



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA  
SEMBRADORA DE SEMILLAS DE TOMATE Y PIMIENTO EN BANDEJAS  
DE 50X28.2 cm EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS”**

**AUTOR: CARLOS ANDRÉS ACOSTA JARAMILLO**

**DIRECTOR: ING. WASHINGTON MOSQUERA**

**IBARRA – ECUADOR**

**2014**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

#### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

#### A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

#### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer los textos completos de forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	1003860275		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	ACOSTA JARAMILLO CARLOS ANDRÉS		
<b>DIRECCIÓN:</b>	ANTONIO ANTE Y CORNELIO CHIRIBOGA		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:carlos92acost@hotmail.com">carlos92acost@hotmail.com</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	2540-034	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0997245758
DATOS DE LA OBRA			
<b>TÍTULO:</b>	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA SEMBRADORA DE SEMILLAS DE TOMATE Y PIMIENTO EN BANDEJAS DE 50X28.2 cm EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS.		
<b>AUTOR (ES):</b>	CARLOS ANDRÉS ACOSTA JARAMILLO		
<b>FECHA:</b>	DICIEMBRE DEL 2014		
<b>PROGRAMA:</b>	<input type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSTGRADO		
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	INGENIERO EN MECATRÓNICA		
<b>DIRECTOR:</b>	ING. WASHINGTON MOSQUERA		

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Carlos Andrés Acosta Jaramillo, con cédula de identidad Nro.1003860275, en calidad de autor (es) y titular (es) de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.



FIRMA

Nombre: Carlos Andrés Acosta Jaramillo

Cédula: 1003860275



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS**

**CONSTANCIAS**

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, Diciembre del 2014.

**EL AUTOR:**

FIRMA

Nombre: Carlos Andrés Acosta Jaramillo

Cédula: 1003860275



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Carlos Andrés Acosta Jaramillo, con cédula de identidad Nro. 1003860275, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor (es) de la obra o trabajo de grado denominado: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA SEMBRADORA DE SEMILLAS DE TOMATE Y PIMIENTO EN BANDEJAS DE 50X28.2 cm EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS, que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Mecatrónica en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, Diciembre del 2014.

.....  
FIRMA

Nombre: Carlos Andrés Acosta Jaramillo

Cédula: 1003860275



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

**CERTIFICADO DE ASESOR**

El señor Carlos Andrés Acosta Jaramillo ha trabajado en su totalidad en el desarrollo del proyecto de tesis **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AUTOMÁTICA SEMBRADORA DE SEMILLAS DE TOMATE Y PIMIENTO EN BANDEJAS DE 50X28.2 cm EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS”**, previo a la obtención del título de Ingeniero en Mecatrónica, trabajo que lo realizó con interés profesional y responsabilidad, es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad.

.....  
Ing. Washington Mosquera

**DIRECTOR**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

#### DECLARACIÓN

Yo, Carlos Andrés Acosta Jaramillo, con cédula de identidad Nro. 1003860275, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte – Ibarra, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional vigente.

FIRMA

Nombre: Carlos Andrés Acosta Jaramillo

Cédula: 1003860275



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

### **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la salud y entendimiento para culminar la carrera, a mis padres y hermanos por darme la fortaleza de seguir adelante, de manera especial agradezco a Gabriela Estrella quien me apoyo y alentó para continuar, cuando parecía que me iba a rendir.

**Carlos Andrés Acosta Jaramillo**





**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

### **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a Dios todo poderoso, a mis padres y familiares. A Dios por darme la vida y salud además cuidándome y dándome fortaleza para continuar, a mis padres, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento.

**Carlos Andrés Acosta Jaramillo**

## RESUMEN

El presente trabajo forma parte de una investigación en la que se va a demostrar la utilidad que presenta una máquina sembradora de semillas para bandejas, a personas que se dedican al cultivo agrícola, en donde a partir de la siembra de semillas se adquieren plantas ya germinadas para solo ser trasplantadas al suelo obteniendo nuevas plantas que crezcan en lugares y condiciones adecuados. Esta máquina permitirá ahorrar trabajo, esfuerzo y dinero.

El objetivo principal de este proyecto es la siembra automática de semillas de tomate y pimiento en bandejas de 200 celdas es el problema que se ha presentado y al cual se ha dado una solución; la implementación de una máquina sembradora inicia con el diseño y dimensionamiento de los elementos mecánicos y de control, como sensores y actuadores.

Una vez realizados los cálculos se adquirieron los materiales y se construyó cada elemento mecánico necesario, luego se ensambló completamente la máquina y se implementaron los elementos de control.

Realizadas las pruebas necesarias se comprobó que la máquina coloca las semillas en las bandejas de manera automática y rápida.

## **ABSTRACT**

This work is part of an investigation that will demonstrate the usefulness having a seeder seed trays, persons engaged in agricultural cultivation, where from seeding plants are acquired and germinated to only be transplanted to the ground getting new plants that grow in places and suitable conditions. This machine will save work, effort and money.

The main objective of this project is the automatic seeding of tomato and pepper in 200-cell trays is the problem that has arisen and which has a solution; implementing a seed drill begins with the design and sizing of mechanical and control elements such as sensors and actuators.

Once the calculations were purchased materials and each required mechanical element was constructed, then the machine is completely assembled and control elements were implemented.

