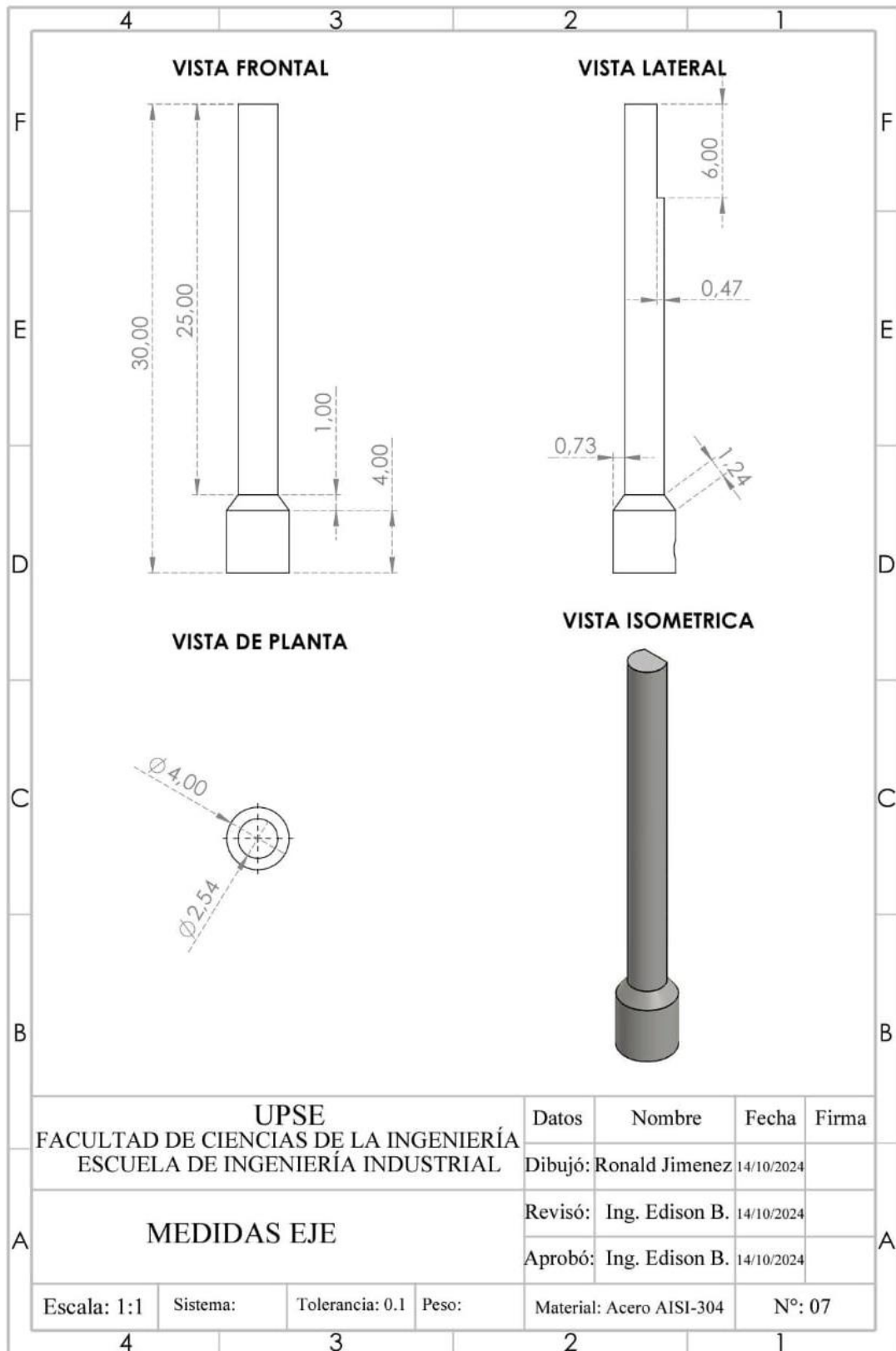
Anexo N.- Diseño de la estructura.



