UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE QUITO

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

DESARROLLO DE UNA MÁQUINA ELECTRÓNICA AUTOMATIZADA PARA EL SEMBRADO EN BANDEJAS DE DOS TIPOS DE SEMILLAS.

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniero en Electrónica y Automatización

AUTORES: Cristhian Alexander Correa Bravo

Ivonne Dayanna Quishpe Villagómez

TUTOR: Gustavo Javier Caiza Guanochanga

Quito – Ecuador

2022

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Cristhian Alexander Correa Bravo con documento de identificación N° 1718720079 y Ivonne Dayanna Quishpe Villagómez con documento de identificación N° 1718538521; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 14 de septiembre del año 2022

Atentamente,

Cristhian Alexander Correa Bravo	Ivonne Dayanna Quishpe Villagómez
1718720079	1718538521

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

Nosotros, Cristhian Alexander Correa Bravo con documento de identificación N° 1718720079 y Ivonne Dayanna Quishpe Villagómez con documento de identificación N° 1718538521, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: "Desarrollo de una máquina electrónica automatizada para el sembrado en bandejas de dos tipos de semillas", el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Electrónica y Automatización, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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

Quito, 14 de septiembre del año 2022

Atentamente,

Cristhian Alexander Correa Bravo	Ivonne Dayanna Quishpe Villagómez
1718720079	1718538521

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Gustavo Javier Caiza Guanochanga con documento de identificación N° 1721192191, docente de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO DE UNA MÁQUINA ELECTRÓNICA AUTOMATIZADA PARA EL SEMBRADO EN BANDEJAS DE DOS TIPOS DE SEMILLAS, realizado por Ivonne Dayanna Quishpe Villagómez con documento de identificación N° 1718538521 y Cristhian Alexander Correa Bravo con documento de identificación N° 1718720079 obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 14 de septiembre del año 2022

Atentamente,

Ing. Gustavo Javier Caiza Guanochanga, MSc.
1721192191

DEDICATORIAS

Este trabajo va dedicado especialmente a mis padres, Wilson y Angélica que han sido los pilares fundamentales para poder alcanzar las metas propuestas en mi vida, con su constancia y perseverancia han logrado que este camino sea de prosperidad, dedico también a mi hermana Kimberly quien ha visto en mi un ejemplo de superación y lucha constante hasta alcanzar los objetivos deseados, y decido también auto dedicarme, para hacerme notar que a pesar de que el camino muchas veces sea de tormentas y días grises, al final siempre vendrán las recompensas al esfuerzo aplicado.

Cristhian Correa

Este proyecto está dedicado en primer lugar a mis abuelitos Carmen, José, María, quienes han sido mi mayor motivación y orgullo para cumplir mis metas y seguir adelante, también va dedicado especialmente a mis padres Marco y Nancy porque siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo y consejos en el proceso de mi carrera académica, a mi hermano Anthony por su compañía y ánimo para no rendirme en mis estudios, quien además ve en mi un ejemplo a seguir y finalmente a todas aquellas personas que de una u otra forma han contribuido para el logro de mis metas y objetivos.

"Todo lo puedo en Cristo que me fortalece" Filipenses 4:13

Ivonne Quishpe

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por las bendiciones y fuerzas para nunca decaer en esta lucha constante de alcanzar el objetivo de graduarme, agradezco principalmente a mis padres, porque siempre han sido el apoyo en todos los sentidos para alcanzar mis metas personales, este logro es de ustedes también, a mi hermana, quien siempre fue el apoyo moral durante todo el transcurso de la carrera universitaria. Agradezco a mi compañera y amiga, Ivonne, quien con su apoyo durante el tiempo de estudio siempre fue un soporte hasta la culminación de este trabajo de titulación, de igual forma a su señor padre por el apoyo y retroalimentación constante durante este proyecto. A mi tío Iván, por su cooperación y consejos en cada una de las etapas de nuestro proyecto. A mi novia Lisette, por la comprensión y apoyo durante esta etapa de formación profesional y personal. Y a todos los amigos y conocidos que siempre estuvieron prestos a darme su asistencia.

Cristhian Correa

Con alegría doy gracias a Dios por el darme fuerzas, sabiduría y bendiciones para poder culminar con esta meta, un paso importante en mi vida, agradecer a mis padres y a toda la familia, porque con sus consejos y soporte han sido mi mayor motivación para seguir adelante con mis metas, pero un agradecimiento especial a mi padre por brindarme su apoyo y palabras de aliento durante el desarrollo de tesis. Agradecerle también a mi compañero de tesis y amigo, Cristhian quien conforme ha avanzado la carrera hemos logrado grandes proyectos y a la vez culminado nuestro proyecto de tesis y también a su tío quien brindo su apoyo en el proceso de la tesis. Y amigos que de alguna manera estuvieron en el proceso de la carrera universitaria.

Ivonne Quishpe

Finalmente, un agradecimiento a los Ingenieros: Gustavo Caiza y William Oñate, por el arduo soporte brindado en el desarrollo de la tesis y consejos para que el resultado de este trabajo sea satisfactorio.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA i
CERTIFICADO DE CESIÓN ii
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN iii
DEDICATORIAS iv
AGRADECIMIENTOS v
RESUMEN xiv
ABSTRACT xv
ÍNDICE DE CONTENIDO vi
ÍNDICE DE FIGURAS x
ÍNDICE DE TABLAS xiii
INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I 2
ANTECEDENTES 2
1.1 Planteamiento del Problema 2
1.2 Justificación 3
1.3 Objetivos 4
CAPÍTULO II 5
MARCO TEÓRICO 5
2.1 Método de sembrado de semillas de germinación 5
2.2 Sembrado Automatizado 5
2.3 Sembrado en Bandejas 6
2.4 Método de Punzón 6
2.5 Método de Succión para toma de semillas 6
2.6 Condiciones de sembrado según el tipo de semilla 7
2.6.1 Condición de sembrado de semilla tipo 1 7
2.6.2 Condición de sembrado de semilla tipo 2 7
2.7 Siemens PLC LOGO 8
2.8 Sistema de control en lazo cerrado 9
2.9 Compresor 9

2.10 Transformador 110 a 220 (voltios) de 200 vatios..... 10
2.11 Bomba de vacío. 10
2.10 Relevadores 10
2.11 Unidad de mantenimiento FRL 11
2.12 Electroválvula 2 posiciones tres vías con silenciadores 12
2.13 Cilindro doble efecto 12
2.14 Tobera neumática de 1 a 2 vías 13
2.15 Variador de frecuencia..... 13
2.16 Sensor capacitivo 13
2.17 Motor 24 voltios 14
2.18 Motor caja reductora..... 14
2.19 Banda transportadora 15
2.20 Manguera neumática..... 15
2.21 Disyuntor 16
2.22 Jeringa..... 16
2.23 Agujas Hipodérmica 17
CAPÍTULO III 18
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN..... 18
3.1 Análisis del diseño del proyecto 18
3.1.1 Descripción del desarrollo del prototipo..... 18
3.1.2 Características de la bandeja de germinación 18
3.2 Características de las semillas 19
3.2.1 Semillas de lechuga..... 19
3.2.2 Semillas de acelga..... 19
3.3 Diseño del prototipo transporte de la bandeja 20
3.3.1 Diseño de banda transportadora. 20
3.4 Motor reductor para la banda..... 21

3.5 Variador de frecuencia Altivar implementado 22
3.6 Diseño del método de punzado 23
3.6.1 Diseño del sistema de succión 23
3.6.2 Prototipo de inyección 24
3.7 Calibre en las agujas hipodérmicas 24
3.8 Diseño del depósito de la semilla 25
3.9 Diseño de la regleta para la bandeja 26
3.10 Sistema Embebido 27
3.10.1 Programa PLC LOGO! 230 RC 27
3.11 Sensor de proximidad 31
3.12 Motor succión de semillas (Bomba de vacío) 32
3.13 Motor vibrador para la bandeja de semilla 33
3.14 Motor reductor especificación 34
3.15 Sistema neumático 35
3.15.1 Cilindro de doble efecto implementado 35
3.15.2 Electroválvula 35
3.15.3 Unidad de Mantenimiento implementada 36
3.16 Fuente de alimentación 38
3.17 Diagrama de flujo del proceso 38
CAPÍTULO IV 40
ANÁLISIS Y RESULTADOS 40
4.1 Máquina sembradora lineal. 40
4.2 Análisis de succión de la semilla 42
4.3 Pruebas de succión de las semillas 45
4.3.1 Prueba con la semilla de acelga 45
4.3.2 Prueba con la semilla de lechuga 46
4.4 Resultados estadísticos de sembrado 48

4.4.1 Resultado de la semilla de lechuga 48

4.4.2 Resultado de la semilla de acelga 52

CONCLUSIONES 56
RECOMENDACIONES 58
REFERENCIAS 59
ANEXOS 1
Anexo 1. Diagrama del circuito implementado en el software Cade_Simu 1

Anexo 2. Programación del proyecto en el software Cade_Simu 2

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Método de siembra de semillas..... 5

Figura 2.2: Sembrado automatizado..... 5

Figura 2.3: Sembrado en bandejas 6

Figura 2.4: Siembra de semilla tipo 1 7

Figura 2.5: Condición de siembra de semilla tipo 2..... 7

Figura 2.6: PLC LOGO Siemens 8

Figura 2.7: Sistema control lazo cerrado..... 9

Figura 2.8: Compresor..... 9

Figura 2.9: Transformador 10

Figura 2.10: Bomba de vacío 10

Figura 2.11: Relevador..... 11

Figura 2.12: Unidad de mantenimiento..... 11

Figura 2.13: Electroválvula..... 12

Figura 2.14: Cilindro..... 12

Figura 2.15: Tobera..... 13

Figura 2.16: Variador de frecuencia..... 13

Figura 2.17: Sensor 14

Figura 2.18: Motor 24v 14

Figura 2.19: Motor caja reductor..... 15

Figura 2.20: Banda transportadora y cinta. 15

Figura 2.21: Manguera neumática..... 15

Figura 2.22: Disyuntor 16

Figura 2.23: Jeringa..... 17

Figura 2.24: Agujas hipodérmicas 17

Figura 3.1: Bandeja de germinación 18

Figura 3.2: Diseño de la Banda transportadora 20
Figura 3.3: Prototipo de la Banda transportadora 21
Figura 3.4: Motor reductor 22
Figura 3.5: Variador Telemecanique Altivar 31 22
Figura 3.6: Prototipo del método de punzonado 23
Figura 3.7: Prototipo del sistema de succión 23
Figura 3.8: Diseño de Inyecciones 24
Figura 3.9: Calibre de agujas 24
Figura 3.10: Deposito de semillas 25
Figura 3.11: Vista frontal del sistema de succión y depósito de semillas 25
Figura 3.12: Diseño de la regleta 26
Figura 3.13: Prototipo de la máquina lineal 26
Figura 3.14: PLC LOGO! 27
Figura 3.15: Estructura del PLC LOGO! 27
Figura 3.16: Inicio de variables y condicionamientos 28
Figura 3.17: Marcas digitales y temporizadores 28
Figura 3.18: Temporizadores retardo a la conexión 29
Figura 3.19: Activación de actuadores y proceso cíclico 29
Figura 3.20: Alimentación principal de PLC y actuadores 30
Figura 3.21: Conexión de salidas del PLC 31
Figura 3.22: Sensor de proximidad 31
Figura 3.23: Bomba de vacío 33
Figura 3.24: Motor vibrador 34
Figura 3.25: Cilindro doble efecto implementado 35
Figura 3.26: Representación del cilindro de doble efecto 35
Figura 3.27: Electroválvula 3v/2p 35

Figura 3.28: Dispositivo de Unidad de mantenimiento Festo 36
Figura 3.29: Manguera Neumática de 10 mm 37
Figura 3.30: Manguera Neumática de 8 mm 37
Figura 3.31: Transformador y cable de alimentación 38
Figura 3.32: Diagrama de flujo de la lógica de programación 38
Figura 4.1: Máquina sembradora lineal (vista frontal). 40
Figura 4.2: Máquina sembradora lineal.(vista posterior). 41
Figura 4.3: Panel de Control de la máquina 41
Figura 4.4: Interior del Panel de Control 42
Figura 4.5: Distribución de succión 42
Figura 4.6: Prueba de succión 43
Figura 4.7: Tubo PVC junto con cilindro doble efecto 44
Figura 4.8: Sistema de succión 44
Figura 4.9: Sistema de succión semilla de acelga 45
Figura 4.10: Sistema de succión semilla de lechuga 47
Figura 4.11: Unidad de mantenimiento vista de la presión 48
Figura 4.12: Siembra manual semilla tipo 1 49
Figura 4.13: Siembra automatizada de la semilla tipo 1 50
Figura 4.14: Siembra manual vs siembra automatizada semilla tipo 1 51
Figura 4.15: Gráfica estadística de la semilla tipo 1 51
Figura 4.16: Siembra manual semilla tipo 2 53
Figura 4.17: Siembra automatizada de semilla tipo 2 54
Figura 4.18: Siembra manual vs siembra automatizada de la semilla tipo 2 54
Figura 4.19: Gráfica Estadística de la semilla tipo 2 55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1: Características de la semilla de lechuga. 19

Tabla 3.2: Características de la semilla de acelga. 19

Tabla 3.3: Elementos del diseño. 21

Tabla 3.4: Parámetros de puesta en marcha del variador. 22

Tabla 3.5: Especificaciones del sensor capacitivo. 32

Tabla 3.6: Especificación del compresor de aire de bomba de vacío 33

Tabla 3.7: Especificación del motor vibrador 34

Tabla 3.8: Especificación del motor reductor 34

Tabla 3.9: Especificación de la unidad de mantenimiento FRL 36

Tabla 3.10: Especificación de la manguera neumática 37

Tabla 4.1: Tabla del sembrado manual semilla tipo 1 48

Tabla 4.2: Tabla del sembrado automatizado semilla tipo 1 49

Tabla 4.3: Tabla del sembrado manual semilla tipo 2 52

Tabla 4.4: Tabla del sembrado automatizado semilla tipo 2 53

RESUMEN

La automatización y la electrónica han estado constantemente inmersas en la agricultura, los cultivos totalmente automatizados pueden elaborar una producción mucho más favorable.

Sin embargo, varios estudios se han centrado en el análisis de las condiciones climáticas, variables agrícolas, sin embargo, existe un conocimiento efímero sobre la manipulación que requieren las semillas, sobre este factor se centrará este estudio , porque así el proceso de germinación de la plántula se lleva a cabo correctamente para su producción. Para obtener una producción de calidad y en el menor tiempo posible, se espera que se reduzca a la mitad, eliminando los factores de condicionamiento humano que afectan el desempeño de la empresa.

Siendo así, se lleva a cabo la investigación y desarrollo de una sembradora en bandejas de germinación , que consiste en realizar el proceso necesario de punzonar y depositar dos de las semillas en las bandejas, realizando el proceso de en menor tiempo y de manera eficiente, al mismo tiempo las respectivas pruebas y probar la funcionalidad del prototipo para sembrar semillas y así determinar una inclusión del área agrícola para nuevos negocios, mejorando la vida de agricultores y productores que viven de esta actividad y a bajo costo por ello.

Palabras claves: agricultura, bandejas, semillas, siembra automatizada, sistema de punzonado.

ABSTRACT

Automation and electronics have been constantly immersed in agriculture; fully automated crops can make a much more favorable production.

However, several studies have focused on the analysis of climatic conditions, agricultural variables, however, there is ephemeral knowledge about the manipulation that seeds require, this study will focus on this factor, because in this way the germination process of the seed seedling is properly carried out for its production.

To obtain quality production and in the shortest time possible, it is expected to be reduced by half, eliminating the human conditioning factors that affect the company's performance.

Thus, the research and development of a seeder in germination trays is carried out, which consists of carrying out the necessary process of punching and depositing two of the seeds in the trays, carrying out the process in less time and efficiently, at the same time the respective tests and test the functionality of the prototype to sow seeds and thus determine an inclusion of the agricultural area for new businesses, improving the lives of farmers and producers who live from this activity and at a low cost for it.

Keywords: agriculture, automated planting, punching system, seeds, trays.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad en varios sectores agrícolas aún se lleva a cabo la siembra de plántulas en bandejas de forma manual con varias técnicas artesanales que se realizan desde tiempos pasados, siendo un trabajo demoroso y con baja calidad de producción de semillas, por tal motivo se requiere un proceso mejorado que actualmente se encuentran en industrias agrícolas a gran escala, como lo son máquinas automatizadas para el proceso de siembra dependiendo de las características requeridas por el agricultor, pero a la vez tienen un costo muy elevado, siendo un impedimento adquirir estas máquinas ya que en su mayoría los agricultores que más lo requieren cuentan con invernaderos donde se producen estás plántulas siendo un impedimento adquirir las mimas.

