



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

“DESARROLLO DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA LA
COLOCACIÓN DE SEMILLAS DE 5 MM HASTA 10 MM EN
ALMÁCIGOS DE 28X28 CM.”

TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: DISPOSITIVO TECNOLÓGICO

Para optar al grado académico de:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTOR: ASTUDILLO CORTEZ VICENTE PAUL
TUTOR: ING. JORGE LUIS PAUCAR SAMANIEGO

Riobamba- Ecuador

2018

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTA DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES.

El tribunal del Trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación “**DESARROLLO DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA LA COLOCACIÓN DE SEMILLAS DE 5 MM HASTA 10 MM EN ALMÁCIGOS DE 28X28 CM**”, de responsabilidad del señor VICENTE PAUL ASTUDILLO CORTEZ, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Dr. Julio Santillán VICEDECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Freddy Chávez V. DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES
Ing. Jorge Luis Paucar S. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN
Ing. Marco Antonio Viteri B. MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Yo, Vicente Paul Astudillo Cortez declaro ser el autor del presente trabajo de titulación: “DESARROLLO DE UNA MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA PARA LA COLOCACIÓN DE SEMILLAS DE 5 MM HASTA 10 MM EN ALMÁCIGOS DE 28X28 CM”, haciéndome responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación y el patrimonio de la misma pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Vicente Paul Astudillo Cortez

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi madre que mediante su lucha me demostró que todo se puede realizar con esfuerzo y dedicación, a mi padre que con sus palabras, apoyo y experiencia me ayudaron a seguir siempre con la frente en alto. A mis hermanas que con sus muestras de cariño a lo largo de este camino me han motivado para seguir adelante día tras día, a mi abuelita que siempre con sus consejos y sabiduría siempre me ha empujado a superar mis límites y fortalecer mis debilidades y a mi abuelito Jaime quien desde el cielo siempre me cuida y me guía por el camino de la vida.

Finalmente, a mis amigos que con su ayuda y motivación han hecho de mi vida estudiantil una grata experiencia de vida, que merece ser recordada y siempre quedaran los recuerdos imborrables.

PAUL

AGRADECIMIENTO

Sobran las palabras para agradecer a mi familia la cual a lo largo de mi vida me han guiado, aconsejado y formado para poder alcanzar mis metas, superar mis límites y culminar unas de las muchas etapas de mi vida. A mis compañeros y amigos que han hecho de mi vida en las aulas una experiencia inolvidable.

Finalmente, quiero agradecer a mi tutor de tesis, un gran profesor y amigo que a lo largo del desarrollo de este proyecto me ha guiado para su culminación.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	6
1.1. Hidroponía	6
1.2. Fundamento de la siembra en Almacigos	6
1.2.1. <i>Almacigos</i>	<i>7</i>
1.2.2. <i>Sustrato</i>	<i>8</i>
1.2.3. <i>Semillas</i>	<i>10</i>
1.3. Siembra en almacigos	11
1.3.1. <i>Paso 1: Llenado del almacigo</i>	<i>12</i>
1.3.2. <i>Paso 2: Alisado del sustrato</i>	<i>13</i>
1.3.3. <i>Paso 3: Punzonado del sustrato</i>	<i>13</i>
1.3.4. <i>Paso 4. Colocación de las semillas</i>	<i>14</i>
1.3.5. <i>Paso 5. Recubrimiento de semillas</i>	<i>14</i>
1.3.6. <i>Paso 6. Humectación del sustrato</i>	<i>15</i>
1.4. Tipos de siembra	16
1.4.1. <i>Siembra manual</i>	<i>16</i>

1.4.2.	<i>Siembra automatizada</i>	16
1.5.	Automatización y control industrial	17
1.5.1.	<i>Tecnología de la automatización</i>	19
1.5.1.1	<i>Lógica cableada</i>	20
1.5.1.2.	<i>Lógica programable</i>	20
1.5.2.	Sistemas de control	21
1.5.2.1.	<i>Sistema de control en lazo abierto</i>	21
1.5.2.2.	<i>Sistemas de control en lazo cerrado</i>	22
 CAPÍTULO II		
2.	MARCO METODOLÓGICO	23
2.1.	Requisitos de funcionamiento	23
2.2.	Requisitos del sistema	24
2.3.	Técnicas de recolección de datos	24
2.4.	Método de investigación	24
2.5.	Concepción de la arquitectura general del prototipo	25
2.6.	Selección y diseño de las etapas	25
2.7.	Parte mecánica	26
2.7.1.	<i>Alternativa 1: Transportador de banda</i>	26
2.7.2.	<i>Alternativa 2: Mecanismo tuerca- husillo</i>	27
2.7.3.	<i>Criterios para la elección del sistema mecánico</i>	28
2.7.4.	<i>Elección del sistema mecánico</i>	29

2.8.	Diseño de la bandeja transportadora de almácigos	29
2.9.	Mecanismo de siembra	30
2.9.1.	<i>Alternativa 1: Siembra por boquillas</i>	31
2.9.2.	<i>Alternativa 2: Sistema de siembra rotativa</i>	32
2.9.3.	<i>Criterios de selección del kit de siembra</i>	33
2.9.4.	<i>Selección de alternativas del kit de siembra</i>	33
2.9.5.	<i>Selección del sistema de transmisión de movimiento</i>	34
2.9.5.1.	<i>Alternativa 1: Transmisión por correas</i>	34
2.9.5.2.	<i>Alternativa 2: Movimiento lineal por cilindro neumático</i>	35
2.9.5.3.	<i>Criterios para la selección de la transmisión de potencia</i>	35
2.9.5.4.	<i>Selección del mecanismo de selección de la transmisión de potencia</i>	36
2.10.	Diseño del mecanismo de siembra	36
2.10.1.	<i>Tubo de vacío con boquillas</i>	37
2.10.2.	<i>Diseño del plato contenedor de semillas</i>	38
2.11.	Guías para el sistema mecánico	39
2.11.1.	<i>Alternativa 1: Sistema de guiado por eje</i>	39
2.11.2.	<i>Alternativa 2: Sistema de guiado por riel</i>	40
2.11.3.	<i>Criterios para la elección del sistema de guiado para la bandeja de transporte</i>	40
2.11.4.	<i>Selección de alternativas para el guiado de la bandeja de transporte</i>	41
2.12.	Diseño y selección del sistema de vacío	41
2.12.1.	<i>Selección del sistema de vacío</i>	45

2.12.1.1. <i>Alternativa 1: Bomba de vacío</i>	45
2.12.1.2. <i>Generador de vacío</i>	46
2.12.2. <i>Criterios para la selección del sistema de vacío</i>	47
2.12.3. <i>Selección del sistema generación de vacío</i>	48
2.12.4. <i>Electroválvulas</i>	49
2.13. Selección de sensores	50
2.13.1. <i>Detección de vacío</i>	50
2.13.2. <i>Sensor laser</i>	51
2.14. Sistema de control	52
2.14.1. <i>Etapas de control</i>	53
2.15. Sistema neumático	54
2.16. Instalación de sistema neumático	55
2.17. Selección del controlador	55
2.18. Conexión de entradas y salidas	57
2.19. Fuente de alimentación	60
2.20. Tablero de control	61
2.21. Dimensionamiento del tablero de control	61
2.21.1. <i>Intalación de los elementos</i>	62
2.21.2. <i>Montaje de equipos dentro del gabinete</i>	63
2.21.3. <i>Instalación de las electroválvulas</i>	63
2.22. Programación del PLC	64

2.22.1. <i>LOGO! Soft Comfort</i>	64
2.22.2. <i>Programación</i>	65
2.22.3. <i>Diagrama Grafcet</i>	66
2.22.4. <i>Diagrama Ladder</i>	67

CAPÍTULO III

3. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	70
3.1. Protocolo de pruebas realizadas	70
3.1.1. <i>Pruebas del sistema mecánico</i>	<i>71</i>
3.1.2. <i>Pruebas del sistema eléctrico y electrónico</i>	<i>73</i>
3.1.3. <i>Pruebas del sistema neumático</i>	<i>76</i>
3.2. Calibración de la sembradora	79
3.2.1. <i>Absorción de semillas</i>	<i>79</i>
3.2.2. <i>Desplazamiento de la bandeja porta-almácigos</i>	<i>82</i>
3.3. Pruebas de sembrado	83
3.4. Prueba estadística	85
3.5. Eficiencia del proceso de siembra	88
3.6. Análisis económico de la sembradora	95

CONCLUSIONES	98
---------------------------	-----------

RECOMENDACIONES	99
------------------------------	-----------

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Características generales de las semillas hortícolas.....	11
Tabla 1-2: Escala de ponderación para alternativas de diseño.....	26
Tabla 2-2: Selección de alternativas para el sistema mecánico.....	29
Tabla 3-2: Parámetros del aluminio para la bandeja para el transporte.....	30
Tabla 4-2: Selección de alternativas del kit de siembra.....	33
Tabla 5-2: Selección de alternativas para el sistema de guiado de la bandeja de transporte.....	36
Tabla 6-2: Parámetros de diseño del tubo de vacío.....	37
Tabla 7-2: Parámetros del diseño del contenedor de semillas.....	38
Tabla 8-2: Selección de alternativas para el sistema de guiado de la bandeja de transporte.....	41
Tabla 9-2: Selección de alternativas para el sistema de generación de vacío.....	48
Tabla 10-2: Características generador de vacío EV-20.....	48
Tabla 11-2: Características Sensor DP2-20F.....	50
Tabla 12-2: Características de sensor laser.....	51
Tabla 13-2: Descripción del número de entradas.....	55
Tabla 14-2: Descripción de las salidas.....	56
Tabla 15-2: Características LOGO 24RCL.....	57
Tabla 16-2: Descripción de las señales de entradas y salidas.....	57
Tabla 17-2: Símbolos de elementos de conexión.....	59
Tabla 18-2: Energía eléctrica consumida por dispositivos.....	60
Tabla 19-2: Instalación de elementos en el gabinete.....	62
Tabla 20-2: Dispositivos neumáticos.....	64
Tabla 21-2: Memorias utilizadas	65
Tabla 22-2: Transiciones utilizadas.....	66
Tabla 23-2: Ecuaciones de programación.....	68
Tabla 1-3: Resultados del protocolo de pruebas del sistema mecánico	80
Tabla 2-3: Resultados del protocolo de pruebas del sistema eléctrico y electrónico	74
Tabla 3-3: Resultados del protocolo de pruebas del sistema neumático	77
Tabla 4-3: Pruebas de regulación de vacío	80
Tabla 5-3: Pruebas de alturas de succión	81

Tabla 6-3: Tiempos de siembra manual	84
Tabla 7-3: Tiempos de siembra automática	84
Tabla 8-3: Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	86
Tabla 9-3: Tiempo de producción de plántulas siembra manual vs siembra automatizada.....	87
Tabla 10-3: Análisis económico.....	95
Tabla 11-3: Costos de construcción de elementos.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-0: Evolución del sector agropecuario.....	1
Figura 1-1: Almacigo.....	7
Figura 2-1: Muestra de Sustratos.....	9
Figura 3-1: Semillas certificadas.....	10
Figura 4-1: Pasos para la siembra en almácigos	12
Figura 5-1: Llenado de sustrato	12
Figura 6-1: Nivelado de sustrato	13
Figura 7-1: Punzado de sustrato	14
Figura 8-1: Colocación de semillas	14
Figura 9-1: Recubrimiento de sustrato	15
Figura 10-1: Humectación de sustrato	15
Figura 11-1: Sembradora automática por etapas	17
Figura 12-1 : Interacción persona-máquina en automatización industrial	18
Figura 13-1: Tablero con lógica cableada	20
Figura 14-1: Tablero con PLC	21
Figura 15-1: Sistema de lazo abierto	21
Figura 16-1: Sistema de lazo cerrado	22
Figura 1-2: Concepción general de la sembradora para bandejas	25
Figura 2-2: Banda transportadora	26
Figura 3-2: Husillo y tuercas	27
Figura 4-2: Varilla roscada	28
Figura 5-2: Diseño de la bandeja para almácigos	30
Figura 6-2: Partes del mecanismo de siembra	31
Figura 7-2: Sistema de siembra por boquillas	31
Figura 8-2: Sistema de siembra rotativo	32
Figura 9-2: Transmisión por correa	34
Figura 10-2: Cilindros neumáticos	35
Figura 11-2: Tubo y boquillas	37
Figura 12-2: Diseño contenedor de semillas	38
Figura 13-2: Forma interna del contenedor de semillas	39
Figura 14-2: Barras de acero inoxidable	40
Figura 15-2: Rieles	40

Figura 16-2: Bomba de vacío	45
Figura 17-2: Interior de un generador de vacío	46
Figura 18-2: Generador de vacío	47
Figura 19-2: Generador de vacío EV-20	49
Figura 20-2: Válvula 5/2	49
Figura 21-2: Sensor de vacío	50
Figura 22-2: Sensor laser	51
Figura 23-2: Sistema de control	52
Figura 24-2: Etapas de control	53
Figura 25-2: Diagrama del sistema neumático	54
Figura 26-2: Instalación de las válvulas	55
Figura 27-2: LOGO 24RCL	56
Figura 28-2: Diagrama de conexión del PLC	58
Figura 29-2: Diagrama cambio de giro motor DC.....	60
Figura 30-2: Fuente EVL	61
Figura 31-2: Interior del gabinete	62
Figura 32-2: Montaje de equipos	63
Figura 33-2: Pantalla inicial Logo Soft	64
Figura 34-2: Diagrama Grafcet	67
Figura 35-2: Diagrama ladder	69
Figura 1-3: Sembradora para bandejas	70
Figura 2-3: Movimiento de la bandeja	73
Figura 3-3: Comprobación de luces piloto	76
Figura 4-3: Sistema neumático	78
Figura 5-3: Posición de toma de semillas	79
Figura 6-3: Desplazamiento de la bandeja	82

ÍNDICE DE GRAFICOS

Grafico 1-3: Análisis de eficiencia según niveles de presión	80
Grafico 2-3: Producción de plántulas siembra automatizada vs manual	85
Grafico 3-3: Region de rechazo en la cola izquierda y derecha	87
Grafico 4-3: Tiempos de siembra manual vs siembra automatizada	88
Grafico 5-3: Resumen de siembra 1 Bar	89
Grafico 6-3: Resumen de siembra 2 Bar	89
Grafico 7-3: Resumen de siembra 3 Bar	90
Grafico 8-3: Resumen de siembra 4 Bar	90
Grafico 9-3: Resumen de siembra 5 Bar	91
Grafico 10-3: Resumen de siembra 6 Bar	92
Grafico 11-3: Prueba de boquillas 1 y 2 Bar	92
Grafico 12-3: Prueba de boquillas 3 Bar	93
Grafico 13-3: Prueba de boquillas 4 Bar	93
Grafico 14-3: Prueba de boquillas 5 Bar	94
Grafico 15-3: Prueba de boquillas 6 Bar	94

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

PIB:	Producto interno bruto.
NIPES:	Mediana y pequeñas empresas.
PLC:	Control lógico programable.
PLD:	Dispositivo lógico programable.
KPA	Kilo pascales.
MPA	Mega pascales.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de titulación fue implementar una sembradora semiautomática capaz de colocar semillas de 5 a 10 mm en almácigos de 28x28 cm, es una máquina fácil de operar y de bajo costo respecto a las ofertadas en el mercado nacional e internacional que puedan poseer similares características. El proceso completo comprende de 3 sistemas principales, el primero es el sistema mecánico, el mecanismo de siembra y por último el sistema de generación de vacío, los cuales trabajan de forma coordinada para que el proceso se lleve a cabo con éxito desde el momento de la colocación del almacigo cargado de sustrato, pasando por la siembra y finalmente retornar al punto inicial para ser retirada, colocar una nueva bandeja y repetir el proceso las veces que sea requerido, todo es posible mediante el uso de un PLC (LOGO), el cual es elemento principal que recibe y procesa las señales enviadas desde los diferentes tipos de sensores. Los sensores de tipo laser son los encargados de dar la posición de la bandeja al momento de iniciada la máquina, el sensor de vacío permite saber si las semillas del recipiente han sido tomadas para su posterior traslado a los agujeros de descarga y los finales de carrera ubicados de forma estratégica permiten que los actuadores se detengan en un punto determinado para no ocasionar problemas al funcionamiento. Las pruebas realizadas a la sembradora, fue con una muestra de 5 bandejas que son equivalentes 500 plántulas que se pueden producir, en las cuales se pudo constatar que se puede obtener una eficiencia de 85% de cavidades sembradas de forma correcta, y en el restante 15% se obtuvo cavidades vacías o con más de una semilla utilizando una presión máxima de 0.6 Mpa. En conclusión, es factible su ejecución para minimizar el tiempo que se requiere para la plantación de semillas y aumentar la producción de plántulas considerando su precio y los beneficios que se puedan obtener por lo que se recomienda implementar la máquina para incrementar la producción de plántulas.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <AUTOMATIZACIÓN>, <RED DE SENSORES>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)>, <SEMILLAS>, <PLÁNTULAS>, <PRODUCCIÓN>, <ALMÁCIGOS>.

ABSTRACT

The objective of the present titling work is to implement a semi-automatic seed drill to place seeds from 5 to 10 mm in 28x28 cm seedlings; it is an easy machine to operate and low cost compared to those offered in the national and international markets with similar characteristics. The complete process comprises three main systems: the mechanical system, the sowing mechanism and the vacuum generation system working in a coordinated manner, so that the process is carried out successfully from the placement of the substrate loaded soil, going through the sowing and finally returning to the initial point to be removed, place a new tray and repeat the process as many times as required; everything is possible through the use of PLC (LOGO), main element that receives and processes the signals sent from the different types of sensors. The sensor type laser gives the position of the tray at the moment of machine starting; the vacuum sensor allows knowing if the seeds of the container have been taken for later transfer to the discharge holes and those finals of running strategically located permit the actuators stop at a certain point in order not to cause function problems. The tests carried out on the planter were with a sample of 5 trays equivalent to 500 seedlings; in which it was found that an efficiency of 85% of cavities planted correctly can be obtained, and with the remaining 15% empty cavities or with more than one seed were obtained using a maximum pressure of 0.6 MPa. In conclusion, it is feasible to execution to minimize the time required for planting seeds and increase the production of seedlings considering its price and the benefits obtained, so it is recommended to implement the machine to increase the seed production.

Keywords:<TECHNOLOGY AND SCIENCE OF ENGINEERING>, <AUTOMATION>, <NETWORK OF SENSORS>, <PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)>, <SEEDS>, <PRODUCTION>, <SEEDLINGS>.

INTRODUCCIÓN

El creciente incremento en la población mundial, ha hecho que los recursos naturales sean cada vez más escasos, tomando en consideración que a mayor población mayor son sus necesidades como alimentación, un lugar para vivir, etc. Por esta razón se han creado técnicas las cuales permiten optimizar los recursos, y por ende aprovecharlos al máximo.

“La superficie de labor agropecuaria (cultivos permanentes, transitorios y barbecho, pastos naturales y cultivados) en el 2016 fue de 5,39 millones de hectáreas, la mayor superficie de suelo cultivable está destinada a pastos cultivados.” (Instituto Nacional de Estadística y Censos 2014, p. 11)

“Dentro del ámbito económico, social y productivo, la agricultura es una de las actividades más relevantes del Ecuador. Su protagonismo se ha observado notablemente durante la historia económica del país, especialmente en los periodos económicos de auge, como son el boom cacaotero y bananero. Su participación sobre el PIB Nacional ha oscilado constantemente en niveles de 8% y 9%; convirtiendo al sector en uno de los principales pilares de la economía nacional.”(Monteros Guerrero A et al. 2016, p. 5)

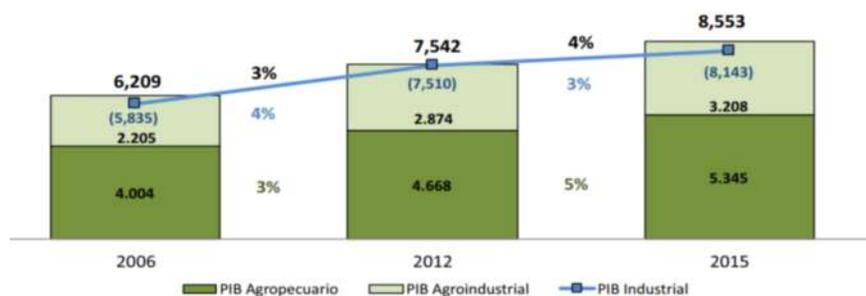


Figura 1-0: Evolución del sector agropecuario

Fuente: (Monteros Guerrero A et al. 2016, p. 1)

ANTECEDENTES

A nivel nacional los productos agrícolas que se ofertan son en su mayoría cultivados mediante la técnica de trasplante de plántulas o dentro de bandejas de germinación que han cumplido con su vida dentro de invernaderos, los cuales dan una efectividad mucho mayor que la siembra que se practica directamente en el suelo.

Diversos factores afectan a la siembra que se realiza de manera ancestral en el terreno, como son las heladas, granizadas, sequías y actualmente el calentamiento global el cual es un factor que afecta actualmente a las estaciones y las épocas de lluvia, que hace años atrás llegaban de manera regular en meses específicos con lo cual los agricultores planeaban la siembra y sufrían pérdidas mínimas, lo cual actualmente no saben con certeza las épocas de lluvias con lo cual las pérdidas han aumentado de manera exponencial.

Los agricultores por tradición generan pérdidas, tomando en consideración que una vez ocupado el terreno de cultivo, no pueden utilizarlo hasta que la siembra haya terminado su ciclo, mientras que la utilización de las bandejas de germinación se puede adelantar las germinaciones de las semillas y con eso producir por etapas diferentes plantas a lo largo de todo el año.

Según (Villagrán 2016, p. 8), en el año 2001 la población rural que vivía en el campo era del 39% mientras que en el año 2015 decreció a un 32%, lo que indica que habido una migración considerable hacia la ciudad y hacia otros países, puesto que la relación de beneficio costo que actualmente existe para la agricultura no es suficiente para que las personas se dediquen a esta actividad como en las pasadas generaciones.

La demanda que actualmente existe en los mercados del país por productos cultivables, exigen que los métodos de siembra se tecnifiquen, por ende, en la actualidad se usan semillas híbridas, que ha sido procreado por dos individuos de distinta especie (ASALE 2014, p. 1), las cuales dan una mejor cosecha y tienen una menor probabilidad de ser afectadas por plagas y/o enfermedades.

La actividad agrícola es una de los principales cimientos de la oferta exportable de la economía ecuatoriana por más de 2 años, por lo que la tendencia mundial en el campo de la agricultura, tiene una relación inmediata en el crecimiento económico y el bienestar de la población en general que se encuentra relacionada a ella. Las tendencias actuales definen el campo de acción, limitaciones y potencialidades para la producción agrícola y sus productores.

La siembra en almácigos es una gran opción para mejorar el tiempo de producción de hortalizas, por esta razón la sembradora semiautomática es una opción viable. Además, las pocas unidades dedicadas a este fin que actualmente que se encuentran en el mercado nacional, se ofertan a un precio elevado lo cual es un impedimento para que los pequeños productores puedan adquirirlas.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿El proceso manual de siembra genera tiempos muertos lo que produce una disminución en la producción de las plántulas?

¿Cuántas plantas se producen de manera manual en un lapso de un mes?

¿Cuál es la morfología más adecuada que se usara para la construcción de la máquina?

¿Cuál será la combinación de elementos para crear un sistema electromecánico que se adapte al proceso

¿Qué protocolo se debe aplicar experimentalmente para validar el comportamiento del dispositivo?

JUSTIFICACIÓN

“Diversos encuentros mundiales y regionales sobre desarrollo han evidenciado los retos futuros en materia de bienestar, sustentabilidad y equidad; han remarcado la importancia de reducir la pobreza, erradicar el hambre, mejorar la nutrición, proteger los ecosistemas y desarrollar economías incluyentes, entre otros. Dichos aspectos están relacionados con la adaptación de la agricultura al cambio climático, la inclusión rural, la seguridad alimentaria y nutricional y el manejo integral y sustentable de recursos naturales.”(Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca 2016, p. 10)

Por tal motivo el desarrollo de esta investigación busca implementar un prototipo de colocación de semillas de diferentes tamaños en las bandejas de germinación. El resultado que se obtenga en esta investigación pretende disminuir el tiempo que lleva realizar este proceso en la producción agrícola, por ende, mejorar la producción de plántulas.

“La Hidroponía Popular o "Cultivo Sin Tierra" permite, con reducido consumo de agua y pequeños trabajos físicos, pero con mucha dedicación y constancia, producir hortalizas frescas, sanas y abundantes en pequeños espacios de las viviendas, aprovechando en muchas ocasiones elementos desechados, que de no ser utilizados causarían contaminación.”(Marulanda y Izquierdo 2003, p. 8)

Con este estudio se plantea aumentar la producción de alguna empresa dedicada a la producción de plántulas, debido a que la máquina ayudará a reducir los tiempos en la etapa de siembra en el almacigo, además reducirá el personal en esta área, direccionando más recursos a otras etapas del proceso de la empresa.

En el mercado mundial existen diferentes dispositivos que realizan el proceso de siembra de semillas en bandejas, pero al momento no se han comercializado ni difundido en el mercado ecuatoriano, ni en el campo de la MYPES. La cual será de gran ayuda para los productores y así poder minimizar el tiempo del proceso agrícola en esta etapa.