Made the necessary evidence was found that the machine puts the seeds in trays automatically and quickly.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN .....	II
CONSTANCIAS.....	IV
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....	V
CERTIFICADO DE ASESOR.....	VI
DECLARACIÓN.....	VII
AGRADECIMIENTO.....	VIII
DEDICATORIA .....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XVII
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	XXIII
<b>CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
1 PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS.....	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS .....	2
1.3 MATERIALES UTILIZADOS EN EL CULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS.....	2
1.3.1 SUSTRATOS DE CRECIMIENTO.....	3
1.3.1.1 DEFINICIÓN.....	3
1.3.1.2 TIPOS DE SUSTRATOS .....	3
1.3.1.2.1 SUSTRATO COMERCIAL .....	3
1.3.1.2.2 SUSTRATO TRADICIONAL .....	4
1.3.2 BANDEJAS.....	7
1.3.3 SEMILLAS .....	8
1.3.3.1 SEMILLA DE TOMATE .....	8
1.3.3.1.1 DATOS GENERALES.....	8

1.3.3.1.2	CONDICIONES IDEALES PARA EL CULTIVO .....	9
1.3.3.2	SEMILLA DE PIMIENTO.....	9
1.3.3.2.1	DATOS GENERALES.....	10
1.3.3.2.2	CONDICIONES IDEALES PARA EL CULTIVO .....	10
1.3.4	ESTRUCTURAS.....	11
1.3.4.1	BANCAS.....	11
1.3.4.2	VIVERO .....	12
1.4	PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS .....	12
1.4.1	LLENADO Y MARCADO DE LA BANDEJAS.....	12
1.4.2	SIEMBRA.....	13
1.4.2.1	SEMBRADO MANUAL.....	13
1.4.2.2	SEMBRADO AUTOMÁTICO.....	14
1.4.3	RIEGO .....	15
<b>CAPÍTULO II</b> .....		16
2	DISEÑO DE LA MÁQUINA SEMBRADORA .....	16
2.1	PROCESO DE SEMBRADO.....	16
2.2	CÁLCULOS PRELIMINARES PARA EL DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE LA MÁQUINA SEMBRADORA .....	16
2.2.1	DISTRIBUIDOR DE SUCCIÓN DE BOQUILLAS DE SEMBRADO.....	16
2.2.1.1	REQUERIMIENTOS.....	16
2.2.1.2	DIMENSIONAMIENTO .....	17
2.2.2	BOQUILLAS DE SUCCIÓN .....	28
2.2.2.1	REQUERIMIENTOS.....	28
2.2.2.2	DIMENSIONAMIENTO .....	29
2.2.3	EJE DEL DISTRIBUIDOR Y BOQUILLAS.....	36
2.2.3.1	REQUERIMIENTOS.....	36
2.2.3.2	DIMENSIONAMIENTO .....	37
2.2.3.3	SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE .....	41
2.2.4	BASE DE SEMILLAS .....	42

2.2.4.1 REQUERIMIENTOS.....	42
2.2.4.2 DIMENSIONAMIENTO .....	42
2.2.5 ESTRUCTURA DE SOPORTE DE LOS ELEMENTOS DE SEMBRADO.....	46
2.2.5.1 REQUERIMIENTOS.....	46
2.2.5.2 SELECCIÓN DE LA ESTRUCTURA .....	46
2.3 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS NEUMÁTICOS QUE CONSTITUYEN LA MÁQUINA SEMBRADORA .....	48
2.3.1 SELECCIÓN DEL GENERADOR DE VACÍO PARA ABSORBER LAS SEMILLAS ...	48
2.3.2 SELECCIÓN DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO .....	54
2.3 SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL.....	55
2.3.3 SELECCIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA.....	56
2.3.3.1 DIMENSIONAMIENTO .....	56
2.3.4 SELECCIÓN DEL MOTOR PARA LA BANDA TRANSPORTADORA .....	59
2.4 SELECCIÓN DE LOS SENSORES Y ACTUADORES.....	65
2.4.1 FINAL DE CARRERA.....	66
2.4.2 ELECTROVÁLVULA .....	67
2.4.3 SERVOMOTOR.....	67
2.4.4 MOTORES DC .....	69
2.5 LUCES PILOTO .....	70
2.6 PULSADORES .....	71
2.7 SELECCIÓN DE CONTROLADORES .....	72
2.7.1 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR PROGRAMABLE PLC.....	72
2.7.2 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR ARDUINO .....	73
2.8 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL .....	74
2.8.1 CONTACTORES.....	75
2.8.2 BREAKER .....	75
2.8.3 FUSIBLES .....	76

<b>CAPÍTULO III</b> .....	78
3 IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA SEMBRADORA .....	78
3.1 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA .....	78
3.1.1 OPERACIONES DE MECANIZADO.....	78
3.1.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA .....	79
3.2 ENSAMBLAJE DE LA MÁQUINA .....	85
3.2.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA MÁQUINA.....	87
3.2.1.1 IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.....	88
3.2.2 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE LA MÁQUINA.....	90
3.2.2.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO.....	90
3.2.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE CONTROL.....	92
3.2.4 TABLA DE VARIABLES.....	93
3.2.5 ESQUEMA DE CONEXIÓN ELÉCTRICA .....	93
3.2.6 ESQUEMA DE CONEXIÓN NEUMÁTICA .....	94
3.2.7 DIAGRAMA ESPACIO - TIEMPO.....	95
3.2.8 PLACA DE CONTROL DE LA SEMBRADORA .....	96
3.2.9 PROGRAMA DEL PLC .....	96
3.2.10 PROGRAMA DEL ARDUINO .....	97
3.2.11 CONFIGURACIÓN DEL SERVOMOTOR .....	98
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	103
4 PRUEBAS Y RESULTADOS .....	103
4.1 PRUEBAS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA DE LA MÁQUINA.....	103
4.2 PRUEBAS DE SEMBRADO .....	103
4.2.1 FUNCIONAMIENTO DEL SERVOMOTOR.....	103
4.2.2 DESPLAZAMIENTO DE LA BANDA TRANSPORTADORA.....	105
4.2.3 ABSORCIÓN DE LAS SEMILLAS .....	105
4.2.4 SEMBRADO DE LA SEMILLA.....	106
<b>CAPÍTULO V</b> .....	111
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	111

5.1 CONCLUSIONES.....	111
5.2 RECOMENDACIONES .....	112
BIBLIOGRAFÍA.....	113
ANEXO A.....	116
ANEXO B.....	117
ANEXO C.....	133
ANEXO D.....	136
ANEXO E.....	138
ANEXO F.....	141
ANEXO G.....	145
ANEXO H.....	147
ANEXO I.....	150
ANEXO J.....	152
ANEXO K.....	153