Debido a estas circunstancias y los inconvenientes se propone la ejecución de implementación de una máquina lineal que realice en bandejas de germinación un sembrado con la ventaja de utilizar dos tipos de semillas y a su vez que sea de bajo costo y de buena calidad en beneficio del agricultor, que a continuación se detallada cada proceso realizado hasta obtener el resultado favorable por capítulos:

En el capítulo I se encuentran los antecedentes, la problemática del campo de estudio, justificación objetivos generales y específicos para el desarrollo del proyecto, en el capítulo II se detalla el marco definiendo cada concepto técnico del proceso del proyecto, en el capítulo III se describe el diseño del prototipo empleado y su respectiva implementación, y finalmente en el capítulo IV se procede analizar el comportamiento del prototipo con sus respectivas pruebas, resultados y conclusiones.

CAPÍTULO I
ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del Problema

Actualmente existen técnicas artesanales de sembrado de semillas en bandejas, sin embargo, el agro gestor aplica un efímero cuidado de las mismas al manejarlas, causando variaciones en el proceso de germinación, es por esto que la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, realiza un arduo trabajo en áreas las cuales están destinadas a mejorar las semillas en los países de desarrollo y la mejorar las semillas. (Franco, 2012).

Las máquinas sembradoras competentes en el mercado, requieren de un consumo elevado de energía eléctrica e incluso de combustibles fósiles, lo que hace notar que va en contra de la perspectiva actual de la utilización de recursos renovables para cuidado del medio ambiente, y no garantiza el acceso a una energía asequible, por tanto, se tiene poca relación a los objetivos de desarrollo sostenibles de las naciones unidas, específicamente el ODS 7 (FAO, 2018).

En trabajos actuales desarrollados en centros de estudio superior ya se ha previsto la automatización de estos procesos agrícolas y se han elaborado proyectos que solucionan el mal manejo que requiere un sembrado manual, no obstante se sigue teniendo la problemática del tratado de las semillas como es el caso de la sembradora lineal en bandejas de germinación , en el cual realizan distintos procesos de control que no satisfacen el problema mencionado, por lo tanto se sigue presentando una baja producción de plántulas.

El mercado internacional destinado a proponer alternativas de sembrado de semillas en bandejas, ofrece variedades de máquinas que realizan dicho proceso, no obstante, la inversión que implica para adquirir una de ellas a una pequeña empresa es extremadamente elevado (Mariano Vidal Universidad de Zaragoza, 2015), incluso son máquinas que requieren una exportación y en Ecuador tampoco se ha desarrollado un prototipo más económico que facilite la siembra a los agro gestores, un ejemplo de esto es lo que muestra (Barionuevo, 2015), el cual diseña y construye una máquina sembradora automática de semillas en bandejas en el cual cumple con un sembrado de mayor rendimiento, pero los

costos no van acorde a lo establecido, perjudicando y haciendo de esta manera un mercado no accesible para todos los agricultores, sin lograr un desarrollo inclusivo.

Por otro lado (Acosta, 2014) pone énfasis en realizar una siembra que permita generar una producción competitiva y eficiente, para lo cual desarrolla una máquina con características que busca este estudio. Este prototipo integra: un sistema neumático para la toma de semillas desde el almacenamiento, motores DC (PaP) con distintos grados de libertad en el depósito de semillas en bandejas de germinación y un MCU encargado del control.

1.2 Justificación

En la agricultura contemporánea se ha venido desarrollando técnicas relacionadas a la agricultura de precisión teniendo en cuenta los beneficios que esta produce, tal como reducción de costos, mejor distribución en el uso de insumos, mayor rendimiento en el proceso de siembra y recolección de productos. Actualmente se están desarrollando procesos de automatización para el sembrado debido a que es necesario la supervisión constante de la semilla, claro está que no se ha dejado de lado los procesos tradicionales de análisis de suelo y cosecha (Larín, 2018). Gracias a los beneficios que otorga los métodos tecnológicos agrícolas ha llamado la atención de los PYMES, especialmente en el impacto positivo que genera el proceso de siembra y de recolección, obteniendo ganancias empresariales y un posicionamiento en el mercado.

Otra situación que se debe considerar es la demanda estacional donde los agricultores encargados de la germinación de plántulas cuentan con grandes pedidos de su producción. Situaciones que ha llevado a varias PYMES a restructurar su visión productiva, tal es el caso de la empresa Produplantas El Rosal, ubicado en la parroquia de Nayón, cantón Quito, provincia de Pichincha, la cual presenta como marco empresarial de visión, “Ofrecer a sus clientes plántulas de alta calidad y germinadas en el menor tiempo posible”, por lo que se adapta a los beneficios de implementar una máquina que se adapte a las actuales condiciones de producción. Es así que en este estudio se pretende desarrollar una máquina sembradora lineal automatizada, misma que está constituida por una bandeja de germinación y un sistema de control para una técnica de punzonado.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Desarrollar una máquina lineal autónoma mediante un sistema de control electrónico para la siembra de dos tipos de semillas en bandejas de germinación.

1.3.2 Objetivo Específico

- Investigar sobre el mecanismo que ejecuta una maquina lineal, para la implementación de un sistema electrónico, mediante la indagación en una base de datos científicos y repositorios universitarios.
- Diseñar la estructura de una maquina sembradora lineal automatizada que permita la aplicación de semillas de germinación en una bandeja, mediante paquetes informáticos CAD.
- Desarrollar un sistema de control realimentado en lazo cerrado que permita el movimiento de un punzón en la aplicación de semilla de germinación mediante sistemas embebidos y software especializado.
- Verificar el funcionamiento de la maquina lineal autónoma de sembrado en bandejas de dos tipos de semillas, para su validación a través de pruebas experimentales de campo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Método de sembrado de semillas de germinación

Cuando se trata de siembras en viveros implementa el uso de diversos procedimientos que permiten realizar el proceso de forma tradicional y manual, es decir con implementos agrícolas, utilizando tecnología. Siendo así se requiere un alto grado de automatización por lo que se puede caracterizar el proceso de siembra en tres categorías diferentes: manual, automatizado y automatizado. (Cortes & Vargas, 2020)

Figura 2.1: Método de siembra de semillas

Tipos para la siembra de semillas, (Montero D., 2020)

2.2 Sembrado Automatizado

La siembra automática utiliza mecanismos avanzados que le permiten optimizar recursos y tiempo. La sembradora automática puede ser operada por electricidad, neumática, vacío, aspersión de agua y tambor giratorio. Este método de cultivo automático es más eficiente que el cultivo manual porque se puede cultivar a gran escala. (Acosta, 2014)

Figura 2.2: Sembrado automatizado

Invernadero automatizado con Arduino (Insta, T. 2019)

2.3 Sembrado en Bandejas

Este proceso de siembra se lo realiza manual aunque con el avance de la tecnología puede ser automatizado, pero esto sería posible de acuerdo al nivel de progreso y técnicas innovadoras que se disponga en la plantación**,** independientemente del método de sembrado que se utilice**,** la siembra de semillas en bandejas de germinación se obtiene mediante 6 ciclos continuos para un acertada ejecución de la misma, los cuales son: cargado de sustrato, rasado, punzonado, siembra propiamente dicha, recubrimiento con sustrato y riego. (Barrionuevo, Arteaga, 2015)

Figura 2.3: Sembrado en bandejas

Siembra en bandejas con sustrato (Saldarriaga, V., 2012)

2.4 Método de Punzón

La unidad de punzonado ha desarrollado una herramienta que permite punzonar la fila con cada avance del transportador, el movimiento de los punzonadores será lineal y esta dirigido por mecanismo biela-manivela y accionado por un motorreductor de corriente continua. Al momento de tener un sensor presente el sistema se activará y la postura del codificador indique la posición de cada fila de celtas (Arias & Gómez, 2011)

2.5 Método de Succión para toma de semillas

Los métodos de succión se usan para una variedad de cultivos, como los contadores de succión, que se usan con diferentes tipos y formas de semillas, sin embargo, se limitan a semillas muy grandes como las bayas. Funcionando bien, el sistema consta de tres partes básicas: el sistema de succión, el panel de mostrador y la válvula de liberación rápida. A diferencia de hacer la operación por vibración, tiene más control, ya que el sistema neumático es reconfigurable y puede especificar la presión a operar y, por lo tanto, la fuerza con la que se aspira el grano sin retro ajuste. (Franco, 2012)

2.6 Condiciones de sembrado según el tipo de semilla

2.6.1 Condición de sembrado de semilla tipo 1

No se recomienda sembrarlo en forma directa. Se cultiva mejor en bandejas de plástico polipropileno y perforaciones durapax 200, por lo que, para asegurar un buen crecimiento y desarrollo, no hay plagas, hay que resguardarlas dentro del invernadero. La bandeja debe colocarse sobre una mesa plana o enrejado para evitar el encharcamiento.(Pereira, 2021)

Figura 2.4: Siembra de semilla tipo 1

Siembra de semillas de lechuga (Roa, Y., 2017)

2.6.2 Condición de sembrado de semilla tipo 2

Para la siembra de semillas de acelga, es necesario tener en cuenta las etapas de germinación necesarias para obtener una mejor calidad de la resistencia de las plántulas. Dado el tamaño de las semillas de hortalizas, estas requieren de las condiciones necesarias para que germinen en los lugares adecuados para ellas. Debido al tamaño pequeño y desigual de las semillas y al bajo rendimiento de germinación,es óptimo que ciertas semillas requieren ser almacigadas (Nata, 2011)

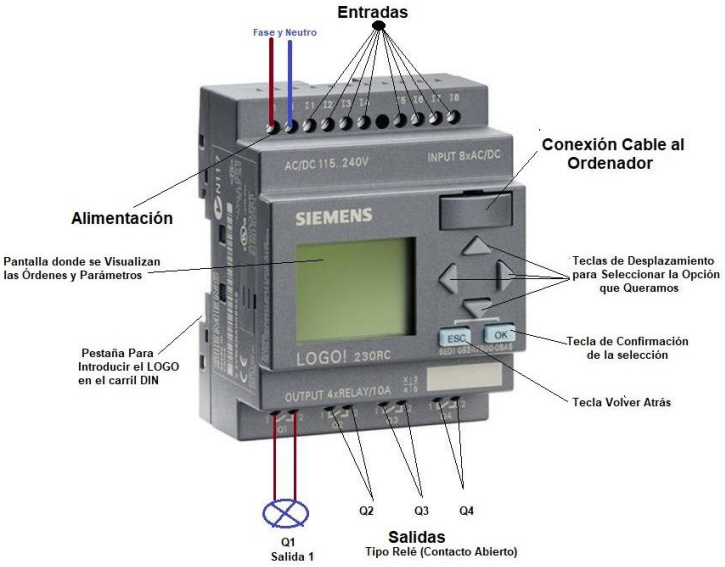
Figura 2.5: Condición de siembra de semilla tipo 2

Siembra de semillas de acelga (Balaudo, L., 2020)

2.7 Siemens PLC LOGO

Un autómata programable o PLC es un dispositivo electrónico que proporciona una solución para controlar circuitos automatizados complejos. A menudo se le llama controlador lógico programable (PLC) porque los comandos de salida son ejecutados por un programa ingresado previamente en el logotipo. El programa, introducido por el técnico anterior, trabaja en base a la información que recibe el sensor o la entrada, y trabaja en la salida. (Mendoza Peñaloza, J. A., Barrera, D., Neira, L. E., & Pardo, A., 2009)

Figura 2.6: PLC LOGO Siemens

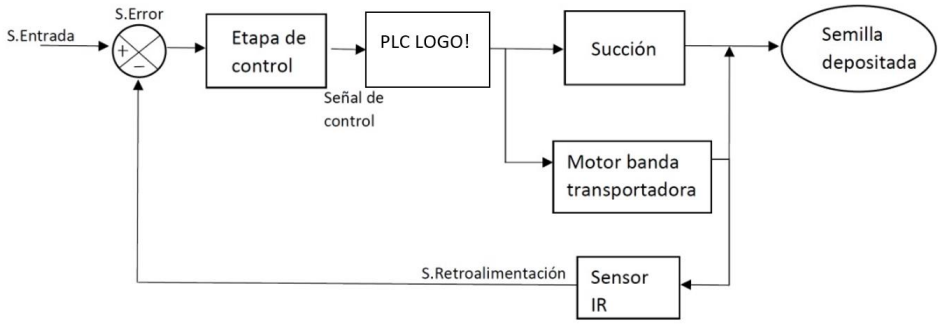


PLC LOGO Siemens 230RC AC/DC 115-240V (Mendoza Peñaloza, J. A., Barrera, D., Neira, L. E., & Pardo, A., 2009)

2.8 Sistema de control en lazo cerrado

En un sistema de control de lazo cerrado, se tiene el sistema de la entrada junto con la etapa de control, que le sigue el sistema embebido que es el logo, luego en la activación de la succión y el motor de la banda transportadora estos 4 son retroalimentados mediante un sensor para tener como finalidad depositar la semilla de germinación.

Figura 2.7: Sistema control lazo cerrado

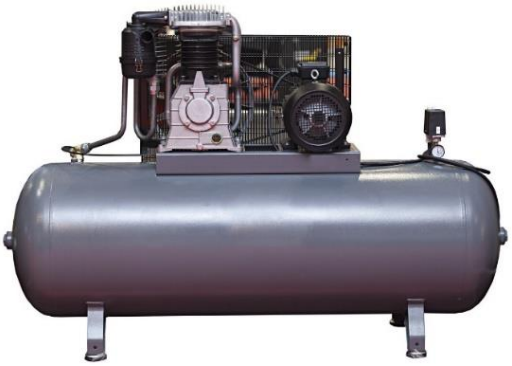


Sistema del proyecto a implementar, Autores: Cristhian Correa y Ivonne Quishpe

2.9 Compresor

Desde la revolución industrial los compresores industriales son muy importantes al igual que las maquinas del vapor independientemente de su uso son necesarios a la hora de utilizar aire comprimido debido a que son más utilizadas en el área industrial, y muy importante ya que se le considera como la cuarta necesidad que hacen uso después del agua, electricidad y el gas natural. (Atlas Copco, n.d.)

Figura 2.8: Compresor



Ejemplo de compresor de aire (Roa, Y. 2017)

2.10 Transformador 110 a 220 (voltios) de 200 vatios.

El transformador permite ingresar 220 voltios con una salida de 110 voltios causando así el aumento o disminución de voltaje en el circuito de CA, manteniendo la fuente de alimentación conectada al equipo utilizado, transformando energía eléctrica de CA de un cierto nivel de voltaje. (R., J. L. 2018)

Figura 2.9: Transformador

Transformador de 110v a 220v de 200w (n.d.)

2.11 Bomba de vacío.

La bomba extrae moléculas de gas de un volumen cerrado, creando un vacío parcial. Los mismos operan solo en un rango de presión limitado; Por este motivo, el vaciado de los sistemas de vacío se realiza en varias etapas, utilizando un tipo de bomba diferente para cada etapa. (Lopez J. n,d)

Figura 2.10: Bomba de vacío

Bomba para absorción (Perez A., 2022)

2.10 Relevadores

Un relé, es un instrumento electromagnético que se encarga de permitir y obstruir un paso de corriente eléctrica activándose bajo esta misma energía, además, esto permite evitar daños a los dispositivos electrónicos que contienen conectados, protección usada. (Relevadores., 2021)

Figura 2.11: Relevador

Tipos de relevadores (Mecafenix, I., 2017)

2.11 Unidad de mantenimiento FRL

Está diseñada para filtrar el aire comprimido en la planta se denomina filtro, regulador y lubricador. Este mecanismo de vanguarda depende de aire comprimido de alta índole para aumentar la eficiencia, garantizar un aire acondicionado óptimo, prolongar el ciclo de vida de los activos y respaldar un buen trabajo. (Mancuzo, G. 2020)

Figura 2.12: Unidad de mantenimiento

Unidad de mantenimiento FRL (Mancuzo, G. 2020)

2.12 Electroválvula 2 posiciones tres vías con silenciadores

Las válvulas solenoides se utilizan para dirigir el flujo de aire comprimido a varias partes del circuito neumático. Frente a cada corredera de la válvula estas cuentan con su postura asignada, correspondiente a diversas salidas, están aptas de acuerdo con la manipulación de la válvula. (Brun, A. 2019)

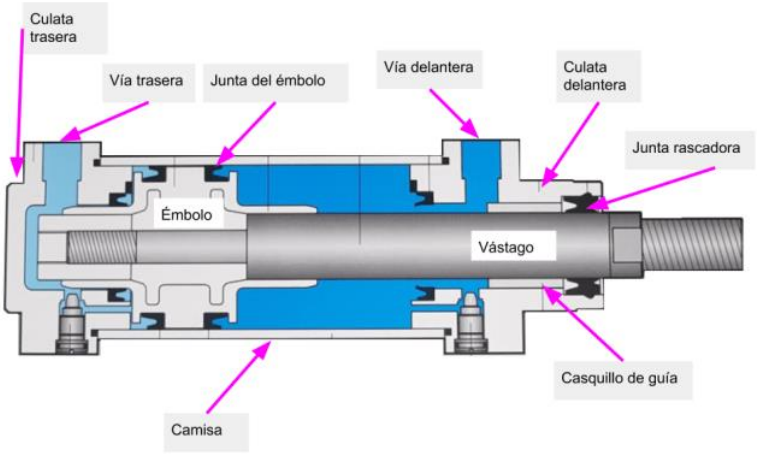
Figura 2.13: Electroválvula

Electroválvula 2 posiciones tres vías con silenciadores (2022)

2.13 Cilindro doble efecto

Estos cilindros que son de doble efecto tienen dos tomas de aire, por pistón, capaces de inducir el movimiento en ambos sentidos, hacia delante y hacia atrás, a diferencia del funcionamiento de los cilindros de simple efecto. (Sumifluid, C. P.,2018)

Figura 2.14: Cilindro



Cilindro doble efecto (Cilindros neumáticos, 2013)

2.14 Tobera neumática de 1 a 2 vías

La boquilla ejecuta el impulso directamente del aire a presión en el tubo, por lo que es de suma importancia en el buen funcionamiento de la limpieza general. A su vez, esto permite la conversión de calor y presión de fluido en energía cinética. (Buisan, J., Coll, L., & Valencia, E., n.d.)