Mediante el uso de este dispositivo automatizar un proceso simple y repetitivo que a la empresa le toma un tiempo considerable realizar. La máquina será capaz de colocar diferentes tamaños de semillas ya sea de hortalizas o frutas, según sea la necesidad de la empresa.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Desarrollar una máquina semiautomática, capaz de colocar semillas de varios tamaños dentro de almácigos, para minimizar el tiempo que lleva realizar esta etapa en el proceso agrícola.

Objetivos Específicos

- Realizar el diseño de la morfología que se adapte al proceso, y cumpla con todas las condiciones propuestas.
- Tomar en consideración cuales elementos se van a usar y cuál es la función que van a cumplir dentro del sistema.
- Realizar un estudio del tiempo que lleva realizar este proceso actualmente y cuantas plantas se produce.
- Desarrollar un protocolo de pruebas enfocado en validar el correcto funcionamiento del dispositivo.

CAPITULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Hidroponía

La hidroponía es un conjunto de técnicas de cultivo libres del suelo (Beltrano y Gimenez 2015, p. 9). Mediante esta técnica es posible sembrar y mantener diferentes tipos de plantas en estructuras simples o complejas aprovechando cualquier espacio disponible como patios, terrazas, suelos infértiles, invernaderos, etc.

A partir de este método se han desarrollado diferentes técnicas las cuales se ayudan de sustratos como medio para mantener la planta, así como también el control de la humedad, los nutrientes, el agua y la temperatura a cuál se mantiene la raíz. De acuerdo con la definición de (Beltrano y Gimenez 2015, p. 9) la palabra hidroponía viene del griego HIDRO (agua) PONOS (trabajo) lo cual significa textualmente cultivo en agua. Pero en la actualidad se utiliza este concepto para referirse al cultivo de plantas directamente en el suelo.

Un cultivo hidropónico es un sistema aislado del terreno convencional, utilizado para cultivar plantas cuyo crecimiento es posible gracias a la adición controlada de elementos que son vitales para el desarrollo de la semilla y posteriormente de la planta. Mediante esta técnica es posible obtener una mayor producción de hortalizas y minimizar las pérdidas con respecto al cultivo directo al suelo.

1.2. Fundamento de la siembra en Almacigos

Según el concepto expuesto por (Barrionuevo Ortiz 2015, p. 2), la siembra se realiza a golpes depositando una o varias semillas en cada cavidad de la bandeja o almacigo, cuando se deposita una sola semilla se le conoce como siembra de precisión o monogramo.

En la actualidad muchas personas se dedican a esta actividad, siendo frecuente que cada cavidad del almacigo se rellene con sustrato llamado compost, que se basa en la descomposición bioquímica de residuos orgánicos (ASALE 2014, p. 1), lo que posteriormente ayuda al trasplante, puesto que el cepellón que rodea a la raíz queda intacto lo que beneficia a que la raíz sufra el mínimo daño posible.

Para la producción de semilleros dentro de almacigos es necesario tres elementos principales que son el almacigo, el sustrato y la semilla.

1.2.1. Almacigos

Según (Marulanda y Izquierdo 2003, p. 51), el almacigo es un pequeño espacio al que se le da condiciones óptimas para garantizar el nacimiento de las semillas y el crecimiento inicial de las plántulas. Dependiendo de tipo de semilla que se vaya a utilizar dependerá el tamaño del almacigo, sabiendo el tamaño aproximado de la plántula, la cual va a permanecer adentro por un período de tiempo.



Figura 1-1: Almacigo.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

Esta herramienta es de gran ayuda para los agricultores para poder germinar semillas en un ambiente controlado, en consecuencia, obtener la mayor cantidad de plántulas posibles en cada recipiente. Tomando en consideración que la mayoría de cultivo en almacigos se lleva a cabo dentro de invernaderos donde se encuentran protegidos de condiciones adversas.

Actualmente se puede encontrar gran variedad de almácigos, que pueden ser de distintos materiales como de metal, madera, poliestireno y plástico siendo este últimos los más utilizados, puesto que son baratos y fáciles de transportar, además existen de todos los tamaños siendo específicos para cada tipo de semilla que se vaya a germinar.

Con la técnica del semillero en bandejas se puede obtener diferentes tipos de hortalizas como el tomate, pimiento, cebolla paiteña, etc. Además de diferentes plantas medicinales y ornamentales como las rosas, es la forma más factible de evitar todos los problemas que se presentan al plantar directamente en el suelo.

1.2.2. Sustrato

De acuerdo con (Gavilán, no date), el termino sustrato se aplica en horticultura a todo material solido distinto del suelo in situ, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, que colocado en colocado en un contenedor, en forma pura o mezcla permite el anclaje del sistema raticular, lo que produce un papel primordial al momento de la germinación de la planta actuando como soporte.

El sustrato interviene de manera directa en la nutrición mineral de la semilla y posteriormente de la plántula. De acuerdo con (Avenza Álvarez 2011, p. 37), existes diversos factores para evaluar la factibilidad de un sustrato, los cuales son:

- **Factores físicos:** la capacidad de almacenamiento de agua, el tamaño de partículas, la densidad, estabilidad.
- **Factores químicos:** la capacidad de intercambio catiónico, el nivel de nutrientes, el pH y la salinidad.
- **Factores biológicos:** aquí se observa la velocidad de descomposición, la cantidad de patógenos, malas hierbas y la toxicidad.
- **Factores económicos:** hacen referencia al costo, disponibilidad y la facilidad del mezclado.



Figura 2-1: Muestra de Sustratos.
Fuente: (HYDROENVIRONMENT, 2018)

Existen diferentes tipos de elementos o materiales que se suelen utilizar al momento de elaborar sustratos, los cuales entran dentro de una clasificación:

- **Químicamente Inertes:** arena silícea, grava, perlita, lana de roca, etc.
- **Químicamente Activos:** corteza de pino, vermiculita, turbas negras y rubias, etc.

Los sustratos más utilizados para la preparación de terrenos dedicados para la agricultura son la turba, fibra de coco, residuos forestales, compost, arena, grava, arcilla y lana de roca.

- **Turba:** Es una sustancia compuesta por materia orgánica que se encuentra originada por la descomposición inconclusa de vegetales (musgos, restos de madera, humus), sin aire y húmedo. Existen dos tipos de turba: rubias y negras.
Se suele usar más la rubia, tomando en consideración que la negra tiene poca aireación y grandes cantidades de sales.
- **Fibra de coco:** Se obtiene de las fibras de la cascara del coco, que se encuentra compuesto por gránulos y fibras.
- **Residuos forestales:** Son los desechos que son producto de las podas, limpiezas, aserrín, trancos de árboles, de origen forestal, mientras que del origen agrario pueden ser los desechos de comida y purines.
- **Compost:** También conocido como abono orgánico, se obtiene por la descomposición aeróbica (con oxígeno) de restos vegetales, excrementos y purines, evitando la putrefacción. (Avenza Álvarez 2011, p. 41)
El proceso se debe a bacterias y microorganismos, en algunos casos interviene hongos, lombrices, caracoles, etc., que degradan la materia orgánica.

- **Perlita:** Es un mineral de origen volcánico, el mineral más usado e importante.

La diferencia entre las clasificaciones viene marcada por la capacidad de intercambio catiónico, una propiedad que va directamente relacionada con el intercambio de nutrientes por parte del sustrato hacia la semilla y/o raíz. Tomando en consideración que el sustrato va a ser la fuente de almacenamiento de nutrientes durante el tiempo de colocación de la semilla hasta su posterior trasplante hacia una maceta o directamente al suelo.

1.2.3. Semillas

De acuerdo con (ASALE 2014c, p. 1), un grano que en diversas formas produce las plantas y que al caer o ser sembrado produce nuevas plantas de la misma especie se lo define como semilla. Para (Gaytán Ruelas, Serwatowski y Gracia López 2006, p. 30), las semillas dedicadas a la producción en almácigos deben tener un porcentaje de germinación mayor al 90 % , tomando en consideración que el 10 % de las cavidades de las plántulas en los almácigos, se las consideran como de baja calidad.

Las semillas de alta calidad dependen directamente de las condiciones de producción en campo, (Velasquez Jose, Monteros Alvaro y Tapia Cesar 2008, p. 2), por ende, es de vital importancia adquirir semillas que hayan sido certificadas para su producción, actualmente el Ecuador cuenta con la Ley de Semillas, la que permite el acceso y disponibilidad de semillas de calidad para todos los productores dentro del territorio nacional.



Figura 3-1: Semillas de acelga.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018.

La Tabla 1.1. muestra las características de semillas de hortalizas cuyo proceso de germinación se lo realiza en almácigos.

Tabla 1-1: Características generales de las semillas hortícolas.

Hortaliza	Peso de 1 litro de semilla (gr)	Cantidad de semilla en un gramo	Tamaño de la semilla (mm)	Forma	Método de siembra
Brócoli	700	550	2 a 3	Esférica	Directa y trasplante
Coliflor	700	320	2 a 3	Esférica	Directa y trasplante
Rábano	650	80	2 a 3	Esférica	Directa y trasplante
Cebolla	480	300	1 a 2	Irregular	Directa y trasplante
Ajo	500	250	----	---	Directa
Zanahoria	240	250	3	Elíptica plana	Directa
Cilantro	250	60	----	---	Directa
Lechuga	430	800	4 a 5	Alargada	Directa y trasplante
Espárrago	800	50	4 a 8	Angulosa esférica	Directa
Jitomate	---	410	1 a 2.5	Reniforme	Directa y trasplante

Fuente:(Barrionuevo Ortiz 2015, p. 30)

Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

1.3. Siembra en almácigos

El proceso de siembra se lo realiza de forma manual o automática según el nivel de automatización de la plantación o empresa, tomando en consideración que la mayoría de empresas que se dedican a la agro producción en el país realizan este proceso de forma manual. Para el proceso de siembra ya sea automático o manual sigue 6 pasos primordiales según la figura 1.3.

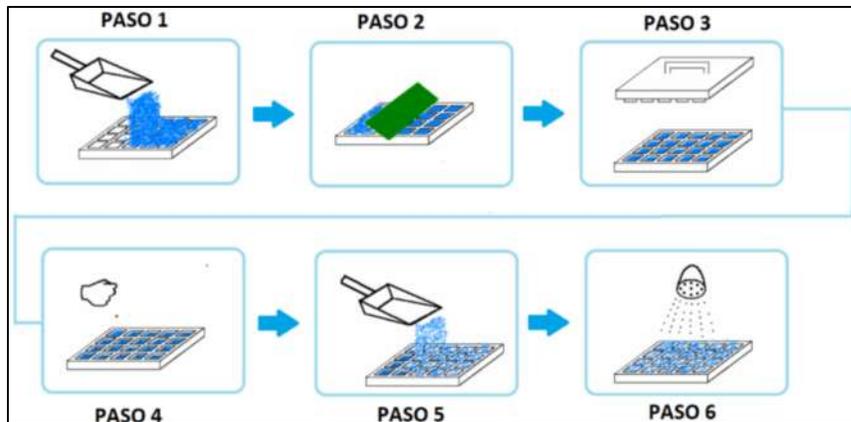


Figura 4-1: Pasos para la siembra en almácigos.
Fuente:(Barrionuevo Ortiz 2015, p. 7)

1.3.1. Paso 1: Llenado del almácigo.

Se procede a la desinfección de los almácigos con agua. Al momento que el sustrato deseado se encuentre completamente mezclado con los componentes elegidos, se procede a humedecerlo (45-60%). El operador procede a llenar los almácigos con ayuda de una barra de plástico o madera de manera uniforme.



Figura 5-1: Llenado de sustrato.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018.

1.3.2. Paso 2: Alisado del sustrato.

Una vez llenado todas las cavidades del almacigo, se procede a nivelar el sustrato tratando que se haya llenado de forma homogénea con ayuda de una superficie plana.



Figura 6-1: Nivelado de sustrato.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018.

1.3.3. Paso 3: Punzonado del sustrato.

Se procede a presionar y compactar el sustrato en cada uno de las cavidades del almacigo para que quede por debajo del nivel superior de la bandeja aproximadamente de 10 cm. Y así lograr una superficie firme para lograr el asentamiento de la semilla.



Figura 7-1: Punzado de sustrato.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018.

1.3.4. Paso 4. Colocación de las semillas.

El operario procede a colocar las semillas de forma manual en la bandeja o con ayuda de pinzas según el tamaño de la bandeja, priorizando que solo se coloque una semilla por cavidad, caso contrario la germinación no se desarrollará de forma adecuada.



Figura 8-1: Colocación de sustrato.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018.

1.3.5. Paso 5. Recubrimiento de semillas.

Se coloca una capa extra de sustrato hasta lograr el recubrimiento de las semillas, para que facilite la germinación de las semillas.



Figura 9-1: Recubrimiento de sustrato.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018.

1.3.6. Paso 6. Humectación del sustrato.

Es la etapa final de la siembra en almácigos, se trata de humedecer el sustrato post-siembra para mejorar las condiciones para que la semilla pueda mejorar.



Figura 10-1: Humectación de sustrato.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018.

1.4. Tipos de siembra.

1.4.1. Siembra manual

Para (Barrionuevo Ortiz 2015, p. 10), la siembra manual se caracteriza por la utilización durante todas las operaciones del proceso, como medios de trabajo, exclusivamente, las manos o algunas herramientas simples de accionamiento manual.

Para realizar la siembra manual se toma demasiado tiempo, tomando en consideración que el proceso de la colocación de semillas se los realiza en varios almácigos por día, lo que representa una gran parte del periodo laboral, y a largo plazo una pérdida, tomando en consideración que ese tiempo se lo podría emplear en otras actividades.

1.4.2. Siembra automatizada.

Según (Barrionuevo Ortiz 2015, p. 11), los sistemas de producción de plántulas en los que todas las operaciones se realizan utilizando medios mecanizados, es decir, máquinas, equipos y dispositivos que en forma de módulos separados llevan a efecto las operaciones del proceso de siembra, constituyen los sistemas de producción mecanizados

La siembra mecanizada es un proceso en el cual siempre debe estar supervisado por un operario, el cual debe depositar las bandejas al inicio y al final de la operación de siembra, pero al contrario de la siembra manual es un número limitado de personas lo cual reduce considerablemente los recursos que se emplearían a esta etapa. En la figura 11-1 se puede observar una máquina diseñada para el proceso de siembra en bandejas de germinación.



Figura 11-1: Sembradora automática por etapas.
Fuente: (Dinatek 2015)

1.5. Automatización y control industrial.

La automatización puede entenderse como la interrelación de procedimientos y métodos que cumplen con la finalidad de reemplazar la acción de los operarios dentro de un proceso o una determinada actividad ya sea dentro de tareas netamente físicas, mentales o una combinación de ambas, las cuales han sido programadas con anterioridad.(Chulde Quiróz 2017, p. 5)

En la figura 12-1, se puede observar interacción que existen entre los automatismos y los operarios los cuales deberían tener un conocimiento básico de cómo funciona el automatismo y poder dar un mantenimiento preventivo para poder evitar futuros contratiempos y evitar la suspensión parcial o total de la máquina.

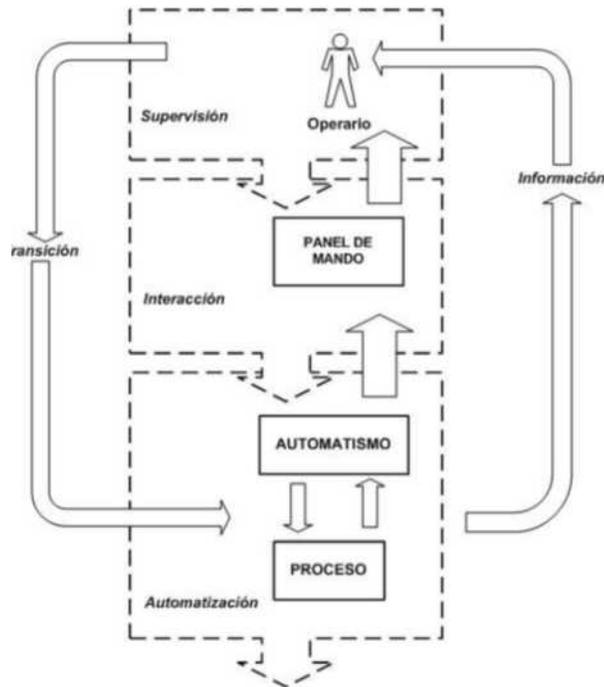


Figura 12-1: Interacción persona-máquina en automatización industrial.
Fuente:(Ponsa y Vilanova 2007, p. 23)

De acuerdo con (Llopis 2010, p. 5), en las últimas décadas se ha seguido una tendencia de automatizar de manera progresiva procesos productivos de todo tipo. Dicha tendencia ha sido posible al desarrollo y abaratamiento de la tecnología necesaria. Por lo cual todo tipo de empresa ha ido invirtiendo en tecnología para mejorar todas sus etapas.

La automatización de los procesos de producción tienen objetivos claros:

- Mejorar la calidad y mantener un nivel de calidad uniforme.
- Producir las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Mejorar la productividad y reducir costos.
- Hacer flexible el sistema productivo.

Los objetivos anteriormente planteados son primordiales para una empresa nueva, la cual desea ser parte de la cuarta revolución industrial y poder mantenerse a flote en el mercado actual, para lo cual debe optimizar sus recursos aumentar producción y por ende disminuir los costos para el usuario final.

Actualmente se puede distinguir varios niveles de automatización en el proceso productivo de una empresa:

- Nivel máquina. Se considera la automatización de una sola máquina la cual cumple una función determinada dentro de proceso productivo.
- Nivel de grupo. Se considera la automatización de dos o más máquinas las cuales trabajan en conjunto para realizar un proceso productivo.
- Nivel planta. En este nivel se considera el control total de una planta de producción para cumplir a cabalidad todos los objetivos planteados para la empresa.
- Nivel empresa. En este nivel se considera el conjunto de la empresa (gestión, ventas, etc.)

Cada nivel de automatización requiere un cierto nivel de comunicación, el nivel uno no es esencial una red de comunicación tomando en consideración que es una sola máquina, el nivel dos requiere simplemente una red local de datos si las máquinas se encuentran a una distancia considerable, para poder conocer el estado del automatismo, mientras que los niveles tres y cuatro requieren una red informática estable y de un ancho de banda considerable, tomando en consideración que la transferencia de datos debe ser confiable.

1.5.1. Tecnología de la automatización.

El avance de la tecnología ha sido un gran beneficio para el campo de la automatización, lo cual permite una mejor interacción entre las diferentes tecnologías que podrían componer un sistema como son la eléctrica, neumática, hidráulica, mecánicas, etc. La tecnología más utilizada y compatible con las demás es la mecánica, la cual hace uso de diversos elementos para generar o transmitir movimientos.

Existen dos maneras de controlar una automatización dependiendo del proceso se utiliza la lógica cableada y la lógica programable:

1.5.1.1 Lógica cableada

Es la forma básica de realizar un automatismo con la ayuda de diferentes elementos como contactos, finales de carrera, sensores, etc. Su funcionamiento se los controla mediante el uso de contactores y relés que comúnmente son accionados por contadores y/o temporizadores. Este tipo de lógica utiliza dos funciones una de mando, control, protección, señalización y potencia.



Figura 13-1: Tablero con lógica cableada.

Fuente: («Blitz Ingeniería | Automatización» 2016)

1.5.1.2. Lógica programable.

Se trata de la programación que usa chips o microchips, que permite la configuración de los circuitos de un sistema mediante uso de software, se basa en dispositivos lógicos programables (PLD), que al contrario de los componentes de la lógica cableada no tienen definido la función que realizan, antes de usar los PLD estos deben ser programados.

El dispositivo más popular para este tipo de programación es el PLC (Control Lógico Programable), es una pequeña computadora la cual está diseñada con múltiples entradas y salidas, robustez, mayor resistencia a la temperatura, el ruido, etc. Los programas por lo general se suelen guardar en memorias no volátiles o baterías. Los resultados de las salidas siempre van a ser determinado del estado de una o más varias entradas.



Figura 14-1: Tablero con PLC.
Fuente: («Blitz Ingeniería | Automatización» 2016)

1.5.2. Sistemas de control.

Para garantizar un perfecto desempeño de cualquier tipo de máquina, se efectuará un control automático. Con la interconexión de diferentes componentes como son: sensores, transmisores, controladores y finalmente el elemento final de control, para crear un sistema, de tal manera que el arreglo resultante es capaz de controlarse autónomamente.

1.5.2.1. Sistema de control en lazo abierto.

Comúnmente llamados no automáticos, se llaman de lazo abierto puesto que el control es independiente del estado de la salida, es decir la salida no se mide ni se retroalimenta para compararla con la entrada, dichos sistemas por lo general se utilizan un actuador para obtener la respuesta deseada que fueron preestablecidos con anterioridad.



Figura 15-1: Sistema de lazo abierto.
Fuente: (Moncada Albitres 2005, p. 24)

1.5.2.2. Sistemas de control en lazo cerrado.

A diferencia de los sistemas de lazo abierto los sistemas cerrados interactúan la salida con la entrada para poder corregir el resultado de manera constante, a este efecto se le llama retroalimentación. La señal controlada debe retroalimentarse y compararse de manera permanente con la entrada de referencia, las lo cual se envía una señal de control para corregir el error si se presentara.

La principal ventaja de los sistemas retroalimentados a causa de que son menos sensibles antes las perturbaciones que puedan presentarse en el sistema y a las diferentes variaciones de todos los parámetros de los componentes de los sistemas de lazo abierto.

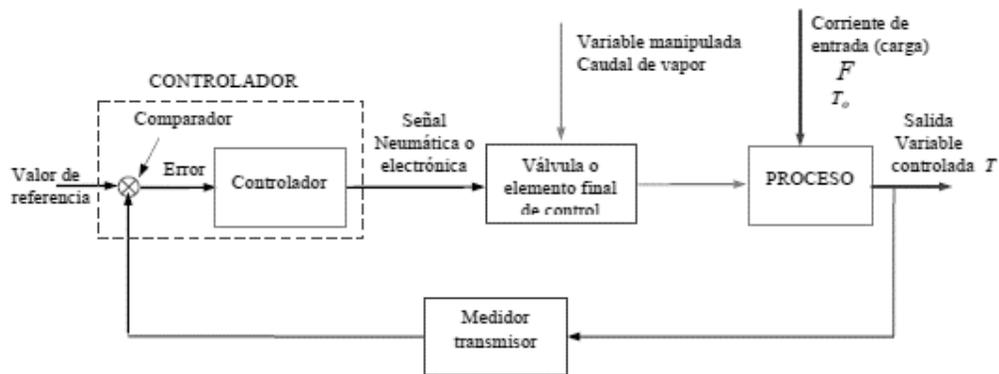


Figura 16-1: Sistema de lazo cerrado.

Fuente: (Moncada Albitres 2005, p. 23)

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se describe de manera clara las etapas de la construcción e implementación de una máquina semiautomática de siembra de semillas en almácigos, que va desde la selección de elementos hasta la programación.

Para el desarrollo del proyecto será dividido en varias etapas como son: diseño y construcción de la estructura metálica, implementación de la parte de mecánica para el movimiento de la bandeja, diseño y construcción del mecanismo de toma de semillas, selección e implementación de los elementos neumáticos, selección e implementación de la parte electrónica para la operación de la máquina.

2.1. Requisitos de funcionamiento.

Las funciones que se exponen a continuación indican el trabajo que debe realizar el sistema:

- Tener bajo costo para que los agricultores puedan acceder a este tipo de tecnología.
- Generar el movimiento adecuado para el desplazamiento al almácigo que ha sido prellenado con sustrato desde el punto inicial hasta la sección de las semillas
- El correcto posicionamiento entre el sistema mecánico de transporte de los almácigos con el sistema de distribución de las semillas.
- Brindar la energía necesaria para que el sistema de distribución de semillas pueda colocarlas en cada una de las cavidades del almacigo.
- Proporcionar el aire necesario para la toma y descarga de las semillas mediante la generación de vacío, que han sido colocadas en el recipiente.
- Una vez finalizada el proceso de siembra movilizar el almacigo al punto de inicio para su retiro y posteriormente colocar una nueva bandeja de germinación.

2.2. Requisitos del sistema.

- **Fuente de energía:** Red eléctrica de 110/220 VAC.
- **Accionamiento de la máquina:** Presencia de motores eléctricos y pistones neumáticos.
- **Tamaño:** El diseño debe ser lo más pequeño posible para asegurar que pueda ser usado y transportado a diferentes lugares. Largo: 650 mm, ancho: 400 mm y altura: 250 mm.
- **Tamaño de los almácigos:** Los almácigos utilizados tienen una dimensión de 280 mm² y una altura de 45 mm.
- **Tipos de semilla:** Se puede trabajar con cualquier tipo de semillas que cumplan con el tamaño establecido de 4 mm hasta 10 mm que posean una forma esférica o equivalentes.
- **Sistema neumático:** Sistema de toma de semillas mediante varios generadores de vacío, alimentación DC, y un actuador lineal (pistón) para generar el movimiento de la colocación de las semillas.
- **Sistema mecánico:** El sistema debe ser de bajo consumo y estar conformado por materiales livianos y resistentes antes la presencia de vibraciones. Debe poseer una protección antioxidante.
- **Sistema de control.** La máquina debe poseer un botón de inicio, botón de paro, switch de encendido/apagado y principalmente un botón de paro de emergencia.