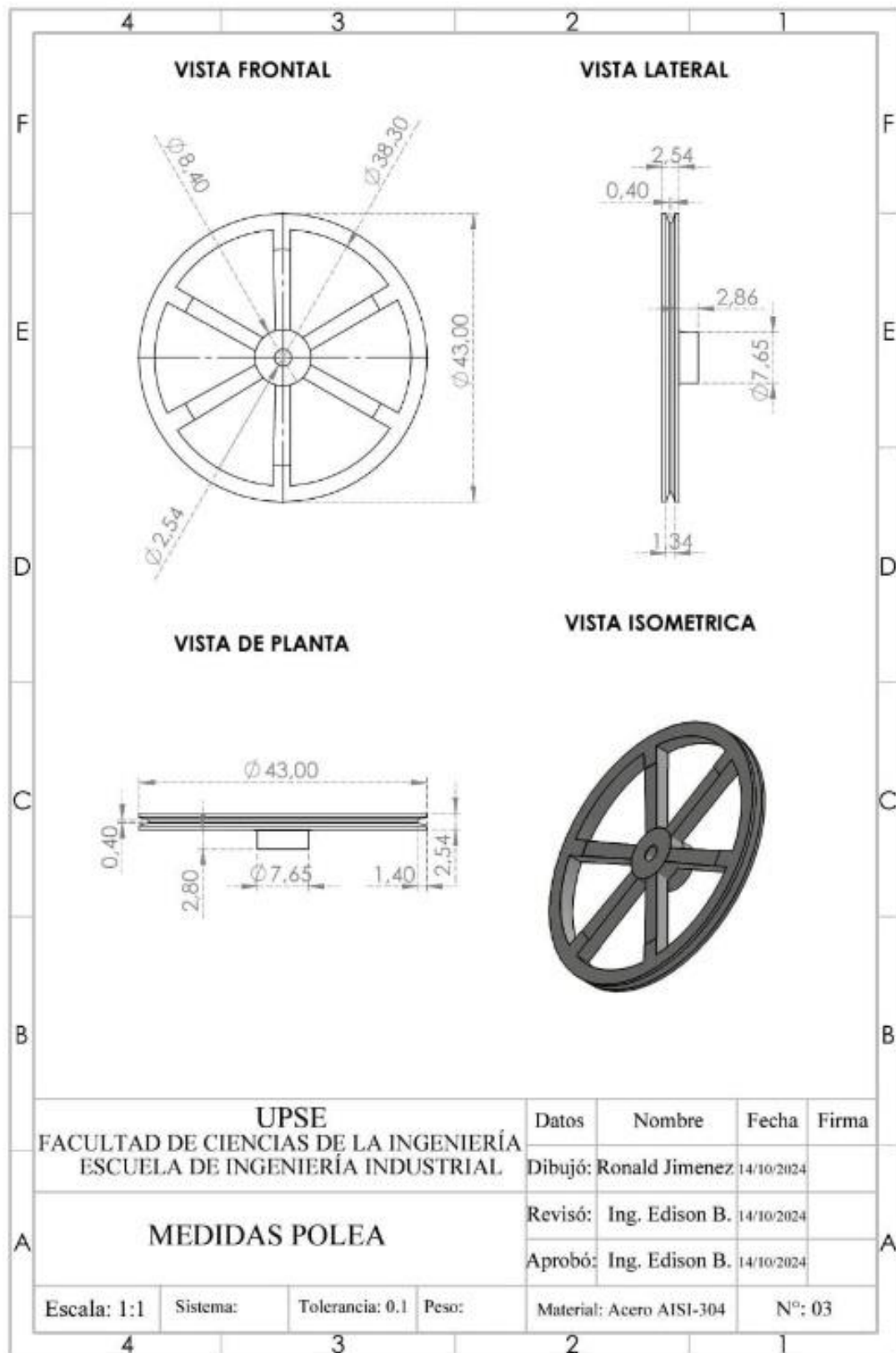
Anexo O.- Medidas del motor trifásico.



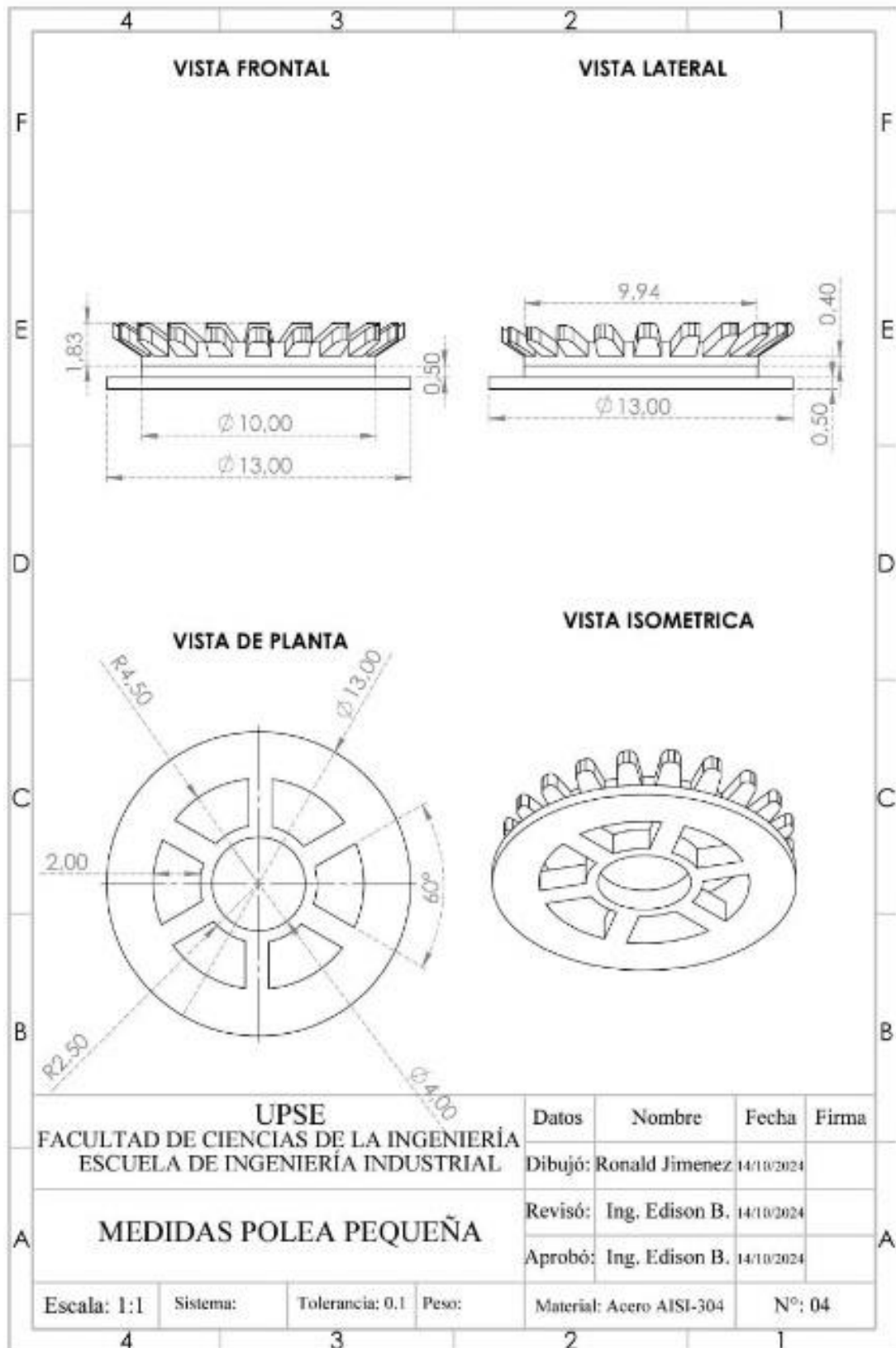
Anexo P.- Diseño del eje.