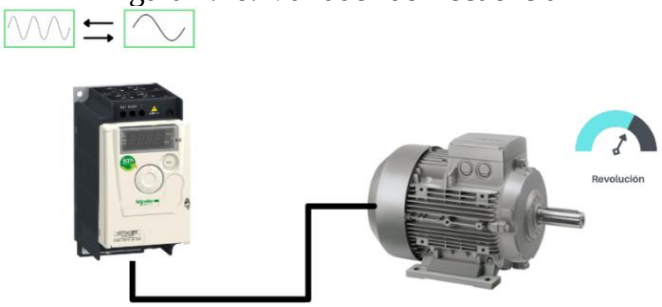
Figura 2.15: Tobera

Tobera neumática de 1 a 2 vías (n.d.)

2.15 Variador de frecuencia

El variador es un dispositivo de alta calidad que gestiona la velocidad, frecuencia y el par del motor mediante el control de su voltaje y frecuencia de entrada, lo que permite una buena relación entre la velocidad del motor y las condiciones de salida del conductor. (Ancón, A. T., & De Velocidad, L.-P. V. n.d.)

Figura 2.16: Variador de frecuencia



Motores eléctricos trifásicos (2017)

2.16 Sensor capacitivo

El sensor capacitivo actúa como un interruptor electrónico, trabaja sin contacto frente al objeto con el que va a detecta, no solo metales sino otros materiales más, este sensor es adecuado para controlar la presencia de medición a distancia en espacios reducidos, considerados aptos para distintas aplicaciones que así desee utilizar. (Sensor capacitivo., 2018)

Figura 2.17: Sensor

Sensor de proximidad capacitivo (nd., 2021)

2.17 Motor 24 voltios

El motor a 24 voltios es considerado también un motor de pasos realiza su funcionamiento como actuador electromagnético rotatorio que convierte de forma mecánica entradas de pulsos digitales a movimientos rotatorios incrementalmente de la flecha. (Canto, C., n.d.)

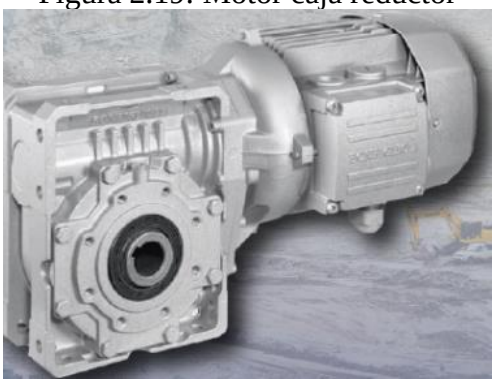
Figura 2.18: Motor 24v

Motor a 24 voltios (N.d.-b)

2.18 Motor caja reductora

Un motor de CC es un dispositivo eléctrico giratorio que convierte la energía eléctrica de CC en energía mecánica. Los cálculos para el diseño determinan el mejor motor y caja de cambios para su aplicación. También determina la relación de transmisión, el par, la masa rotacional, el factor de servicio, la sobrecarga y el análisis de prueba. Los reductores de las series A y C son una herramienta funcional para el mundo de la moto. (Ecuador, I., 2020)

Figura 2.19: Motor caja reductor

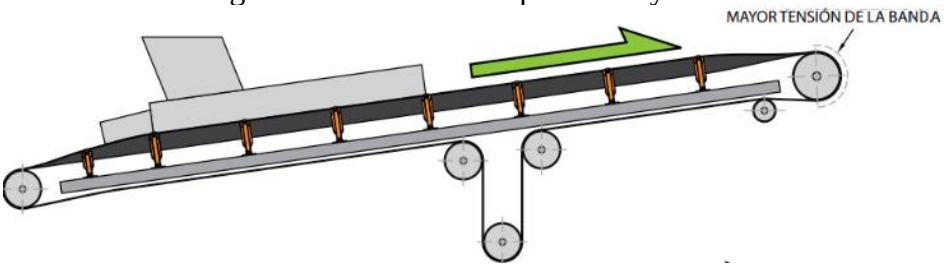


Motor caja reductora 220v (Ecuador, I., 2020)

2.19 Banda transportadora

La banda transportadora se ha utilizado desde la antigüedad, a diferencia de que con la actualidad han ido evolucionando siendo de mucho uso en la parte industrial a la hora de ejecutar su trabajo. Durante la rotación del rotor, el transportador también gira por causa de una fuerte fricación entre la rueda del rotor y la correa. Dicho proceso permite el movimiento en una dirección y el otro lado se mueve en la dirección contraria, lo que significa que ambas ruedas deben moverse siempre en la misma dirección. En sentido antihorario o antihorario. (Meprosa, P. 2018)

Figura 2.20: Banda transportadora y cinta.



Ejemplo de la banda transportadora (Spinozzi, D., 2020)

2.20 Manguera neumática

Permite el transporte de aire, dependiendo del uso que requiere darle, para el sistema neumático dependiendo del número de manguera. (Manguera Neumática PUN, 2016)

Figura 2.21: Manguera neumática

Ejemplo de mangueras neumáticas (Manguera Neumática PUN, 2016)

2.21 Disyuntor

El disyuntor (un breaker eléctrico) como un interruptor automático, es considerado un dispositivo que permite la interrupción o da paso de abrir un circuito eléctrico cuando se presenta un error o falla de aislación en una instalación eléctrica. Adicionalmente sirve para proteger no solo a los dispositivos eléctricos mismos sino a las personas que se encuentran operando estos dispositivos. (*eenergie-shop.es* ®., 2020)

Figura 2.22: Disyuntor

Disyuntor (un breaker eléctrico) (R., J. L., 2017)

2.22 Jeringa

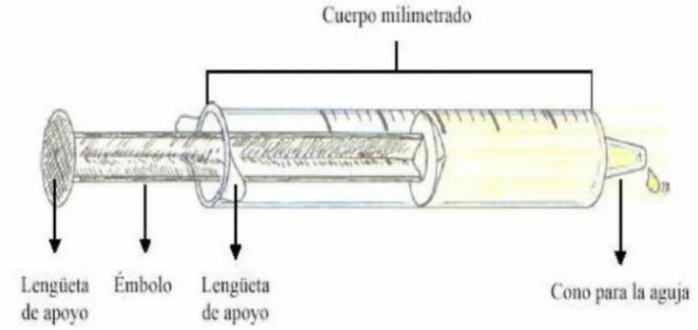
Existen diferentes tipos de jeringas con diferentes medidas, para distintos usos de acuerdo a su uso, recordando que son estériles y fáciles de emplear junto con las agujas dependiendo el calibre, todas las jeringas son de uso común y se puede visualizar su anatomía a continuación . (Hernández, T. T. J. M., n.d.).

Cuenta con:

- Un cuerpo molineteado
- Lengüeta de apoyo

- Émbolo
- Cono para la aguja

Figura 2.23: Jeringa



Anatomía de la jeringa (Hernández, T. T. J. M., n.d.).

2.23 Agujas Hipodérmica

Las agujas hipodérmicas se utilizan para distintas acciones en el área de la salud. Consiste en una aguja de distinto calibre que generalmente se usa con en conjunto con una jeringa de dos o tres boquillas. (Antonio, G., 2018)

Figura 2.24: Agujas hipodérmicas

Agujas hipodérmicas para enfermería (Antonio, G., 2018).

CAPÍTULO III

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

3.1 Análisis del diseño del proyecto

Dentro del marco técnico del proyecto se requieren los lineamientos necesarios y requeridos para realizar el sembrado de dos tipos de semillas en bandejas de germinación, para el cuál se describe el diseño planteado por el software de diseño asistido por computador (CAD), que mediante el mismo se podrá implementar para su respectivo funcionamiento con pruebas, error y, por consiguiente, se detallan las especificaciones del proyecto propuesto.

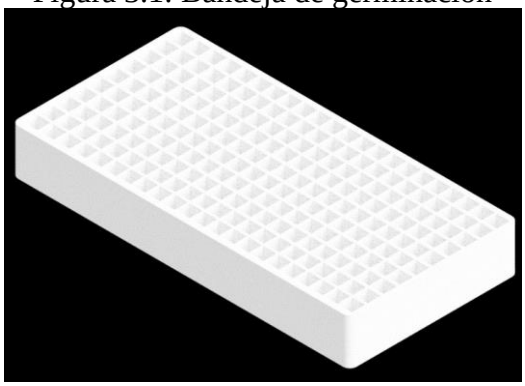
3.1.1 Descripción del desarrollo del prototipo

El sistema del proyecto tiene como base la siembra de dos tipos de semillas de acelga y lechuga de forma automática en una banda transportadora que permite la movilización de la bandeja de germinación junto con el sistema neumático para la ejecución de un cilindro doble efecto que permite la movilización de jeringas para la toma de semillas y embudos para que la semilla se siembre de forma centrada en cada orificio de la bandeja a bajo costo y con mayor tiempo eficaz de producción en la siembra.

3.1.2 Características de la bandeja de germinación

La bandeja que se tiene para la siembra de semillas tiene de ancho una medida de 13cm y de largo 26.cm 13 celdas por 26 columnas como se observa en la siguiente imagen con un total de 338 cavidades para sembrar.

Figura 3.1: Bandeja de germinación



Diseño del semillero en el software Inventor 2022, Ivonne Quishpe y Cristhian Correa

3.2 Características de las semillas

3.2.1 Semillas de lechuga

La lechuga considerada como uno de los pocos vegetales que tolera la sombra y el ambiente de siembra necesario es al momento de recibir el sol en el día y al finalizar la tarde tomando así en consideración las características de la semilla para conocimiento al momento de sembrar cada una de las semillas y obtener una excelente germinación. (n.d., 2021)

Tabla 3.1: Características de la semilla de lechuga.

Nombre Científico	Lactuca sativa var. longifolia
Nombre común	Lechuga
Familia	Asteraceae
Género	Lactuca
Altura máxima de la planta	1 a 3 cm
Tiempo de germinación	1-2 semanas
Profundidad de siembra	1 cm
Ambiente de germinación	Bandeja de germinación

Tabla de las características que tiene la semilla de lechuga, Fuente: (n.d., 2021)

3.2.2 Semillas de acelga

La acelga es una planta que destaca por sus hojas verdes favorables a la hora de utilizarlas como alimento saludable para el ser humano, tomando así en consideración las características de la semilla para conocimiento al momento de sembrar cada una de las semillas y obtener una excelente germinación. (D'Alessandro, M., 2017)

Tabla 3.2: Características de la semilla de acelga.

Nombre Científico	Beta vulgaris var. cicla
Nombre común	Acelga
Familia	Quenopodiáceas
Género	Lactuca
Altura máxima de la planta	15 cm
Tiempo de germinación	50-60 días
Profundidad de siembra	0.5 cm
Ambiente de germinación	Bandeja de germinación

Tabla de las características que tiene la semilla de acelga, Fuente: (Acelga., 2015)

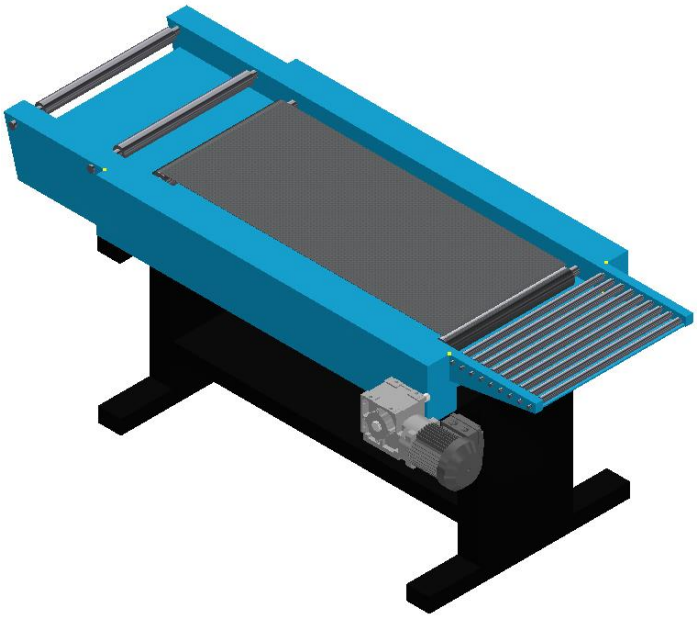
3.3 Diseño del prototipo transporte de la bandeja

Realizado el análisis tanto de los elementos o partes para la implementación de la máquina sembradora se desarrolló el diseño de la misma permitiendo que realice el objetivo previsto de sembrar dos tipos de semillas y conjuntamente se da a conocer a continuación los diseños necesarios para llevar a cabo el proyecto.

3.3.1 Diseño de banda transportadora.

Para el mecanismo de movimiento de la bandeja de germinación se realiza el diseño de una banda transportadora como se puede ver en la figura 3.3 que permite realizar este proceso acorde el tamaño de la bandeja, la banda cuenta con motor reductor de ½ hp y corriente contina dando un mejor rendimiento en la banda y permitiendo el proceso de siembra.

Figura 3.2: Diseño de la Banda transportadora



Prototipo del diseño de la banda transportadora en el software Inventor 2022, Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

El diseño que se puede visualizar se lo realizo mediante el software Inventor de la versión 2022, a través de la gráfica el sistema de movimiento de la bandeja de germinación en el que se indican las piezas que conforman la misma.

Tabla 3.3: Elementos del diseño.

Elemento	Cantidad
Rodillos motriz y tensor	2 u
Estructura metálica	2 u
Cinta soporte de la bandeja	1 u
Motor Reductor DC	1 u
Rodillos soporte de la bandeja	2 u (izquierdo)
Rodillos soporte de la bandeja	9 u (derecha)
Soporte de la banda transportadora	1 u

Tabla de las características que tiene la semilla de acelga, Fuente: (Acelga., 2015)

A continuación, se puede visualizar en la siguiente figura la banda transportadora que se adquirió para permitir el movimiento de la bandeja de germinación, dándole mantenimiento siendo este el motor reductor que este permita ser controlado mediante un variador de velocidad para que realice su respectivo funcionamiento.

Figura 3.3: Prototipo de la Banda transportadora

Imagen de la banda transportadora, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

3.4 Motor reductor para la banda

Y juntamente con la banda para que realice el funcionamiento se debe a su motor reductor CA que es de ½ hp trifásico de 400w con engranajes de alta resistencia y accesibilidad de ser montado en cualquier dirección con su diseño de anillo deslizante. Eje paralelo (Montaje con patas o con bridas), eje hueco en ángulo recto y tipos de engranajes de eje sólido en ángulo recto (n.d.).

Figura 3.4: Motor reductor

Imagen del motor reductor ½ hp trifásico, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

3.5 Variador de frecuencia Altivar implementado

El variador de velocidad permitirá que realice el funcionamiento del motor conforme a las normas EN 954-1 con arranque rápido permitiendo un accionamiento rápido, satisfactorio en el resto de su utilización, para ello se debe programar el variador que a continuación se indica el procedimiento que se realiza para que tenga movimiento la cinta.

Tabla 3.4: Parámetros de puesta en marcha del variador.

Código	Nombre/Descripción	Ajuste
ACC	[Rampa aceleración] Tiempo necesario para acelerar de 0 a la Frec. nom, Motor	3,0 s
dEC	[Rampa deceleración] Tiempo necesario para decelerar desde la Frec. nom, Motor a 0.	0,1 s
LSP	[Velocidad Mínima] Frecuencia del motor con consignia mínima, ajuste de 0 a Vel. máxima	0

Tabla de los parámetros en marcha y parada, Fuente: (Schneider Electric, 2009)

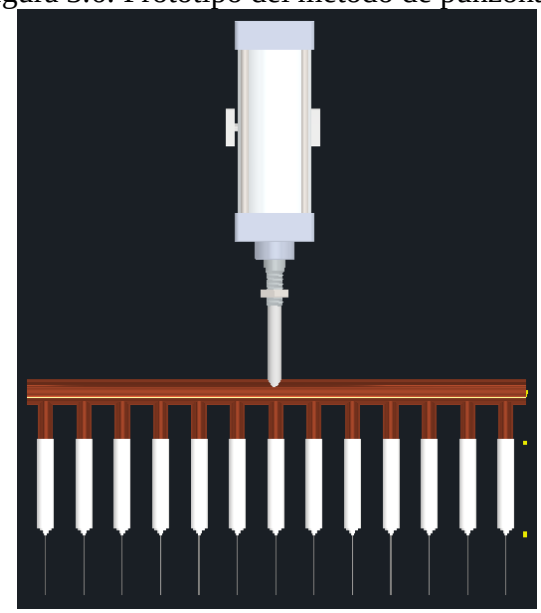
Figura 3.5: Variador Telemecanique Altivar 31

Imagen del variador 4Kw/5hp – 200/240v, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

3.6 Diseño del método de punzado

El método de punzado se puede visualizar en el prototipo creado para el funcionamiento de siembra este proceso se desarrolla mediante cuatro pasos, en el cual se realizó el uso de un cilindro que permite ejecutar el mecanismo de arriba hacia abajo del sistema en conjunto de las inyecciones que serán las que tomen las semillas y permitan realizar la siembra.