2.3. Técnicas de recolección de datos.

La observación permite validar la adquisición de datos, mediante la medición se facilita la valoración de los requerimientos de cada etapa del sistema tanto en hardware como en software para dimensionar y seleccionar los elementos a utilizar, además con la experimentación, se implementa la simulación la cual permite visualizar cada etapa en funcionamiento con la finalidad de comprobar la máquina.

2.4. Método de investigación

El método sintético es la herramienta más utilizada, que permite por medio del análisis componer cada etapa hasta completar por el sistema, por medio de estudios previos y poder encontrar la mejor alternativa para la problemática planteada.

2.5. Concepción de la arquitectura general del prototipo

La concepción general de la propuesta se muestra en la figura 2-1, la cual está compuesta por las siguientes etapas:

- Sistema mecánico
- Mecanismo de siembra
- Guías para el sistema mecánico
- Sistema de toma de semillas



Figura 1-2: Concepción general de la sembradora para bandejas.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

2.6. Selección y diseño de las etapas.

Para analizar y seleccionar de forma crítica la selección de los componentes que van a formar el sistema se lo divide en etapas las cuales serán estudiadas en base a diferentes factores como: materiales, costos, disponibilidad, funcionamiento y adaptación. Para la elección de las alternativas se utilizará la tabla 2-1. que se basa en diferentes parámetros que son agrupados de tal manera que cada uno reciba un valor numérico respecto al nivel de satisfacción.

Tabla 1-2: Escala de ponderación para alternativas de diseño.

Calificación	Porcentaje De Factibilidad	Significado
0	<35	Insatisfecho
1	36-50	Satisfactorio
2	51-75	Bueno
3	76-89	Muy bueno
4	90-100	Óptimo

Fuente: (CHANCUSI y PARRA 2014, p. 22)
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

2.7. Parte mecánica.

Tomando en consideración que la parte mecánica es el eje primordial del funcionamiento del sistema, el análisis y selección de los elementos a utilizar, se lo realiza en base a los actuadores necesarios para su funcionamiento y el beneficio que los mismos prestaran al sistema. Además, de ser confiable, exacto, sólido y no debe presentar deslizamientos indeseados durante el funcionamiento.

2.7.1. Alternativa 1: Transportador de banda.

El sistema de transporte por banda se basa en el movimiento continuo de dos rodillos los cuales son accionados el primero por un motor el cual genera una fricción, lo cual tensa la banda y ayuda a que el segundo rodillo gire libremente para que posteriormente ayude al retorno de la banda. En la figura 2-1, se puede observar las partes claves de un sistema de transporte mediante banda.

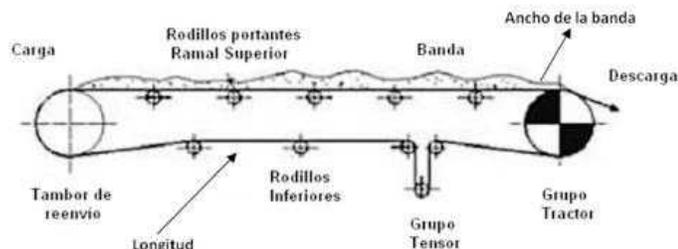


Figura 2-2: Banda transportadora.

Fuente: (Astals Coma 2009)

Ventajas y desventajas de Transportador de banda.

Ventajas: Gran capacidad de transporte, se puede realizar la carga y descarga en cualquier punto, no altera el producto terminado.

Desventajas: Alto consumo de energía, existe la posibilidad de rotura de la cinta transportadora, la tensión requiere una tensión específica.

2.7.2. Alternativa 2: Mecanismo tuerca- husillo

Es un sistema muy simple que transforma la energía rotatoria del husillo o tornillo, en energía lineal de la tuerca que se desplaza a lo largo del husillo dependiendo el sentido de giro. El avance lineal dependerá básicamente el tamaño del paso del tornillo y el número de hilos que posea la tuerca. También se lo utiliza como prensa mediante la inmovilización de la tuerca, este tipo de mecanismo se basa las dobladoras manuales.



Figura 3-2: Husillo y tuercas.

Fuente:(THK- MÉXICO 2017)

Se los puede comprar normados, pero los existentes en el mercado nacional son de máximo 8 mm de diámetro que son dedicadas para la construcción de CNC'S. Por lo que no se podrá utilizarlas en la sembradora, para lo cual se la puede fabricar en torno, lo cual es un proceso costoso. Pero actualmente existe una opción más económica se trata de la utilización de varillas roscada y tuercas normadas las cuales son sumamente comunes y se las puede adquirir en cualquiera centro ferretero.



Figura 4-2: Varilla roscada.
Fuente: (Rhona 2017)

Ventajas y desventajas del husillo y tuerca.

Ventajas: Posee una mejor precisión respecto al tamaño del paso del husillo, tiene mayor rendimiento, se encuentra en diferentes materiales.

Desventajas: Desgaste del husillo y tuerca con el paso de las horas de trabajo.

2.7.3. Criterios para la elección del sistema mecánico.

Los factores analizados para la elección del sistema mecánico son:

- Costo
- Disponibilidad
- Mantenimiento
- Potencia
- Implementación

2.7.4. Elección del sistema mecánico.

Tabla 2-2: Selección de alternativas para el sistema mecánico.

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo	2	3
Disponibilidad	2	4
Mantenimiento	3	3
Potencia	2	3
Implementación	1	3
Suma	10	18

Fuente: (CHANCUSI y PARRA 2014, p. 22)
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

De la tabla 2-2 es concluyente para la toma de decisión, la alternativa 2 (sistema husillo- tuerca) es la más adecuada para la implementación del sistema mecánico, tomando en consideración que existen en el mercado una opción más económica se utilizara la varilla roscada, tomando en consideración que es mucho más accesible y se la encuentra en todas las medidas deseadas, además como se busca precisión la última alternativa es la más adecuada.

2.8. Diseño de la bandeja transportadora de almácigos.

Para la el diseño y posterior construcción de la bandeja o base para los almácigos es necesario que sea rígida y muy liviana para que al momento del movimiento no presente mucho esfuerzo para el actuador encargado del movimiento lineal.

En la tabla 3-2 se muestra los parámetros elegidos para el diseño, tomando en consideración que se lo va a realizar con la unión de varios pedazos de perfil de aluminio hasta alcanzar la medida deseada de 300x300 mm, que se muestra en la figura 5-2.

Tabla 3-2: Parámetros del perfil de aluminio.

Parámetro	Descripción
Material	Aluminio
Geometría	Tubo cuadrado
Dimensiones	32.5 mm x 32.5 mm
Longitud	300 mm
Peso	0.740 Kg/m

Fuente:(CEDAL 2014, p. 11)

Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

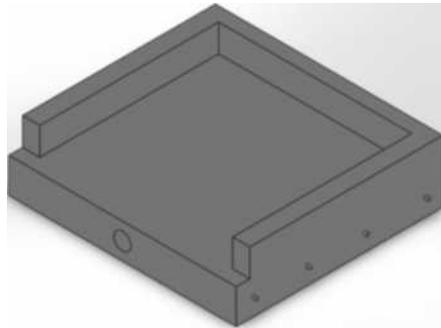


Figura 5-2: Diseño de la bandeja para almácigos.

Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

2.9. Mecanismo de siembra.

Para que se pueda cumplir con el objetivo de la siembra en bandejas es necesario la colocación de las semillas en cada cavidad de los almácigos. Cumpliendo con diversas características como robustez, preciso y no sea tan pesado.

Según (Barrionuevo Ortiz 2015, p. 24), el mecanismo de siembra se subdivide en cuatro secciones interconectadas: Kit de siembra, Acoplamiento mecánico, Transmisión de potencia y almacenador de semillas.



Figura 6-2: Partes del mecanismo de siembra.
Fuente: (Barrionuevo Ortiz 2015, p. 25)

2.9.1. Alternativa 1: Siembra por boquillas.

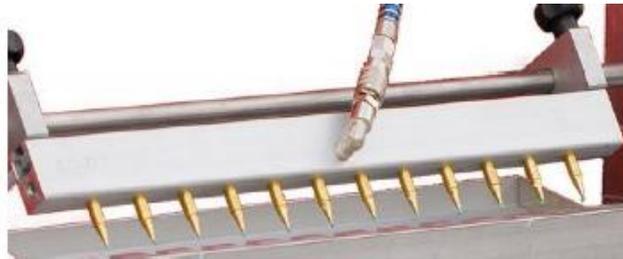


Figura 7-2: Sistema de siembra por boquillas.
Fuente: (Barrionuevo Ortiz 2015, p. 27)

Funcionamiento:

Las boquillas están unidas al sistema de vacío mediante un tubo cuadrado, es complementado con un sistema de tubos los cuales colocan las semillas en cada una de las cavidades de los almácigos. Lo cual presenta un diseño sumamente sencillo para la toma de semillas desde el plato de almacenamiento.

Ventajas:

- El sistema es sencillo y liviano.
- La fabricación es muy sencilla, no requiere muchos recursos.

Desventajas:

- Puede existir una pérdida mínima de semillas al momento de la succión.

2.9.2. Alternativa 2: Sistema de siembra rotativa.

En la figura 8-2, se puede observar el tambor para la siembra rotativa de bandejas, el cual se encuentra conformado por un tambor giratorio.

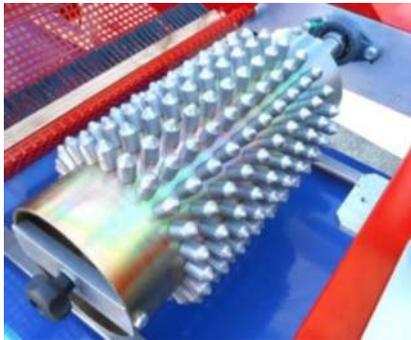


Figura 8-2: Sistema de siembra rotativo.
Fuente:(Urbanati 2018)

Funcionamiento:

El tambor se encuentra unido al plato contenedor de las semillas, una vez que la bandeja ingresa al tambor, las semillas son succionadas hacia las boquillas que se alinean con las cavidades de los almácigos, para luego dejarlas caer mientras la bandeja se sigue moviendo.

Ventajas:

- Permite usar bandejas de diferentes tamaños.
- Es un sistema robusto y fiable con un alto índice de siembra.
- El desperdicio de semillas es muy bajo.

Desventajas:

- Costo de producción elevado.
- La estructura del tambor utiliza mucho espacio.
- El sistema de transporte debe ser necesariamente una banda transportadora.

2.9.3. Criterios de selección del kit de siembra.

Para seleccionar la mejor alternativa del mecanismo de siembra, se toma los siguientes criterios.

- Costo
- Fabricación
- Ensamblaje
- Robustez
- Mantenimiento

2.9.4. Selección de alternativas del kit de siembra.

Tabla 4-2: Selección de alternativas del kit de siembra.

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo	3	2
Fabricación	3	2
Ensamblaje	3	1
Robustez	2	3
Mantenimiento	2	2
Suma	13	10

Fuente: (CHANCUSI y PARRA 2014, p. 22)

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

Al analizar los resultados de la tabla 4-2, se obtiene que la alternativa aceptada es la numero uno (siembra por boquillas), tomando en consideración el costo es menor y la fabricación es más sencillas respecto a la alternativa del tambor. Además, el ensamblaje de la alternativa 1 es más sencillo, puesto que la meta es construir una máquina que sea ligera, de fácil ensamblaje y un costo menor a las máquinas que son importadas.

2.9.5. Selección del sistema de transmisión de movimiento.

Para complementar la selección de los elementos del mecanismo de siembra, se utilizará un sistema de barra central unido a un brazo para coordinar el movimiento de las semillas desde el plato contenedor hasta las cavidades del almácigo. Tomando en consideración que el movimiento requerido es muy pequeño y debe soportar gran cantidad de peso.

2.9.5.1. Alternativa 1: Transmisión por correas.

La transmisión por correa, es la manera más sencilla, se basa en una cinta cable colocada con tensión sobre dos poleas: la primera se le denomina motriz y la segunda conducida. La transmisión puede ser por correa abierta, cruzada y por rodillo tensor.

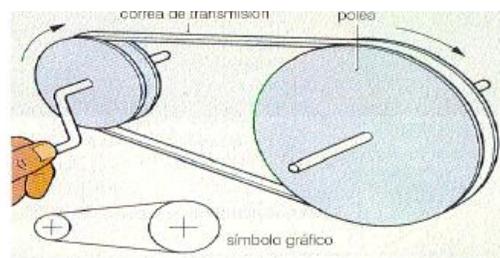


Figura 9-2: Transmisión por correa.

Fuente:(Barrionuevo Ortiz 2015, p. 30)

Ventajas y desventajas:

- **Ventajas:** La transmisión es fija, no existe deslizamiento, alto rendimiento.
- **Desventajas:** Requieren lubricación constante, montaje y mantenimiento permanente.

2.9.5.2. Alternativa 2: Movimiento lineal por cilindro neumático.

Son actuadores neumáticos, mediante el uso de aire comprimido, se genera un movimiento lineal de avance o retroceso de un mecanismo (vástago). En el mercado existen dos tipos de cilindros neumáticos de simple efecto y de doble efecto según sea la necesidad.



Figura 10-2: Cilindros neumáticos.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

Ventajas y desventajas:

- **Ventajas:** no requiere de mantenimiento, no es necesario lubricación, su montaje es muy sencillo.
- **Desventajas:** Es necesario un flujo constante de aire.

2.9.5.3. Criterios para la selección de la transmisión de potencia.

- Costo
- Mantenimiento
- Implementación
- Disponibilidad

2.9.5.4. Selección del mecanismo de selección de la transmisión de potencia.

Tabla 5-2: Selección de alternativas para el sistema de guiado de la bandeja de transporte.

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo	2	3
Mantenimiento	2	3
Implementación	2	4
Disponibilidad	3	3
Suma	9	13

Fuente: (CHANCUSI y PARRA 2014, p. 22)
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

Según la tabla 5-2, se opta por utilizar la alternativa 2 (Cilindros neumáticos), tomando en consideración que es mucho más fácil de implementar, su costo es muy accesible y el mantenimiento es mínimo casi nulo.

2.10. Diseño del mecanismo de siembra.

El diseño del sistema de siembra mediante boquillas se compone de los siguientes elementos:

- Tubo de vacío con boquillas
- Transmisión del movimiento
- Plato contenedor

La barra con boquillas realiza un movimiento repetitivo, por ende, debe ser liviana por lo que se decide usar materiales livianos además de la utilización de rodamientos para minimizar el peso que debe soportar el actuador que transmitirá el movimiento a la misma. Para la fabricación de las boquillas se opta por el aluminio por ser un material fuerte y liviano a la vez.

2.10.1. Tubo de vacío con boquillas.

En la tabla 6-2 se muestra los parámetros elegidos para el diseño y posterior fabricación de la barra de vacío con sus respectivas boquillas.

Tabla 6-2: Parámetros de diseño del tubo de vacío.

Parámetro	Descripción
Material	Acero galvanizado
Geometría	Tubo cuadrado
Dimensiones	30 mm x 30 mm
Longitud	300 mm
Longitud de las boquillas	65 mm
Distancia entre boquillas	23 mm

Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

Para el montaje de la pieza se le agrego una barra central la cual se encuentra unido el tubo de vacío, con la finalidad de disminuir la resistencia al movimiento con la ayuda de rodamientos que se los colocara a cada lado, como se muestra en la figura 11-2 obtenido usando el software SolidWorks.

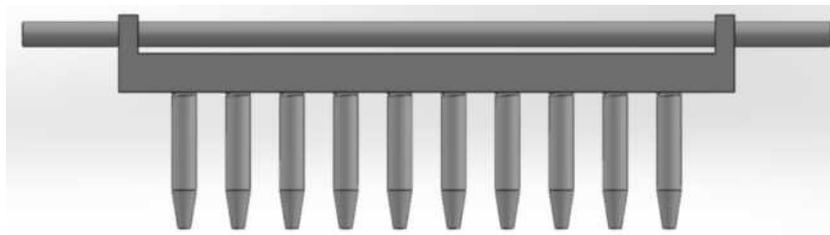


Figura 11-2: Tubo y boquillas.

Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

La función principal es contener en su interior el vacío necesario para que las boquillas puedan tomar cada semilla de manera unitaria. Tomando en consideración que la presión máxima a la cual será ejercida es de máximo -100 Kpa que serán obtenidos por el generador de vacío.

2.10.2. Diseño del plato contenedor de semillas.

Para el diseño del contenedor, el cual se lo realiza pensando en una forma óptima para que las semillas no siempre permanezcan en un punto donde las boquillas puedan ser succionadas de una forma rápida y no se dispersen. Por tanto, se lo diseño con una forma de caída, con lo cual las semillas siempre se mantendrán en el fondo del recipiente.

En la tabla 7-2 se muestra los parámetros elegidos para el diseño y posterior fabricación de la barra de vacío con sus respectivas boquillas.

Tabla 7-2: Parámetros del diseño del contenedor de semillas.

Parámetro	Descripción
Material	Acero inoxidable
Geometría	Rectángulo
Dimensiones	100 mm x 50 mm
Longitud	300 mm
Numero de orificios de descarga	10
Diámetro interno de los orificios de descarga	20 mm
Distancia de los orificios de descarga	23 mm

Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

En la figura 12-2 se observa el diseño realizado en el programa SolidWorks, mientras que en la figura 13-2 se puede observar la forma interna del contenedor para ayudar a la toma de semillas.

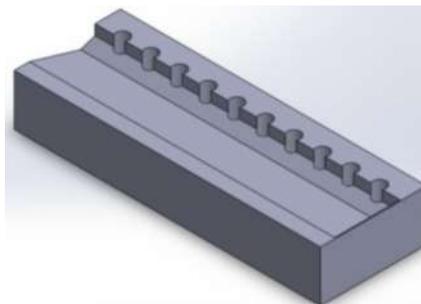


Figura 12-2: Diseño contenedor de semillas.

Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

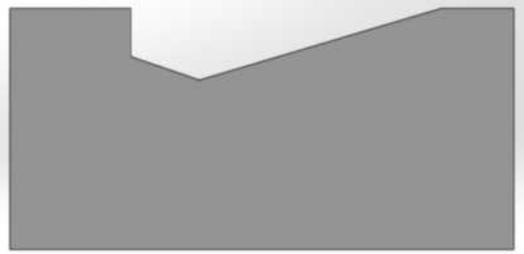


Figura 13-2: Forma interna del contenedor de semillas.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

2.11. Guías para el sistema mecánico.

Como complemento para el sistema mecánico es necesario colocar guías lineales las cuales ayudaran a la transmisión del movimiento. Las cuales deben tener o complementar los siguientes factores:

- Ofrecer soporte al recipiente que albergara al almacigo cuando la máquina se encuentre detenida.
- Guiar a los elementos móviles, que presenten una fricción mínima y permita el libre movimiento.
- Debe soportar fuerzas externas y mantenga la estabilidad de la máquina.
- El costo debe ser mínimo.

2.11.1. Alternativa 1: Sistema de guiado por eje.

Esta alternativa se basa en un eje que puede ser de varios elementos, por ejemplo: de acero inoxidable, aluminio o bronce náutico, el cual debe ser resistente a la oxidación. Además, cuenta con una superficie lisa la cual ayuda a que la fricción sea mínima y por lo tanto el movimiento sea más fácil.



Figura 14-2: Barras de acero inoxidable
Fuente: (Proacero 2017, p. 1)

2.11.2. Alternativa 2: Sistema de guiado por riel.

Se basa en la utilización de rieles las cuales están compuestas por un riel, la cual es colocada dentro de correderas, estas últimas poseen pequeñas esferas de acero inoxidable que permiten el movimiento se realice de forma fácil y sin ningún tipo de esfuerzo.



Figura 15-2: Rieles
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

2.11.3. Criterios para la elección del sistema de guiado para la bandeja de transporte.

Los criterios a evaluar son los siguientes:

- Carga dinámica
- Vida útil
- Velocidad.
- Robustez
- Costo
- Mantenimiento
- Montaje

2.11.4. Selección de alternativas para el guiado de la bandeja de transporte.

Tabla 8-2: Selección de alternativas para el sistema de guiado de la bandeja de transporte.

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2
Carga dinámica	2	2
Vida útil	3	3
Velocidad.	2	3
Robustez	3	2
Costo	2	4
Mantenimiento	2	2
Suma	14	16

Fuente: (CHANCUSI y PARRA 2014, p. 22)
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

Según la tabla 8-2, la alternativa aceptada para el sistema de guiado de la bandeja de transporte para los almácigos es la número 2, tomando en cuenta que su costo es muy sencillo y su colocación aún más sencilla en comparación con los ejes, además las cargas no tienen un peso exagerado con lo que el sistema con mayor robustez no es un gasto justificable.

2.12. Diseño y selección del sistema de vacío.

a. Cálculo de la fuerza de succión.

Para determinar la fuerza necesaria para la sujeción y mantener suspendida las semillas durante el traslado hacia la bandeja de germinación, se debe tener en consideración la masa promedio de las semillas, el número de boquillas utilizadas y la velocidad tangencial del pistón neumático.

$$m_{cilantro} = \frac{1}{\text{cantidad de semilla por gramo}}$$
$$m_{cilantro} \approx \frac{1}{90}$$

$$m_{cilantro} \approx 0.0111 \text{ gr}$$

Posteriormente se procede a determinar la fuerza necesaria para la retención en cada una de las boquillas de succión, para saber si la succión en cada una cumple con los requerimientos para la toma de las semillas, por ende, desempeñen bien su función.

A continuación, se calcula la fuerza de retención teórica de las boquillas, mediante la siguiente ecuación (Microautomación 2014, p. 57):

$$F_{TH} = m * (g + a) * S$$

Donde,

F_{TH} = Fuerza de retención teórica [N – m]

m = Masa de la semilla (kg)

g = Gravedad

a = Aceleración de la instalación [m/s^2]

S = Factor de seguridad

Para calcular la aceleración de pistón es necesario conocer la fuerza ejercida por el vástago del pistón se utilizara la siguiente formula (Roydisa 2013):

$$F = P * S$$

Donde,

Fuerza = Fuerza neta [N]

P = Presión [Bar]

S = Superficie [m^2]

$$F = P * S$$

$$F = P * (2 * (\pi * (r)^2) + (2\pi * r * h))$$

$$F = 6 \text{ Bar} * (2 * (\pi * (0.0125)^2) + (2\pi * 0.0125 * 0.09))$$

$$F = 0.0483 \approx 48.3 \times 10^{-3} \text{ N}$$

Al obtener la fuerza neta del vástago se procede a reemplazarla en la segunda ley de Newton, y despejar la aceleración.

$$F_{neta} = m * a$$

Donde,

$F_{neta} = \text{Fuerza neta [N]}$

$m = \text{Masa [kg]}$

$a = \text{aceleracion [m/s}^2\text{]}$

$$a = \frac{F}{m}$$

$$a = \frac{0.0483 \text{ N}}{5 \text{ kg}}$$

$$a = 0.00966 \text{ m/s}^2$$

Al obtener la aceleración del pistón, se procede a reemplazar en la fórmula de la fuerza de retención:

$$F_{TH} = m * (g + a) * S$$

$$F_{TH} = 11.1 \times 10^{-6} \text{ kg} * \left(9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 0.00966 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right) * 2$$

$$F_{TH} = 2.17 \times 10^{-4} \text{ N}$$

b. Calculo del caudal de vacío.

El siguiente parámetro para la selección del sistema de vacío, es el caudal necesario o consumido desde el eyector hasta la boquilla de succión, para lo cual es necesario calcular el volumen de cada uno de los componentes que integran el circuito de vacío, siendo las boquillas, barra de vacío y manguera flexible.

El volumen de cada boquilla se calcula a partir del diámetro interno y su longitud.

$$V_{boquilla} = \frac{\pi * D^2}{4} * L$$

$$V_{boquilla} = \frac{\pi * 2 \text{ mm}^2}{4} * 65 \text{ mm}$$

$$V_{boquilla} = 204.20 \text{ mm}^3$$

Al ser 10 boquillas el volumen total será:

$$V_{boquillas} = 1276.27 \text{ mm}^3 * 10$$

$$V_{boquilla} = 2042.04 \text{ mm}^3$$

El volumen del tubo de vacío se calcular a partir de la sección interna y la longitud del mismo.

$$V_{barra} = b * h * L$$

$$V_{barra} = 25 \text{ mm} * 25 \text{ mm} * 300 \text{ mm}$$

$$V_{barra} = 187500 \text{ mm}^3$$

El volumen de la manguera flexible se calcula a partir del diámetro interno de las mangueras #8 y #6 además de la longitud desde la salida del eyector hacia la barra de vacío que suma 910 mm.

$$V_{manguera} = \frac{\pi * D1^2}{4} * L + \frac{\pi * D1^2}{4} * L$$

$$V_{manguera} = \frac{\pi * (5.7 \text{ mm})^2}{4} * 310 \text{ mm} + \frac{\pi * (4.7 \text{ mm})^2}{4} * 500 \text{ mm}$$

$$V_{manguera} = 16585.17 \text{ mm}^3$$

El volumen total del sistema de vacío total será:

$$V_{total} = V_{boquillas} + V_{barra} + V_{manguera}$$

$$V_{total} = 2042.04 \text{ mm}^3 + 187500 \text{ mm}^3 + 16585.17 \text{ mm}^3$$

$$V_{total} = 200127.21 \approx 0.2 \text{ L}$$

Para calcular el caudal de succión aproximado por el eyector se utiliza la siguiente formula (Smcetech 2014, p. 14), el tiempo aproximado para alcanzar la presión de vacío es de 330 ms.

$$Q = \frac{V * 60}{T}$$

Donde,

$Q = \text{Caudal [L/min]}$

$V = \text{Capacidad del circuito de vacío [L]}$

$a = \text{Tiempo necesario para alcanzar la presión de vacío [seg]}$

$$Q = \frac{V * 60}{T}$$

$$Q = \frac{0.2 \text{ L} * 60}{0.33 \text{ seg}}$$

$$Q = 36.36 \text{ L/ min}$$

Para el cálculo del caudal máximo de succión se utilizara la siguiente ecuación (Smcetech 2014).

$$Q_{max} = Q * 3$$
$$Q_{max} = 36.36 * 3 \text{ L/ min}$$
$$Q_{max} = 109.08 \text{ L/ min}$$

Por lo tanto, el sistema de vacío adecuado debe ser que tengo por lo mínimo una capacidad de 110 L/min.