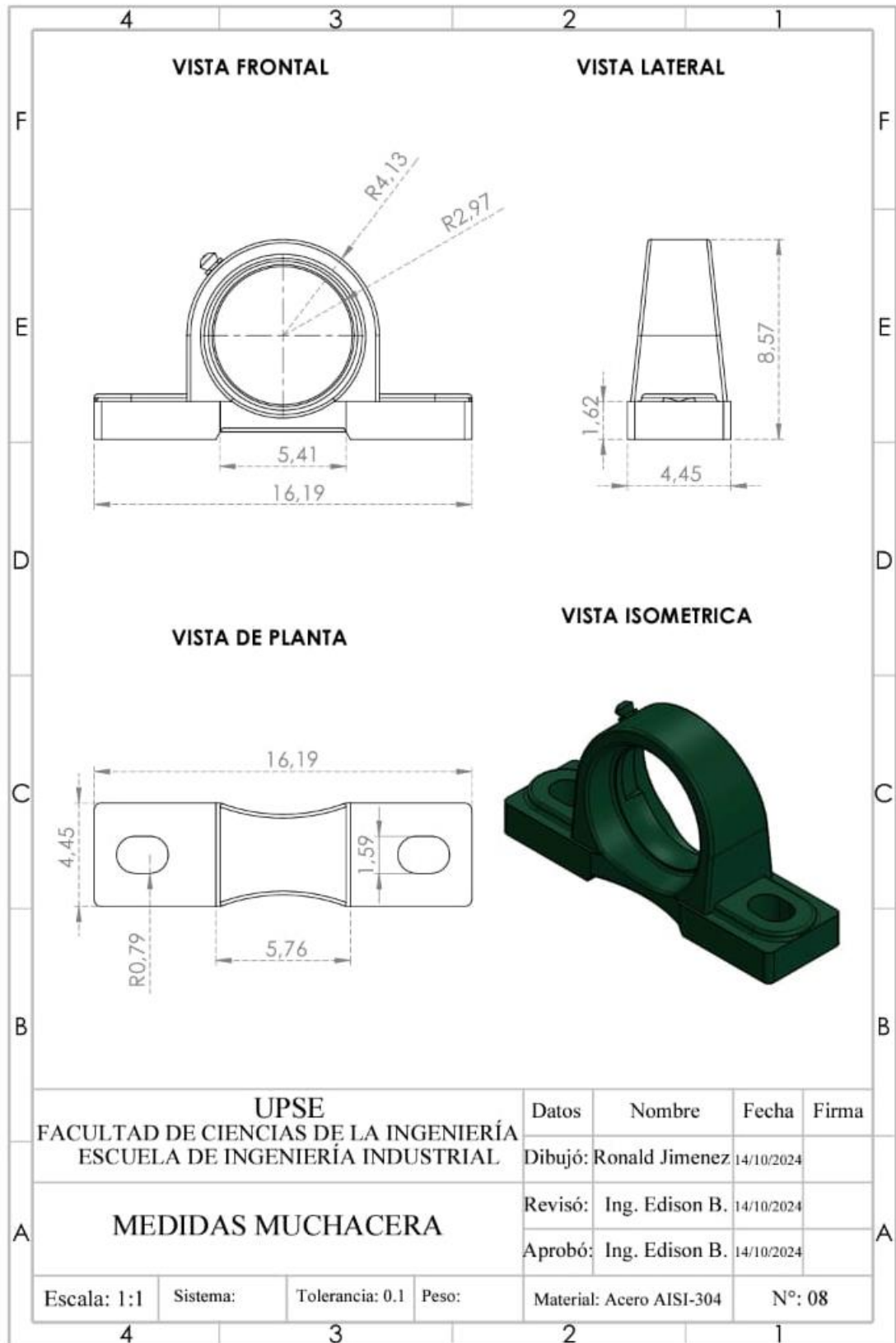
Anexo Q.- Diseño de poleas.