Figura 3.6: Prototipo del método de punzonado



Diseño del prototipo de método de punzonado en el software Inventor 2022, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

3.6.1 Diseño del sistema de succión

Como se visualiza en la figura 3.6.1 se encuentra el diseño del prototipo que se utiliza para realizar el funcionamiento de succión conjunto con las inyecciones, gracias al aire de la bomba de vacío que se ejecuta al accionar todo el mecanismo del proceso de la siembra, permitiendo el paso de aire por cada uno de los orificios que requiere la bandeja de germinación.

Figura 3.7: Prototipo del sistema de succión

Diseño del sistema de succión en el software Inventor 2022, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

3.6.2 Prototipo de inyección

Como se visualiza en la figura 3.6.2 se encuentra el diseño de la estructura del sistema de succión en el cual el sistema de inyección se considera mediante el calibre necesario de la aguja y para absorber la semilla.

Figura 3.8: Diseño de Inyecciones

Diseño del prototipo de inyecciones en el software Inventor 2022, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

3.7 Calibre en las agujas hipodérmicas

Como se visualiza en la siguiente figura existen distintos calibres de agujas el cual se utiliza dependiendo del tamaño de la semilla, ya sea grande o pequeña el calibre de la aguja debe ser acoplado al mismo.

Figura 3.9: Calibre de agujas

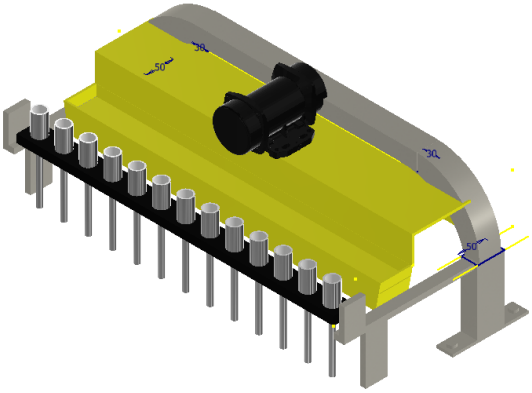
Sistema inglés		Color	Sistema métrico	
Diámetro	Longitud pulgadas		Diámetro	Longitud milímetros
18G	1 1/2	Rosa	1,20	40
19G	1 1/2	Marfil	1,10	40
19G	1 1/4	Marfil	1,10	30
19G	2	Marfil	1,1	50
20G	1 1/2	Amarillo	0,9	40
20G	1	Amarillo	0,9	25
20G	2 3/4	Amarillo		
21G	1 1/2	Verde	0,8	40
21G		Verde	0,8	50
21G	1	Verde	0,8	25
21G	4 3/4	Verde	0,8	120
22G	1 1/4	Negro	0,7	30
23G		Azul	0,6	30
23G	1	Azul	0,60	25
23G	2 3/8	Azul	0,6	30
25G	1 1/2	Naranja	0,5	40
25G	1	Naranja	0,5	25
25G	5/8	Naranja	0,5	16
26G		Marrón	0,45	12
27G	1 1/2	Gris	0,4	40
27G	1	Gris	0,4	25
27G	1 1/2	Gris		
30G	1 1/2	Amarillo	0,30	12

Calibre general de las agujas hipodérmicas (Antonio, G., 2018)

3.8 Diseño del depósito de la semilla

En la siguiente figura se puede visualizar el diseño de la bandeja donde se encuentran las semillas, con un motor vibrador de 24 voltios que permita el movimiento de la bandeja haciendo que las semillas se encuentren de manera uniforme y a su vez embudos por donde las semillas caerán de forma correcta en los orificios de la bandeja.

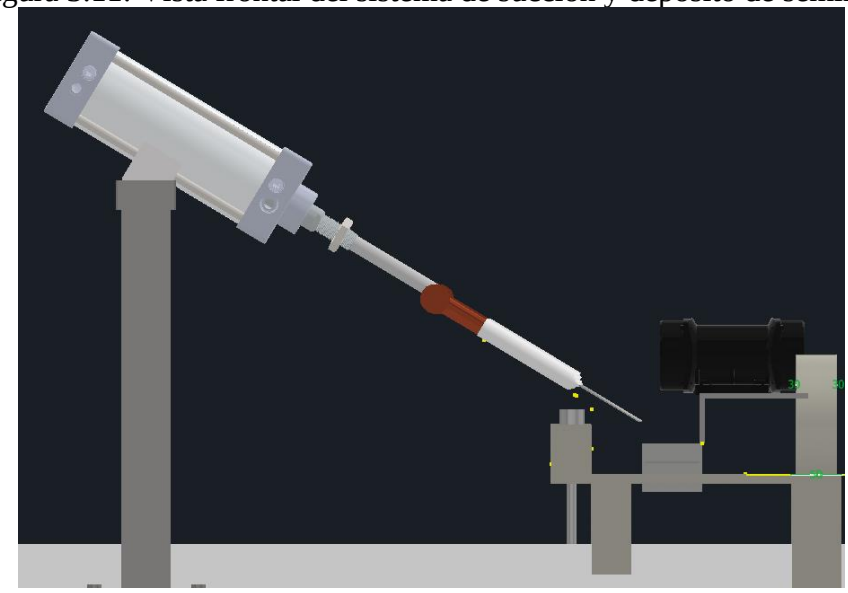
Figura 3.10: Deposito de semillas



Diseño del prototipo del depósito de las semillas con embudos en el software Inventor 2022. Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Para entender como están ubicados los elementos se puede visualizar en la siguiente gráfica el sistema de succión.

Figura 3.11: Vista frontal del sistema de succión y depósito de semillas



Unión del diseño del prototipo sistema de succión en el software Inventor 2022. Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

3.9 Diseño de la regleta para la bandeja

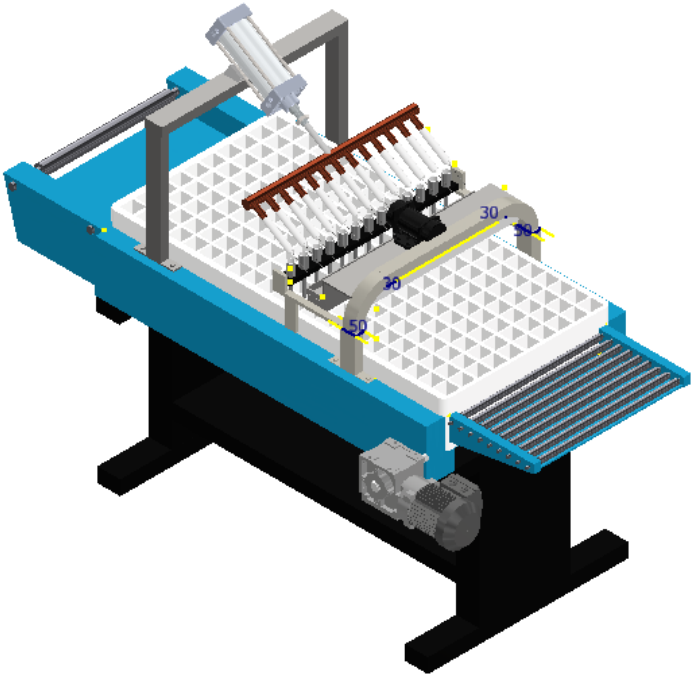
Como se puede visualizar en la siguiente figura se encuentra el diseño de una regleta con pequeños rectángulos de metal la cual se adapta a la bandeja de germinación, esto con la finalidad de que un sensor capacitivo pueda censar el metal y permita detener la bandeja para realizar el proceso de siembra en cada orificio de la misma obteniendo una calidad de trabajo en el desarrollo del proyecto.

Figura 3.12: Diseño de la regleta

Diseño del prototipo de la regleta adaptada a la bandeja en el software Inventor 2022.
Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Y posteriormente en la siguiente figura se encuentra ubicado el diseño completo que conforma todo el proceso de siembra tanto la banda transportadora, el método de succión y la bandeja del depósito de semilla respectivamente con sus embudos.

Figura 3.13: Prototipo de la máquina lineal



Diseño del prototipo de la máquina lineal sembradora en el software Inventor 2022.
Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

3.10 Sistema Embebido

Para el proyecto se realiza la programación con un sistema embebido el cual es un PLC LOGO el cuál se describe su funcionamiento y juntamente el plan que requiere el sistema para la siembra de semilla en la máquina considerando cada proceso a emplearse.

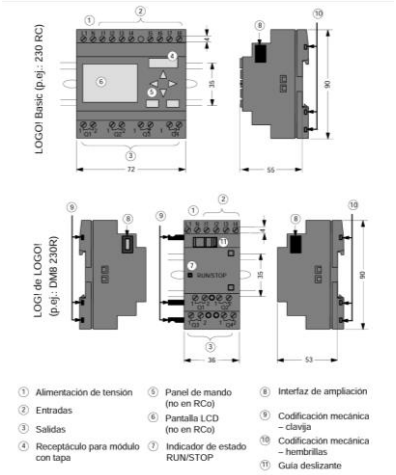
Figura 3.14: PLC LOGO!

PLC LOGO Siemens 230RC AC/DC 115-240V Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

3.10.1 Programa PLC LOGO! 230 RC

En la siguiente figura se visualiza el funcionamiento del LOGO! con módulos de entrada y salida, dependiendo si son señales digitales o análogas, su interfaz y comunicación con el programa Ladder, además cuenta con temporizadores, marcas digitales y analógicas, conexión retardada, desconexión retardada, interruptor por software, facilitando de esa manera, el uso de componentes externos.

Figura 3.15: Estructura del PLC LOGO!

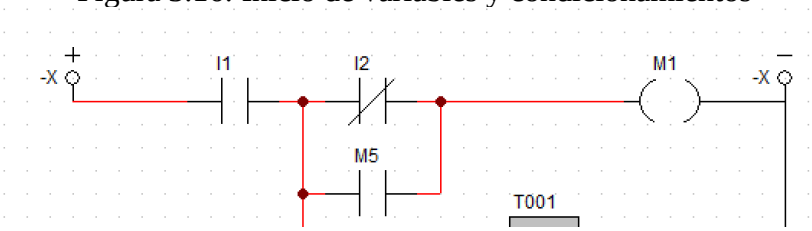


Manual de usuario LOGO! Siemens, (Siemens., 2003)

Se trabaja con contactos abiertos, cerrados, temporizadores y marcas, que hacen secuencial al programa.

Con un contacto abierto (I1), denominado el botón de start, inicializa el proceso, cuando sea presionado se cerrará el contacto permitiendo la circulación de corriente, seguido de un contacto abierto (I2) que es el sensor capacitivo capaz de reconocer si la fila de los orificios de la bandeja de germinación ha llegado al punto donde se ha seteado para que empiece con el respectivo proceso, se ha utilizado marcas, que posteriormente serán descritas como es su funcionamiento.

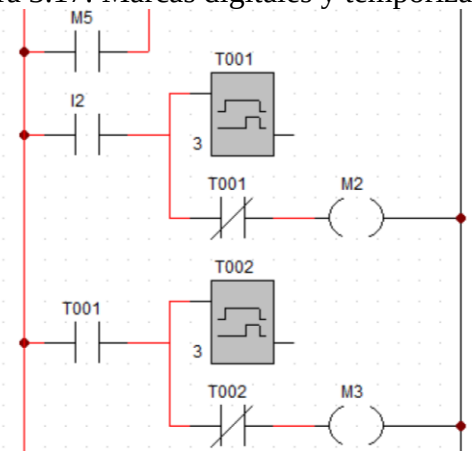
Figura 3.16: Inicio de variables y condicionamientos



Variables de entrada, puesto en marcha Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

El siguiente paso es describir la función que se realizará cuando el sensor capacitivo envíe una señal, cuando dicha señal sea receptada, la banda transportadora, es decir el actuador (Q1) se pondrá en cero, impidiendo el avance de esta y activando los temporizadores tanto para la bajada del cilindro (Q3), la bomba de vacío (Q2) y el tiempo de vibración del motor de 24V (Q4)

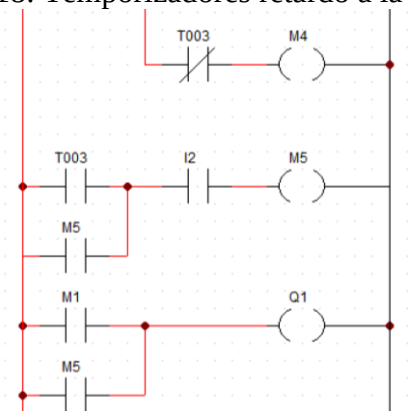
Figura 3.17: Marcas digitales y temporizadores



Accionamiento de marcas y temporizadores, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Cabe recalcar que los temporizadores son de retardo a la conexión, una vez activada la salida empieza con el otro proceso que se le ha asignado con marcas, permitiendo la activación de la salida Q1.

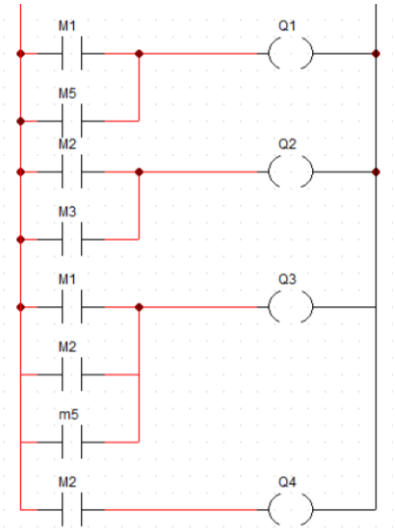
Figura 3.18: Temporizadores retardo a la conexión



Temporizador con retardo activación salida Q1, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Una vez que se ha definido el proceso, las marcas y el tiempo de cada temporizador, se procede a activar cada uno de los actuadores que han sido descritos con anterioridad, como mención se puede denotar que la marca que hace cíclico el proceso es la marca M5.

Figura 3.19: Activación de actuadores y proceso cíclico



Activación de actuadores y proceso cíclico, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

El software utilizado para la simulación y programación del algoritmo del proceso es CADe_SIMU, mismo que nos permite visualizar y realizar un proceso ordenado con todos los elementos a utilizar. ¡El LOGO! ha sido alimentado con una fuente de 110[V], la bomba de vacío con 110[V], la electroválvula es bifásica es por eso que se ha utilizado el transformador de 380[V].

La configuración del transformador inicial es de elevador, entran 110[V] y entrega 380[V], pero al trabajar con sus taps y configurándolo con autotransformador, nos queda la siguiente ecuación:

$$Vf = \frac{Vtap}{\sqrt{3}} \qquad \text{Ec. (3.1)}$$

$$Vf = \frac{380[V]}{\sqrt{3}}$$

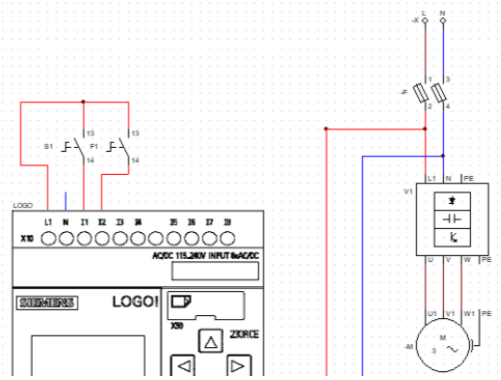
$$Vf = 219{,}30[V]$$

$$Vf \approx 220[V]$$

Por temas de evitar armónicos en circuitos que utilizan voltajes altos, se recomienda trabajar a un mismo voltaje en todos los elementos, no obstante, la electroválvula utilizada en este proyecto trabaja a 220[V], es por eso que se ha utilizado el autotransformador.

En el software CADe_SIMU se puede visualizar las conexiones a ser realizadas, primero alimentando el LOGO! con su respectivo relevador de protección.

Figura 3.20: Alimentación principal de PLC y actuadores



Alimentación principal en el software CADe_SIMU Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Con el Logo alimentado desde la toma principal de 110[V] se procede a cablear todas las salidas, con su respectivo retorno y conexión a la bornera del PLC.