2.12.1. Selección de sistema de vacío

2.12.1.1. Alternativa 1: Bomba de vacío.



Figura 16-2: Bomba de vacío.
Fuente: (Robinair 2015)

Según (Nicolás 2010, p. 203), una bomba de vacío es un dispositivo encargado de generar vacío mediante la utilización de un motor eléctrico convencional. Se utilizan cuando es necesario grandes caudales de aspiración, al tener un motor eléctrico integrado, la bomba y sus elementos auxiliares son equipos muy costosos. Las bombas de paletas son las más usadas dentro de la industria.

Ventajas

- Alta eficacia: Las bombas de vacío proporciona una gran cantidad de caudal gracias al motor integrado, por lo que es posible utilizarlo en varias aplicaciones dentro de la industria.
- Operación: Es muy simple de usarla, no produce ruido ni vibraciones.

Desventajas

- No hay una gran disponibilidad en el mercado nacional.
- Costo elevado.
- Alto consumo de energía.

2.12.1.2. Generador de vacío.

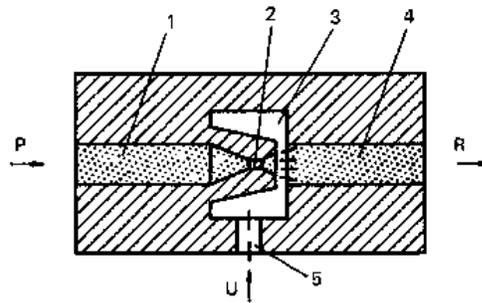


Figura 17-2: Interior de un generador de vacío.
Fuente: (Nicolás 2010, p. 205)

Según (Nicolás 2010, p. 204), los generadores de vacío como su nombre lo indica son elementos como su nombre lo indica son encargado de producir vacío o depresión de aire. La diferencia con las bombas de vacío radica en que los generadores no tienen ninguna parte móvil y se basa en el efecto Venturi. Es necesario un flujo constante de aire, por tanto, de un compresor.

En la figura 17-2, se puede observar el principio de funcionamiento del efecto Venturi. El aire a presión de la red entra por (1) y al llegar a (2) se comprime, aumentando la velocidad del aire. Dicho aumento de velocidad crea una depresión en la cámara (3) y en el conducto (5), que se aprovecha para conectar los elementos de vacío. El aire a presión del generador es expulsado a la atmósfera por el conducto (4).

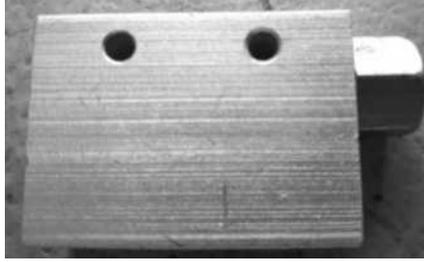


Figura 18-2: Generador de vacío.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

Ventajas:

- No tienen componentes móviles por lo que su mantenimiento no es tan frecuente.
- Su construcción es robusta y compacta.
- Peso reducido.
- Bajo costo.
- Su montaje es muy sencillo.
- Hay una gran disponibilidad en el mercado nacional.

Desventajas:

- Su caudal es mucho menor comparado con la bomba de vacío.
- Requiere una fuente de aire comprimido constante para su funcionamiento.

2.12.2. Criterios para la selección del sistema de vacío.

- Costo
- Peso
- Caudal
- Disponibilidad
- Mantenimiento

2.12.3. Selección del sistema generación de vacío.

Tabla 9-2: Selección de alternativas para el sistema de generación de vacío.

Criterio	Alternativa 1	Alternativa 2
Costo	2	4
Caudal	2	2
Disponibilidad	2	3
Mantenimiento	2	4
Suma	8	13

Fuente: (CHANCUSI y PARRA 2014, p. 22)

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

De la tabla 9-2 se toma la decisión de optar por la alternativa 2 (generador de vacío) es la opción más adecuada para la toma de semillas, tomando en consideración que hay una buena disponibilidad en el mercado nacional, su costo es sumamente accesible y es muy liviano debido a que es fabricado en aluminio.

Para lo cual se elige el generador de vacío EV-20 de la marca Chelic que se muestra en la figura 19-2 debido a que cumple con el caudal de vacío, mientras que en la tabla 10-2 se muestra las características básicas, además en el Anexo A se muestra su hoja de datos.

Tabla 10-2: Características generador de vacío EV-20.

Descripción	Características
Fluido	Aire
Rango de Presión	1-6 Bar
Máxima capacidad de vacío	-91.8 Kpa
Caudal	110 L/min
Lubricación	No necesaria

Fuente:(Chelic 2017)

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

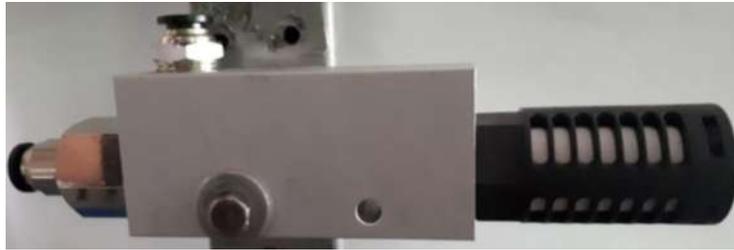


Figura 19-2: Generador de vacío EV-20.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

2.12.4. Electroválvulas.

Para concluir con la etapa de toma de semillas se requiere un control de caudal automático con el objetivo de abrir y cerrar el paso del aire hacia el generador de vacío que proviene del compresor.

Funcionamiento de las electroválvulas.

Son elementos para controlar el arranque, parada, dirección y sentido del flujo de aire en un circuito neumático. (Nicolás 2010, p. 135), Su funcionamiento se basa en el cambio de estado según sea las posiciones de la válvula, mediante la circulación de una corriente por un solenoide que genera un campo magnético que atrae un núcleo móvil posteriormente finalizado el efecto de campo el núcleo vuelve a su posición inicial, en la mayor parte de los casos con ayuda de un resorte con lo cual es posible abrir o cerrar el flujo de aire.

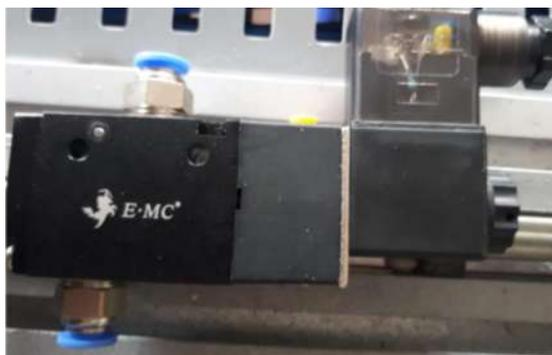


Figura 20-2: Válvula 5/2.
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

2.13. Selección de sensores.

2.13.1. Detección de vacío.

En la figura 21-2 se muestra el componente DP2-20F el cual es un sensor digital dual, es decir es un sensor de vacío y un sensor de presión, posee 2 salidas digitales y una salida análoga, posee varios modos de operación: histéresis, comparación, salidas duales y sensibilidad automática.



Figura 21-2: Sensor de vacío.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

La tabla 11-2 muestra los datos característicos del sensor antes mencionado, los cuales se encuentran detallados en el anexo B.

Tabla 11-2: Características Sensor DP2-20F.

Descripción	Características
Rango de presión nominal	0 a 101.3 Kpa
Rango de vacío nominal	0 a -101.3 Kpa
Presión aceptada	490 Kpa
Presión aceptabilidad	490 Kpa
Voltaje de alimentación	12-24 VDC
Corriente consumida	50 mA o menos
Número de salidas digitales	2
Protección	IP 67

Fuente:(Sunx [sin fecha])
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

2.13.2. Sensor laser.

Para seleccionar la alternativa del tipo de sensor a utilizar, se debe considerar el entorno en el que se va a desarrollar el trabajo. Tomando en consideración que es necesario saber la ubicación del almacigo dentro de la estructura: inicio, final y el punto de inicio de la siembra.



Figura 22-2: Sensor laser.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018

La figura 21-2 presenta el sensor laser, la implementación es muy sencilla y su posterior uso. Su diseño incluye un emisor de láser y un receptor de láser, la cual se usa habitualmente para detectar la presencia de objetos, los cuales interrumpen la recepción del láser. En la tabla 12-2, se muestra las características principales del sensor M12 de la marca bestparts.

Tabla 12-2: Características de sensor laser.

Descripción	Características
Voltaje de Operación	10-30 VDC
Dimensión	12 mm x 58 mm
Corriente de carga	200 mA
Distancia de detección	0-20 m.
Tiempo de respuesta	1 ms
Diámetro del punto	1.5 mm

Fuente: (Telemecanique 2009, p. 1)
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

2.14. Sistema de control.

El sistema diseñado para el control de los sistemas que componen a la sembradora será del tipo abierto, tomando en consideración que la entrada no se compara con la salida, no obstante, cada uno de los sensores instalados en conjunto con el PLC y cada uno de los actuadores generaran un funcionamiento perfecto. En la figura 23-2 se muestra los pasos que tomara el sistema de control.

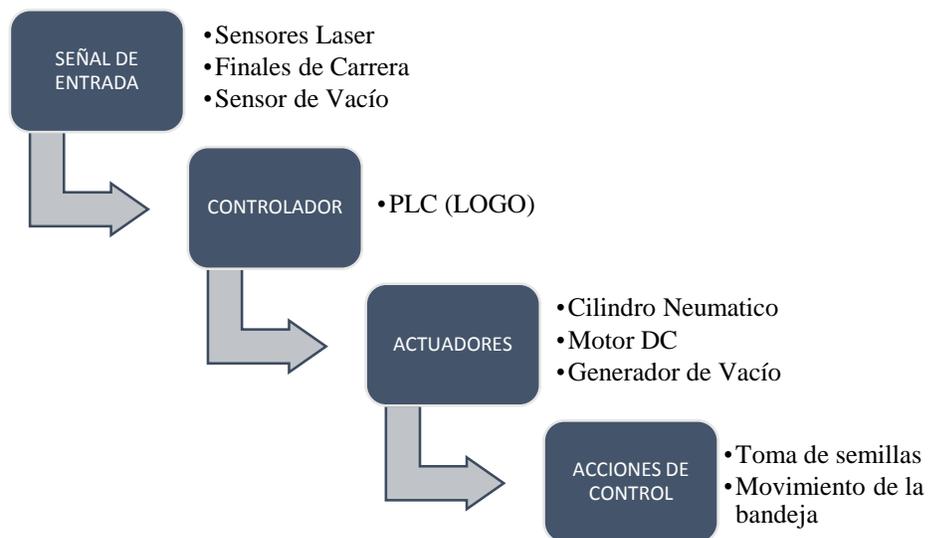


Figura 23-2: Sistema de control.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018.

2.14.1. Etapas de control.

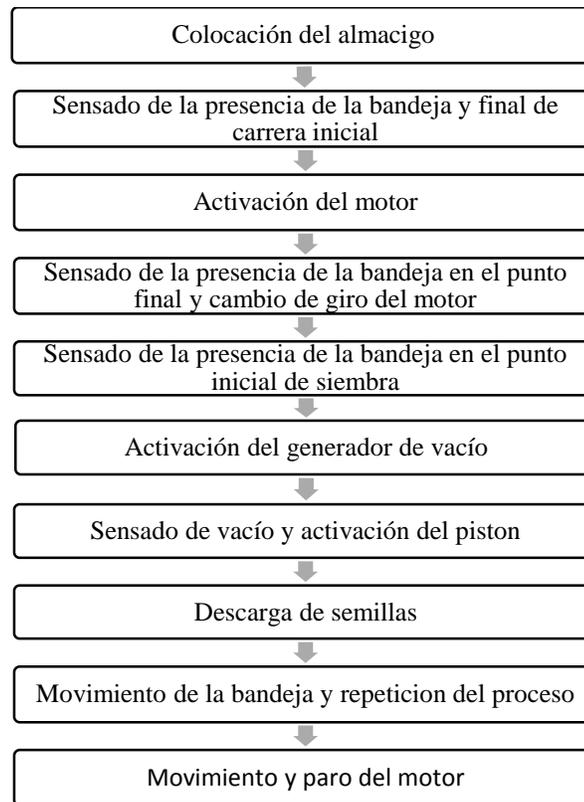


Figura 24-2: Etapas de control.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018.

Cada etapa de la figura 24-2 se detalla específicamente a continuación.

- La primera fase se basa en la colocación del almacigo sobre la bandeja para su posterior transporte.
- La segunda etapa cuenta con un sensor laser con el cual se detecta la presencia del almacigo y que la bandeja de transporte se encuentre en el punto inicial.
- En la tercera etapa se activa el motor hasta que llegue al punto final del trayecto.
- En la cuarta etapa la bandeja es censada en el punto final y su posterior cambio del sentido del motor.
- En la quinta etapa la bandeja es censada en el punto inicial de siembra en la cual el motor se detiene, para posteriormente la activación de la válvula 3/2 para permitir el paso de aire hacia el generador de vacío.

- En la sexta etapa se realiza un censado de vacío, para saber con certeza que las semillas fueron tomadas, para posteriormente activar el pistón el cual llevara las boquillas a los agujeros de descarga.
- En la séptima etapa se basa en la descarga de las semillas y su posterior colocación en las cavidades de los almácigos.
- En la octava etapa una vez que las semillas fueron colocadas en la primera fila de los almácigos se repite el proceso hasta que el sensor de siembra deja de detectar la presencia de la bandeja.
- En la última etapa se realiza el movimiento de la bandeja hasta que se active el final de carrera inicial.

2.15. Sistema neumático.

En la figura 25-2 se muestra el diagrama neumático utilizado, mediante el cual se puede ubicar de forma clara cada elemento utilizados además de su funcionamiento deseado, por lo que se procede a simularlo en el software FluidSIM v4.5.

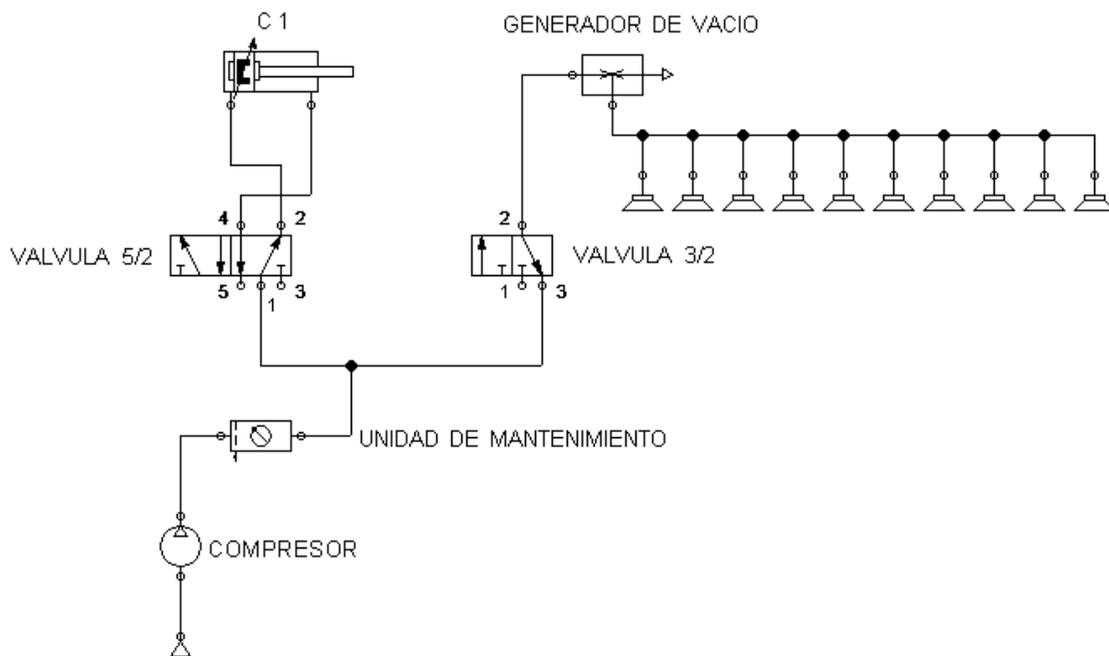


Figura 25-2: Diagrama del sistema neumático.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018.

2.16. Instalación de sistema neumático.

Para la colocación de las válvulas y su posterior conexión, se las coloco de manera fija a la estructura con sus respectivas mangueras respetando la distancia máxima de 5 metros desde las electroválvulas hasta los actuadores para minimizar las pérdidas que puedan presentarse.



Figura 26-2: Instalación de las válvulas.
Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018.

2.17. Selección del controlador.

Para elegir el controlador ideal para el proceso, se lo baso en el estudio de las entradas y salidas requeridas. Además de las características propias que el PLC puedan prestar, tomando en consideración el presupuesto.

Tabla 13-2: Descripción del número de entradas.

<i>No</i>	Descripción	Tipo	Cantidad
1	Sensor laser	DIGITAL	3
2	Pulsadores	DIGITAL	3
3	Sensor de vacío	DIGITAL	1
4	Finales de carrera	DIGITAL	3
<i>TOTAL</i>			10

Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018.

En consideración a la tabla 13-2, se observa que es necesario un PLC que cuente mínimo con 10 entradas digitales

Tabla 14-2: Descripción de las salidas.

No	Descripción	Tipo	Cantidad
1	Válvulas neumáticas	DIGITAL	2
2	Luces piloto	DIGITAL	2
3	Motor DC	DIGITAL	2
<i>TOTAL</i>			6

Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018.

Las salidas necesarias para que el proceso pueda funcionar deben ser como mínimo 6 salidas digitales, según la tabla 14-2.

Después de analizar el número de entradas y salidas necesarias para el proceso, además se tomó en consideración la alimentación que debe de ser 110/220 VAC, a su vez de las herramientas necesarias para la interconexión de los elementos.

De acuerdo con las características antes mencionadas se tomó la decisión de adquirir y trabajar con el PLC-LOGO 24RCL de la marca siemens que se muestra en la figura 27-2, ya que cumple con todos los requerimientos mínimos para proceder a la programación y posterior puesta en funcionamiento.



Figura 27-2: LOGO 24RCL.

Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018.

En la tabla 15-2 se muestra las características principales del LOGO 24RCL, de la hoja de datos que se encuentra en el Anexo C.

Tabla 15-2: Características LOGO 24RCL.

Descripción	Características
Alimentación	24 VDC
Entradas	12 Digitales
Salidas	8* 10 A Tipo Relé

Fuente: (Siemens 2003, p. 5)

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

2.18. Conexión de entradas y salidas.

Después de analizar el mejor funcionamiento del sistema en papel, se procede a realizar el diseño en el software de simulación de siemens LOGO!Soft Comfort V7.0. Donde es necesario establecer las entradas y salidas que serán posteriormente interpretadas por el PLC, la tabla se ilustra cada entrada y salida con su respectiva dirección.

Tabla 16-2: Descripción de las señales de entradas y salidas.

ENTRADAS		
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN
Inicio	Botón verde	I1
Home	Botón verde	I2
Paro de emergencia	Botón tomate	I3
Sensor 1	Sensor laser inicial	I4
Sensor 2	Sensor laser punto medio	I5
Sensor 3	Sensor laser final	I6
Sensor Vacío	Sensor de vacío	I7
Final de carrera pistón arriba	Sensor magnético	I8
Final de carrera inicial	Final de carrera	I9

SALIDAS		
NOMBRE	DESCRIPCIÓN	DIRECCIÓN
Electroválvula generador de vacío	Electroválvula neumática 3/2	Q1
Electroválvula pistón	Electroválvula neumática 5/2	Q2
Piloto marcha	Luz piloto verde	Q3
Piloto paro	Luz piloto roja	Q4
Izquierda	Motor DC sentido horario	Q7
Derecha	Motor DC sentido anti-horario	Q8

Realizado por: ASTUDILLO Paul, 2018.

Con las direcciones de la tabla 16-2 se diseñó el diagrama de conexión del PLC mostrado en la figura 28-2, donde se puede visualizar la conexión eléctrica de las entradas y salidas, sabiendo que todas son del tipo digital.

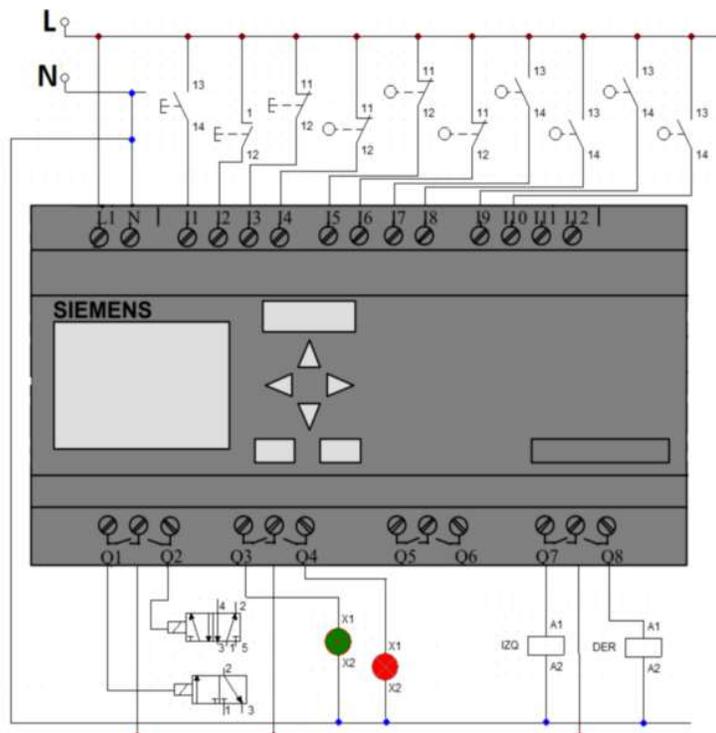
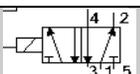
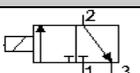
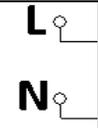


Figura 28-2: Diagrama de conexión del PLC.

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

Para comprender de mejor manera el esquema antes presentado, la siguiente tabla 17-2 resume todos los elementos usados en la conexión.

Tabla 17-2: Símbolos de elementos de conexión.

Símbolo	Descripción
	Pulsador de inicio y home
	Paro de emergencia
	Sensor laser
	Final de carrera
	Electroválvula 5/2
	Electroválvula 3/2
	Luces piloto
	Bobinas relés
	Fuente de poder 24 VDC

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

Adicionalmente se implementó un pequeño circuito para el cambio de giro del motor mediante el uso de 2 relés de 24 Vdc, el cual se muestra en la figura.

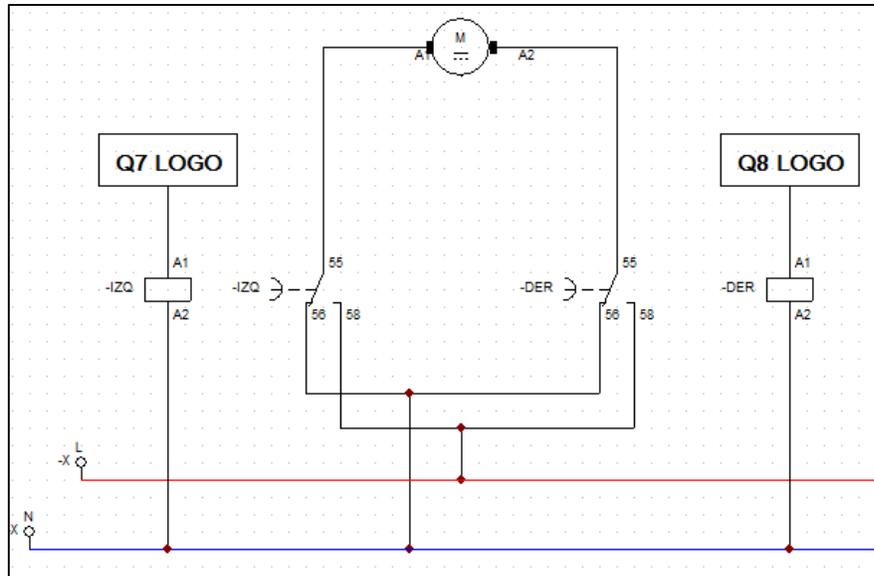


Figura 29-2: Diagrama de conexión del PLC.
 Realizado por: Astudillo Paul, 2018

2.19. Fuente de alimentación.

En la tabla 18-2 se puede observar el censo de todas las cargas que se generaran el funcionamiento del proceso en cuestión, con lo cual se puede dimensionar la fuente de alimentación as apropiada.