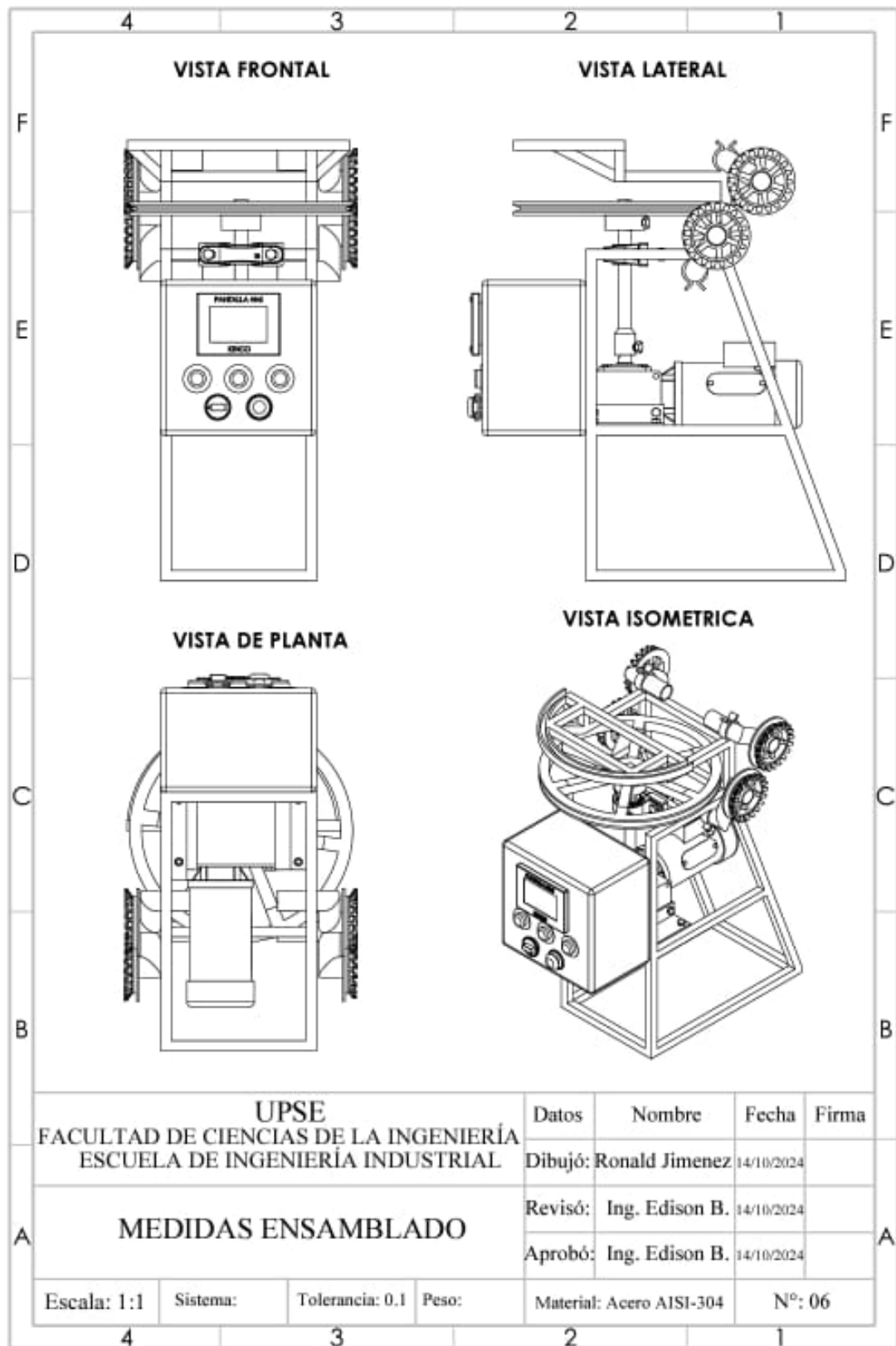
Anexo R.- Diseño de polea pequeña.



Anexo S.- Diseño de chumacera.



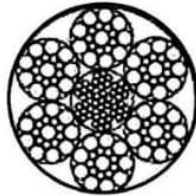
Anexo T.- Ensamble del prototipo.



Anexo U.- Ficha técnica del cable de acero.



Cable de acero 6x19 | Alma de acero A/A



6X19 A/A
6X19S+IWR

Este diseño semi-flexible es utilizado en la industria en general y muy frecuentemente en la industria petrolera, ya que se requiere mayor protección a la abrasión, dadas las condiciones extremas de roce a la que es sometido el cable. Se usa en los estrobos.

Cable de acero 6x19 Alma de acero								
Código		Diámetro		Peso Aprox.	Resistencia Mínima de Rotura			
Brillante	Galvanizado	(mm)	(pul)	(kg/100m)	(kN)	(Ton)	(kN)	(Ton)
*	05010120	4.8	3/16	9.5	16	1.63		
*	05010302	6	1/4	15	23	2.35		
*	05010303	8	5/16	27	41	4.18		
*	05010304	9	3/8	32	51	5.20		
*	05010226	13	1/2	69			113	12
*	05010300	16	5/8	104			170	17
*	05010020	20	3/4	162			266	27
05010115	*	22	7/8	196			322	33
05010343	*	26	1	274			450	46
05010014	*	29	1 1/8	352			429	44
05010344	*	32	1 1/4	415			682	70