Figura 3.21: Conexión de salidas del PLC

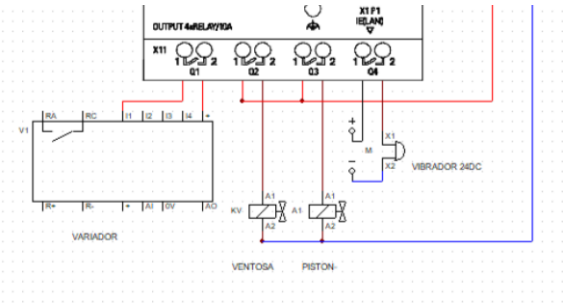


Diagrama de conexión de las salidas al PLC. Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

3.11 Sensor de proximidad

El sensor de proximidad de dos hilos, cuenta con dos cables, uno para la alimentación y el otro en serie con la carga, por lo que actúan como un contacto normalmente abierto o normalmente cerrado, según el sensor. Los dos cables que se utilizan son el marrón y el azul, que se pueden cargar en función del sensor, siempre en serie entre positivo y marrón o entre azul y negativo. (Tipos de sensores de proximidad., n.d.)

Figura 3.22: Sensor de proximidad

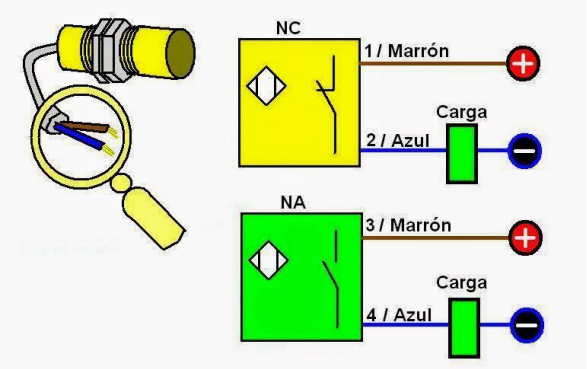


Diagrama del sensor capacitivo de dos hilos (Pin en electricidad., n.d.)

En la siguiente tabla se encuentra las especificaciones de un sensor de proximidad capacitivo.

Tabla 3.5: Especificaciones del sensor capacitivo.

Atributo	**Valor**
Tamaño de Rosca	M30 x 1.5
Tipo de Cuerpo	Cilíndrico
Tipo de Salida	PNP
Rango de Detección	10 mm
Tipo de Terminal	Conexión de cable
Tensión de Alimentación	10 → 60 Vdc
Longitud	80mm
Frecuencia de Conmutación	0 → 10 Hz
Tensión DC Máxima	60V
Corriente de Conmutación	200 mA
Material de la Carcasa	PBT
Temperatura de Funcionamiento Máxima	+70°C
Protección contra cortocircuitos/sobrecargas	Sí
Protección de Polaridad Inversa	Sí
Temperatura de Funcionamiento Mínima	-25°C

Tabla de las características que tiene el sensor capacitivo, Fuente: (CJ10-30GK-E2., n.d.)

3.12 Motor succión de semillas (Bomba de vacío)

También conocido como compresor de aire de pistón/bomba de vacío utilizado para tomar y soltar las semillas con el sistema de inyecciones, comprimiendo el aire y soltándolo.

Figura 3.23: Bomba de vacío

Test-a-pack motor de succión de semillas. Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

En la siguiente tabla se encuentra las especificaciones de la bomba de vacío.

Tabla 3.6: Especificación del compresor de aire de bomba de vacío

Atributo	**Valor**
Voltaje	115 V CA
Monofásico	60 Hz
Tamaño de entrada	1/4 pulg. NPT
Tamaño de salida	1/4 pulg. TNP
Presión	máx. PSI Cont./Int. 25/25, 27,6 pulg. Hg máx.
Vacío	Aire libre CFM a 20 pulg. Hg 0,64
Longitud total	9-5/8"
Ancho total	6-3/4"
Altura total	7-1/10"
Material del cilindro	Aluminio
Número de cilindros	2
Tipo de motor	Polo sombreado
Protegido térmicamente con Devanado de arranque de alto par	1750 RPM
Tanque	63 dBA a 60 psi

Tabla de las características que tiene la bomba de vacío, Fuente: (2688CE44., n.d.)

3.13 Motor vibrador para la bandeja de semilla

Para el movimiento de las semillas y permita la toma de inyecciones el motor vibrador permita ejercer el movimiento de la bandeja donde se depositan las semillas.

Figura 3.24: Motor vibrador

Motor de 24v vibrador para la bandeja del depósito de semillas. Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

En la siguiente tabla se encuentra las especificaciones del motor vibrador.

Tabla 3.7: Especificación del motor vibrador

Atributo	**Valor**
Tensión Nominal	24V
Corriente	3000mA
Rango de tensión	12-24
Peso	50 g Aproximadamente

Tabla de las características que tiene un motor vibrador de 24v. Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

3.14 Motor reductor especificación

Como se visualiza en la figura 3.4 se encuentra el motor reductor de ½ hp trifásico de 400w que es utilizado para el movimiento de la bandeja de germinación, y a continuación se describen las especificaciones del mismo:

Tabla 3.8: Especificación del motor reductor

Atributo	**Valor**
Material de la carcasa	Fundición de hierro
Potencia	1/2 Hp
Frecuencia	60 Hz
Tensión	220/380/440 V
Salida	1330 rpm

Tabla de las características que tiene un motor reductor. Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

3.15 Sistema neumático

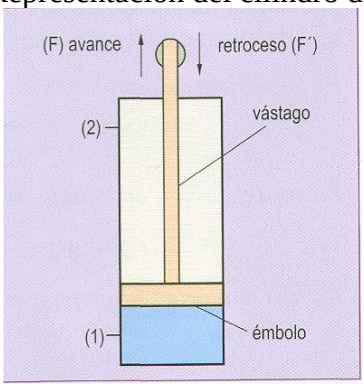
3.15.1 Cilindro de doble efecto implementado

Como se visualiza en la figura 2.14 se encuentran las partes del mismo para poder conocer y tener información de cómo se encuentra internamente el mismo y a continuación en la figura se indica su funcionamiento, ya que al momento de que el aire se encuentra comprimido este desplaza el embolo y permite la salida del vástago teniendo en cuenta el avance y retroceso del método de inyecciones.

Figura 3.25: Cilindro doble efecto implementado

Cilindro doble efecto. Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Figura 3.26: Representación del cilindro de doble efecto



Funcionamiento del cilindro doble efecto. (Cilindros de doble efecto., 2012)

3.15.2 Electroválvula

Como se visualiza en la figura 2.13 se encuentran la electroválvula, esta tiene 3 vías ya que contiene 3 puertos y 2 puertos de salida A, B y el puerto de entrada P. Esta válvula se llama válvula de dos posiciones y tres vías. Porque tiene una entrada y dos salidas (3 carriles) y puede permitir que el flujo vaya a la salida A o salida B (2 modos). (Sistemas, A. y., n.d.) . A continuación, se indica el funcionamiento que emplea esta electroválvula, ya que actúa junto con el cilindro de doble efecto**.**

Figura 3.27: Electroválvula 3v/2p

Electroválvula 2 vías 3 posiciones efecto. (Sistemas, A. y., n.d.)

3.15.3 Unidad de Mantenimiento implementada

Como se muestra en la Figura 2.12, cuenta con un filtro de aire que permite que el aire comprimido separe todas las impurezas y condensados, un regulador de presión que mantiene la presión de trabajo en un valor adecuado y finalmente un lubricador de aire para la correcta lubricación de los elementos neumáticos. la licenciatura**.** (A., H. I. S., 2019)

Figura 3.28: Dispositivo de Unidad de mantenimiento Festo

Unidad de mantenimiento FRL (Sistemas, A. y., n.d.)

En la siguiente tabla se encuentra las especificaciones de la unidad de mantenimiento.

Tabla 3.9: Especificación de la unidad de mantenimiento FRL

Atributo	**Valor**
Tipo	FRL
Rango de presión	0 a 10 Bar
Elemento filtrante	25 uM
Temperatura Max.	50 °C
Tipo	Semi Automático - Automático

Tabla de las características que tiene la unidad de mantenimiento FRL. Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

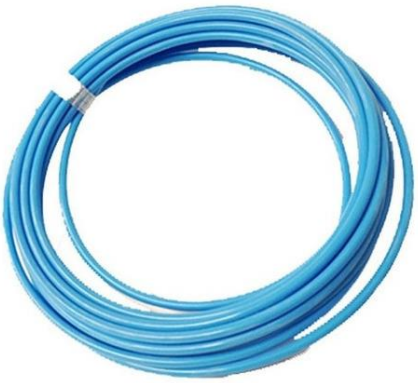
Y también se considera la manguera neumática que se encuentra en la figura 2.21 es necesaria y se utiliza tanto para el cilindro como para las electroválvulas y unidad de

mantenimiento. Para el cilindro se ocupa una manguera de 10 mm de grosor y para las electroválvulas de 8 mm de grosor.

Figura 3.29: Manguera Neumática de 10 mm

Tubo de Manguera neumática 10 m. (n.d.)

Figura 3.30: Manguera Neumática de 8 mm



Tubo Manguera Neumática 8 mm Ext X 6 Mm Int Poliuretano. (n.d.).

A continuación, se indica la tabla con las especificaciones de la manguera neumática que se utiliza:

Tabla 3.10: Especificación de la manguera neumática

Fluido	**Aire (No otros gases o líquidos)**	
Presión de Trabajo	0~150PSI	$0{\sim}9\text{kgf/cm}^2(0{\sim}900\text{kPa})$
Rango de presión	-29.9 in Hg	$-750\text{mmHg}(10\text{Torr})$
Elemento filtrante	32~140°F	$-15{\sim}60°\text{C}$
Max. Presión de alimentación	1.5 Mpa	

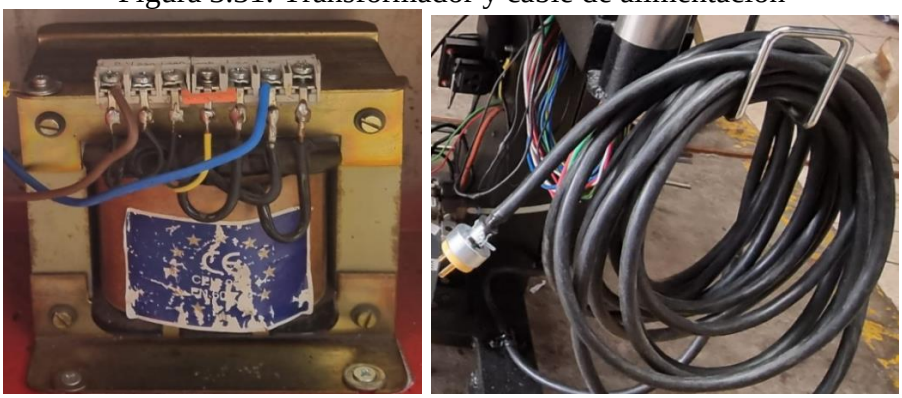
Tabla de las características que tienen las mangueras neumáticas. (Www.lsdistribuciones.com.mx 1., 2019)

3.16 Fuente de alimentación

Teniendo en cuenta las características eléctricas de cada dispositivo u componente que se va a implementar en el proyecto, se obtiene que la mayoría trabaja a 220v siendo así que a nivel general se suele trabajar a 110v en laboratorios, por tal motivo se ocupa un transformador que permita trabajar con una entrada de 220v y salida de 110v alimentando a toda la planta .

A continuación, se indica en la siguiente figura el transformador que se utiliza para que transforme el voltaje que se tiene al necesario. Y juntamente con el transformador se tiene el cable de salida general que es alimentado a la fuente de 110v.

Figura 3.31: Transformador y cable de alimentación

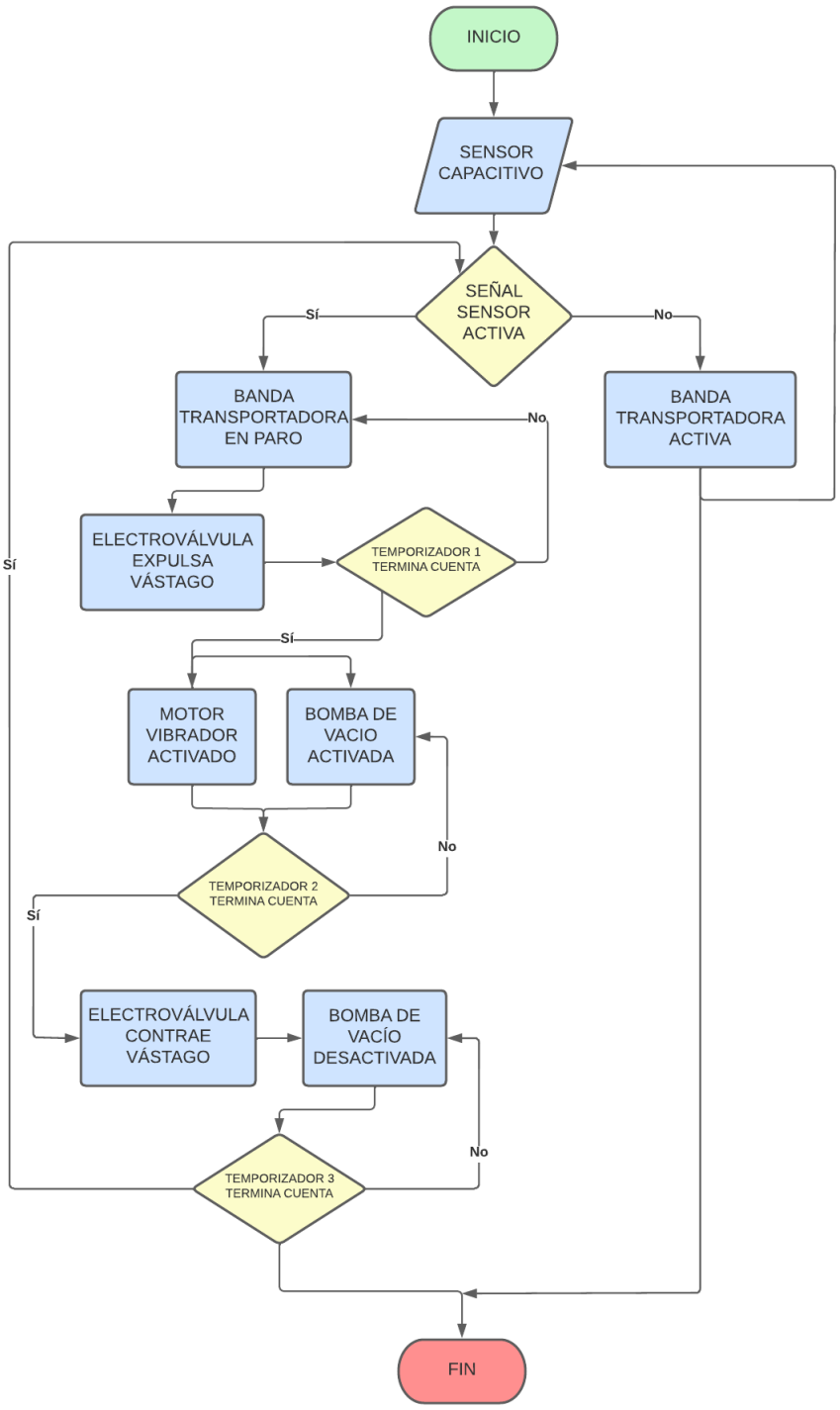


Transformador 220v in y 110 out. Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

3.17 Diagrama de flujo del proceso

En la maquina lineal se describe la lógica de programación que se ejecuta en la misma y esto puede visualizarse a continuación en el siguiente esquema gráfico, que representa el sistema de sembrado de las semillas, considerando que se tiene dos tipos de semilla el proceso es el mismo por lo tanto se explica de forma didáctica.

Figura 3.32: Diagrama de flujo de la lógica de programación



Lógica de programación para el sembrado de las semillas. Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

En los Anexos se encuentra el diagrama del proceso de siembra para mejor entendimiento.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS

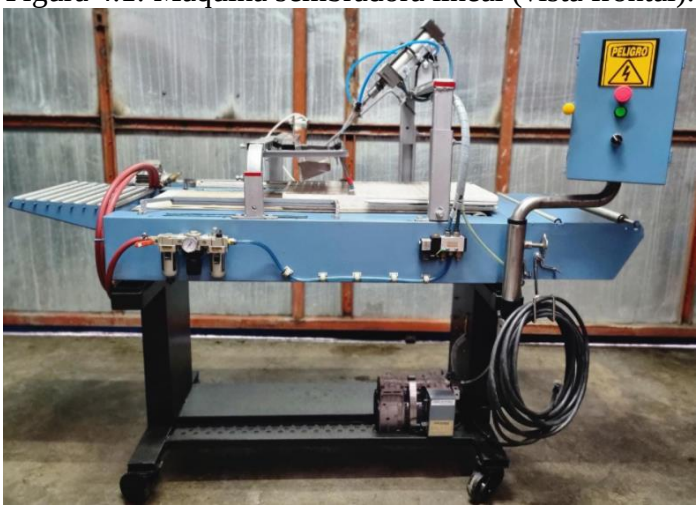
En el capítulo IV se indican los resultados obtenidos de cada análisis realizado en la máquina sembradora, tanto el funcionamiento como el comportamiento de cada componente que permite realizar el proceso requerido para finalmente comparar los resultados de siembra manual y automatizada.