Tabla 18-2: Energía eléctrica consumida por dispositivos.

DISPOSITIVOS			
Cant.	Dispositivo	Voltaje	Amperios
2	Sensor final de carrera	24	600 mA
2	Luces piloto	24	200 mA
1	Motor DC	24	9 A
1	Sensor de vacío	24	50 mA
2	Electroválvulas neumáticas	24	50 mA
3	Sensor laser	24	100 mA

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

El dispositivo seleccionado para proveer 24 Voltios DC al sistema eléctrico y electrónico, es una fuente de la marca EVL de 15 amperios con lo cual abastecemos la necesidad de energía en incluso soportara los picos de corriente que se puedan generar por el funcionamiento del motor, la cual funciona con una alimentación de 110/220 VAC con lo cual abastecerán a todos los componentes antes mencionado.



Figura 30-2: Fuente EVL.
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

2.20. Tablero de control.

El tablero de control es la parte esencial del sistema automático, es el lugar donde se encuentra el controlador (LOGO), tomando en consideración que es el punto central que rige a cada uno de los actuadores y sensores.

2.21. Dimensionamiento del tablero de control.

Las dimensiones del gabinete a utilizar son: 400 mm de ancho, 400 mm de alto y 200 mm de profundidad. Donde se instalará el PLC como las conexiones hacia y desde el, la tabla 19-2 ilustra la ubicación de los principales elementos.

Tabla 19-2: Instalación de elementos en el gabinete.

Elemento	Lugar De La Instalación En El Gabinete
PLC	Interior
Fuente 24 VDC	Interior
Relés	Interior
Pulsador de inicio	Exterior
Pulsador de home	Exterior
Pulsador emergencia	Exterior
Selector on/off	Exterior
Luz piloto-verde	Exterior
Luz piloto-roja	Exterior

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

2.21.1. Instalación de los elementos.

Para la instalación interna de los componentes se utilizan componentes como Riel Din, borneras para las conexiones de los elementos y canaletas con divisiones las cuales a ordenar los cables. En la figura 31-2 se muestra la instalación de los diferentes elementos antes mencionados.



Figura 31-2: Interior del gabinete.

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

2.21.2. Montaje de equipos dentro del gabinete.

Para la conexión de los elementos en la parte interna del gabinete se utilizó el conductor flexible 18 AWG de color azul, rojo y negro. Siendo el más aceptable para la conexión de equipos de automatización. En la figura 32-2 se observa el montaje de los equipos internos.



Figura 32-2: Montaje de equipos.
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

2.21.3. Instalación de las electroválvulas.

La instalación de las electroválvulas se lo hizo cerca de los actuadores los cuales se encuentra a menos de un metro, por lo tanto, se optó por acoplarlas a la estructura metálica, como se muestra en la figura 26-2. En la tabla 20-2 se muestra todos los elementos neumáticos utilizados.

Tabla 20-2: Dispositivos neumáticos.

Cant.	Dispositivo
2	Electroválvulas
1	Unidad de mantenimiento
9	Racores #6 de ¼
4	Racores #8 de ¾
1	Silenciador

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

2.22. Programación del PLC.

2.22.1. LOGO! Soft Comfort

El software de programación LOGO, es una herramienta útil para la programación industrial desarrollado por la empresa Siemens. Su programación es muy simple la cual cuenta con 3 tipos de programación: diagrama de funciones, esquema de contactos y diagramas UDF. Su ambiente amigable al usuario permite realizar simulaciones y comprobar el funcionamiento de cada etapa de programación.

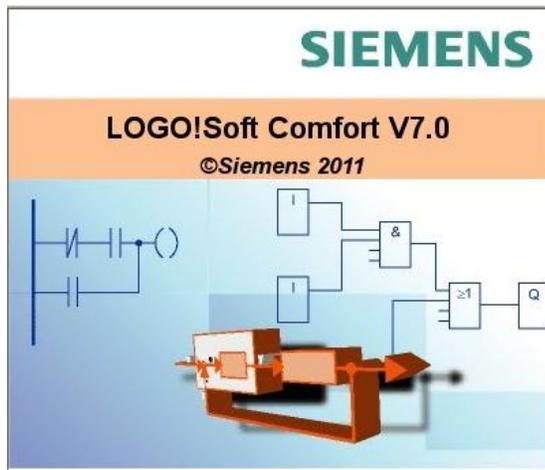


Figura 33-2: Pantalla inicial Logo Soft.
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

Requerimientos.

- Procesador Core 2 Duo 2 GHz o superior
- 2 GB de Ram
- DirectX 9.0 o superior
- Windows 7 o superior

2.22.2. Programación.

Para comenzar con la programación creamos un nuevo proyecto del KOP o esquema de contactos, tomando en consideración que utilizamos la programación del tipo ladder, para lo cual utilizamos diferentes memorias que se exponen en la tabla 21-2, las cuales usamos para pasar de un estado a otro dependiendo las transiciones que se presenten las cuales se encuentran en la tabla 21-2.

Tabla 21-2: Memorias utilizadas.

Memoria	Descripción
M1	Encargada de encender el motor en sentido horario
M2	Detiene y enciende el motor en sentido anti-horario
M3	Activa el generador de vacío
M4	Activa el pistón
M5	Desactiva el generador de vacío y el pistón
M6	Estado de espera

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

Tabla 22-2: Transiciones utilizadas

Memoria	Descripción
S1	Sensor laser inicial.
S2	Sensor laser punto medio
S3	Sensor laser punto final
a+	Final de carrera pistón sentido positivo
Svacío	Sensor de vacío
Fc	Final de carrera inicio

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

2.22.3. Diagrama Grafcet

Para proceder a la programación se realizó el diagrama Grafcet en el cual se muestran todos los estados junto con las transiciones del proceso, el cual se encuentra expuesto en la figura 33-2. Para posteriormente realizar el diagrama ladder con las memorias y transiciones utilizadas.

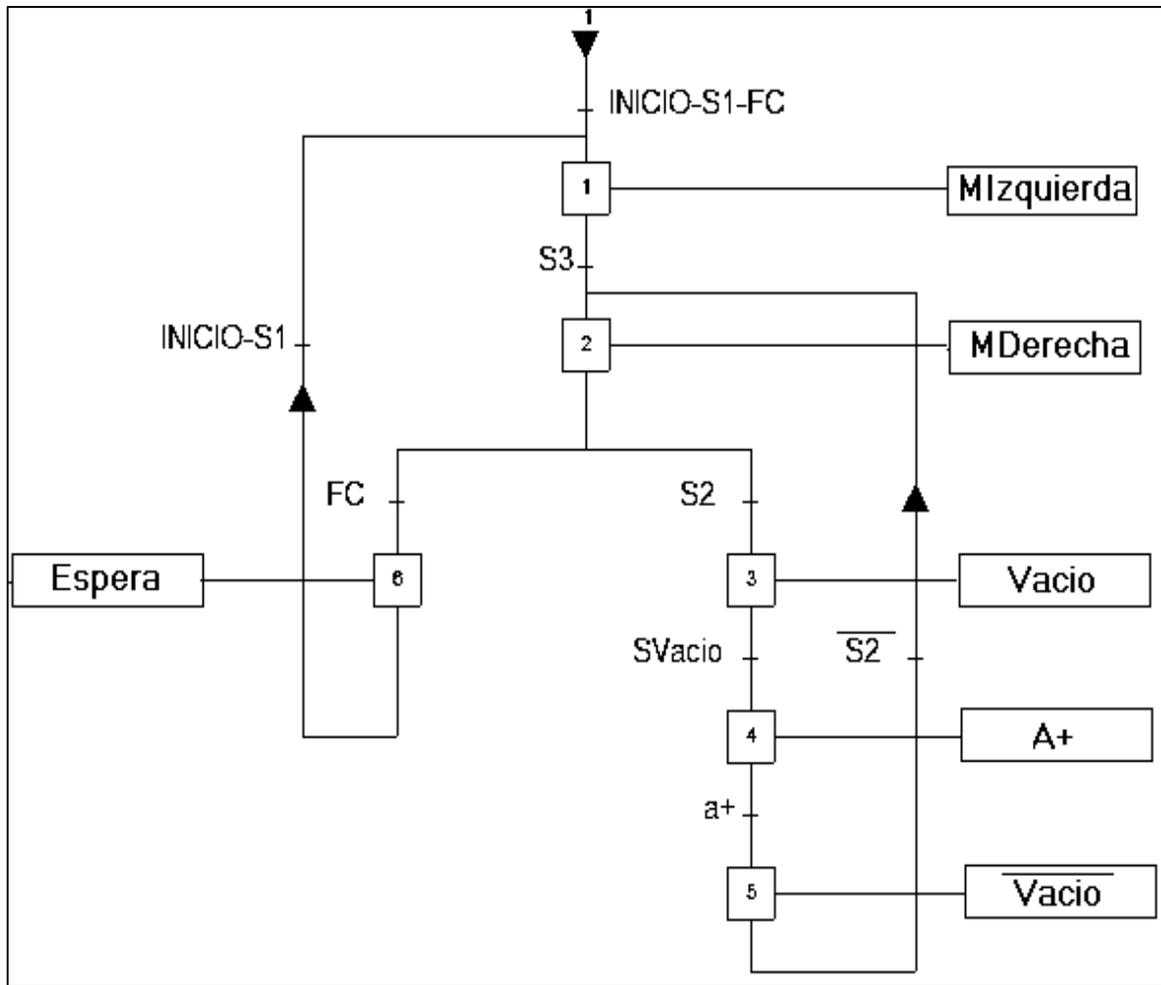


Figura 34-2: Diagrama Grafset.
 Realizado por: Astudillo Paul, 2018

2.22.4. Diagrama Ladder.

A partir de diagrama Grafset, se desarrollará la programación en ladder o diagrama escalera, además de la simulación offline para verificar que todos los pasos de la secuencia funcionen de manera correcta, posteriormente cargarlo al PLC y probar el funcionamiento.

A continuación, en la figura 35-2, se muestra el diagrama ladder desarrollado en el software LOGO Soft Comfort, que fue desarrolladas a partir de las ecuaciones de la tabla 23-2.

Tabla 23-2: Ecuaciones de programación.

Ítem	Ecuación
1	$M1 = InicioS1Fc + M1\overline{M2} + M6InicioS1$
2	$M2 = M1S3 + M5\overline{S2} + M2\overline{M3M6}$
3	$M3 = M2S2 + M3\overline{M4}$
4	$M4 = M3Svacio + M4\overline{M5}$
5	$M5 = M4(a+) + M5\overline{M2}$
6	$M6 = M2Fc + M6\overline{M1}$

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

CAPITULO III

3. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

En el presente capítulo se presenta los resultados obtenidos en cada prueba realizada con la sembradora semiautomática para almácigos de 28x28 cm. Se realizaron varias pruebas de validación entre las principales son: tiempo, velocidad y sensores. También se analiza los alcances del software y hardware que fueron planteados en el capítulo anterior, finalmente se incluye un estudio económico.



Figura 1-3: Sembradora para bandejas.
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

3.1. Protocolo de pruebas realizadas.

Para validar el correcto funcionamiento de la sembradora se procede a realizar un protocolo de pruebas, en el cual se podrá verificar si la maquina satisface todas las necesidades planteadas y funciona de manera correcta. Dentro del protocolo se realizará en los 3 sistemas principales de la sembradora, que se muestra continuación:

- Pruebas del sistema mecánico, para verificar que no exista ningún tipo de obstrucción y/o rozamiento entre el husillo y la bandeja de transporte cuando se encuentre cargado con un almácigo.
- Validación del sistema eléctrico y electrónico, para verificar si existe algún tipo de error en las conexiones eléctricas al momento del funcionamiento de la sembradora.
- Pruebas del sistema neumático, para verificar si existe algún tipo de fuga o error en el funcionamiento del circuito.

Cada apartado se describe en cada uno de los siguientes ítems.

3.1.1. Pruebas del sistema mecánico.

Para la verificación del sistema mecánico se han plantado las siguientes pruebas:

1. Calibración y verificación de la estructura de soporte.
2. Rozamiento entre las guías de la bandeja porta-bandejas.
3. Rozamiento de la bandeja porta-bandejas.
4. Revisión del acople del mecanismo husillo-tuerca.
5. Verificación del movimiento de la bandeja porta-almácigos en el eje x.
6. Tornillos flojos por el movimiento.
7. Movimiento de la barra de vacío.
8. Verificación de los ejes del husillo.
9. Movimiento de las boquillas.
10. Revisión del eje de acople husillo-motor.

Tipo de prueba: Observación y verificación

Procedimiento:

1. Establecer el inicio de la prueba.
2. Establecer las veces que se realizara la prueba.
3. Encender el equipo.
4. Realizar cada una de las actividades listadas para comprobar el funcionamiento.
5. Recolección de datos.

Una vez planeado las pruebas y el procedimiento, se ha decidido realizar cada una de las pruebas 30 veces para validar su correcto funcionamiento del sistema mecánico, además, cada prueba debe tener un porcentaje mayor al 90 % para poder concluir que cada prueba ha sido superada o no.

Tabla 1-3: Resultados del protocolo de pruebas del sistema mecánico.

Número De Pruebas	Pruebas									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	X	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓
6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓
12	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓
15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓
17	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
18	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
19	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
23	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
24	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓

25	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
26	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
27	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
28	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
29	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
30	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Porcentaje (%)	93,3	100	96,7	96,7	96,7	93,3	96,7	96,7	100	100

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

Mediante la tabla 1-3 se puede constatar el resultado de las pruebas que se realizó al sistema mecánico, en las cuales se pudo verificar que el movimiento de la bandeja se realiza sin ninguna presencia de rozamientos; con lo cual se puede concluir que la utilización del sistema husillo tuerca, como el uso de rieles como guías complementado con los rodamientos han sido acertadas, finalmente se pudo constatar que en cada prueba se pudo obtener un porcentaje mayor al 90%, lo que nos indica que el desempeño es óptimo.

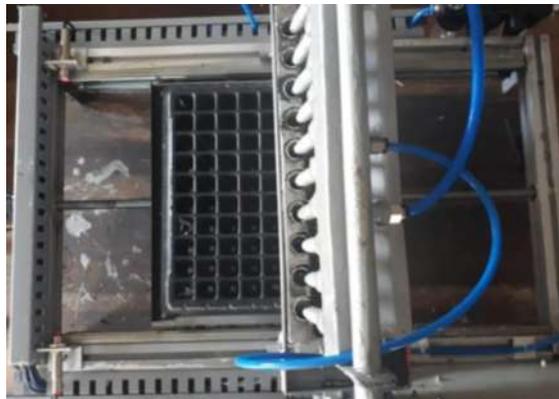


Figura 2-3: Movimiento de la bandeja.
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

3.1.2. Pruebas del sistema eléctrico y electrónico.

El sistema eléctrico y electrónico de la sembradora de semillas para bandejas se la someterá a las siguientes pruebas:

1. Verificación del voltaje de alimentación para el PLC (LOGO).
2. Verificación del voltaje de alimentación para el motor DC.
3. Verificación de las señales emitidas por los sensores y finales de carrera.
4. Verificación del encendido de las luces piloto.
5. Verificación del funcionamiento del pulsador de emergencia
6. Verificación del funcionamiento del botón de inicio y reseteo.
7. Verificación de la activación y desactivación de cada una de las válvulas neumáticas.
8. Revisión de la secuencia de cambio de giro del motor mediante relés.
9. Revisión de las perturbaciones eléctricas que se puedan presentar dentro del sistema.
10. Verificación de los terminales de las borneras.

Tipo de prueba: Observación y verificación

Procedimiento:

1. Establecer el inicio de la prueba.
2. Establecer las veces que se realizara la prueba.
3. Encender el equipo.
4. Realizar cada una de las actividades listadas para comprobar el funcionamiento.
5. Recolección de datos.

Una vez planeado las pruebas y el procedimiento, se ha decidido realizar cada una de las pruebas 30 veces para validar su correcto funcionamiento del sistema mecánico, además, cada prueba debe tener un porcentaje mayor al 90 % para poder concluir que cada prueba ha sido superada o no.

Tabla 2-3: Resultados del protocolo de pruebas del sistema mecánico.

Número De Pruebas	Pruebas									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	X	✓	✓	X	✓	X	✓	X	✓	✓
2	✓	✓	✓	✓	X	X	✓	✓	X	✓
3	✓	X	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓
6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

9	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
17	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
18	✓	✓	✓	✓	✓	ü	✓	✓	✓	✓
19	✓	✓	✓	✓	✓	ü	✓	✓	✓	✓
20	X	✓	✓	✓	✓	ü	✓	✓	✓	✓
21	✓	✓	✓	✓	✓	ü	✓	✓	✓	✓
22	✓	✓	✓	✓	✓	ü	✓	✓	✓	✓
23	✓	✓	✓	✓	✓	ü	✓	✓	✓	✓
24	✓	✓	✓	✓	✓	ü	✓	✓	✓	✓
25	✓	✓	✓	✓	✓	ü	✓	✓	✓	✓
26	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
27	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
28	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
29	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
30	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Porcentaje (%)	93,3	96,7	96,7	93,3	96,7	96,7	96,7	96,7	96,7	100

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

Al finalizar las pruebas integras del sistema eléctrico y electrónico se presentaron los resultados en la tabla 2-3, en la cual se pudo constatar que los equipos y las conexiones que conformar en su totalidad la máquina sembradora se encuentran en un estado óptimo según los diagramas, parámetros seleccionados y que fueron expuestos con anterioridad, los problemas que se presentaron en cada prueba fue solucionado con lo que la funcionalidad en las pruebas posteriores fue exitosa. Adicionalmente, se pudo comprobar que no existe ningún tipo de caída de voltaje que pueda interferir de manera directa con el funcionamiento.



Figura 3-3: Comprobación de luces piloto.
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

3.1.3. Pruebas del sistema neumático.

El sistema neumático de la sembradora semiautomática para almácigos, se lo somete a las siguientes pruebas:

1. Verificación de la línea de alimentación desde la fuente de alimentación del aire comprimido (compresor).
2. Verificación de los racores rápidos y las mangueras de distribución de aire.
3. Verificación y calibración de la unidad de mantenimiento.
4. Verificación del sistema de vacío para la succión de las semillas.
5. Revisión y sellado de las boquillas de colocación de semillas.
6. Verificación y corrección de fugas que puedan presentarse.
7. Calibración y verificación del nivel para el contenedor de las semillas.
8. Verificación de la existencia de suciedad en las boquillas.

Tipo de prueba: Observación y verificación

Procedimiento:

1. Establecer el inicio de la prueba.
2. Establecer las veces que se realizara la prueba.
3. Encender el equipo.
4. Realizar cada una de las actividades listadas para comprobar el funcionamiento.
5. Recolección de datos.

Una vez planeado las pruebas y el procedimiento, se ha decidido realizar cada una de las pruebas 30 veces para validar su correcto funcionamiento del sistema mecánico, además, cada prueba debe tener un porcentaje mayor al 90 % para poder concluir que cada prueba ha sido superada o no.

Tabla 3-3: Resultados del protocolo de pruebas del sistema mecánico.

Número De Pruebas	Pruebas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	X
2	X	✓	X	✓	X	X	✓	✓
3	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
6	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
7	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
8	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
9	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
11	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
12	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
13	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
14	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
15	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
16	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
17	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
18	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
19	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
20	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
21	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
22	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

23	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
24	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
25	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
26	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
27	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
28	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
29	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
30	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Porcentaje (%)	96,7	96,7	96,7	96,7	96,7	96,7	100	96,7

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

Al culminar las pruebas propuestas del sistema neumático, se muestran los resultados en la tabla 3-3 mediante la cual se pudo concluir que la funcionabilidad de los equipos instalados y de las conexiones de aire comprimido. Las boquillas de succión no presentan ningún tipo de suciedad al momento del funcionamiento, de igual manera el caudal de vacío, por ende, la selección del generador de vacío fue acertado, finalmente, mediante la tabla se puede comprobar que las pruebas han sido superadas con un porcentaje superior al 90 %, lo que nos permite verificar que la maquina funciona de manera correcta.

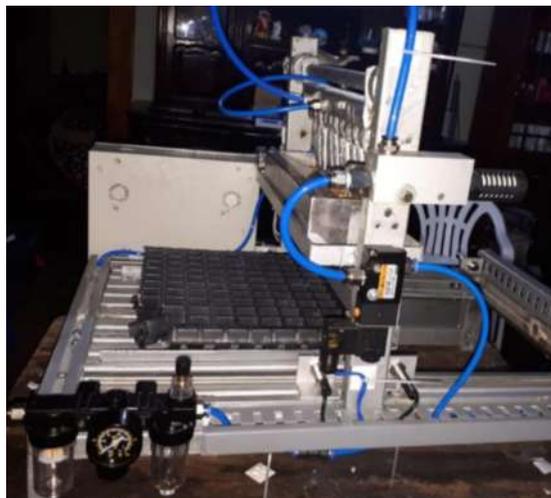


Figura 4-3: Sistema neumático.

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

3.2. Calibración de la sembradora.

Previo a empezar el proceso de colocación de las semillas en las bandejas, se debe revisar los siguientes parámetros.

- Absorción de semillas.
- Desplazamiento de la bandeja porta-almácigos.

3.2.1. Absorción de semillas.

La barra de transporte de semillas, se mueve desde la posición inicial hacia el fondo del recipiente de las semillas, para posteriormente tomarlas y regresar hacia la posición de descarga para soltarlas, toda la acción es coordinada con el movimiento de la bandeja, la cual se mueve de manera que cada cavidad del almácigo se coloque las semillas de manera unitaria.

En la figura 5-3 se observa las boquillas en posición de toma de semillas, para posteriormente activar la válvula que da paso al flujo de aire hacia el generador de vacío.



Figura 5-3: Posición de toma de semillas.

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

El mecanismo para el movimiento de las boquillas cuenta con finales de carrera los cuales ayudan a detectar la posición en la que se encuentra la barra de vacío. En la calibración del sistema de siembra se lo realizó con el objetivo de que las boquillas se coloquen en la mitad de los agujeros de descarga y en el punto medio del recipiente que almacena las semillas, además de que no exista ningún tipo de impedimento al momento de realizar el movimiento.

Para el desarrollo de las pruebas de funcionamiento de la toma de semillas se realizó, mediante la regulación de la presión de aire según la tabla 4-3 con un máximo de 0.6 Mpa la cual es la capacidad máxima admisible, que se dirige hacia el generador de vacío y posteriormente hacia las boquillas

Tabla 4-3: Pruebas de regulación de vacío.

Regulación	Presión (Bar)	Vacío (Kpa)	Activación Del Pistón	Bandejas Sembradas
17%	1	0.0	No	0
33.33%	2	0.1	No	0
50%	3	0.3	Si	5
67%	4	0.8	Si	5
83%	5	1.00	Si	5
100%	6	1.2	Si	5

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

Durante las pruebas se constató cada cavidad del almacigo para verificar si existía más de una semilla o si en alguna cavidad no existía semillas en cada nivel de presión.

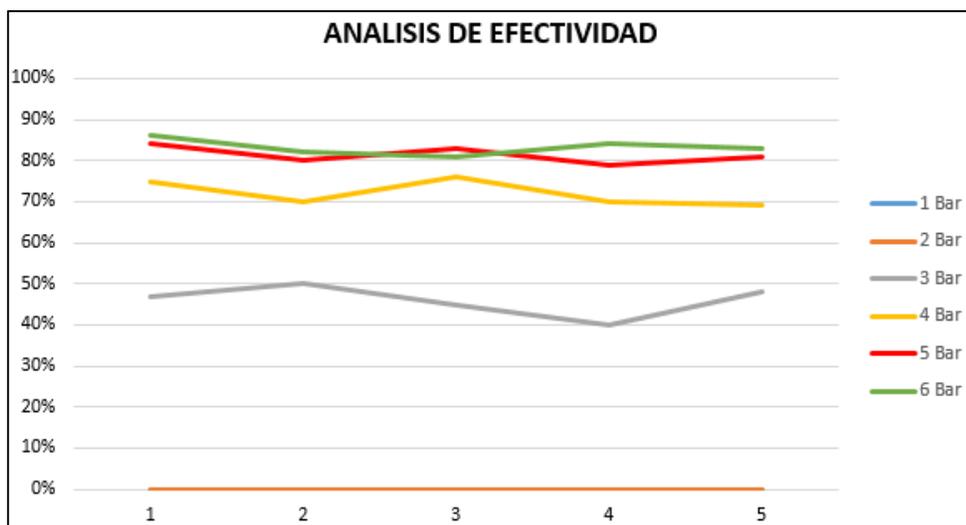


Gráfico 1-3: Análisis de eficiencia según niveles de presión.

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

En la grafico 1-3 se muestra el gráfico con el resultado de las pruebas de la toma y depósito de las semillas, mostrando el nivel de eficacia de trabajo según el nivel de presión, concluyendo que el nivel de presión más adecuado se encuentra en el rango de 5 a 6 Bar, el cual se aproxima estadísticamente al 85% de efectividad.