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.1</b>	PLÁNTULA DE TOMATE .....	2
<b>FIGURA 1.2</b>	SUSTRATO DE CRECIMIENTO .....	3
<b>FIGURA 1.3</b>	SUSTRATO COMERCIAL .....	4
<b>FIGURA 1.4</b>	SUSTRATO TRADICIONAL .....	4
<b>FIGURA 1.5</b>	BANDEJA PARA 200 PILONES .....	7
<b>FIGURA 1.6</b>	SEMILLAS DE TOMATE .....	8
<b>FIGURA 1.7</b>	SEMILLAS DE PIMIENTO .....	9
<b>FIGURA 1.8</b>	BANCAS PARA BANDEJAS .....	11
<b>FIGURA 1.9</b>	VIVERO .....	12
<b>FIGURA 1.10</b>	LLENADO DE LA BANDEJA .....	13
<b>FIGURA 1.11</b>	SEMBRADO MANUAL .....	14
<b>FIGURA 1.12</b>	SEMBRADORA AUTOMÁTICA .....	14
<b>FIGURA 1.13</b>	RIEGO .....	15
<b>FIGURA 2.1</b>	VISTA FRONTAL DEL DISTRIBUIDOR DE SUCCIÓN [mm] .....	17
<b>FIGURA 2.2</b>	VISTA INFERIOR DEL DISTRIBUIDOR DE SUCCIÓN [mm] .....	17
<b>FIGURA 2.3</b>	LATERAL DERECHA DEL DISTRIBUIDOR DE SUCCIÓN [mm] .....	18
<b>FIGURA 2.4</b>	VISTA POSTERIOR DEL DISTRIBUIDOR DE SUCCIÓN [mm] .....	18
<b>FIGURA 2.5</b>	ÁREAS DEL DISTRIBUIDOR DE SUCCIÓN .....	18
<b>FIGURA 2.6</b>	CORTE POR LA MITAD DE LA VISTA FRONTAL .....	21
<b>FIGURA 2.7</b>	BOQUILLA DE SUCCIÓN .....	28
<b>FIGURA 2.8</b>	BOQUILLA DE SUCCIÓN EN [mm] .....	29
<b>FIGURA 2.9</b>	ÁREAS DE LA BOQUILLA DE SUCCIÓN .....	29
<b>FIGURA 2.10</b>	VISTA FRONTAL DE LA MITAD DE LA BOQUILLA DE SUCCIÓN .....	33
<b>FIGURA 2.11</b>	DIAGRAMA DE CORTES Y MOMENTOS DEL EJE .....	38
<b>FIGURA 2.12</b>	DIÁMETROS DE RODAMIENTOS .....	41
<b>FIGURA 2.13</b>	RADIO PARA BASE DE SEMILLAS EN [mm] .....	43

<b>FIGURA 2.14</b>	RADIO DE ARCO DE LAS BASE DE LAS SEMILLAS.....	43
<b>FIGURA 2.15</b>	SOPORTE LATERAL DERECHO E IZQUIERDO DE LA BASE DE LAS SEMILLAS .....	44
<b>FIGURA 2.16</b>	SOPORTE FRONTAL DE LA BASE DE LAS SEMILLAS .....	44
<b>FIGURA 2.17</b>	DISTRIBUIDOR DE SEMILLAS.....	45
<b>FIGURA 2.18</b>	BASE Y DISTRIBUIDOR DE LAS SEMILLAS .....	45
<b>FIGURA 2.19</b>	TIPOS DE DIMENSIONES DE CANALES EN FORMA DE "U" .....	47
<b>FIGURA 2.20</b>	ESTRUCTURA PARA LA SEMBRADORA DE SEMILLAS .....	47
<b>FIGURA 2.21</b>	DIMENSIONES DE LA SEMILLA DE TOMATE EN [m].....	48
<b>FIGURA 2.22</b>	DIÁMETROS DE LA SEMILLA DE PIMIENTO EN [m] .....	49
<b>FIGURA 2.23</b>	COMPORTAMIENTO DE GENERADORES DE VACÍO VAD Y VAK EN FUNCIÓN DE LA CAPACIDAD DE ASPIRACIÓN Y LA PRESIÓN DE FUNCIONAMIENTO.....	53
<b>FIGURA 2.24</b>	GENERADOR DE VACÍO.....	54
<b>FIGURA 2.25</b>	UNIDAD DE MANTENIMIENTO .....	55
<b>FIGURA 2.26</b>	BANDA TRANSPORTADORA DE PVC.....	56
<b>FIGURA 2.27</b>	ESTRUCTUA DE LA BANDA TRANSPORTADORA.....	56
<b>FIGURA 2.28</b>	CARACTERÍSTICAS DE BANDAS COMERCIALES.....	58
<b>FIGURA 2.29</b>	SERVOMOTOR KINCO .....	64
<b>FIGURA 2.30</b>	SERVO-DRIVER KINCO .....	65
<b>FIGURA 2.31</b>	FINAL DE CARRERA TIPO RODILLO.....	66
<b>FIGURA 2.32</b>	ELECTROVÁLVULA 5/2.....	67
<b>FIGURA 2.33</b>	SERVOMOTOR HITEC HS-485HB.....	68
<b>FIGURA 2.34</b>	MOTORES EXCÉNTRICOS DE UNA PALANCA DE PLAY STATION .....	69
<b>FIGURA 2.35</b>	MOTORES EXCÉNTRICOS EN LA MÁQUINA SEMBRADORA .....	69
<b>FIGURA 2.36</b>	CONTROLADOR PROGRAMABLE LOGO! 12/24RC.....	72
<b>FIGURA 2.37</b>	ARDUINO MINI PRO .....	73
<b>FIGURA 2.38</b>	FUENTE DE ALIMENTACIÓN DEL ARDUINO MINI PRO.....	74
<b>FIGURA 2.39</b>	CONTACTOR PARA LA PROTECCIÓN DEL MOTOR.....	75