Cabe recalcar que mediante el desarrollo del proyecto se realizaron algunos cambios debido a las pruebas realizadas en la máquina en conjunto con las semillas, con la finalidad de obtener mayor eficacia a la hora de ejecutar el funcionamiento de la misma, que se indicaran en el avance del capítulo.

4.1 Máquina sembradora lineal.

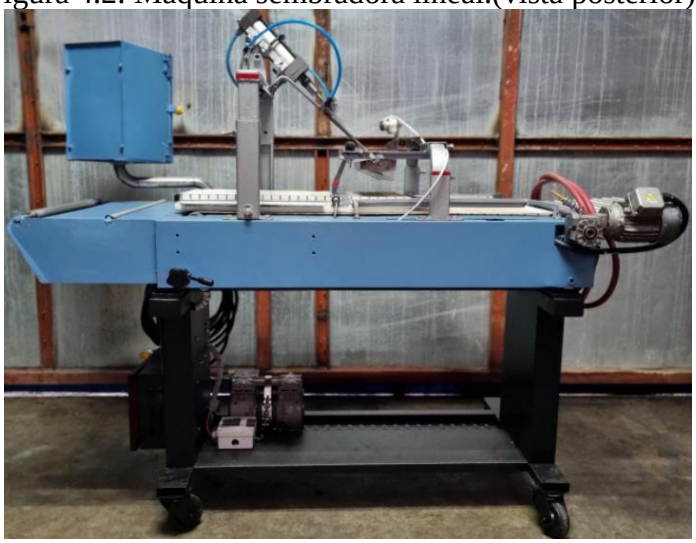
En la siguiente figura 4.1 se encuentra la vista frontal y en la figura 4.2 la vista posterior del resultado del proyecto propuesto que es la maquina lineal sembradora implementada con la estructura necesarias.

Figura 4.1: Máquina sembradora lineal (vista frontal).



Prototipo de la maquina sembradora lineal en bandejas de germinación . Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Figura 4.2: Máquina sembradora lineal.(vista posterior).



Prototipo de la maquina lineal para siembra en bandejas de germinación . Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Dentro del panel de control se cuenta con la interfaz de control teniendo un selector giratorio de encendido (on) y apagado (off), el cual al momento de accionarlo a lado derecho inicia a ejecutar el proceso de siembra, al momento de accionarlo al lado contrario apagara el proceso. Adicionalmente también se encuentra un paro de emergencia para interrumpir el proceso de siembra en caso de algún problema ya sea técnico o del operario y finalmente la respectiva señalética de precaución para el operador, a continuación, se indica en la siguiente figura:

Figura 4.3: Panel de Control de la máquina

Selector, paro de emergencia, luz y señalética, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Dentro del panel de control se encuentra ubicado el sistema embebido que es el PLC Logo junto con el variador de velocidad que se muestra en la siguiente imagen:

Figura 4.4: Interior del Panel de Control

PLC Logo, Variador de velocidad Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

4.2 Análisis de succión de la semilla

Existen muchos métodos para lograr una succión eficiente, una de ellas y por la que nos hemos inclinado en este proyecto, es trabajar con una bomba de vacío que funciona bajo el principio de tubo de Venturi e inyecciones que distribuyan la succión para cada de los agujeros que son trece.

En primera instancia se ha decidido trabajar con un tubo plástico de PVC, sin embargo, la succión ejercida por la bomba de vacío no era bien distribuida, al cambiar los acoples de entrada en los extremos presentaba un fallo, ya que generaba pérdidas de carga por el rozamiento de la tubería, no obstante, trabajaba succionando la mitad del tubo.

Figura 4.5: Distribución de succión

Sistema de distribución de succión a través de tobera. Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Cuando se procedió a realizar las respectivas pruebas, la unión de las jeringas con el tubo de PVC fue eficiente, demostrando que no existía fugas y el sistema funcionaba con normalidad.

Figura 4.6: Prueba de succión

Prueba de succión con tuvo PVC. Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Al probarlo con semillas el sistema respondía bien, acorde a los parámetros establecidos, sin embargo, cuando fue montado el sistema junto al cilindro doble efecto, la fuerza con la expulsaba y contraía el vástago, hacía que el tubo presente deformaciones, y por dichas transformaciones la succión se alteraba y el tubo presentó fricciones que generaban fugas, por tanto, se decidió cambiar de material.

Figura 4.7: Tubo PVC junto con cilindro doble efecto

Prueba de tuvo PVC con el cilindro. Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Como segunda instancia teniendo en cuenta que el plástico era muy frágil, se decidió trabajar con un tubo galvanizado, y finalmente se decidió trabajar con cobre, al ser un material no tan fuerte pero tampoco tan frágil, era el ideal para empezar a perforar una vez finalizado todo el proceso de juntas de los materiales, se procedió a probar todo el sistema en conjunto, dando resultados positivos y eficientes ante la succión y siembra de semillas.

Figura 4.8: Sistema de succión

Sistema de succión en conjunto con los elementos. Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

4.3 Pruebas de succión de las semillas

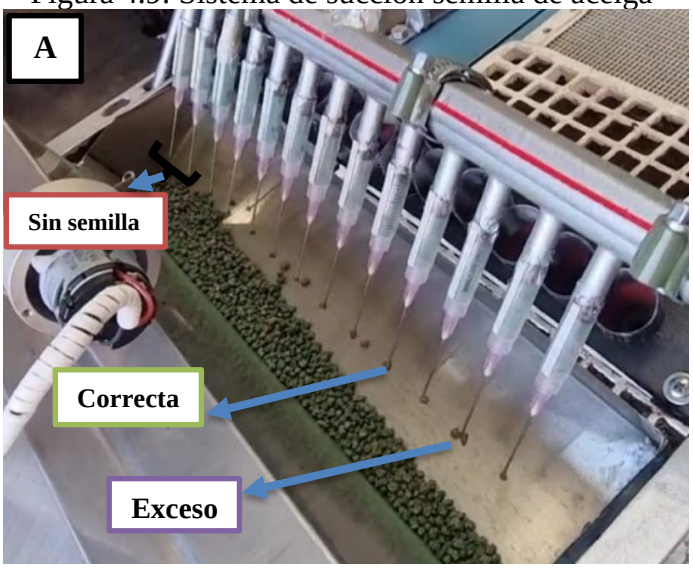
Con la finalidad de comprobar la eficiencia de la máquina sembradora lineal se realizó el análisis mediante distintas pruebas con el sistema neumático y succión por medio de la bomba de vacío y la unidad de mantenimiento. Para las respectivas pruebas se divide en dos secciones ya que se cuenta con dos tipos de semillas para las cuales se ocupó distinto calibre de aguja debido al tamaño de las mismas como se encuentra en la figura 3.9, que a continuación se ira describiendo en esta sección.

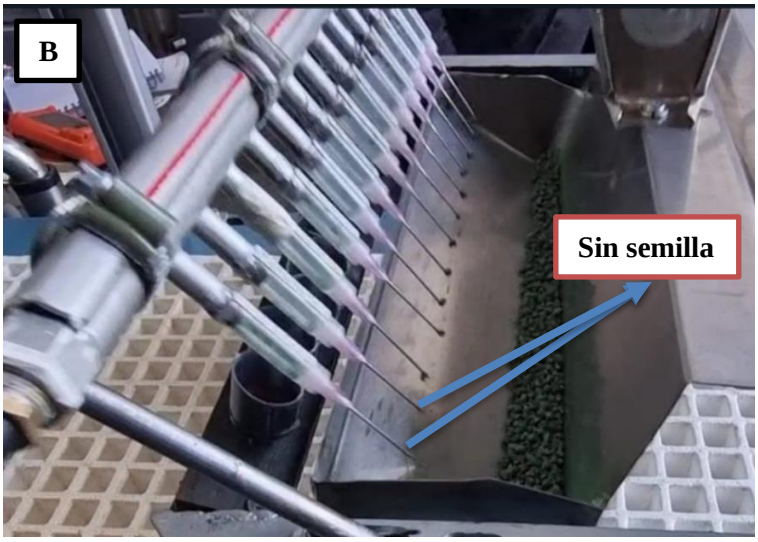
4.3.1 Prueba con la semilla de acelga

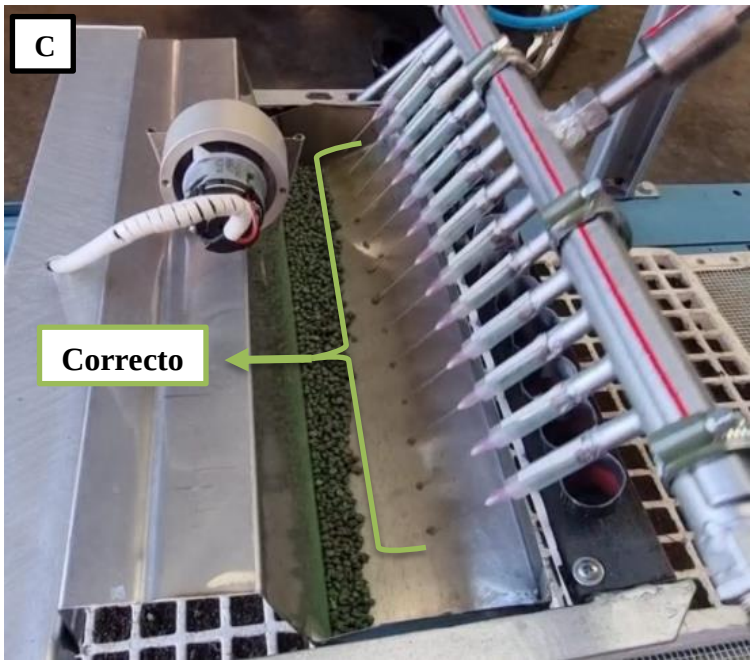
Como se puede observar en la siguiente figura se encuentra la toma de semilla de acelga, para esta semilla se ocupó una inyección de 5mm con un calibre de aguja hipodérmica de 18G para complementar el resto de sus características como dimensión, longitud se encuentra en la figura 3.9.

Se tomo 3 muestras de la succión de las semillas en la que la presión del aire está en 6 [bar]. Como se puede ver el resultado que se indica es que de las 13 inyecciones 2 a 3 no toman las semillas y la vez en 1 o 2 ocasiones se encuentra que una sola inyección toma dos semillas a la vez.

Figura 4.9: Sistema de succión semilla de acelga







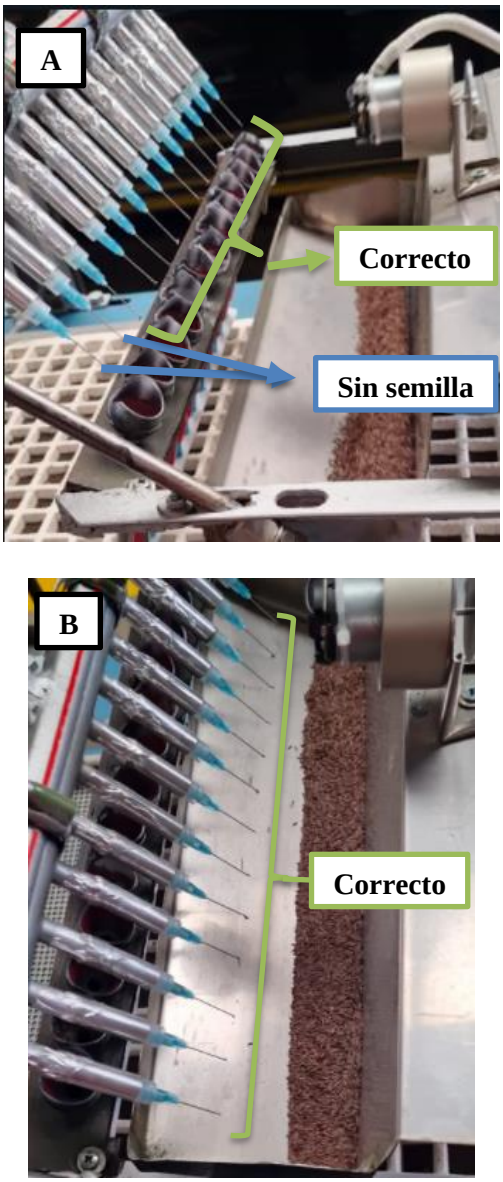
Pruebas de succión a) Sin semilla 2, exceso 1, correcto 10 b) Sin semilla 2, correcto 11 c) Correcto 13. Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

4.3.2 Prueba con la semilla de lechuga

Como se puede observar en la siguiente figura se encuentra la toma de semilla de lechuga, para esta semilla se ocupó una inyección de 5mm con un calibre de aguja hipodérmica de 23G para complementar el resto de sus características como dimensión, longitud se encuentra en la figura 3.9.

Se tomo 2 muestras de la succión de las semillas en la que la presión del aire está en 6 [bar]. Como se puede ver el resultado que se indica es que de las 13 inyecciones 2 no toman las semillas, pero en forma general toma todas las semillas, y adicionalmente la figura de la unidad de mantenimiento en el que se encuentra la presión para realizar la toma de semillas y su procedimiento de siembra.

Figura 4.10: Sistema de succión semilla de lechuga



Pruebas de succión semilla de lechuga, a) Sin semilla 2, correcto 11 b) Correcto 13. Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Figura 4.11: Unidad de mantenimiento vista de la presión

Presión para la succión de semillas, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

4.4 Resultados estadísticos de sembrado

A continuación, se detallan los resultados estadísticos de siembra para los dos tipos de semilla en el cual se indican graficas de curvas respecto al tiempo de siembra de las semillas de forma manual y automatizada.

4.4.1 Resultado de la semilla de lechuga

Para el caso de la semilla tipo 1, que es el caso de la lechuga, presenta un tiempo aproximado de 9 minutos cuando realiza una siembra de forma manual, presentados en la siguiente tabla.

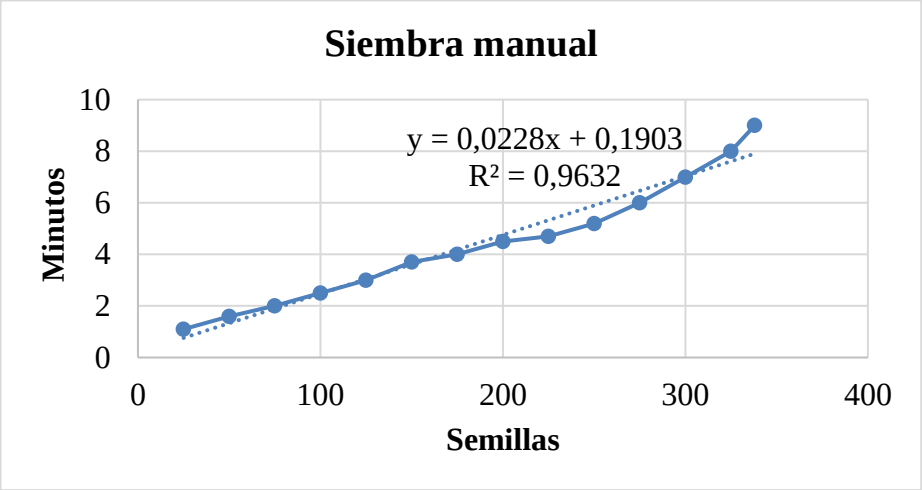
Tabla 4.1: Tabla del sembrado manual semilla tipo 1

Semillas	Minutos
25	1,1
50	1,6
75	2
100	2,5
125	3
150	3,7
175	4
200	4,5
225	4,7
250	5,2
275	6
300	7
325	8
338	9

Tabla de valores medidos en la siembra manual de lechuga, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

A continuación, se indica la gráfica referencial de la siembra manual donde se aprecia una curva de crecimiento, indicando que mientras más semillas sean sembrada mayor es el tiempo que demora en la misma como se dijo anteriormente en la tabla 4.1.

Figura 4.12: Siembra manual semilla tipo 1



Gráfica de la siembra manual de la semilla de lechuga, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Como se puede visualizar se obtiene la ecuación de la gráfica para determinar cuántas bandejas se producen en un día, siendo x el día. Y para R^2 es el coeficiente de correlación, que permite determinar la linealidad de una función, entre más tienda a 1, es mejor.

$$y = 0{,}0228x + 0{,}1903 \qquad \text{Ec. (4.1)}$$

$$R^2 = 0{,}9632$$

Al momento de realizar la siembra con máquina lineal se obtuvieron los resultados que se expresan en la siguiente tabla.