Grado de fuerza N/mm2= 1770 1870
* Otras medidas disponibles bajo pedido

Tabla de peso y resistencia**

Construcción →	Peso aproximado (kg/100m)											Resistencia mínima de rotura (Ton)													
	1x7	6x7	6x19	6x26	6x36	7x19	8x19	18x7	1x7	6x7	6x19	6x26	6x36	7x19	8x19	18x7	1x7	6x7	6x19	6x26	6x36	7x19	8x19	18x7	
Diámetro ↓	A/A	A/A	A/A	A/F	A/A	A/F	A/A	A/F	A/F A.G.	A/A	A/A	A/A	A/F	A/A	A/F	A/F A.G.	A/A	A/A	A/A	A/F	A/A	A/F	A/A	A/F	A/F A.G.
(mm)	(pul)	Bri Gal	Bri Gal	PVC	Bri Gal	Bri Gal	Bri Gal	Bri Gal	Inox	Bri	Bri	Bri Gal	Bri Gal	PVC	Bri Gal	Bri Gal	Bri Gal	Bri Gal	Bri Gal	Bri Gal	Inox	Bri	Bri	Bri	
1.5	1/16																							0.1	
3	1/8	4.7	3.5		5.8																			0.6	
4.8	3/16			9.5	12																			1.5	
6	1/4			15	14									1.6	1.3									2.2	
8	5/16			27	24									2.3	2.1									2.2	
9	3/8			32	29									4.2	3.8									4.0	
10	3/8													5.2	4.8									6.2	
11	7/16																							6.7	
12	1/2																							9.0	
13	1/2			69	61	72	61	72	61					10.8	10	11.6	9.9	11.5	9.9					9.4	
14	9/16																							12.2	
16	5/8			104	92	107	95	107	95	97	88	110		17.3	16	17.3	16.1	17.3	16.1	14.9	14.3			16.0	
20	3/4			162		167	148	167	148					27.1		27.1	25.2	27.1	25.2					25.0	
22	7/8			196		202	180	202	180					32.8		32.8	30.5	32.8	30.5						
26	1			274		283	251	283	251					45.9		45.9	42.5	45.9	42.5						
29	1 1/8			352										43.6		61.1									
32	1 1/4			421										69.5											

A/A= Alma de acero | A/F = Alma de Fibra | A.G.=Antigranizo
Bri = Brillante o Negro | Gal = Galvanizado
Inox = Inoxidable | PVC = Plástico o revestido
Grado de fuerza N/mm2= 1570 1670 1770 1870



**Valores referenciales. Información exacta en el Certificado de Calidad

Nota de descargo: La presente información técnica constituye una referencia general correspondiente a ítems del mismo tipo. Al momento de la compra, algunos productos incluyen un certificado de calidad individual del lote de producción con la información específica de dicho producto. Cuando haga sus cálculos finales, por favor refiérase al certificado de calidad o a las inscripciones impresas (etiqueta, labrado, etc) del producto adquirido. En caso de encontrar alguna inconsistencia, por favor escribanos a info@induferro.com.

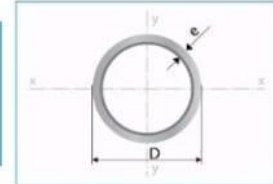
Quito - Ecuador ☎ 250-7311 • 254-9017 • 223-8859 | ✉ info@induferro.com | www.induferro.com 🌐 **INDUFERRO B&B** **LD6**

Anexo V.- Ficha técnica tubo redondo de acero.

TUBERÍA ESTRUCTURAL GALVANIZADA REDONDO

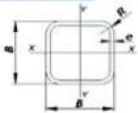

○ **2" X 1.50 MM**

Largo normal: 6 metros
Recubrimiento: Galvanizado
Norma de Fabricación: NTE INEN 2415
Observaciones: Otras dimensiones y largos, previa consulta





Dimensiones			Área	Peso	Propiedades Estáticas		
Diámetro Exterior		Espesor			Momento de Inercia	Módulo de Resistencia	Radio de Giro
D		e	A	P	I	W	i
pulg.	mm	mm	cm ²	Kg/m	cm ⁴	cm ³	cm
2	50.80	2.00	3.07	2.41	9.14	3.60	1.73

Anexo W.- Ficha técnica tubo cuadrado de acero.