<b>FIGURA 2.40</b>	<b>BREAKER PARA LA PROTECCIÓN DE LA MÁQUINA.....</b>	<b>76</b>
<b>FIGURA 2.41</b>	<b>FUSIBLES PARA LA PROTECCIÓN DE LA MÁQUINA .....</b>	<b>77</b>
<b>FIGURA 3.1</b>	<b>CONSTRUCCIÓN DEL DISTRIBUIDOR DE SUCCIÓN DE BOQUILLAS DE SEMBRADO .....</b>	<b>80</b>
<b>FIGURA 3.2</b>	<b>DISTRIBUIDOR DE SUCCIÓN.....</b>	<b>80</b>
<b>FIGURA 3.3</b>	<b>CONSTRUCCIÓN DE LAS BOQUILLAS DE SUCCIÓN .....</b>	<b>81</b>
<b>FIGURA 3.4</b>	<b>BOQUILLAS DE SUCCIÓN .....</b>	<b>81</b>
<b>FIGURA 3.5</b>	<b>CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DE LAS SEMILLAS.....</b>	<b>82</b>
<b>FIGURA 3.6</b>	<b>PULIDO DE LA BASE DE LAS SEMILLAS.....</b>	<b>82</b>
<b>FIGURA 3.7</b>	<b>BASE DE LAS SEMILLAS .....</b>	<b>83</b>
<b>FIGURA 3.8</b>	<b>CONSTRUCCIÓN DEL DISTRIBUIDOR DE LAS SEMILLAS.....</b>	<b>83</b>
<b>FIGURA 3.9</b>	<b>DISTRIBUIDOR DE LAS SEMILLAS.....</b>	<b>84</b>
<b>FIGURA 3.10</b>	<b>CONSTRUCCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE DE LOS ELEMENTOS DE SEMBRADO .....</b>	<b>84</b>
<b>FIGURA 3.11</b>	<b>ESTRUCTURA DE SOPORTE DE LOS ELEMENTOS DE SEMBRADO....</b>	<b>85</b>
<b>FIGURA 3.12</b>	<b>DIAGRAMA DE FLUJO DEL ENSAMBLAJE DE LOS ELEMENTOS DE LA MÁQUINA .....</b>	<b>86</b>
<b>FIGURA 3.13</b>	<b>DIAGRAMA DE FLUJO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL .....</b>	<b>88</b>
<b>FIGURA 3.14</b>	<b>DIAGRAMA DE FLUJO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SSITEMA NEUMÁTICO .....</b>	<b>91</b>
<b>FIGURA 3.15</b>	<b>FLUJOGRAMA DEL PROGRAMA DE CONTROL DE LA MÁQUINA.....</b>	<b>92</b>
<b>FIGURA 3.16</b>	<b>ESQUEMA DE CONEXIÓN ELÉCTRICA .....</b>	<b>93</b>
<b>FIGURA 3.17</b>	<b>ESQUEMA DE CONEXIÓN NEUMÁTICO .....</b>	<b>94</b>
<b>FIGURA 3.18</b>	<b>DIAGRAMA ESPACIO TIEMPO .....</b>	<b>95</b>
<b>FIGURA 3.19</b>	<b>DISEÑO DE LA PLACA DE CONTROL DE LA MÁQUINA SEMBRADORA</b>	<b>96</b>
<b>FIGURA 3.20</b>	<b>PROGRAMA DEL PLC .....</b>	<b>96</b>
<b>FIGURA 3.21</b>	<b>PROGRAMA DEL ARDUINO MINI PRO .....</b>	<b>97</b>
<b>FIGURA 3.22</b>	<b>PROGRAMACIÓN DEL SERVO-DRIVER .....</b>	<b>102</b>

<b>FIGURA 4.1</b>	FLUJOGRAMA PARA PROGRAMAR AL SERVO-DRIVER EL MODO DE OPERACIÓN DE PRUEBA DEL SERVOMOTOR .....	104
<b>FIGURA 4.2</b>	PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS CON UN SEMBRADO MANUAL Y AUTOMÁTICO.....	107
<b>FIGURA 4.3</b>	TIEMPO DE SEMBRADO MANUAL Y AUTOMÁTICO.....	109
<b>FIGURA 4.4</b>	PROTECCIÓN DE ACRÍLICO DE LA MÁQUINA SEMBRADORA .....	110
<b>FIGURA 4.5</b>	PRUEBA DE SEMBRADO.....	110

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1.1</b>	MATERIALES PARA SUSTRATOS TRADICIONALES .....	5
<b>TABLA 1.2</b>	CARACTERÍSTICAS DE LOS SUSTRATOS .....	6
<b>TABLA 2.1</b>	CARACTERÍSTICAS DEL SOPORTE DE LAS BOQUILLAS PARA LA SUCCIÓN DE LAS SEMILLAS .....	17
<b>TABLA 2.2</b>	CARACTERÍSTICAS DE LA BASE DE LAS BOQUILLAS.....	28
<b>TABLA 2.3</b>	CARACTERÍSTICAS DEL EJE DEL DISTRIBUIDOR Y BOQUILLAS.....	36
<b>TABLA 2.4</b>	CARACTERÍSTICAS DE LOS RODAMIENTOS .....	41
<b>TABLA 2.5</b>	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA BASE DE LAS SEMILLAS .....	42
<b>TABLA 2.6</b>	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA ESTRUCTURA DE SOPORTE DE LA MÁQUINA SEMBRADORA .....	46
<b>TABLA 2.7</b>	CAPACIDAD DE ASPIRACIÓN DEL GENERADOR DE VACÍO .....	52
<b>TABLA 2.8</b>	CARACTERÍSTICAS DEL GENERADOR DE VACÍO.....	54
<b>TABLA 2.9</b>	CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO .....	55
<b>TABLA 2.10</b>	CARACTERÍSTICAS DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS.....	57
<b>TABLA 2.11</b>	CARACTERÍSTICAS DE LA BANDA TRANSPORTADORA BREDAS B12CK .....	59
<b>TABLA 2.12</b>	CARACTERÍSTICAS DEL SERVOMOTOR.....	63
<b>TABLA 2.13</b>	SELECCIÓN DEL MOTOR PARA LA BANDA TRANSPORTADORA.....	64
<b>TABLA 2.14</b>	SELECCIÓN DE LOS SENSORES Y ACTUADORES.....	65
<b>TABLA 2.15</b>	CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO LOS FINALES DE CARRERA .....	66
<b>TABLA 2.16</b>	CARACTERÍSTICAS DE LA ELECTROVÁLVULA.....	67
<b>TABLA 2.17</b>	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL SERVOMOTOR.....	68
<b>TABLA 2.18</b>	CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES EXCÉNTRICOS DE LA MÁQUINA SEMBRADORA .....	70
<b>TABLA 2.19</b>	LUCES PILOTO DEL TABLERO DE CONTROL.....	70
<b>TABLA 2.20</b>	PULSADORES DEL TABLERO DE CONTROL .....	71
<b>TABLA 2.21</b>	CARACTERÍSTICAS DEL PLC LOGO! .....	72