Tabla 4.2: Tabla del sembrado automatizado semilla tipo 1

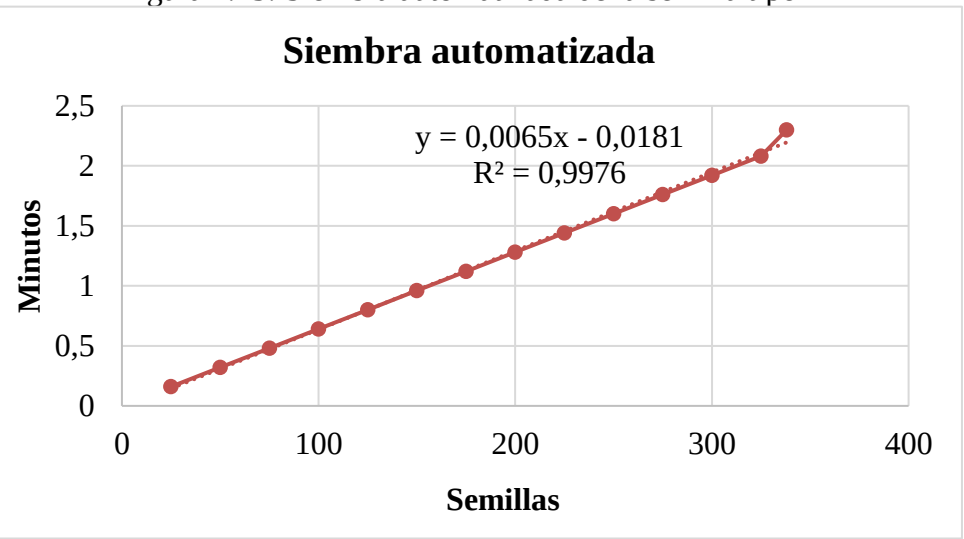
Semillas	Minutos
25	0,16
50	0,32
75	0,48
100	0,64
125	0,8
150	0,96
175	1,12

200	1,28
225	1,44
250	1,6
275	1,76
300	1,92
325	2,08
338	2,3

Tabla de valores medidos en la siembra automatizada de lechuga, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

A continuación, se indica la gráfica referencial de la siembra automatizada donde se aprecia de forma lineal, indicando que de disminuye el tiempo de siembra independientemente del número de semillas que desea sembrar indicado en la tabla 4.2.

Figura 4.13: Siembra automatizada de la semilla tipo 1



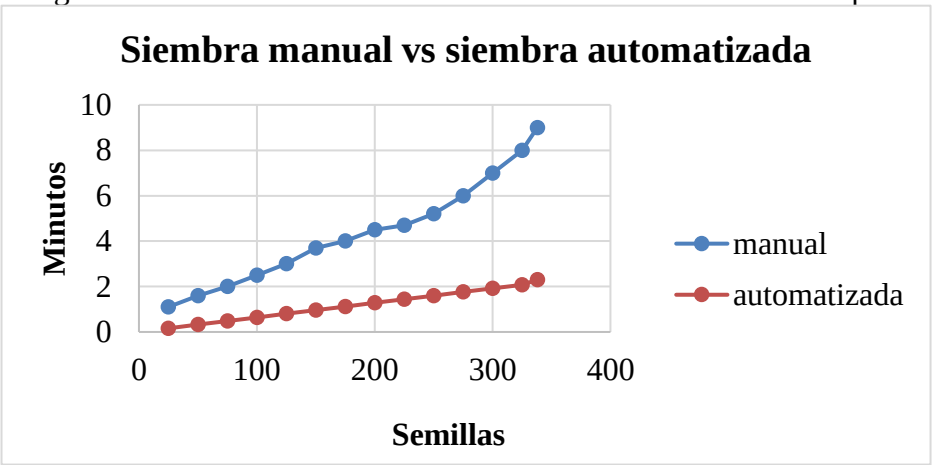
Gráfica de la siembra manual de la semilla de lechuga, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Al realizar un análisis entre la siembra manual y la siembra automatizada se puede apreciar que la tendencia de la automatizada es mucho más lineal, no presenta cambios bruscos o varios puntos de inflexión, lo que permite tener una mayor exactitud a la hora de la siembra.

$$y = 0{,}0065x - 0{,}0181 \qquad \text{Ec. (4.2)}$$

$$R^2 = 0{,}9976$$

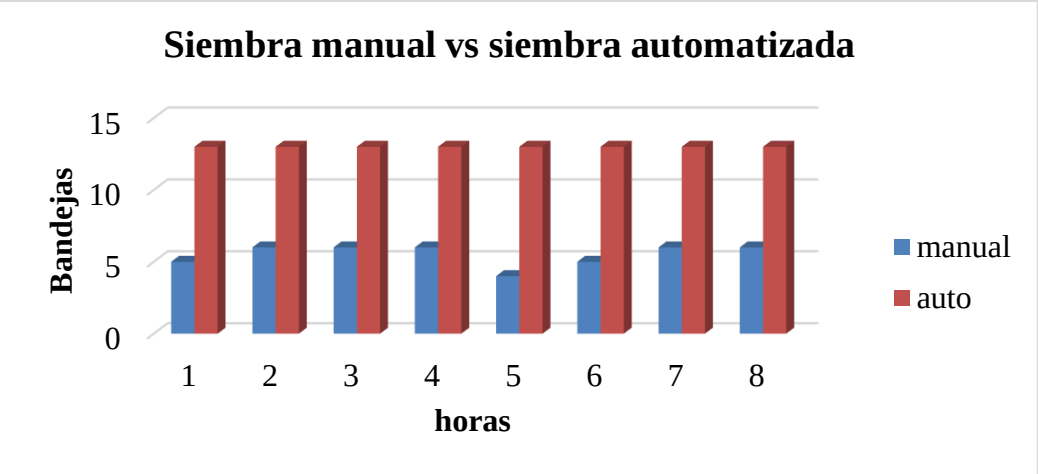
Figura 4.14: Siembra manual vs siembra automatizada semilla tipo 1



Gráfica de la siembra manual y automatizada de la semilla de lechuga,
Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Al tomar en cuenta los datos en cuanto a producción se refiere, la siembra manual produce alrededor de 4 a 6 bandejas por hora, mientras que la siembra automatizada, al no presentar factores externos como los que han sido presentados en el problema de estudio, muestra un promedio de siembra de 15 bandejas por hora, como se indica en la siguiente gráfica.

Figura 4.15: Gráfica estadística de la semilla tipo 1



Gráfica estadística de la siembra manual y automatizada de la semilla lechuga,
Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Haciendo relación que la siembra manual produce alrededor de 44 a 50 bandejas por día, y que la siembra automatizada produce un aproximado de 105 bandejas por día, se obtiene el siguiente rendimiento.

$$50 \rightarrow 100$$

$$55 \rightarrow x$$

$$x = \frac{55 \times 100}{50} \%$$

$$\boldsymbol{x} = 110\ \%$$

Se puede observar que se duplica la capacidad real de producción, ya que se eliminan los factores externos, la máquina realiza su trabajo con alta eficiencia.

4.4.2 Resultado de la semilla de acelga

En cuanto respecta a la semilla tipo 2, que es el caso de la acelga grande, el tiempo se reduce relacionando con la semilla tipo 1 , lechuga es pequeña por lo que la siembra manual tiene un tiempo de 6 min como indica la siguiente tabla.

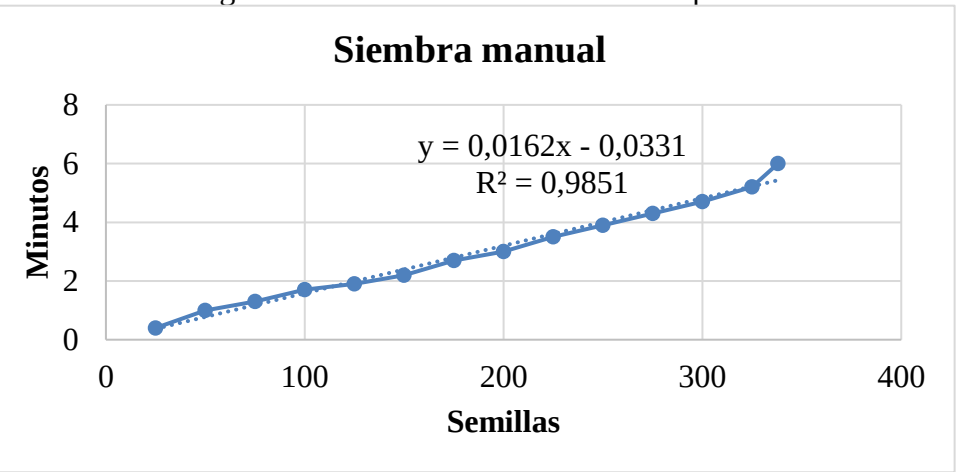
Tabla 4.3: Tabla del sembrado manual semilla tipo 2

Semillas	Minutos
25	0,4
50	1
75	1,3
100	1,7
125	1,9
150	2,2
175	2,7
200	3
225	3,5
250	3,9
275	4,3
300	4,7
325	5,2
338	6

Tabla de valores medidos en la siembra manual de acelga, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

A continuación, se indica la gráfica referencial de la siembra manual donde se aprecia una curva de crecimiento, indicando que mientras más semillas sean sembradas el tiempo no es muy alto a diferencia de la semilla de lechuga.

Figura 4.16: Siembra manual semilla tipo 2



Gráfica de la siembra manual de la semilla de acelga, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

$$y = 0{,}0162x - 0{,}0331 \qquad \text{Ec. (4.3)}$$

$$R^2 = 0{,}9851$$

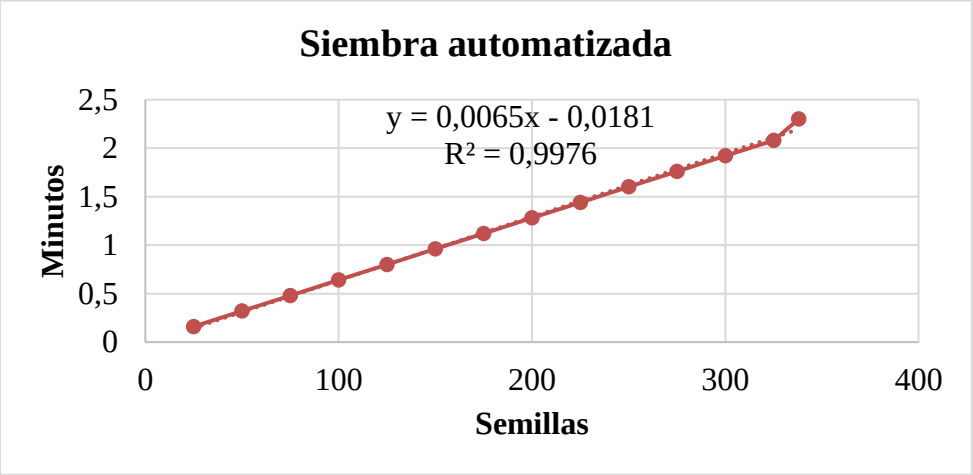
Como en el caso de la semilla tipo 1, los tiempos de siembra de la máquina no varían, el mecanismo de succión es modificado, variando el calibre de las agujas, no obstante, el valor de cada temporizador se mantiene, después de realizar las pruebas necesarias se seteo un aproximado de 3 segundos por lo que se obtiene la siguiente gráfica.

Tabla 4.4: Tabla del sembrado automatizado semilla tipo 2

Semillas	Minutos
25	0,16
50	0,32
75	0,48
100	0,64
125	0,8
150	0,96
175	1,12
200	1,28
225	1,44
250	1,6
275	1,76
300	1,92
325	2,08
338	2,3

Tabla de valores medidos en la siembra manual de acelga, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

Figura 4.17: Siembra automatizada de semilla tipo 2



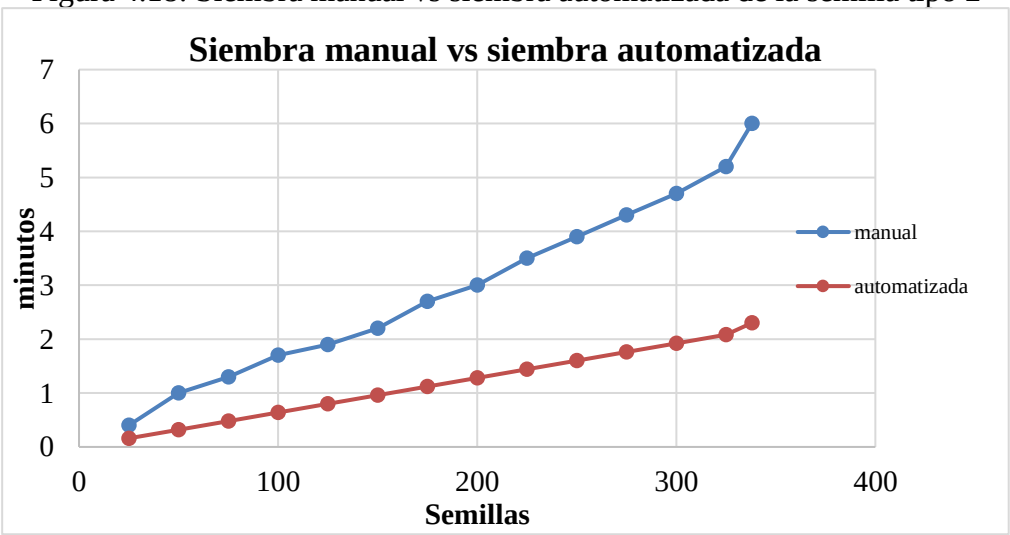
Gráfica de la siembra automatizada de la semilla de acelga, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

$$y = 0{,}0065x - 0{,}0181 \qquad \text{Ec. (4.4)}$$

$$R^2 = 0{,}9976$$

Al realizar la comparación respectiva en cuanto a rendimiento es visible que el tiempo es reducido, el número de bandejas aumenta y por ende la eficiencia es la correcta.

Figura 4.18: Siembra manual vs siembra automatizada de la semilla tipo 2



Gráfica de la siembra manual y automatizada de la semilla de acelga, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

A continuación, se produce a calcular el rendimiento, conociendo que la siembra manual genera alrededor de 70 bandejas por día, y la siembra automatizada se mantiene en un aproximado de 105 bandejas por día.

$$70 \rightarrow 100$$

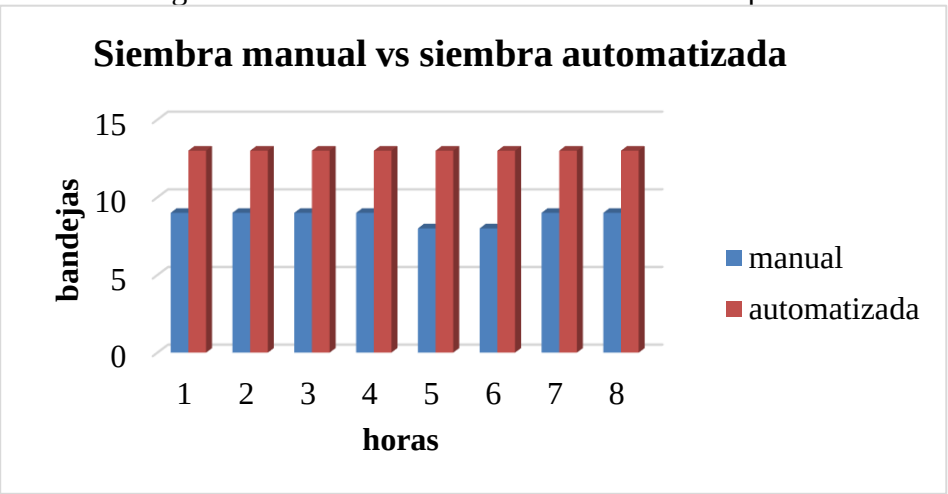
$$35 \rightarrow x$$

$$x = \frac{35 \times 100}{70}\%$$

$$x = 50\ \%$$

A pesar de que el rendimiento es menor que en el caso de la semilla pequeña, el rendimiento es el esperado, para futuros trabajos se puede modificar el calibre de las agujas y reducir el tiempo de los temporizadores, por ende, reducirá el tiempo de sembrado y aumentará el número de bandejas por día, no obstante, el modificar en cada proceso la programación, generará tiempos muertos.

Figura 4.19: Gráfica Estadística de la semilla tipo 2



Gráfica estadística de la siembra manual y automatizada de la semilla de acelga, Autores: Cristhian Correa, Ivonne Quishpe

CONCLUSIONES

- El uso de las herramientas electrónicas como se ha podido evidenciar en este proyecto han sido muy eficaces, debido a que eliminan factores de riesgo humano que impiden o limitan el rendimiento de un proceso, su desgaste es efímero y sus beneficios tal como la repetibilidad de un bucle son altas, las características y funcionalidades que entrega un sistema de control son las adecuadas y correctas evidenciando en su rendimiento, tal como en nuestro caso que fue la reducción de tiempo de sembrado y aumento de producción de bandejas de germinación.

- En cuanto respecta al sistema de succión se determina que realiza la toma de semillas acorde a los bares que es entregada por la bomba de vacío, no obstante, la canalización es importante para realizar la toma de todas las semillas, en este caso, bastó con realizar dos canalizaciones a los extremos de la tubería logrando distribuir correctamente el aire y tomar las semillas.

- Configurar de diversas maneras una máquina eléctrica como este caso el transformador, hace posible tener diversos voltajes en el sistema, ya que los elementos industriales que han sido utilizados trabajan a voltajes ya sea de 220[V] o 380[V] sin embargo, hacerlo trabajar en configuración de auto transformador se logró una reducción de voltaje de 380[V] a 219[V] por lo que no fue necesario la implementación de otro trasformador. En cuanto respecta al arranque, al motor reductor se le ha hecho una configuración de arranque en estrella para evitar los picos de corriente, y el variador de frecuencia lo complementa, obteniendo un arranque suave y su desaceleración de la misma forma logrando así operar en el agujero que sea necesario.