Por otra parte, se verifico que no existieran colisiones al momento de realizar el movimiento de las boquillas hacia los agujeros de descarga. Por ende, siempre es necesario siempre mantener las suficientes semillas en el almacenador para que de esta manera la toma de semillas sea más rápida y sin inconvenientes. Finalmente se realizó la prueba de las alturas de las boquillas según la tabla para verificar cual es la altura más efectiva para la succión de las semillas.

Tabla 5-3: Pruebas de alturas de succión.

Altura (mm)	Vacío (Kpa)	Succión de semillas
2	-1.00	Si
3	-1.00	Si
4	-0,8	No
5	-0,7	No
6	-0,6	No
7	-0,2	No

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

Según la tabla 5-3 se concluye, que la altura más adecuada de las boquillas con respecto a las semillas es 3 mm, para que la succión sea satisfactoria.

3.2.2. Desplazamiento de la bandeja porta-almácigos

El mecanismo de husillo-tuerca es el encargado de transportar la bandeja que contiene el sustrato desde la posición inicial hasta el punto de siembra y de regreso hacia el punto de partida, el sistema es accionado por un motor DC que permite el desplazamiento de cada hilera de los almácigos. Con lo que permite se realice el proceso de manera coordinada.

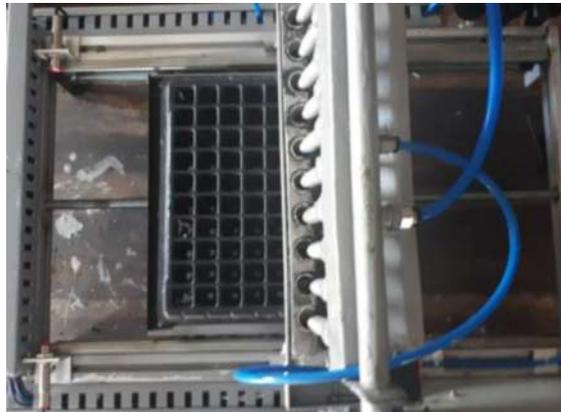


Figura 6-3: Desplazamiento de la bandeja.
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

La figura 7-3 muestra la prueba realizada del desplazamiento de la bandeja, el sistema de transporte está conformado de igual manera con sensores de final de carrera los cuales permite saber la ubicación de la bandeja ya sea el punto inicial y el final que impide que se puedan suscitar colisiones al llegar al final del recorrido. Para determinar la velocidad máxima de la bandeja se utiliza la siguiente formula, sabiendo que se utilizara un motor DC con mecanismo de tornillo sin fin.

$$v = \frac{t * n}{60}$$

Donde:

$v =$ *velocidad de desplazamiento (m/s)*

$t =$ *paso del tornillo (m)*

$n =$ *velocidad de giro del tornillo (rpm)*

Los datos tomados del tornillo utilizado son:

$t = 1.5 \text{ mm}$

$n = 2500 \text{ rpm}$

$$v = \frac{0.0015 \text{ m} * 2000 \text{ rpm}}{60}$$

$$v = 0.5 \text{ m/s}$$

Adicionalmente se calcula el torque aproximado del motor utilizado, para lo cual se utiliza la siguiente formula.

$$T = \frac{P * 716}{n}$$

Donde:

$T = \text{Torque}$

$P = \text{Potencia activa (hp)}$

$n = \text{velocidad de giro del tornillo (rpm)}$

Los datos tomados del motor utilizado son:

$v = 24 V$

$I = 10 A$

$n = 2500 rpm$

$$T = \frac{24 V * 10 A * 716}{2000 rpm} * \frac{1.36 hp}{1000 w}$$

$$T = 0.12 kg /m$$

3.3. Pruebas de sembrado.

Mediante la prueba de sembrado es posible saber la efectividad que va a tener la sembradora, comparado con el proceso que se lo realiza de forma manual. En la tabla 6-3 se observa los valores tomados de un grupo de muestra de almácigos realizados por medio de la siembra manual realizado por una sola persona, durante la toma de valores se utilizaron los mismos almácigos que se usaran para las pruebas de la sembradora semiautomática, las cuales son 28x28 cm y cuenta con 10 cavidades por fila y 10 por columna dando un total de 100 cavidades.

Tabla 6-3: Tiempos de siembra manual.

Bandejas Sembradas	Tiempo (Min)	Plántulas Equivalentes
1	5	100
3	10	200
6	30	500
8	65	1000
11	80	1500

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

El sembrado manual es un proceso tardío, tedioso y repetitivo con lo cual las personas dedicadas a esta actividad se fatigan con facilidad con lo cual no es posible realizar la tarea por un tiempo prolongado, tomando en consideración que se puede presentar dolores de espalda o cansancio ocular. Además, con el paso del tiempo la efectividad de la siembra disminuye debido a los factores antes mencionados, teniendo que tomar tiempos extras para la verificación de que exista una sola semilla por cavidad en cada almacigo.

En la tabla 7-3 se observa los datos recopilados luego del análisis del proceso de la sembradora semiautomática que ha sido implementada, tomando el mismo número de bandejas que la prueba realizada a la siembra manual. Tomando en consideración como factor principal el tiempo de ejecución.

Tabla 7-3: Tiempos de siembra automática.

Bandejas Sembradas	Tiempo (Min)	Plántulas Equivalentes
1	4	100
2	8	200
5	20	500
10	40	1000
15	60	1500

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

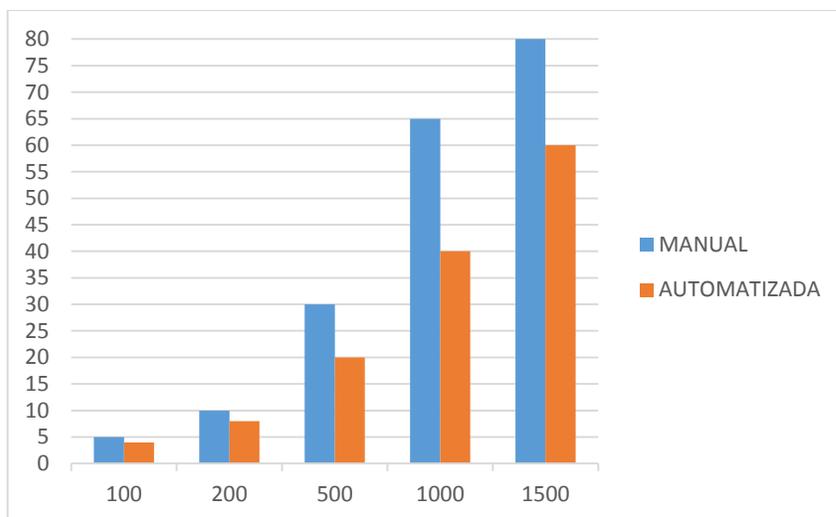


Grafico 2-3: Producción de plántulas siembra automatizada vs manual.
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

De acuerdo con la grafico 2-3 se puede observar la diferencia que existen entre la siembra manual y la siembra automatizada, con lo que se puede concluir que la siembra automatizada que se realizó con la sembradora implementada es un 40% mayor respecto a la sembradora manual. Es una ventaja significativa con lo que se puede reducir costos y recursos en esta etapa de la siembra, los mismo que podrían ser aprovechados en otras etapas de la producción agrícola.

3.4. Prueba Estadística.

Para verificar el mejor tipo de siembra se realiza una prueba de hipótesis para los dos tipos de siembra, tomando como datos el tiempo que toma en cada uno de los métodos, con la utilización del programa Excel.

Datos:

$$n = 5$$

$$\alpha = 0,05$$

Paso 1

Ho: $\mu_d = 0$ Las medias de los tipos de siembra son iguales.

Ha: $\mu_d \neq 0$ Las medias de los tipos de siembra no son iguales.

Paso 2

$$\alpha = 0,05$$

$$\text{grados}_{\text{libertad}} = 5 - 1 = 4$$

$$t_{\alpha/2} = 2,1318$$

Paso 3

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas.

Tabla 8-3: Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	Siembra Manual	Siembra Automatizada
Media	34,2	26,4
Varianza	673,7	548,8
Observaciones	5	5
Coefficiente de correlación de Pearson	0,989061049	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	4	
Estadístico t	3,929583231	
P(T<=t) una cola	0,008554506	
Valor crítico de t (una cola)	2,131846786	
P(T<=t) dos colas	0,017109011	
Valor crítico de t (dos colas)	2,776445105	

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

Mediante el análisis de la tabla 8-3, nos muestra la probabilidad de 0.017 y los valores críticos para la prueba t de dos colas que corresponde a 2.77.

Paso 4

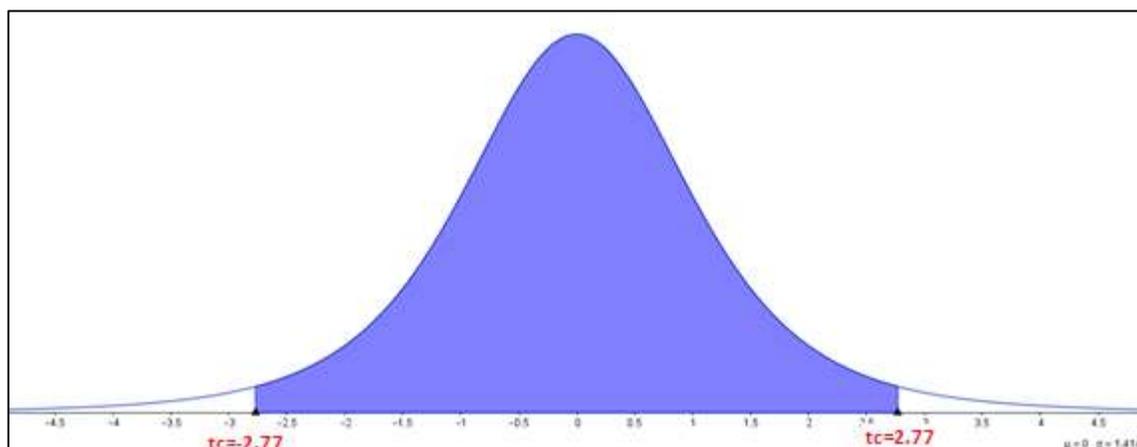


Gráfico 3-3: Región de rechazo en la cola izquierda y derecha

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

Paso 5

Dado que $t_{cal} > t_c$ se rechaza la Hipótesis Nula y se acepta la Hipótesis Alternativa, es decir, que el tiempo que toma la colocación de las semillas dentro de los almácigos es significativamente diferente al tiempo de colocación de las semillas de la forma automatizada. La probabilidad 0.017 es menor que el nivel de significancia, esto respalda la decisión tomada. Se concluye que la eficiencia de acceso es mejor con una base de datos digital.

En la tabla 9-3 se muestra de manera detallada los tiempos de siembra manual vs la siembra automatizada para el mismo número de bandejas y plántulas.

Tabla 9-3: Tiempo de producción de plántulas siembra manual vs siembra automatizada.

Número de bandejas	Plántulas	Tiempo (min) Siembra manual	Tiempo (min) Siembra automatizada
1	100	5	3
3	300	15	9
6	600	30	18
9	900	48	27
12	1200	70	36

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

En la grafico 4-3 se observa de mejor manera las diferencias que existe entre la siembra manual y la siembra automatizada, por lo tanto, se concluye que la siembra automatizada es un 50 % más rápida con respecto a la siembra manual.

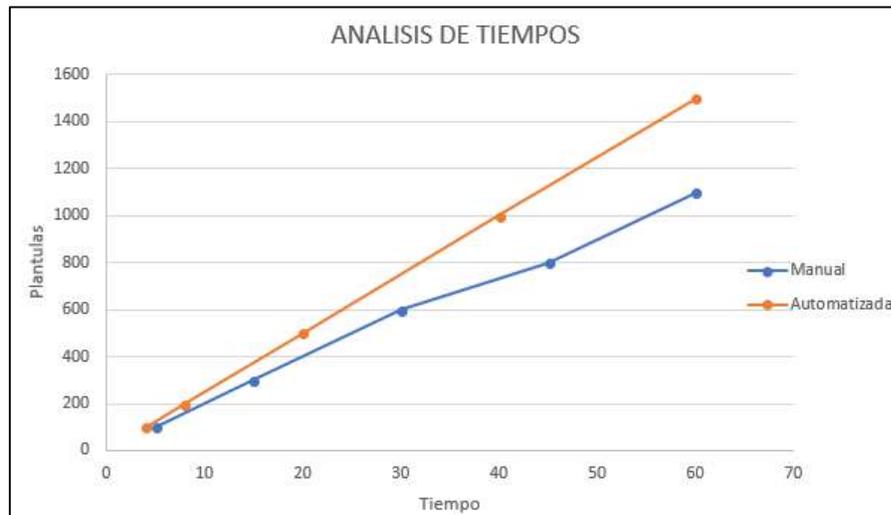


Grafico 4-3: Tiempos de siembra manual vs siembra automatizada.
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

3.5. Eficiencia del proceso de siembra.

Para el análisis de la eficacia del proceso de la siembra de semillas en los almácigos mediante la sembradora semiautomática, se realizó una serie de pruebas tomando en consideración a la presión que ingresa al filtro de aire según la tabla 4-3 como variable independiente, por otro lado, como parámetros dependientes: el número de semillas sembradas, cavidades vacías, cavidades con dos o más semillas de las bandejas de muestra. En total se analizaron 5 bandejas por cada nivel de presión.

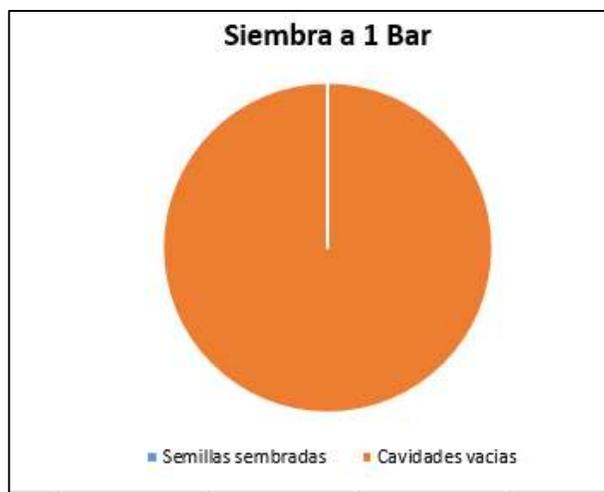


Grafico 5-3: Resumen de siembra 1 Bar.
 Realizado por: Astudillo Paul, 2018

En la grafico 5-3 se observa los porcentajes de la siembra automatizada operando a una presión de 1 Bar, debido a que la presión es baja no activa el pistón, por ende, no es posible realizar la siembra en los almácigos, por ende, se concluye que no es posible utilizar dicha presión.



Grafico 6-3: Resumen de siembra 2 Bar.
 Realizado por: Astudillo Paul, 2018

En la grafico 6-3 se observa los porcentajes de la siembra automatizada operando a una presión de 2 Bar, al igual que el caso anterior no es posible la activación del actuador lineal, por lo cual se concluye de igual manera no es posible realizar la siembra en los almácigos.

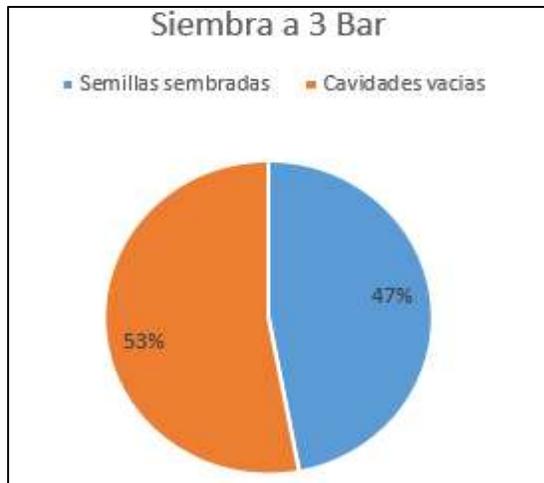


Grafico 7-3: Resumen de siembra a 3 Bar.
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

-En la grafico 7-3 se observa los porcentajes de la siembra automatizada operando a una presión de 3 Bar tomado de una muestra de 500 semillas plantadas y posteriormente analizadas 235 corresponden a las semillas de cilantro sembradas, 265 corresponde a las cavidades que se encontraron vacías. Por ende, se concluye que la efectividad es un 47 % para la prueba realizada.



Grafico 8-3 Resumen de siembra 4 Bar.
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

En el grafico 8-3 se observa los porcentajes de la siembra automatizada operando a una presión de 4 Bar tomado de una muestra de 500 semillas plantadas y posteriormente analizadas, 375 corresponden a las semillas de cilantro sembradas, 125 corresponde a las cavidades que se encontraron vacías, Por ende, se concluye que la efectividad es un 75 % para la prueba realizada.



Grafico 9-3: Resumen de siembra 5 Bar.
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

En el grafico 9-3 se observa los porcentajes de la siembra automatizada operando a una presión de 5 Bar tomado de una muestra de 500 semillas plantadas y posteriormente analizadas, 410 corresponden a las semillas de cilantro sembradas, 90 corresponde a las cavidades que se encontraron vacías. Por ende, se concluye que la efectividad es un 82 % para la prueba realizada.



Grafico 10-3: Resumen de siembra 6 Bar.
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

En el grafico 10-3 se observa los porcentajes de la siembra automatizada operando a una presión de 6 Bar tomado de una muestra de 500 semillas plantadas y posteriormente analizadas, 430 corresponden a las semillas de cilantro sembradas, 70 corresponde a las cavidades que se encontraron vacías. Por ende, se concluye que la efectividad es un 86 % para la prueba realizada.

Posteriormente se realiza pruebas a las boquillas individualmente para verificar la eficiencia de cada una, respecto a la variación de presión de la tabla 1-3, con la misma muestra de los 5 almácigos y las 500 plántulas sembradas.

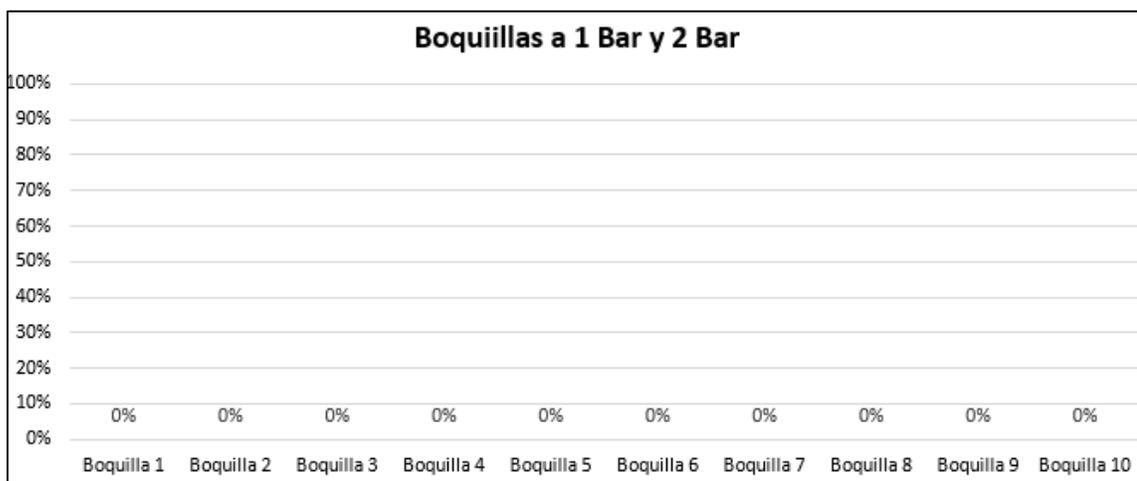


Grafico 11-3: Prueba de boquillas a 1 Bar.
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

En el grafico 11-3 se observa los datos estadísticos elaborados a partir de las pruebas de las boquillas, por la razón que no es posible realizar la siembra debido a la no activación del activador lineal, por ende, el rendimiento de cada una de las boquillas no se pudo medir a una presión de 1 y 2 Bar.

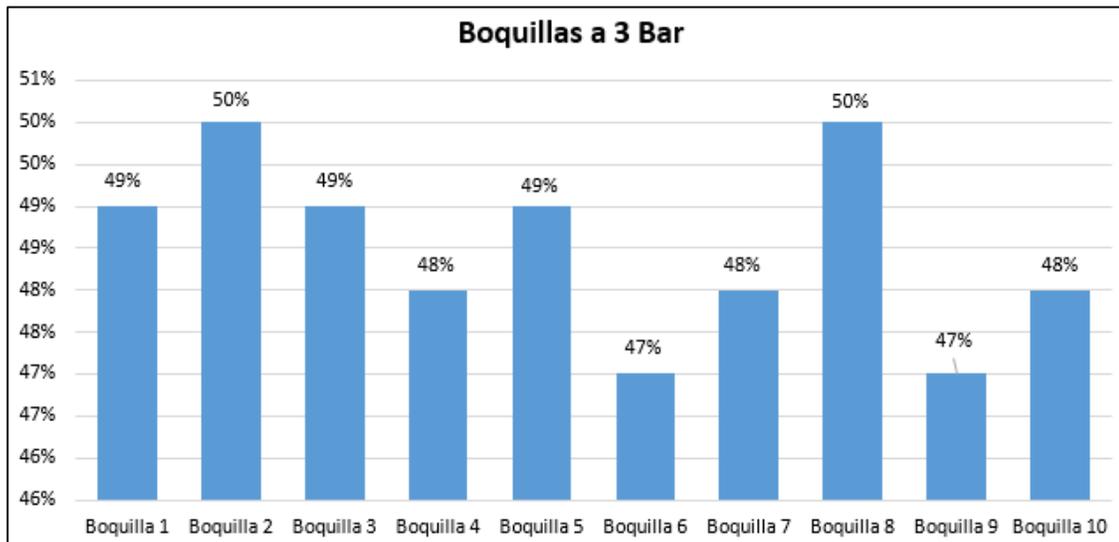


Grafico 12-3: Prueba de boquillas 3 Bar.

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

El grafico 12-3 muestra los datos estadísticos elaborados a partir de las pruebas de las boquillas, mientras se realizó la siembra de semillas en la prueba de las 5 bandejas con una presión de 3 Bar, el desempeño mejoro respecto a la prueba anterior, pero la eficiencia máxima de 50% es demasiado baja.

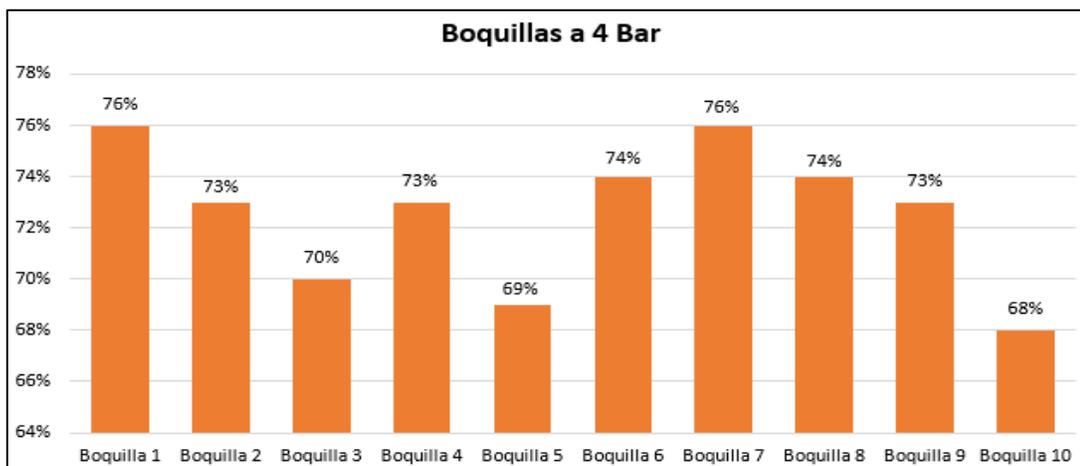


Grafico 13-3: Prueba de boquillas 4 Bar.

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

El grafico 13-3 se observa los datos estadísticos elaborados a partir de las pruebas de las boquillas, mientras se realizó la siembra de semillas en la prueba de las 5 bandejas con una presión de 4 Bar, ha mejorado de manera exponencial la eficacia de las boquillas llegando un máximo de 76%, adicionalmente se observa que la boquilla 10 tiene una efectividad del 68 %.

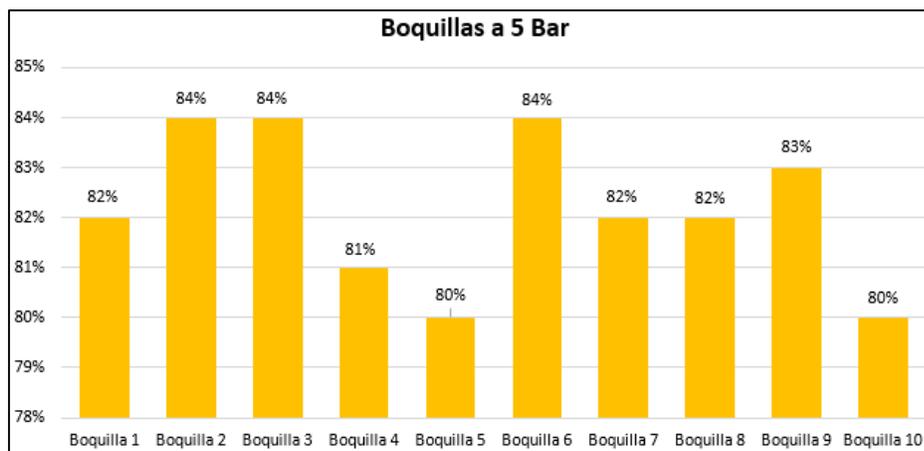


Grafico 14-3: Prueba de boquillas 6 Bar.
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

En el grafico 14-3 se observa los datos estadísticos elaborados a partir de las pruebas de las boquillas, mientras se realizó la siembra de semillas en la prueba de las 5 bandejas con una presión de 5 Bar, ha mejorado llegando un máximo de 84%, adicionalmente se observa que la boquilla 5 y 10 tienen una efectividad del 80 %.