<b>TABLA 2.22</b>	<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL ARDUINO MINI PRO.....</b>	<b>73</b>
<b>TABLA 2.23</b>	<b>CARACTERÍSTICAS DE LA FUENTE DE 5 [V].....</b>	<b>74</b>
<b>TABLA 2.24</b>	<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL CONTACTOR.....</b>	<b>75</b>
<b>TABLA 2.25</b>	<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL BREAKER.....</b>	<b>76</b>
<b>TABLA 2.26</b>	<b>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS FUSIBLES.....</b>	<b>77</b>
<b>TABLA 3.1</b>	<b>OPERACIONES DE MECANIZADO.....</b>	<b>78</b>
<b>TABLA 3.2</b>	<b>SIMBOLOGÍA ESTÁNDAR PARA CONSTRUIR DIAGRAMAS DE FLUJO.....</b>	<b>79</b>
<b>TABLA 3.3</b>	<b>ACTIVIDADES DE ENSAMBLAJE DE LA MÁQUINA.....</b>	<b>86</b>
<b>TABLA 3.4</b>	<b>ACTIVIDADES DE CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.....</b>	<b>87</b>
<b>TABLA 3.5</b>	<b>IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.....</b>	<b>89</b>
<b>TABLA 3.6</b>	<b>ACTIVIDADES DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO.....</b>	<b>90</b>
<b>TABLA 3.7</b>	<b>ACTIVIDADES DEL SISTEMA NEUMÁTICO.....</b>	<b>91</b>
<b>TABLA 3.8</b>	<b>TABLA DE VARIABLES DE LOS CONTROLADORES.....</b>	<b>93</b>
<b>TABLA 3.9</b>	<b>DIAGRAMA DE FUNCIONES DEL SERVO-DRIVER PARA EL CONTROL DEL SERVOMOTOR.....</b>	<b>98</b>
<b>TABLA 3.10</b>	<b>DEFINICIÓN DE LOS PUERTOS DE ENTRADA DIGITALES DEL SERVO-DRIVER.....</b>	<b>98</b>
<b>TABLA 3.11</b>	<b>TABLA DE VERDAD DEL CONTROL INTERNO DE VELOCIDADES.....</b>	<b>99</b>
<b>TABLA 3.12</b>	<b>PARÁMETROS DE CONTROL INTERNO.....</b>	<b>99</b>
<b>TABLA 4.1</b>	<b>PRUEBAS DE VELOCIDAD DEL SERVOMOTOR.....</b>	<b>104</b>
<b>TABLA 4.2</b>	<b>PRUEBAS DE REGULACIÓN DE CAUDAL DE VACÍO.....</b>	<b>105</b>
<b>TABLA 4.3</b>	<b>PRUEBAS DE VARIACIÓN DE ALTURA DE ABSORCIÓN.....</b>	<b>106</b>
<b>TABLA 4.4</b>	<b>PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS CON UN SEMBRADO MANUAL.....</b>	<b>106</b>
<b>TABLA 4.5</b>	<b>PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS CON UN SEMBRADO AUTOMÁTICO.....</b>	<b>107</b>
<b>TABLA 4.6</b>	<b>TIEMPO DE PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS CON UN SEMBRADO MANUAL.....</b>	<b>108</b>
<b>TABLA 4.7</b>	<b>TIEMPO DE PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS CON UN SEMBRADO AUTOMÁTICO.....</b>	<b>108</b>
<b>TABLA 4.8</b>	<b>PRUEBA DE SEMBRADO.....</b>	<b>109</b>