- Al relacionar y analizar los tiempos que existen entre la siembra manual y la siembra automática, se puede apreciar con claridad que el rendimiento y eficiencia aumentan de manera considerable con la siembra automática, como es el caso de la semilla de lechuga, la producción se incrementa en un 110% mientras que en la semilla de lechuga

se tiene un incremento del 50%, esto cumple con uno de los principales objetivos de nuestra tesis, reducir el tiempo de sembrado y por ende aumentar el rendimiento de la producción, existen diversas modificaciones que pueden ser implementadas para reducir aún mucho más los tiempos, no obstante, el depósito de semillas se altera y podría generar agujeros sin sembrar.

RECOMENDACIONES

- Escoger el sistema de control correcto, como se ha evidenciado, la respuesta de ciertos elementos ante entradas analógicas o digitales tarda demasiado en recibir la señal, ante todas esas circunstancias se ha decidió utilizar un PLC para nuestro proyecto, sin embargo, al momento de evaluación de costos el mismo se incrementa limitando recursos para otras actividades, es por eso que es importante realizar un análisis costo-beneficio para tomar la mejor alternativa.

- Calibrar los filtros de las vías de la electroválvula antes de iniciar el proceso, ya que el aire comprimido que circula por las tuberías no es el mismo al encender el compresor, ajustar o aflojar los mecanismos encargados de expulsar el aire de la electroválvula y verificar que no exista salida o entrada brusca del vástago ya que eso producirá el riesgo de que choque con el depósito de semillas causando alteraciones a las jeringas o a su vez, teniendo un regreso brusco las semillas serán soltadas ocasionando que caigan en un lugar diferente al del agujero de la bandeja de germinación.

- Adquirir semillas peletizadas, ya que, al tener todas las semillas de una misma forma, de una misma dimensión y de mismas cualidades externas, el sistema de succión será inmediato reduciendo el tiempo de sembrado, sin embargo, el motor vibrador de la bandeja de depósito es muy importante ya que al realizar la vibración permite a las jeringas succionar las semillas de la forma que le resulte más fácil logrando una toma mucho más acertada y eficiente para la siembra.

REFERENCIAS

Acosta, C. (2014). *Diseño y construcción de una máquina automática sembradora de semillas de tomate y pimiento en bandejas de 50x28.2 cm en el proceso de producción de plántulas*. 155. http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3762/1/04 MEC 056 TESIS.pdf

Arias, Y., & Gómez, J. (2011). *Máquina para el sembrado de semillas*. 138–155.

Barionuevo, F., Arteaga, O., & Rivas, D. (2015). *Diseño Y Construcción De Una Máquina Sembradora Automática De Semillas En Bandejas Con Control De Proceso Para La Empresa Hortifresh*. 1–10. http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/10192/1/T-ESPEL-MEC-0060.pdf

Bonilla, A. (2016). *Herramientas de diseño e ingeniería*.

Cortes, V., & Vargas, M. (2020). *Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y monitoreo de variables ambientales mediante IoT en los cultivos urbanos de la fundación mujeres empresarias MARIE POUSSEPIN*. *2507*(February), 1–9.

FAO, O. (2018). La Agenda 2030 y sus Objetivos de Desarrollo Sostenible. In *Revista de Derecho Ambiental* (Issue 10). https://doi.org/10.5354/0719-4633.2018.52077

Franco, F. R. & N. (2012). *Fortalecimiento de la producción de maíz a través del fitomejoramiento participativo en comunidades de Sololá*. 55. http://www.fao.org.gt

Larín, M., Díaz, L., & Flor de Serrano, R. (2018). Cultivo de tomate orgánico (Lycopersicon esculentum). *Centro Nacional De Tecnología Agropecuaria Y Forestal*, 1–48. http://centa.gob.sv/docs/guias/hortalizas/Guia Centa_Tomate 2019.pdf

Nata, M. (2011). Sembradora Semiautomática De Semillas De Hortalizas Crucíferas Y Su Influencia En La Producción De La Empresa Agrofuturo. *Repo.Uta.Edu.Ec*, 130. http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/5301/Mg.DCEv.Ed.1859.pdf?sequence=3

Pereira, J. (2021). Facultad de ciencias agropecuarias carrera de ingeniería agronómica. *Universidad Técnica de Machala*, 1–34. http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15166

Pérez, M., Pérez, H., Pérez, A., & Berenguer, E. (2007). Introducción a los sistemas de control. *Universidad Nacional de San Juan*, *1*, 1–69. http://dea.unsj.edu.ar/control1/apuntes/unidad1y2.pdf

Saltos, E. V., & Lucero, A. V. (2017). *Implementación de un prototipo de impresora 3d controlada inalámbricamente por bluetooth mediante una plataforma Android*. 99.

Montero, D. (2020, February 21). Una guía de semillas en germinación. Consejos para mi huerto https://www.consejosparamihuerto.com/vegetales/una-guia-de-semillas-en-germinacion/

Insta, T. (2019, June 14). INVERNADERO AUTOMÁTIZADO CON ARDUINO. https://www.tecnologicoinsta.com/post/2019/06/14/invernadero-autom%C3%A1tizado-con-arduino

Saldarriaga, V. (2012, February 14). Sembrar Hortalizas en Semilleros en Recipientes. https://www.jardineriaon.com/sembrar-hortalizas-en-semilleros-en-recipientes.html

Roa, Y. (2017, June 1). 8 sencillos Pasos Para Realizar La Siembra De La Lechuga ¡Un Éxito Seguro! https://agronomaster.com/siembra-la-lechuga/

Balaudo, L. (2020, February 27). Acelga, una hortaliza versátil y fácil de plantar en la huerta. https://www.infocampo.com.ar/acelga-una-hortaliza-versatil-y-facil-de-plantar-en-la-huerta/

Mendoza Peñaloza, J. A., Barrera, D., Neira, L. E., & Pardo, A. (2019). Enlace entre PLC Siemens LOGO! 12/24 RCE y Wonderware InTouch para supervisión y control de nivel. *Proceedings of the 17th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Industry, Innovation, and Infrastructure for Sustainable Cities and Communities."* Latin American and Caribbean Consortium of Engineering Institutions.

R., J. L. (2018, January 12). TRANSFORMADOR. https://como-funciona.co/un-transformador/

Otros. (n.d.). https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-511890911-convertidor-transformador-de-110v-a-220v-2500-watts-_JM

Angeles Pérez Dept Medidores. (2022, January 3). Bombas de vació. https://www.pce-iberica.es/instrumentos-de-medida/instrumentos-laboratorios/equipos-laboratorios/bombas-vacio.htm

Relevadores. (2021, July 27). https://sdindustrial.com.mx/blog/relevadores/

Mancuzo, G. (2020, October 21). ¿Qué es una Unidad de Mantenimiento o FRL? https://blog.comparasoftware.com/unidad-de-mantenimiento/

Brun, A. (2019). *Neumática e Hidráulica*. Editorial Académica Española.

3V210-08 Electroválvula neumática 3 vías 2 posiciones 3/2. (n.d.). https://www.romecoindustrial.com/producto/electrovalvula-neumatica-3v210-08/

Sumifluid, C. P. (2018, March 12). Tipos de Cilindros Neumático, Sumifluid® https://sumifluid.com/tipos-cilindros-neumaticos/

Cilindros neumáticos. (2013, March 19). Formación para la Industria 4.0 https://automatismoindustrial.com/curso-carnet-instalador-baja-tension/d-automatizacion/1-8-electroneumatica/1-8-3-cilindros-neumaticos-2/

Buisan, J., Coll, L., & Valencia, E. (n.d.). L. Coll y otros.-Banm para toberas BANCO DE PRUEBAS PARA TOBERAS DE HILATURA NEUMATICA. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/6300/Article02.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ancón, A. T., & De Velocidad, L.-P. V. (n.d.). http://www.citeenergia.com.pe/wp-content/uploads/2016/09/Rosinaldo-Arias-Quispe.pdf

Ventajas y uso de variadores de velocidad. (2017, September 29). https://www.motorex.com.pe/blog/variadores-de-velocidad-ventajas-uso/

Sensor capacitivo. (2019, July 31). https://www.rechner sensors.com/es/documentacion/knowledge/sensor-capacitivo

SoporteDeveloper. (2020, October 8). Especificaciones técnicas de los reductores o cajas reductoras. https://inducom-ec.com/reductores-o-cajas-reductoras-ecuador/

Meprosa, P. (2018, October 23). ¿Cómo funciona la banda transportadora? https://meprosa.mx/funciona-la-banda-transportadora/

Spinozzi, D. (2020, July 17). ¿Como controlar la alineación de una banda transportadora?: https://www.spinozziargentina.com/post/como-controlar-la-alineaci%C3%B3n-de-una-banda-transportadora

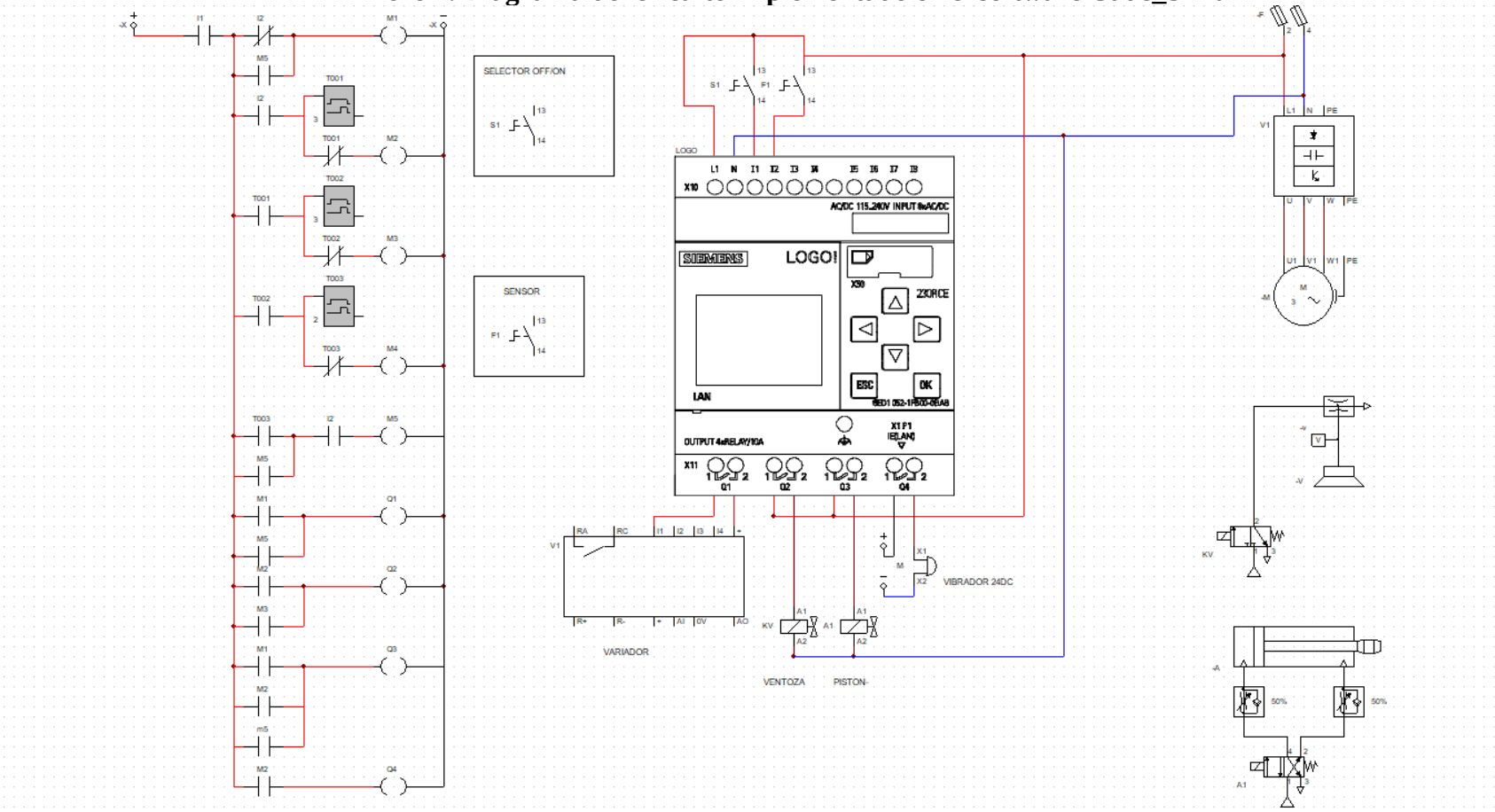
R., J. L. (2017, December 9). INTERRUPTOR DIFERENCIAL.https://como-funciona.co/un-interruptor-diferencial-disyuntor/

Antonio, G. (2018, February 9). Aguja hipodérmica de enfermería - Material sanitario - Iberomed. https://www.iberomed.es/blog/2018/02/09/tipos-de-agujas-hipodermicas-para-enfermeria/

D’Alessandro, M. (2017, April 13). Acelga. Retrieved July 26, 2022, https://www.flores.ninja/acelga/

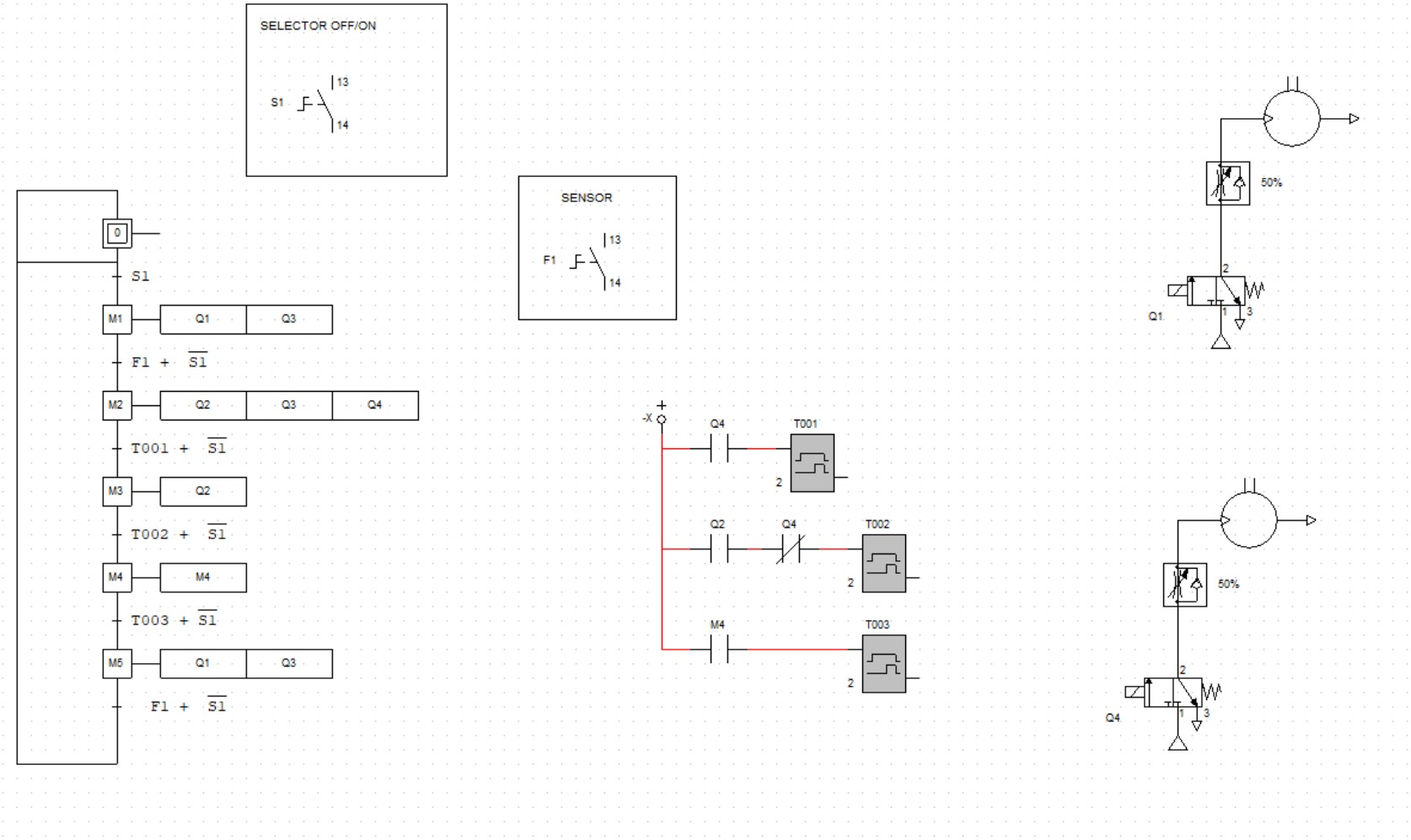
ANEXOS

Anexo 1. Diagrama del circuito implementado en el software Cade_Simu



Elaborado por : Cristhian Correa y Ivonne Quishpe

Anexo 2. Programación del proyecto en el software Cade_Simu



Elaborado por : Cristhian Correa y Ivonne Quishpe