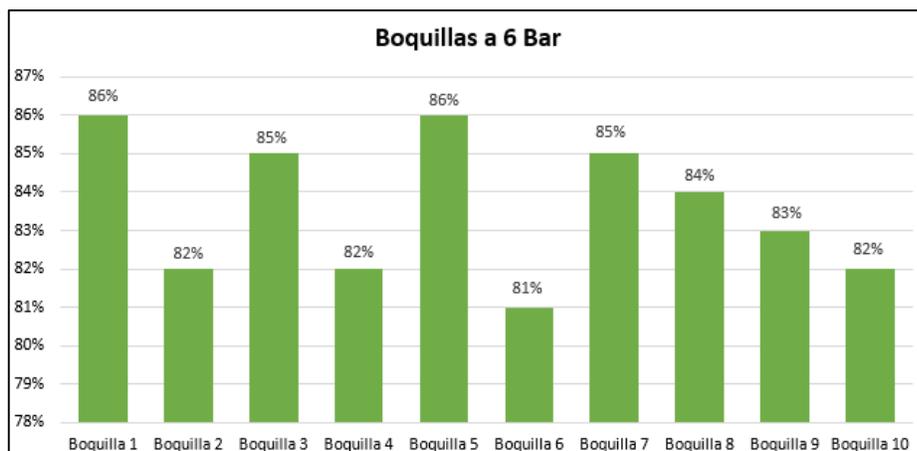


Grafico 15-3: Prueba de boquillas 6 Bar.
Realizado por: Astudillo Paul, 2018

En el grafico 15-3 se observa los datos estadísticos elaborados a partir de las pruebas de las boquillas, mientras se realizó la siembra de semillas en la prueba de las 5 bandejas con una presión de 6 Bar, la efectividad se encuentra estadísticamente por encima del 85% lo que es más que aceptable con respecto a las pruebas anteriores, mientras que las boquillas 2,4,6,10 tienen un desempeño menor al 83%. Al finalizar las pruebas de sembrado se deduce que la opción más adecuada para la selección de la presión de aire se encuentra entre el rango de 5 a 6 Bar, tomando la decisión que la sembradora opere a 6 Bar, siendo la más adecuada para la toma y colocación de las semillas.

3.6. Análisis económico de la sembradora.

Al finalizar la implementación de la sembradora semiautomática para semillas de 4 a 10 mm en almácigos de 28x28 cm, se procede a realizar un análisis técnico-económico para valorar los factores que intervinieron para la culminación de la máquina. En la tabla 10-3 se detallan todos los equipos y materiales utilizados en la construcción e implementación con sus respectivos costos de adquisición.

Tabla 10-3: Análisis económico.

No.	Descripción	Cant.	P. Unit.	P. Total.
Sistema mecánico.				
1	Varilla roscada ½ in.	1	5.30	5.30
2	Rodamientos lineales de 12 mm.	1	3.00	3.00
3	Perfil de aluminio 1 ¼ x 6.40 m.	1	30.68	30.68
5	Riel x 0.6 m.	1	5.00	5.00
6	Angulo de acero x 3 m.	1	3.50	3.50
7	Tubo cuadrado de aluminio 3x3x400 mm.	1	4.00	4.00
8	Eje de acero 3/8 in x 500 mm.	1	3.00	3.00
9	Eje de aluminio ½ in x 1m.	1	8.00	8.00
10	Rodamientos 16 mm.	2	8.00	16.00
11	Tubo de acero cuadrado 20x40 mm x 1m.	1	1.00	1.00
12	Plancha de acero inoxidable 40x20x0.2 mm	1	10.00	10.00
13	Angulo de aluminio.	1	2.00	2.00

14	Tuercas y pernos	40	0.05	2.00
Subtotal sistema mecánico			USD.	93.48
Sistema electrónico y eléctrico				
15	Motor DC.	1	30.00	30.00
16	Fuente de alimentación 24 V x 15 A.	1	35.19	35.19
17	Módulos relés 24 Vdc.	6	5.90	35.40
18	PLC LOGO 24RCL.	1	130.00	130.00
19	Cable de programación Logo.	1	21.95	21.95
20	Sensor final de carrera para pistón.	1	14.55	14.55
21	Sensor final de carrera de palanca larga.	1	3.95	3.95
22	Sensor de vacío marca Sunx.	1	60.00	60.00
23	Sensor laser NO.	3	17.35	52.00
24	Cable eléctrico flexible AWG #18.	20	0.25	5.00
25	Terminales espiga.	100	0.02	2.00
26	Riel DIN perforada.	1	2.46	2.46
27	Gabinete 40x40x20 fondo metálico.	1	37.50	37.50
28	Borneras para riel DIN 6 mm.	4	0.90	3.60
29	Borneras para riel DIN 4 mm.	5	0.60	3.00
30	Canaleta 25x40 ranurada.	2	7.00	14.00
31	Canaleta 25x60 ranurada.	1	10.00	10.00
32	Luces piloto 24 V.	2	1.00	2.00
33	Pulsadores.	3	1.30	3.90
34	Selector.	1	1.50	1.50
35	Manguera espiral 1/2 in.	3	2.00	6.00
36	Correas de plástico.	100	0.06	6.00
37	Bases autoadhesivas.	10	0.20	2.00
38	Cinta térmica.	2	0.40	0.80
39	Cable de poder.	1	2.00	2.00
Subtotal sistema eléctrico y electrónico.			USD.	484.80
Sistema neumático				
39	Generador de vacío.	1	60.00	60.00
40	Electroválvula 5/2 a 24 Vdc.	1	35.00	35.00

41	Electroválvula 3/2 a 24 Vdc.	1	30.00	30.00
42	Filtro/regulador 1/4 (0 -150 Psi)	1	20.00	20.00
43	Manguera de poliuretano 6 mm.	10	0.74	7.40
44	Racor recto 1/8 x 6 mm.	4	1.13	4.52
45	Racor recto 1/4 x 6 mm.	4	1.50	6.00
46	Racor recto 3/8 x 8mm.	1	1.58	1.58
47	Racor recto 1/4 x 8mm.	2	1.60	3.20
48	Manguera de poliuretano 8 mm.	1	1.47	1.47
49	Unión 1/4 FPT	1	2.12	2.12
50	Unión T.	1	1.50	1.50
51	Pistón simple efecto	1	15.00	15.00
Subtotal sistema neumático			USD.	187.79
Total			USD.	766.07

Fuente: Astudillo Paul, 2018

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

Adicional al costo de los equipos y materiales, en la tabla 11-3 se detallan los costos por mecanizado de piezas, construcción y manufactura de elementos durante la implementación de la presente sembradora.

Tabla 11-3: Costos de construcción de elementos.

No.	Descripción	Cant.
1	Construcción e implementación.	100.00
Total		USD. 100.00

Fuente: Astudillo Paul, 2018

Realizado por: Astudillo Paul, 2018

La sembradora semiautomática tiene un costo general de 866.77 dólares americanos lo que equivale a un 80% comparado con sembradoras del mismo tipo que se producen en otros países las cuales tienen un costo aproximado de 7000 a 9000 que varían según las especificaciones y el tamaño de las bandejas, debido a que en el país se desconoce que exista oferta de este tipo de maquinaria en el campo de la agricultura. Con lo que se puede concluir que el precio de la sembradora implementada, es de bajo costo comercial y se ajusta a los requerimientos planteados.

CONCLUSIONES

- Se puede implementar una sembradora semiautomática de bajo costo con materiales que se pueden encontrar en el mercado nacional, la cual puede cubrir todas las necesidades de siembra de semillas de varios tamaños en almácigos, mediante la cual se puede disminuir los tiempos de producción de plántulas.
- Mediante la morfología que se diseñó para la sembradora semiautomática, se puede decir que se ha cumplido con todos los requerimientos los cuales fueron planteados previamente, la cual se la realizó pensando en la simplicidad de construcción e implementación.
- El estudio realizado de la siembra manual se encontró que su efectividad se reduce, mientras las personas procedan a colocar las semillas en los almácigos por periodos prolongados de tiempo, tomando en consideración que es una actividad repetitiva y causa fatiga.
- Las pruebas realizadas para comprobar el funcionamiento fueron exitosas, puesto que se las realizó en todos los sistemas y elementos que componen el proceso de siembra automatizada, por esta razón la implementación y elección de los componentes fue acertada.
- La eficiencia de la sembradora fue comprobada mediante la variación de la presión a la entrada del generador de vacío cuyos resultados fueron: el 85% trabajando a una presión máxima de 6 [Bar], de 82 % al trabajar con una presión de entrada de 5 [Bar], de 75 % al colocar una presión de 4 [Bar], de 50 % al colocar una presión de 3 [Bar] y finalmente de 0% al trabajar con una presión de 1 y 2 [Bar] a la entrada del eyector de vacío.
- Los elementos seleccionados para la construcción de la sembradora fueron seleccionados de tal manera que puedan ser accesibles, durables y sobretodo tengan un costo mínimo para su adquisición. Por tanto, es factible su fabricación tomando en consideración que su precio de implementación es un 80% menor en comparación a las máquinas extranjeras.

- Para el control y funcionamiento de la máquina solo es necesario la presencia de un operador el cual ingrese y retire los almácigos de la bandeja y accione el tablero de control, por ende, se reducen el tiempo y costos de operación en la etapa de cultivo de plántulas.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable poseer un compresor el cual posea un tanque de almacenamiento que abastezca al sistema con aire comprimido que sea de un mínimo de 110 litros, tomando en consideración que el caudal de vacío consume aproximadamente 36.36 litros por minuto y un máximo de 109 litros por minuto al momento de su funcionamiento.
- Revisar el contenedor de las semillas de manera regular, puesto que puede presentar una disminución de la efectividad de la sembradora.
- Es recomendable siempre llenar los almácigos con sustrato a un nivel aproximado del 75 % de la cavidad para una correcta colocación de la semilla dentro del almácigo.
- Verificar el tamaño de las semillas que sean de un mínimo de 4 mm y un máximo de 10 mm, puesto que las boquillas de succión podrían presentar problemas al momento de tomar las semillas del recipiente contenedor.

BIBLIOGRAFÍA

ASALE, R. Compostaje. *Diccionario de la lengua española- Edición del Tricentenario*. [en línea]. [Consulta: 23 febrero 2018]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=A2THKVu>.

ASALE, R. Semilla. *Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario*. [en línea]. [Consulta: 24 febrero 2018]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=KIgo5mN>.

ASALE, R. Híbrida-, *Diccionario de la lengua española - Edición del Tricentenario*. [en línea]. [Consulta: 24 febrero 2018]. Disponible en: <http://dle.rae.es/?id=XXRpvAt>.

ASTALS COMA, F., *Almacenaje, Manutención y Transporte Interno En La Industria* [en línea]. España: Edicions UPC, 2009. ISBN, 978-84-9880-350-1. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=dIGvIGr7TV0C>.

AVENZA ÁLVAREZ, Á. *Preparación del medio de cultivo (UF0019)* [en línea]. Málaga, España: IC Editorial, 2011. ISBN 978-84-8364-357-0. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=3212120>.

BARRIONUEVO ORTIZ, F.G. *Diseño y construcción de una máquina sembradora automática de semillas en bandejas con control de proceso para la empresa Hortifresh*. B.S. Tesis. (Pregrado). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Mecatrónica, 2015. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10192>

BELTRANO, J. y GIMENEZ, D.O. *Cultivo en hidroponía* [en línea]. La Plata, ARGENTINA: D - Editorial de la Universidad Nacional de La Plata, 2015. ISBN 978-950-34-1258-9. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/epochsp/detail.action?docID=4499425>.

Blitz Ingeniería | Automatización. [en línea], 2018. [Consulta: 30 abril 2018]. Disponible en: <http://www.blitzingenieria.com/index-automatizacion.php>.

CEDAL. CEDAL Catalogo de Perfiles. *Catálogo De Perfiles*, 2014

CHANCUSI, S.D.P. y PARRA, P.H.N., *Diseño Y Construcción De Una Impresora 3d Auto-Replicable Controlada Inalámbicamente Para El Prototipado De Piezas Plásticas De Bajo Costo, Mediante Software Libre*, (tesis) (Pregrado). Universidad De Las Fuerzas Armadas – ESPE, 2014.

CHELIC. *EV series- Vacuum ejectors*. [en línea] 2018. [Consulta: 23 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.chelic.com/Upload/Product/EV-e.pdf>.

CHULDE QUIRÓZ, K.A., *Implementación de un sistema automatizado de riego por goteo parcial, a campo abierto en el centro experimental del riego de la facultad de recursos naturales*. (tesis) (Pregrado), *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo- ESPOCH*, 2017.

DINATEK. C33a-PAGx24-Sembradora-y-Transplantadora-de-Arroz [en línea], 2015. [Consulta: 29 abril 2018]. Disponible en: <http://dinatek.ec/producto/sembradoras-de-bandejas/>.

GAVILAN, M.U. *Tratado de Cultivos sin Suelo*. [sin fecha] Artes Gráficas Cuesta S.A.

GAYTÁN RUELAS, J.G., SERWATOWSKI, R. y GRACIA LÓPEZ, C. Maquinaria para realizar la operación de siembra en charolas. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 2006 vol. 15, no. 3.

HERNÁNDEZ GAVÍNO, R. Introducción a los sistemas de control: conceptos, aplicaciones y simulación con MATLAB. México: Pearson Educación de México, 2006. ISBN 978-607-442-842-1.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA Y CENSOS. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC - 2014. [en línea]. [Consulta: 22 junio 2018]. Disponible en: http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2014-2015/2014/Presentacion%20de%20resultados%20ESPAC_2014.pdf.

LLOPIS, R.S. *Automatización industrial*. Primera edición. España: Publicacions de la Universitat Jaume I, 2010.

MARULANDA, C. y IZQUIERDO, J. Manual técnico: La huerta hidropónica Popular. Curso audiovisual. [en línea], 2003 pp. 131. Disponible en: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/espoc/hsp/detail.action?docID=3202882>.

MICROAUTOMACIÓN. *MiCRO automación* [en línea]. 2014.[Consulta: 26 julio 2018]. Disponible en: http://www.microautomacion.com/files/Tecnicas_de_vacio_en_la_manipulacion.pdf.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA. *La Política Agropecuaria Ecuatoriana Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025* [en línea]. 2016.[Consulta: 5 de Junio de 2018.]Disponible en: <http://servicios.agricultura.gob.ec/politicas/La%20Pol%C3%ADticas%20Agropecuarias%20al%20%202025%20I%20parte.pdf>.

MONCADA ALBITRES, L. *Automatización y control de procesos*. Segunda edición. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2005.

MONTEROS GUERRERO A, GAETHE R, LEMA V, SALAZAR C, SANCHEZ R y LLIVE F. Panorama Agroeconómico Ecuador 2016, 2006. vol. 1, pp. 15.

NICOLÁS, A.S. *Neumática práctica*. Editorial Paraninfo, 2010 ISBN 978-84-283-3033-6.

PONSA, P. y VILANOVA, R. Introducción del Operario Humano en el Ciclo de Automatización de Procesos Mediante la Guía GEMMA. *Información Tecnológica*,2007. vol. 18, pp. 10.

PROACERO. Acero Inoxidable Quito | *Acero Inoxidable Quito | PROACERO S.C.C* [en línea] 2018. [Consulta: 22 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.proacero.net>.

RHONA. Varilla Roscada - RHONA Un Mundo en Equipamiento Eléctrico. [en línea] , 2017. [Consulta: 3 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.rhona.cl/producto/4031/varilla-roscada.html>.

ROBINAIR. HVAC Products | Robinair. [en línea] , 2015. [Consulta: 23 mayo 2018]. Disponible en: http://www.robinair.com/products/hvac/field_category/HVAC-100/field_category/Vacuum%2520Pumps%2520and%2520Gauges-90.

SMCETECH. Ventosa para manipulación por vacío., 2014, pp. 84.

ROYDISA. Calcular fuerza de los cilindros neumáticos y consumo de aire. *Roydisa* [en línea] , 2013. [Consulta: 26 julio 2018]. Disponible en: <https://www.roydisa.es/calcular-la-fuerza-que-desarrolla-un-cilindro-neumatico-y-su-consumo-de-aire/>.

SIEMENS. *LOGO!* [en línea]. 2003.[Consulta: 25 mayo 2018]. Disponible en: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/761/19625761/att_75984/v1/logo_s_09_99.pdf.

SUNX. *Sunx-DP2-Digital-Pressure-Sensors.pdf* [en línea], 2018. [Consulta: 24 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.clrwtr.com/UserFiles/CT/Documents/Panasonic/Sunx-DP2-Digital-Pressure-Sensors.pdf>.

TELEMECANIQUE. *XUB L2/ XUB M12* [en línea]. 2009. [Consulta: 8 junio 2018]. Disponible en: http://download.schneider-electric.com/files?p_Doc_Ref=169019501A55&p_EnDoc_Type=Instruction%20sheet&p_File_Name=169019501A55_03.pdf.

THK-MEXICO. Husillo de bolas. [en línea], 2017. [Consulta: 3 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.thk.com/?q=mexico/node/7517>.

URBANATI. SEMYPSILON65 - Sembradora: de hasta 650 bandejas/hora - URBINATI [en línea] , 2018. [Consulta: 23 mayo 2018]. Disponible en: <https://www.urbinati.com/es/pr odotto/sembradora-de-rodillo-semysilon65/>.

VELASQUEZ JOSE, MONTEROS ALVARO y TAPIA CESAR. Semillas Tecnologías de Producción y Conservación. [en línea]. [Consulta: 3 mayo 2018]. Disponible en: <http://www.iniap.gob.ec/nsite/imagenes/documentos/Semilla1-1.pdf>.

VILLAGRÁN, J.I. Transformaciones rurales y agrarias en Ecuador., 2016.

ANEXOS

Anexo A: Hoja de datos generador de vacío Chelic EV-20.



EV series - Vacuum ejectors

Operation specification and Order expression

CHELIC PNEUMATIC

Definition of vacuum ejectors



When compressed through nozzle, creates high speed drainage and make all action function.

Specification

Item	Model	EV-05	EV-10	EV-15	EV-20	EV-25	EV-30
Fluid		Air					
Range of service temperature °C		0 ~ 60					
Lubrication		Unnecessary					
Range of pressure		0.7 ~ 1.6 (1.0 ~ 0.9kgf/cm ²)					
Nozzle diameter	Item	Ø 0.5	Ø 1.0	Ø 1.5	Ø 2.0	Ø 2.5	Ø 3.0
Max. Vacuum value	Item	-91.0 kPa (-680 mmHg)					

Example of application

Standard type



With switch type



Vacuum signal confirmation device

Item	Model	-S With switch type	-SK With switch and adjustable type
Setting range	Item	-39.9 (-300mmHg)	-91.0 (-682 (-400mmHg)
Setting value before operation	Item	-39.9 (-300mmHg)	-91.0 (-682mmHg)
Accuracy	Item	± 0.3 (± 40mmHg)	± 0.3 (-300mmHg)
Hysteresis	Item	4.0 ~ 12.0 (30~100mmHg)	
Electrical rating	Item	AC120V 5A AC250V 5A	
Range of operating temperature °C		0 ~ 60	

How to order

EV

EV series
Standard type

10

Nozzle diameter

10	0.5 mm
11	1.0 mm
12	1.5 mm
13	2.0 mm
14	2.5 mm
15	3.0 mm

S

With switch

S	No code (Standard type)
S	With float switch

SK

With adjustable type

SK	No code (Standard type)
SK	Adjustable type



EV series - Vacuum ejectors

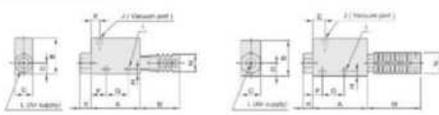
Vacuum ejectors performance table and external dimension

CHELIC PNEUMATIC

Vacuum ejectors performance table

Model	Item	Nozzle diameter mm	Exhaust capacity L/min	Max. Vacuum degree kPa (-mmHg)	Air consumption l/min	Supply air pressure kPa (kgf/cm ²)
EV-05		0.5	5	90.2 (-662)	13	0.5 (0.5)
EV-10		1.0	20	91.0 (-662)	44	0.5 (0.5)
EV-15		1.5	45	91.0 (-662)	100	0.5 (0.5)
EV-20		2.0	100	91.0 (-662)	190	0.5 (0.5)
EV-25		2.5	170	91.0 (-662)	320	0.5 (0.5)
EV-30		3.0	260	91.0 (-662)	500	0.5 (0.5)

External dimension



Model	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Standard fitting size
EV-05	45	37	55	15	3	34	25	4.5	2.0x2	Ø 1.8	10	Ø 1.8	27	Ø 1.8	Ø 1.8
EV-10	48	38	58	16	4	34	25	4.5	2.0x2	Ø 1.8	10	Ø 1.8	27	Ø 1.8	Ø 1.8
EV-15	51	39	61	17	5	35	25	5	2.0x3	Ø 1.8	10	Ø 1.8	27	Ø 1.8	Ø 1.8
EV-20	55	41	65	18	6	36	25	5.5	2.0x3	Ø 1.8	10	Ø 1.8	27	Ø 1.8	Ø 1.8
EV-25	60	43	70	20	7	38	25	6	2.0x3	Ø 1.8	10	Ø 1.8	27	Ø 1.8	Ø 1.8
EV-30	65	45	75	22	8	40	25	6.5	2.0x3	Ø 1.8	10	Ø 1.8	27	Ø 1.8	Ø 1.8

With vacuum sign confirm installation

■ With micro-switch - S



■ With switch and Adjustable type - SK



Item	Model	EV-05	EV-10	EV-15	EV-20	EV-25	EV-30
W		27	27	30.0	33.0	34.5	34.5
H		12	13	15	16	16	16

Anexo C: Hoja de datos LOGO 24 RCL.

Presentación de LOGO!

Estructura de LOGO!

1 Alimentación
 2 Entradas
 3 Salidas
 4 Recepción de módulo con revestimiento
 5 Panel de manejo (no en RCL)
 6 Display LCD (no en RCL)

Manual LOGO!
ASE004669 01 3

Presentación de LOGO!

Identificación de LOGO!

De la identificación de LOGO! se deducen diferentes características del mismo

- 12 Versión de 12 V
- 24 Versión de 24 V
- 230: Versión de 115/230 V
- R: Salidas de relé (sin R: salidas de transistor)
- C: Relé de temporización semanal integrado
- o: Variante sin display
- L: Cantidad doble de salidas y entradas
- B11: Estativo con conexión de bus de interfase AS

En el transcurso restante de esta descripción se utilizan pequeños pictogramas para identificar los tipos con funciones diferentes. Estos pictogramas aparecen cuando las informaciones se refieren sólo a una parte de las variantes de LOGO!

Variante estándar con 6 entradas y 4 salidas, integrada en 72 x 90 x 65 mm.

Variante estándar sin display con 6 entradas y 4 salidas, integrada en 72 x 90 x 55 mm.

Variante "L" con 12 entradas y 8 salidas, integrada en 126 x 90 x 55 mm.

Variante "B11" con 12 entradas y 8 salidas, así como conexión de bus adicional de interfase AS, con 4 entradas virtuales y 4 salidas virtuales, integrada en 126 x 90 x 55 mm.

Manual LOGO!
ASE004669 01 4

Presentación de LOGO!

Variantes

Se prevén las siguientes variantes de LOGO!

Símbolo	Designación	Salidas	Tipo
	LOGO! 12RC	4 * 230 V, 10 A	relé
	LOGO! 24	4 * 24 V, 0,3 A	transistor
	LOGO! 24RC	4 * 230 V, 10 A	relé
	LOGO! 230RC	4 * 230 V, 10 A	relé
	LOGO! 24RCo	4 * 230 V, 10 A	relé
	LOGO! 230RCo	4 * 230 V, 10 A	relé
	LOGO! 12RCL	8 * 230 V, 10 A	relé
	LOGO! 24L	8 * 24 V, 0,3 A	transistor
	LOGO! 24RCL	8 * 230 V, 10 A	relé
	LOGO! 230RCL	8 * 230 V, 10 A	relé
	LOGO! 24RCLB11	8 * 230 V, 10 A	relé
	LOGO! 230RCLB11	8 * 230 V, 10 A	relé

Manual LOGO!
ASE004669 01 5

Presentación de LOGO!

Certificación y homologación

LOGO! está certificado según UL, CSA y FM.