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>ECUACIÓN 2.1</b>	ÁREA DE LA SECCIÓN 1 DEL DISTRIBUIDOR DE SUCCIÓN.....	19
<b>ECUACIÓN 2.2</b>	ÁREA DE LA SECCIÓN 2 DEL DISTRIBUIDOR DE SUCCIÓN.....	19
<b>ECUACIÓN 2.3</b>	ÁREA DE LA SECCIÓN 3 DEL DISTRIBUIDOR DE SUCCIÓN.....	19
<b>ECUACIÓN 2.4</b>	ÁREA TOTAL DEL DISTRIBUIDOR DE SUCCIÓN .....	20
<b>ECUACIÓN 2.5</b>	VOLUMEN DEL DISTRIBUIDOR DE SUCCIÓN .....	20
<b>ECUACIÓN 2.6</b>	ÁREA DE LOS ORIFICIOS DE SUCCIÓN .....	21
<b>ECUACIÓN 2.7</b>	ÁREA TOTAL DE LOS ORIFICIOS DE SUCCIÓN DEL DISTRIBUIDOR	22
<b>ECUACIÓN 2.8</b>	VOLUMEN DE LOS ORIFICIOS DE SUCCIÓN .....	22
<b>ECUACIÓN 2.9</b>	ÁREA DE LOS ORIFICIOS PARA EL EJE .....	23
<b>ECUACIÓN 2.10</b>	ÁREA TOTAL DE ORIFICIOS PARA EL EJE.....	23
<b>ECUACIÓN 2.11</b>	VOLUMEN DE LOS ORIFICIOS DE SUCCIÓN .....	24
<b>ECUACIÓN 2.12</b>	ÁREA DEL ORIFICIO DE ENTRADA DE VACÍO.....	24
<b>ECUACIÓN 2.13</b>	VOLUMEN DEL ORIFICIO DE ENTRADA DE VACÍO.....	25
<b>ECUACIÓN 2.14</b>	ÁREA DE LA SECCIÓN HUECA DEL DISTRIBUIDOR DE VACÍO .....	25
<b>ECUACIÓN 2.15</b>	VOLUMEN DE LA SECCIÓN HUECA DEL DISTRIBUIDOR DE VACÍO	26
<b>ECUACIÓN 2.16</b>	VOLUMEN DEL DISTRIBUIDOR DE VACÍO REAL.....	26
<b>ECUACIÓN 2.17</b>	MASA DEL DISTRIBUIDOR.....	27
<b>ECUACIÓN 2.18</b>	PESO DEL DISTRIBUIDOR.....	27
<b>ECUACIÓN 2.19</b>	ÁREA DE LA SECCIÓN ROSCADA DE LA BOQUILLA (ÁREA 4).....	30
<b>ECUACIÓN 2.20</b>	VOLUMEN 4 DE LA BOQUILLA DE SUCCIÓN .....	30
<b>ECUACIÓN 2.21</b>	ÁREA 5 DE LA BOQUILLA DE SUCCIÓN .....	31
<b>ECUACIÓN 2.22</b>	VOLUMEN 5 DE LA BOQUILLA DE SUCCIÓN .....	31
<b>ECUACIÓN 2.23</b>	ÁREA 6 DE LA BOQUILLA DE SUCCIÓN .....	32
<b>ECUACIÓN 2.24</b>	VOLUMEN 6 DE LA BOQUILLA DE SUCCIÓN .....	32
<b>ECUACIÓN 2.25</b>	VOLUMEN 7 DE LA BOQUILLA DE SUCCIÓN .....	33
<b>ECUACIÓN 2.26</b>	VOLUMEN 6 DE LA BOQUILLA DE SUCCIÓN .....	34

<b>ECUACIÓN 2.27</b>	VOLUMEN TOTAL DE LA BOQUILLA DE SUCCIÓN .....	34
<b>ECUACIÓN 2.28</b>	VOLUMEN DE LAS BOQUILLAS DE SUCCIÓN .....	35
<b>ECUACIÓN 2.29</b>	MASA DE LAS BOQUILLAS .....	35
<b>ECUACIÓN 2.30</b>	PESO DE LAS BOQUILLAS .....	36
<b>ECUACIÓN 2.31</b>	PESO TOTAL DEL DISTRIBUIDOR Y BOQUILLAS.....	37
<b>ECUACIÓN 2.32</b>	TORQUE DEL MOTOR .....	37
<b>ECUACIÓN 2.33</b>	ESFUERZO NORMAL EJERCIDO EN EL EJE.....	38
<b>ECUACIÓN 2.34</b>	ESFUERZO CONSTANTE EN EL EJE.....	39
<b>ECUACIÓN 2.35</b>	CÁLCULO DEL ESFUERZO DE VON MISES .....	39
<b>ECUACIÓN 2.36</b>	DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO DE VON MISES EN REFERENCIA A LA RESISTENCIA A LA FLUENCIA.....	40
<b>ECUACIÓN 2.37</b>	LONGITUD DE ARCO DE LA BASE DE SEMILLAS .....	44
<b>ECUACIÓN 2.38</b>	CÁLCULO DE LA MASA DE LA SEMILLA DE TOMATE.....	48
<b>ECUACIÓN 2.39</b>	CÁLCULO DE LA MASA DE LA SEMILLA DE PIMIENTO .....	49
<b>ECUACIÓN 2.40</b>	FUERZA DE RETENCIÓN TEÓRICA DE LAS PUNTAS DE SUCCIÓN	50
<b>ECUACIÓN 2.41</b>	FUERZA DE ASPIRACIÓN .....	51
<b>ECUACIÓN 2.42</b>	CAPACIDAD DE ASPIRACIÓN TOTAL.....	52
<b>ECUACIÓN 2.43</b>	CÁLCULO DEL PESO POR BANDEJA.....	60
<b>ECUACIÓN 2.44</b>	CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL MOTOR .....	61
<b>ECUACIÓN 2.45</b>	CÁLCULO DEL PERÍMETRO DE LOS RODILLOS DE TRANSMISIÓN DE LA BANDA.....	62
<b>ECUACIÓN 2.46</b>	CÁLCULO DEL TORQUE DEL MOTOR .....	62



# CAPÍTULO I

## 1 PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS

### 1.1 INTRODUCCIÓN

*“El Ecuador posee 7,32 millones de hectáreas dedicadas a la agricultura según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, la producción agropecuaria se concentra en un 44,07% en pastos cultivados, 22,17% en pastos naturales, 20,06% en cultivos permanentes y 13,70% en cultivos transitorios.” (INEC, 2013)*

*“Imbabura es una provincia con una diversidad de actividades productivas. La población económicamente activa se ubica principalmente en tres sectores: agropecuario con la mayor participación 28%, la industria manufacturera con el 19% y el comercio al por mayor y menor con el 17%. Es decir, estas tres actividades ocupan más del 60% del total. A nivel de ocupados, la mayoría se concentra en conductores de equipos de transporte, mineros y otros, trabajadores de los servicios y trabajadores agrícolas y forestales.” (Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad, 2013)*

La gran demanda de hortalizas en los mercados de nuestro país, exigen de una alta producción de alimentos frescos y de calidad, por lo que las semillas utilizadas en la actualidad son híbridos, que dan una mejor producción y disminuye la afectación por plagas y enfermedades.

*“Las semillas híbridas se obtienen por la cruce de dos o más líneas puras dentro de una misma especie. Una línea pura se refiere a individuos que descienden de un solo individuo autógeno (Brauer, 1983) con la finalidad que sean resistentes a condiciones climáticas, plagas y enfermedades. Para obtener el máximo potencial genético las semillas híbridas se requiere de la aplicación de un paquete tecnológico como el sistema hidropónico que es eficiente de agua, nutrientes y se produce en cualquier lugar.” (Hydro Environment, 2014)*

Pero su costo es muy elevado por lo que se ha recurrido a la optimización de su uso, creando piloneras o invernaderos en donde se producen plántulas con pilón que protege a la semilla garantizando un 95% de germinación y un 3% de mortalidad después del trasplante.