TUBERÍA		TUBERÍA ESTRUCTURAL CUADRADA					
		B = Caras del Cuadrado R = Radio del Cuadrado e = Espesor Recubrimiento= Negro o Galvanizado					
NORMAS TÉCNICAS DE FABRICACIÓN ECUADOR INEN 2415 INTERNACIONALES ASTM A 500 ASTM A 123							
MATERIA PRIMA DE FABRICACIÓN LAMINADO CALIENTE: JIS G 3132 SPHT 1 - GRADO A (270) ASTM A 36 - GRADO B (315) ASTM A 572 G 50 - GRADO C (345) PREGALVANIZADO: JIS 3302 SGH 340 - GRADO A (270) ASTM A 653 5537 - GRADO A (270)							
TOLERANCIAS DIMENSIONALES							
Dimensiones de las Caras de la Tubería		Tolerancia en Caras		Tolerancia de Torcedura a 6000 mm		Tolerancia en Concavidad - Convexidad	
D	D	min	max	max	max	min	max
Nominación	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
3/4	20	19.50	20.50	7.80			
1	25	24.50	25.50	7.80			
1 1/4	30	29.50	30.50	7.80			
1 1/2	38	37.50	38.50	7.80			
1 1/2	40	39.50	40.50	7.80			
2	50	49.50	50.50	9.60			
2 3/8	60	59.50	60.50	9.60			
2 3/4	70	69.40	70.60	11.40			
3	75	74.40	75.60	11.40			
3 1/2	90	89.40	90.60	11.40			
4	100	99.20	100.80	11.40			
4 3/4	120	119.20	120.80	11.40			
5	125	124.20	125.80	11.40			
5 3/8	135	134.20	135.80	13.20			
6	150	148.50	151.50	13.20			
				Incluido en las dimensiones de caras			
						Esposores	
						Tolerancias Esposores	
						Tolerancias Radio	
						nominal min max min max	
						mm mm mm mm mm	
						1.40 1.26 1.54 1.40 4.20	
						1.50 1.35 1.65 1.50 4.50	
						1.80 1.62 1.98 1.80 5.40	
						2.00 1.80 2.20 2.00 6.00	
						2.50 2.25 2.75 2.50 7.50	
						3.00 2.70 3.30 3.00 9.00	
						4.00 3.60 4.40 4.00 12.00	
						4.50 4.05 4.95 4.50 13.50	
						5.00 4.50 5.50 5.00 15.00	
						6.00 5.40 6.60 6.00 18.00	
RECUBRIMIENTO DE ZINC							
Lámina Pre-Galvanizada			Galvanizado por Inmersión				
Recubrimiento Zinc de lámina por cara µm			Recubrimiento Zinc por inmersión por cara µm				
Grado	Min mm	Promedio mm	Díametro de tubería	Grado	Promedio mm	Promedio mm	
G90	15 µm	20 µm	<= 3"	G185	35 µm	40 µm	
G60	10 µm	13 µm	> 3"	G300	60 µm	65 µm	
			*Producto con sello INEN				
			*Producto ASTM A500				
NORMA	REQUERIMIENTOS COMPLEMENTARIOS						
	LONGITUD	Tolerancia positiva +16 mm y negativa -6 mm					
RECTITUD	2 mm por cada metro o 12 mm por cada 6000 mm de longitud						
TERMINACIÓN	Escuadra 90°, con tolerancia de +-1,5 °						
CORDÓN DE SOLD. EXT.	Homogéneo y no inferior al espesor del tubo						
CUADRATURA DE LOS LADOS	Escuadra a 90° con tolerancia +-2°						
REFERENCIALES	ANILLAMIENTO	En una longitud de onda mínima de 400 mm se permite flecha máxima de 0,30 mm					
	REBABA	10% del espesor					
ENSAYOS REALIZADOS A PRODUCTO PARA CONTROL DE ESPECIFICACIONES							
a. AFLASTADO		2/3 del diámetro nominal					
b. INSPECCION VISUAL		Garantizar que el exterior e interior del tubo esté libre de astillas, golpes o defectos similares que deformen al tubo, el corte o que afecten la aplicación.					
c. ADHERENCIA GALVANIZADO		No debe existir desprendimiento de zinc durante raspado del cordón y la lámina					
ROTULADO EN PRODUCTO							
Cada unidad es rotulada con información de trazabilidad, según procedimiento interno.							
RECOMENDACIONES DE ALMACENAMIENTO DE TUBERÍA PARA CLIENTES							
Almacenar bajo cubierta, en condiciones secas y bien ventiladas en sitios donde no exista contacto con humedad. No almacenar directamente en el suelo. No colocar en contacto con arena, corrosivos o elementos químicos.							
Las rumas deben estar armadas para mantener un desnivel de 10 cm entre los apoyos de la tubería.							
Mantener los separadores plásticos entre filas que van con el paquete enzunchado.							
La información aquí detallada corresponde a bienes estándar, elaborados basados en normas técnicas, en las tolerancias y rangos especificados, los cuales pueden tener variaciones en cualquiera de sus partes constitutivas, forma o presentación, de común acuerdo, bajo previa solicitud del cliente o condiciones de mercado.							
FICHA TÉCNICA DE PRODUCTOS CC ESP 21 Ver 11 07 23							

Anexo X.- Ficha técnica plancha de acero.

PLANCHA		PLANCHAS DELGADAS DE ACERO AL CARBONO LAMINADO FRÍO - GALVANIZADO - GALVALUM					
		e = Espesor A= Ancho L = Largo H = Falta de Aplanado					
Producto rectangular de acero al carbono laminado frío y galvanizado, cortado de bobinas cuyo espesor es menor a 6 mm							
NORMAS TÉCNICAS DE FABRICACIÓN							
ECUADOR		NTE INEN 115 Tolerancias para Planchas de Acero al Carbono Laminadas en Caliente o en Frío					
INTERNACIONAL		ASTM 653 Standard Specification for Steel Sheet, Zinc-Coated (Galvanized) or Zinc-Iron Alloy Coated (Galvannealed) by the Hot-Dip process JIS G 3141 Cold-Reduced Carbon Steel Sheet and Strips					
COMPOSICIÓN QUÍMICA DE MATERIA PRIMA							
TIPO	NORMA	% C	% Mn	% P	% Cu	% S	
GALVANIZADO	ASTM A 653 CS A	0.10 Máx.	0.60 Máx.	0.03 Máx.	0.20 Máx.	0.035 Máx.	
GALVALUM	ASTM A 792 SS 37	0.20 Máx.	1.35 Máx.	0.10 Máx.	0.25 Máx.	0.040 Máx.	
LAMINADO FRÍO	JIS G 3141 SPCC SD	0.15 Máx.	0.50 Máx.	0.10 Máx.	-	0.05 Máx.	
PROPIEDADES MECÁNICAS DE MATERIA PRIMA							
TIPO	NORMA	Tracción MPA	Fuerza MPA	Elongación %			
GALVANIZADO	ASTM A 653 CS A	-	170 a 380	≥ 20			
GALVALUM	ASTM A 792 SS 37	255 Min	360 Min	≥ 19			
LAMINADO FRÍO	JIS G 3141 SPCC SD	270 Min.	-	36 Min.			
TOLERANCIAS DIMENSIONALES							
Cota Exterior en lamido frío-galvanizado-galvalum "A"		= L < 1200 mm +6 mm					
Tolerancia largo planchas delgadas		= Estándar: (0, + 20 mm) Especiales: (0, + 6 mm)					
Tolerancia largo planchas cortadas a soplete		= Previa consulta con el cliente					
Los espesores se miden a 25 mm de un borde laminado							
Espeor		Desviaciones admisibles (mm) por exceso (+) y por defecto (-) en el espesor indicado para los anchos indicados					
mm		Ancho especificado (mm)					
		50<a≤ 300	300<a≤ 600	600<a≤ 1000	1000<a≤ 1200	1200<a≤ 1500	1500<a≤ 1800
≤ 0,40		0,025	0,025	0,025	0,025	0,025	0,025
> 0,40 ≤ 1,00		0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
> 1,00 ≤ 1,20		0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
≥ 1,20 ≤ 1,50		0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
> 1,5 ≤ 2,00		0,11	0,11	0,11	0,11	0,13	0,13
> 2,00 ≤ 2,50		0,11	0,11	0,13	0,13	0,13	0,15
> 2,50 ≤ 4,50		0,13	0,13	0,13	0,13	0,15	0,15
> 4,50 ≤ 6,00		0,15	0,15	0,17	0,17	0,19	0,19
REQUERIMIENTOS COMPLEMENTARIOS							
FLECHA		EN LARGO < 1000 SE TOMA DE BASE 3 MM Y SE AUMENTA 1 POR CADA 600 MM DE AUMENTO					
FALTA DE ESCUADRA		DEBERA SER MEMOR O IGUAL A 1 MM POR CADA 100 MILIMETROS DE ANCHO O FRACCION					
FALTA DE APLANADO		LA FALTA DE APLANADO SERA DE 6 MM PARA ESPESOR MAYOR A 1,45 MM					
ENSAYOS							
a. RECUBRIMIENTO DE ZINC		MEDIR MICRAS DE RECUBRIMIENTO PARA PLANCHAS DE MATERIAL GALVANIZADA, RECUBRIMIENTO MINIMO 120 Z					
b. DOBLADO		PARA MATERIAL GALVANIZADO A 360 ° PARA DETERMINAR ADHERENCIA DEL ZINC					
c. INSPECCION VISUAL		GARANTIZAR QUE LA SUPERFICIE ESTÉ LIBRE DE QUIEBRES, GOLPES, OXIDO, MANCHAS BLANCAS O NEGRAS, FILOS CON REBABA Y DEFECTOS SIMILARES					
ROTULADO EN PRODUCTO							
Cada unidad es rotulada con información de trazabilidad, según procedimiento interno.							
La información aquí detallada corresponde a bienes estándar, elaborados basados en normas técnicas, en las tolerancias y rangos especificados, los cuales pueden tener variaciones en cualquiera de sus partes constitutivas, forma o presentación, de común acuerdo, bajo previa solicitud del cliente o condiciones de mercado.							
FICHA TÉCNICA DE PRODUCTOS CC ESP-65 Ver 17 07 23							