- UL-Listing-Mark Underwriters Laboratories (UL) según Standard UL 508, File Nr. 116536
- CSA-Certification-Mark Canadian Standard Association (CSA) según Standard C22.2 No. 142, File Nr. LR 48323
- Homologación FM Factory Mutual (FM) Approval según Standard Class Number 3911, Class I, Division 2, Group A, B, C, D

Precaución
Peligro de lesiones corporales y daños materiales.
En áreas con peligro de explosión pueden producirse lesiones corporales y daños materiales si se desenchufan conectores durante el servicio. Es imprescindible desconectar la corriente en LOGO! y los respectivos componentes antes de desenchufar conectores en áreas con peligro de explosión.

LOGO! lleva la identificación CE, cumple las normas VDE 0631 e IEC1131 y cuenta con supresión de radiointerferencias según EN 55011 (clase de valor límite B, en operación con bus ASI clase A).

Homologación para construcción naval obtenida.

- ABS - American Bureau of Shipping
- BV - Bureau Veritas
- DNV - Det Norske Veritas
- GL - Germanischer Lloyd
- LRS - Lloyds Register of Shipping
- PRS - Polski Rejestr Statków

Por consiguiente, LOGO! encuentra aplicación tanto en el sector industrial como en el doméstico.

Manual LOGO!
ASE004669 01 6

Anexo D: HOJA DE DATOS VÁLVULA 3/2 EMC.

V series standard/ N series low power solenoid valve (3/2 way)

V Series

V Series

How to Order?

Get online support now

Series No.	Valve body size	ID Code	Position	Way	Control	Original status	Port size	Voltage	Connection type	Cover color	Thread type
N	1: Standard 2: 25mm 3: 20mm 4: 4Series	M: Standard L: Low power (0.7)	0: 2 positions 1: 2 positions	0: Single control 1: Double control	NC NO	M: 1/8" N: 1/4" O: 1/2" P: 3/8" R: 1/2" S: 3/4"	1/8", 1/4", 1/2", 3/8", 1/2", 3/4"	Blank, DIN connector E: Piping waste E2: AC220V E4: DC24V E7: Series only (DC24V)	Blank, Blank Blank, Blank Blank, Blank Blank, Blank Blank, Blank Blank, Blank	Blank, Blank W: White T: 1.4MP	Blank, G G: PT T: NPT

Order Example:
 N series solenoid valve, 1 series valve body size, standard pilot/low power coil, 3/2 way, single control, NC, 1/8" port size, standard coil, DC24V, DIN connector, G thread, ERF code is: N1M201-06E4

Order Example:
 N series solenoid valve, 1 series valve body size, standard pilot/low power coil, 3/2 way, single control, NC, 1/8" port size, standard coil, DC24V, DIN connector, G thread, ERF code is: V211E2-06E4

Note: Low power N series with valve body

Specifications

Model No.	N1M201-06 N1M201-06E	N1M201-06 N1M201-06E	N1M201-06 N1M201-06E	N1M201-06 N1M201-06E	N1M201-06 N1M201-06E	N1M201-06 N1M201-06E	N1M201-06 N1M201-06E	N1M201-06 N1M201-06E	N1M201-06 N1M201-06E
Port size	M5	G1/8	G1/8	G1/4	G1/4	G3/8	G3/8	G1/2	G1/2
Structural dimensions	5 (DCV=0.31)	12 (DCV=0.67)	14 (DCV=0.76)	18 (DCV=0.88)	25 (DCV=1.40)	30 (DCV=1.86)	30 (DCV=2.78)	38 (DCV=2.78)	38 (DCV=2.78)
Working medium	Clean air (after 25 μm filtration)								
Acting type	Pilot type								
Lubrication	Not required								
Working pressure (MPa)	0.15-0.8								
Overpressure (MPa)	1.2								
Working temperature (°C)	-5-60								
Storage range	-15%-10%								
Power consumption	DC: 0.7W		DC: 1.0W / AC: 1.0VA						
Insulation class	Class F								
Protection class	IP65 (DIN EN 60529)								
Max. wiring frequency	5 Cycles/s								
Actuator (mm/s)	<0.05								
Weight (g)	N1M201-06 N1M201-06E	N1M201-06 N1M201-06E	N1M201-06 N1M201-06E	N1M201-06 N1M201-06E	N1M201-06 N1M201-06E	N1M201-06 N1M201-06E	N1M201-06 N1M201-06E	N1M201-06 N1M201-06E	N1M201-06 N1M201-06E

Note: The technical data of NO type and NC type are same.

V series standard/ N series low power solenoid valve (3/2 way)

V Series

How to Order?

Series No.	Way	Position	Valve body size	Control	Original status	Port size	ID Code	Voltage	Connection type	Cover color	Valve color	Thread type
N	0: 2 way 1: 1 Series 2: Double control	0: 2 positions 1: 2 positions	M: Standard L: Low power (0.7)	0: Single control 1: Double control	NC NO	1/8", 1/4", 1/2", 3/8", 1/2", 3/4"	M: M5 N: 1/4" O: 1/2" P: 3/8" R: 1/2" S: 3/4"	E1: AC110V E2: AC220V E3: AC240V E4: DC24V E5: DC12V	E6: AC220V E7: AC24V E8: DC110V E9: DC48V E10: DC24V	Blank, Blank Blank, Blank Blank, Blank Blank, Blank Blank, Blank Blank, Blank	Blank, Blank W: White T: 1.4MP	Blank, G G: PT T: NPT

Order Example:
 V series solenoid valve, 1 series valve body size, standard pilot/low power coil, 3/2 way, single control, NC, 1/8" port size, standard coil, DC24V, DIN connector, G thread, ERF code is: V211E2-06E4

Specifications

Model No.	V211-06 V211-06E	V211-06 V211-06E	V211-06 V211-06E	V211-06 V211-06E	V211-06 V211-06E	V211-06 V211-06E	V211-06 V211-06E	V211-06 V211-06E	V211-06 V211-06E
Port size	M5	G1/8	G1/8	G1/4	G1/4	G3/8	G3/8	G1/2	G1/2
Structural dimensions	5 (DCV=0.31)	12 (DCV=0.67)	14 (DCV=0.76)	18 (DCV=0.88)	25 (DCV=1.40)	30 (DCV=1.86)	30 (DCV=2.78)	38 (DCV=2.78)	38 (DCV=2.78)
Working medium	Clean air (after 25 μm filtration)								
Acting type	Pilot type								
Lubrication	Not required								
Working pressure (MPa)	0.15-0.8								
Overpressure (MPa)	1.2								
Working temperature (°C)	-5-60								
Storage range	-15%-10%								
Power consumption	DC: 2.0W / AC: 3.0VA		DC: 4.0W / AC: 5.0VA						
Insulation class	Class F								
Protection class	IP65 (DIN EN 60529)								
Max. wiring frequency	5 Cycles/s								
Actuator (mm/s)	<0.05								
Weight (g)	V211-06 V211-06E	V211-06 V211-06E	V211-06 V211-06E	V211-06 V211-06E	V211-06 V211-06E	V211-06 V211-06E	V211-06 V211-06E	V211-06 V211-06E	V211-06 V211-06E

Note: The technical data of NO type and NC type are same.

Flow Chart

Anexo F: HOJA DE DATOS MOTOR DC.

Motoriduttore per tergicristallo MRT90-45 DX Gearmotor for windshield wipers MRT90-45 DX



Motoriduttore per tergicristallo MRT90-45 DX Gearmotor for windshield wipers MRT90-45 DX	1 Velocità - 1 Speed		2 Velocità - 2 Speeds	
Tensione Nominale - Nominal Voltage (V)	12V	24V	12V	24V
Tensione di Prova - Testing Voltage (V)	13,5V	27V	13,5V	27V
Corrente Nominale - Nominal Current (A)	2,5	2	2,5 / 3	2 / 2,5
Corrente Massima - Max. Current (A)	18	16	18 / 25	16 / 23
Velocità a vuoto - No Load Speed (RPM)	30	30	30-45	30-45
Coppia Nominale - Nominal Torque (Nm)	10	10	10	10
Coppia di Sposito - Starting Torque (Nm)	60	60	60/90	60/90
Rapporto di Riduzione - Gear Ratio			1 / 33	
Grado di protezione IP - IP Grade			40	
Peso - Weight (kg)			3	

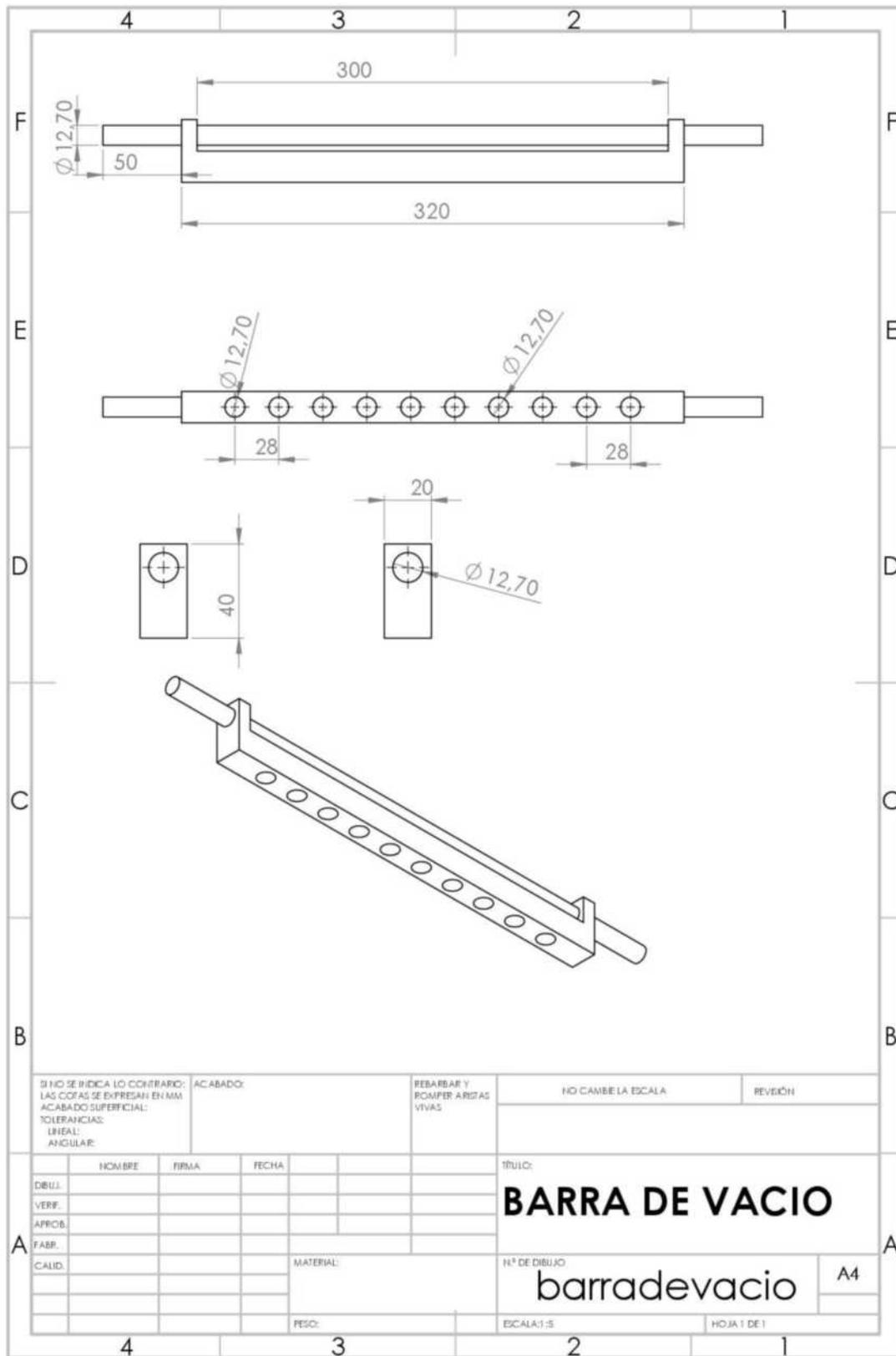
Motoriduttore DC a magneti permanenti 12 o 24 volt con coppia di spunto fino a 90Nm, va applicato ad un meccanismo esterno per 1 o 2 bracci singoli oppure per 1 braccio parabrezza. Viene utilizzato principalmente sui tergicristalli anteriori. Il motoriduttore può essere dotato di filtro antiriduzione costituito da un circuito di corrente ai motori di risposta alle direttive EMC. Nella scheda tecnica è possibile visualizzare le immagini delle singole parti ed esaminare i dettagli tecnici relativi alle prestazioni in base alla velocità e alla tensione. In caso di specifiche nel campo del cliente, il prodotto può essere dotato di apposita certificazione.

DC gear motor with permanent magnet, 12V or 24V with starting torque up to 90Nm, to be mounted on an external mechanism for 1 or 2 single arms or for 1 parabragh arm. It is usually used for front windshield wipers. The gear motor may be equipped with an EMC filter, compliant to the EMC regulations. The technical data sheet shows the images of each part and the technical details about speed and torque performance. If specifically requested by the customer, the product may be provided with the relevant certification.

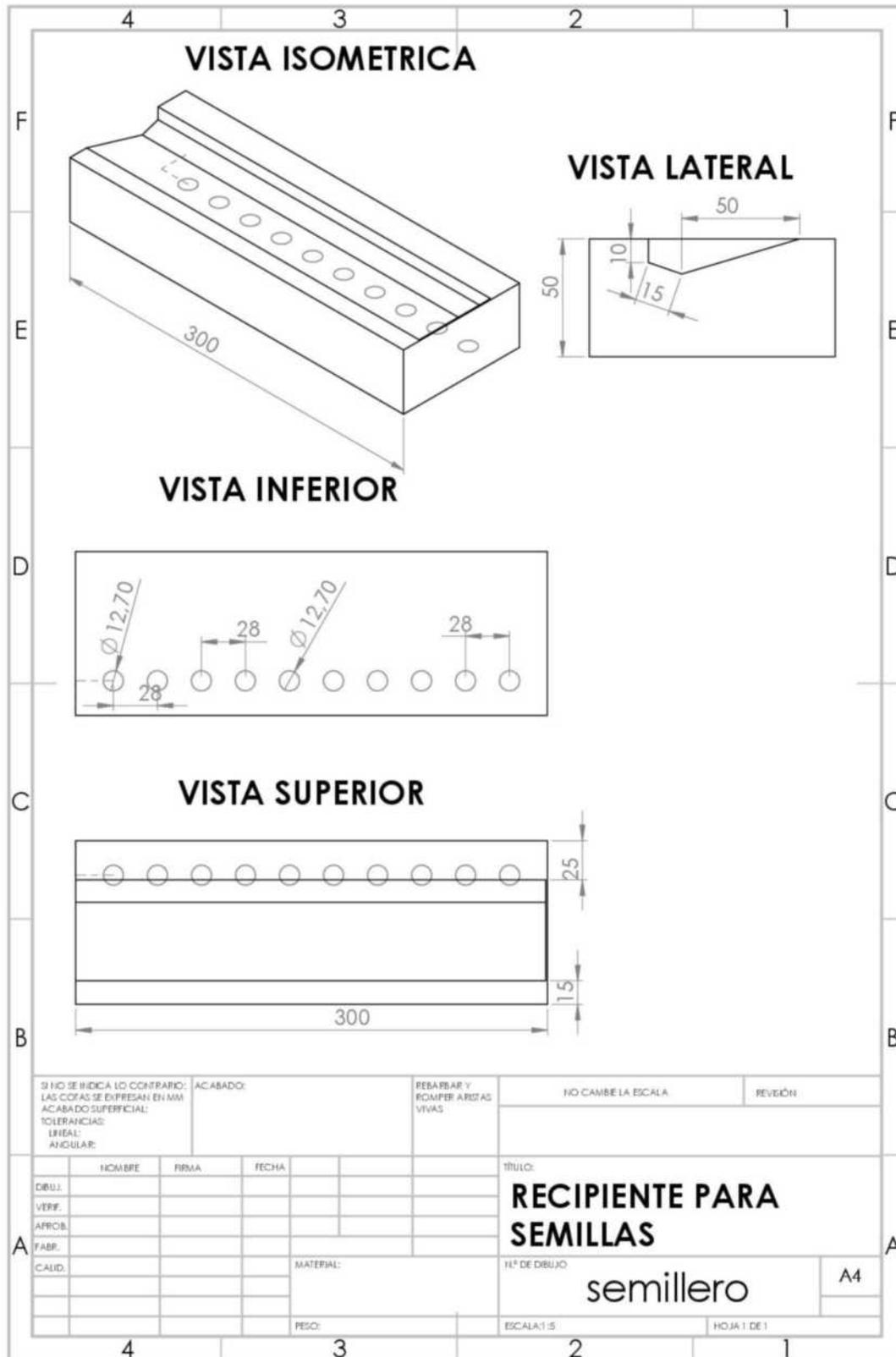
The gearmotor may be equipped with the following accessories:

- standard EMC filter
- customized EMC filter
- thermal protection
- 1 or 2 speeds
- customisable connector and wiring
- separate intermittent wiper relay

Anexo G: PLANOS BARRA DE VACÍO.



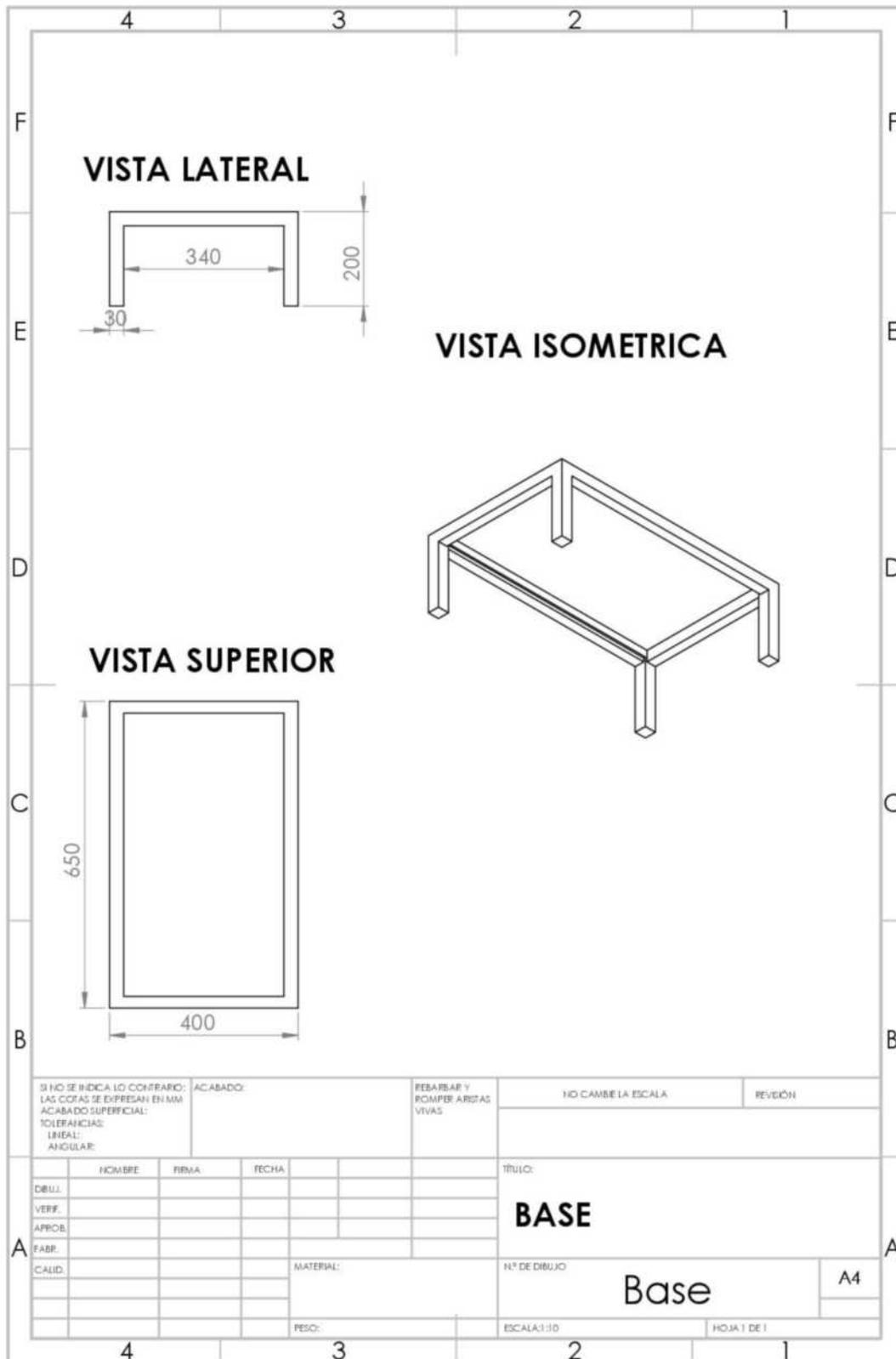
Anexo H: PLANOS SEMILLERO.



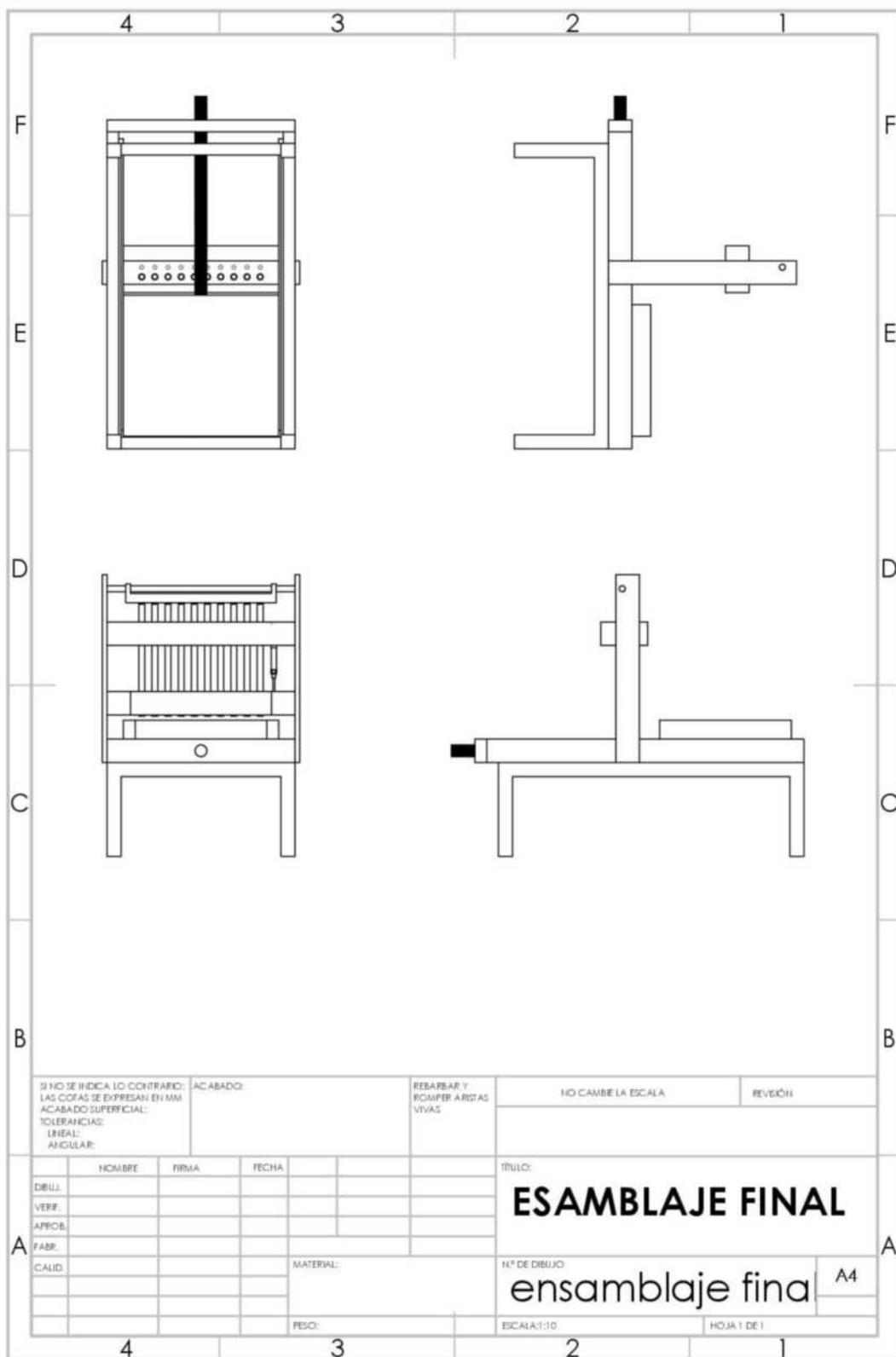
Anexo I: PLANOS BOQUILLAS.



Anexo J: PLANOS BASE.



Anexo K: PLANOS ENSAMBLAJE FINAL.



SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM ACABADO SUPERFICIAL: TOLERANCIAS: LINEAL: ANGULAR:		ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	REVISIÓN																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NOMBRE</th> <th>FIRMA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>			NOMBRE	FIRMA	FECHA																TÍTULO: ENSAMBLAJE FINAL		
NOMBRE	FIRMA	FECHA																					
MATERIAL:			N.º DE DIBUJO ensamblaje fina																				
PESO:			ESCALA: 1:10																				
			HOJA 1 DE 1																				

A4