Estas técnicas han intensificado notablemente la producción de hortalizas, logrando un 92% de eficiencia.

## 1.2 PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS

En la producción de plántulas se debe ser muy cuidadoso, es un proceso que inicia en la escogencia adecuada de los insumos a utilizarse como son sustratos, semillas, bandejas, etc. Esto es a que existen diferentes factores que deben ser controlados para evitar un mal desarrollo de la plántula.

En el proceso de producción de plántulas (figura 1.1) es indispensable la materia prima de buena calidad y que cumpla con las necesidades y disponibilidad del agricultor.



**FIGURA 1.1** Plántula de tomate

**Fuente:** Autor

## 1.3 MATERIALES UTILIZADOS EN EL CULTIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS

El cultivo de plántulas se realiza en bandejas con un determinado número de celdas, de acuerdo al tipo de plantas a cultivar, las cuales contienen el sustrato como medio para la germinación de la semilla. Las bandejas sembradas son colocadas sobre estructuras llamadas bancas en las cuales es más práctico regar todas y cada una de las bandejas de manera uniforme; todo el proceso de cultivo de plántulas se lo realiza dentro de un invernadero que proporciona las condiciones adecuadas para la germinación de las plántulas.

### 1.3.1 SUSTRATOS DE CRECIMIENTO

#### 1.3.1.1 DEFINICIÓN

*“El sustrato o suelo es todo material sólido de origen natural, mineral u orgánico, el cual facilita que las raíces de las plántulas se introduzcan y fijen en él. Para obtener una buena germinación, enraizamiento y crecimiento de plántulas, el sustrato debe tener como características: una alta capacidad de retención de agua, suficiente espacio para la circulación del aire, buena porosidad, adecuada disponibilidad de nutrientes, baja velocidad de descomposición, bajo costo, fácil manejo y estar desinfectado (libre de semillas de malezas, nematodos y hongos dañinos).” (Gómez & Vásquez, 2011)*

En la figura 1.2 se puede observar como es el sustrato de crecimiento:



**FIGURA 1.2** Sustrato de crecimiento

**Fuente:** Autor

#### 1.3.1.2 TIPOS DE SUSTRATOS

En el mercado nacional se puede encontrar varios tipos de sustratos con sus respectivas características apropiadas para el tipo de cultivo que se realice.

Los sustratos se pueden clasificar en dos denominaciones principales: sustrato comercial y sustrato tradicional.

##### 1.3.1.2.1 SUSTRATO COMERCIAL

*“Los sustratos comerciales (sphagnum y vermiculita), son estériles y pueden ser nutritivos y no nutritivos. En la agricultura orgánica se utilizan sustratos libres de fertilizantes químicos, ya que éstos son prohibidos. En la preparación de este tipo de sustrato, para 45 bandejas*

de 200 celdas cada una, se utiliza un fardo de sustrato comercial (5 pies cúbicos), al que se le agregan: siete libras de triple cal; 40 litros de agua; 10 gramos de Tricoderma (también se puede reemplazar con Phyton); y, 50 libras de Bocashi, colado en zaranda de 1/4 de pulgada para eliminar partículas grandes que impidan la germinación. Todos los ingredientes se mezclan muy bien con el agua. El sustrato comercial tiene las características apropiadas para el buen desarrollo radicular de las plántulas y su costo estimado es de ocho centavos por plántula.” (Gómez & Vásquez, 2011)

En la figura 1.3 se puede apreciar el sustrato comercial de PINDSTRUP:



**FIGURA 1.3** Sustrato comercial

**Fuente:** Autor

#### **1.3.1.2.2 SUSTRATO TRADICIONAL**

Los sustratos tradicionales (figura 1.4) como su nombre lo indica se lo realizan a partir de materiales propios de cada región para abaratar costos de producción.



**FIGURA 1.4** Sustrato tradicional

**Fuente:** (Inversa Compostaje y Lombricultura, 2011)

En la tabla 1.1 se muestra los materiales principales para sustratos tradicionales.

Materiales	Características
Suelo	Preferiblemente con suficiente contenido de materia orgánica y tomado de los primeros 15 centímetros superficiales. La cantidad de suelo a utilizar no debe pasar del 25% de la mezcla total.
Suelo de hojarasca	Este corresponde a la capa superficial de bosques, preferiblemente de encino o de guama, el cual tiene como característica que se degrada lentamente. Por otro lado, este suelo tiene un alto contenido de microorganismos naturales benéficos.
Casulla de arroz	Preferiblemente quemada para mejorar la aireación y filtración del sustrato. También se puede usar casulla compostada durante 10 días o simplemente lavada, la cual hace aportes significativos de sílice y mejora la porosidad del sustrato.
Materiales orgánicos	Pueden ser diversos y su elección depende de la calidad de los nutrientes y de la disponibilidad local. Se pueden utilizar estiércoles de ganado, gallinaza, humus de lombriz o pulpa de café. Todos estos materiales deben estar compostados
Aserrín o viruta de madera	Únicamente puede usarse el que esté compostado, por un período mínimo de seis meses, ya que los fenoles que hay en el aserrín fresco sin compostar pueden dañar las plántulas. Además, el aserrín fresco no sirve como sustrato, ya que consume mucho nitrógeno, compitiendo con las plántulas por los nutrientes disponibles.
Tricoderma	Este producto se conoce comercialmente como Tricozam y tiene una acción fungicida bactericida. Éste se diluye a razón de 10 gramos en una bomba de 18 litros, luego se aplica a medida se van mezclando todos los demás ingredientes (acción desinfectante).