Anexo Y.- Construcción del prototipo de control automática.

Paso 1: Corte y soldadura de la base del prototipo.



Paso 2: Diseño de poleas.





Paso 3: Acople del eje con la polea hacia el motorreductor.

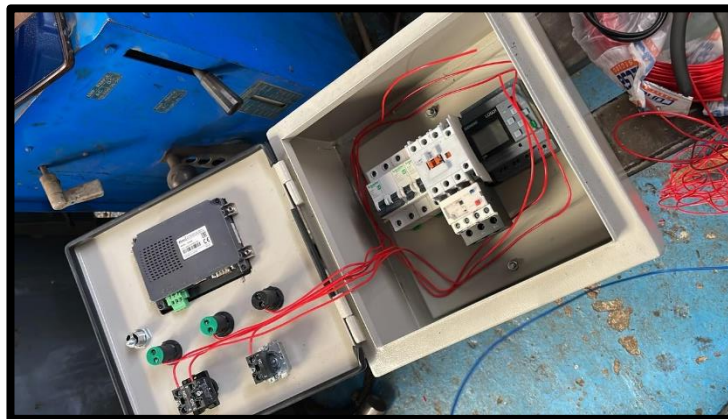
Paso 4: Motaje del sistema a la base del prototipo.



Paso 5: Unión de poleas pequeñas al prototipo.



Paso 6: Adaptación de componentes eléctricos a el tablero de control.



Paso 7: Culminación del prototipo.



Anexo Z.- Toma de tiempos del prototipo.



* Lunes 14 de octubre -
13:27
Ciclo 1 - 00:04.18
Ciclo 2 - 00:04.09
Ciclo 3 - 00:04.20
Ciclo 4 - 00:04.40
Ciclo 5 - 00:03.86
* Martes 15 de octubre
Ciclo 1 - 00:04.18
Ciclo 2 - 00:04.35
Ciclo 3 - 00:04.17
Ciclo 4 - 00:03.90
Ciclo 5 - 00:04.38
* Miércoles 16 de octubre
Ciclo 1 - 00:04.32
Ciclo 2 - 00:04.41
Ciclo 3 - 00:04.01
Ciclo 4 - 00:03.93
Ciclo 5 - 00:04.48

* Jueves 17 de octubre
Ciclo 1 - 00:03.84
Ciclo 2 - 00:04.48
Ciclo 3 - 00:04.23
Ciclo 4 - 00:04.06
Ciclo 5 - 00:04.23
* Viernes 18 de octubre
Ciclo 1 - 00:03.83
Ciclo 2 - 00:04.66
Ciclo 3 - 00:03.80
Ciclo 4 - 00:04.98
Ciclo 5 - 00:04.58
* Sábado 19 de octubre
Ciclo 1 - 00:04.42
Ciclo 2 - 00:04.13
Ciclo 3 - 00:04.16
Ciclo 4 - 00:04.27
Ciclo 5 - 00:04.03

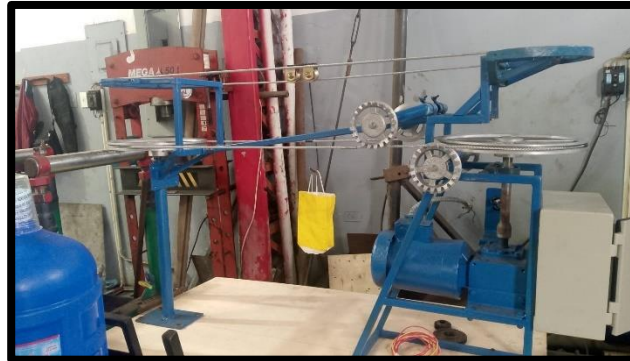
Anexo AA.- Valoración por Westinghouse – Propuesto.

Actividad	Habilidad	Esfuerzo	Condiciones	Consistencia	Suma algebraica %	Desempeño %
Cosecha del racimo de banano	0,08	0,05	-0,07	0,01	7%	107%
Transporte al cable vía	0,06	0,05	-0,07	0,01	5%	105%
Colocación del racimo en el cable vía	0,08	0,08	-0,03	0,01	14%	114%
Transporte del banano hacia la zona de empaque	0,06	-0,04	-0,03	0,03	2%	102%
Retiro del protector de la fruta.	0,08	0,05	0,02	0,00	15%	115%
Calibración del banano (grosor y largo del dedo)	0,06	0,05	0,04	0,01	16%	116%
Transporte al área de desmane y lavado	0,08	0,08	-0,03	0,01	14%	114%
Desmane y lavado de los racimos	0,08	0,05	0,02	0,01	16%	116%
Pesaje del banano en su respectiva bandeja	0,06	0,05	0,02	0,01	14%	114%
Fumigación del banano	0,08	0,08	0,02	0,01	19%	119%
Sellado del banano	0,08	0,05	0,02	0,01	16%	116%
Inspección de la fruta	0,08	0,05	0,02	0,01	16%	116%
Empaque de bananos en cartones	0,08	0,08	0,02	0,01	19%	119%

Anexo BB.- Trabajo en el laboratorio de automatización.



Anexo CC.- Simulación de carga en el prototipo.



Anexo DD.- Costo del prototipo de control automático.

Rubro	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total
Materiales Eléctricos	Motor eléctrico	1	\$ 1.500,00	\$1.500,00
	Logo PIC	1	\$ 175,00	\$ 175,00
	Relé térmico	1	\$ 20,00	\$ 20,00
	Breaker	3	\$ 5,00	\$ 15,00
	Luz pilotos	3	\$ 4,00	\$ 12,00
	Botón de emergencia	1	\$ 5,00	\$ 5,00
	Contactador	1	\$ 20,00	\$ 20,00
	Sensor	1	\$ 20,00	\$ 20,00
	Cable (Instalación)	1	\$ 30,00	\$ 30,00
Materiales de estructura	Cable de Alambre acero	10	\$ 4,00	\$ 40,00
	Tubo de acero negro	10	\$ 6,00	\$ 60,00
	Polea de aluminio 15"	1	\$ 20,00	\$ 20,00
	Polea de aluminio 5"	2	\$ 5,00	\$ 10,00
	Platina acero negro	10	\$ 3,50	\$ 35,00
	Tubo acero	10	\$ 4,50	\$ 45,00
	Chumaceras acero templado	1	\$ 20,00	\$ 20,00
	Eje de transmisión	1	\$ 25,00	\$ 25,00
	Rodamientos acero templado	2	\$ 10,00	\$ 20,00
	Pernos de acero negro	20	\$ 0,25	\$ 5,00
	Plancha de acero	1	\$ 10,00	\$ 10,00
	Caja metal	1	\$ 50,00	\$ 50,00
	Sistema de control programable	Software de programación	1	\$ 100,00
Instalación		1	\$ 100,00	\$ 100,00
Diseño e Ingeniería	Estudio técnico	1	\$ 50,00	\$ 50,00
	Diseño	1	\$ 100,00	\$ 100,00
Subtotal				\$2.487,00
TOTAL			\$2.487,00	

Anexo EE.- Carta de donación.



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE
SANTA ELENA



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

La Libertad, 26 de noviembre del 2024

Carta de donación de prototipo.

Estimados,

Ingeniera: Lucrecia Moreno Alcívar, PhD.

DIRECTORA DE LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Estudiantes: Jiménez Salinas Ronald y Del Pezo Chalén Kleiner Manuel.


Nos dirigimos a usted con el propósito de formalizar una donación de materiales que consideramos de gran utilidad para el desarrollo de los proyectos académicos en nuestro taller industrial, Los materiales que estamos donando son los siguientes: Polea de aluminio de 15", Polea de aluminio de 5", Chumaceras de acero templado de 1", Eje de transmisión de 1 1/4", rodamientos de acero templado (43 mm x 80 mm x 20 mm), Caja de metal (30 mm x 30 mm x 20 mm), 1 luz piloto roja, 2 luz piloto verde, 1 botón de emergencia, 2 disyuntores de 16A, 2 disyuntores de 5A, 1 relé térmico, 1 contactor, 1 estructura metálica, 8 m de cable de acero, 1 motor. Mientras que la pantalla HMI y el PLC le pertenecen al laboratorio de automatización. Estamos convencidos de que estos materiales contribuirán significativamente al aprendizaje y desarrollo práctico de nuestros compañeros. Esperamos que esta donación sea recibida con agrado y pueda ser utilizada de manera efectiva en los proyectos futuros.

Agradecemos de antemano su atención y quedamos a disposición para coordinar la entrega de los materiales.



Atentamente

Jiménez Salinas Ronald



Atentamente

Del Pezo Chalén Kleiner