**TABLA 1.1** Materiales para sustratos tradicionales

**Fuente:** (Gómez & Vásquez, 2011)

En la tabla 1.2 se indica las principales características que poseen los sustratos:

Características	Descripción
Retención de humedad	<p>Está en función del grado de granulación del sustrato y de la porosidad de las partículas que lo componen.</p> <p>Determina la posibilidad de la planta de utilizar el agua y por ende los nutrientes para sus funciones metabólicas.</p> <p>Mientras más elevada sea la capacidad de retención de agua del sustrato, menos frecuentes deben ser los riegos.</p> <p>Existen sustratos que retienen humedad solo en la superficie de sus partículas, como la piedra, la arena o la cascarilla de arroz.</p> <p>Otros sustratos almacenan humedad en sus poros interiores, como la piedra pómez, el carbón y la turba.</p>
Aireación del sistema radicular	<p>Un sustrato adecuado debe permitir la respiración adecuada de las raíces. Esta se da a través de los poros del sustrato y es fundamental para el adecuado desarrollo del sistema radícula</p>
Estabilidad física y química	<p>Esta característica es la que determinan si un sustrato mantiene su porosidad en el tiempo, así como la velocidad con que se degrada y descompone. Desde el punto de vista químico deberá ser totalmente inactivo, no debe absorber ni suministrar ningún tipo de nutrimento o compuesto</p>
Buen drenaje	<p>Un adecuado sustrato debe permitir un buen drenaje. Cuando se requiera mayor cantidad de agua, se debe aplicar mayor cantidad de riegos, pero nunca inundar el sustrato, pues esto va contra la disponibilidad de oxígeno. Cuando se trabaja en cultivos con bandejas, estos deben de tener una serie de orificios en la parte inferior para facilitar el drenaje.</p>
Capilaridad	<p>Consiste en la capacidad de absorber agua a través de los microsporas y transportarla en todas direcciones. Cuando el sustrato no tiene capilaridad, el agua se mueve verticalmente a través del perfil del miso, dejando zonas secas, donde no es posible que se desarrolle el sistema radicular.</p>
Liviano	<p>Sobresale esta característica cuando el sustrato debe colocarse sobre estructuras, determinando significativamente el costo de la misa, por la resistencia necesaria para soportarlo</p>
Barato	<p>Generalmente es determinante el costo de transporte, por este es necesario analizar las disponibilidades de la zona de operación para buscar las alternativas más adecuadas.</p>
Siempre disponible	<p>Esta condición muchas veces no se toma en cuenta y en ocasiones el sustrato ideal no está disponible en el medio, se debe estudiar previamente las verdaderas disponibilidades en función de futuros reemplazos o incrementos.</p>

**TABLA 1.2** Características de los sustratos

**Fuente:** (MCA/Nicaragua, 2005)

### 1.3.2 BANDEJAS

En el mercado nacional existen bandejas de distintos materiales, diseño y cantidad de celdas, en esta tesis se va a utilizar bandejas de 200 pilones de polietileno (figura 1.5). Estas bandejas son de fácil extracción de plántulas. Cada celda es de forma piramidal y mide 2.3 [cm] por 2.3 [cm] en la parte superior y 5.6 [cm] de alto.



**FIGURA 1.5** Bandeja para 200 pilones

**Fuente:** Autor

#### **Características para el uso de bandejas:**

- *Los distintos tamaños de celda requieren de ajustes en la forma de cultivo. Mientras más pequeña la celda, la planta es más susceptible a fluctuaciones en humedad, nivel de nutrientes, oxígeno, pH y contenido de sales solubles.*
- *Las celdas entre más profundas muestran mejor drenaje, permitiendo mejor lixiviación de sales y mayor aireación en el medio de cultivo.*
- *La clave para la producción de plántulas en cualquier tipo de charola es un manejo adecuado del agua.*
- *Nunca debe permitirse que el medio de cultivo seque totalmente; la humedad debe regularse para mojar muy bien la celda y permitir el drenaje y el intercambio de oxígeno.*
- *El agua solo debe escurrir del medio al apretarlo; esto indica que hay la proporción adecuada de humedad y oxígeno para el buen desarrollo de la plántula.*  
(BallSeed Company; David S. Koranski)

### 1.3.3 SEMILLAS

*“La semilla es un grano que en diversas formas produce las plantas y que al caer o ser sembrado produce nuevas plantas de la misma especie.” (Real Academia Española)*

*“Una semilla es el óvulo maduro de una gimnosperma o de una angiosperma. Una semilla contiene el embrión del cual una planta nueva crecerá bajo condiciones apropiadas. Pero también contiene una fuente de alimento almacenado y está envuelto en una capa protectora. El alimento almacenado comienza como un tejido fino llamado endospermo que es provisto por la planta progenitora y puede ser rico en aceite o almidón y en proteínas.” (Enciclopedia Universal, 2013)*

La estructura de toda semilla varía entre especies, en la presente tesis nos centraremos en las semillas de tomate y pimiento ya que la máquina será diseñada para estos dos tipos de semillas, además son los cultivos de mayor importancia comercial.

#### 1.3.3.1 SEMILLA DE TOMATE

En la figura 1.6 se puede observar como son las semillas de tomate:



**FIGURA 1.6** Semillas de tomate

**Fuente:** (maxgo-monitorizacion, 2012)

##### 1.3.3.1.1 DATOS GENERALES

*“El tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum*) es un producto nativo de América, que desde 1850 es considerado como un importante componente de la dieta a nivel mundial, ya que es un vegetal bajo en calorías y constituye una buena fuente de vitaminas A y C.*

*En el Ecuador el cultivo de tomate de mesa bajo invernadero es de gran importancia en la Sierra Central, especialmente en varias zonas de la provincia de Tungurahua en donde se*



encuentra el 60% de la producción. Según el III Censo Nacional Agropecuario la superficie total sembrada es de 3054 ha.

La producción de tomate en el Ecuador se realiza en climas cálido – templado con temperaturas entre 23 -26 [°C], y una humedad relativa entre 50 -60%.

Se ha desarrollado variedades con cualidades especiales como simetría, color, sabor y resistencia a enfermedades y se clasifican según el tipo de tomate, dentro de las variedades más cultivadas tenemos las siguientes: Daniela, Dynamo, Riverdale, Red, dentro de los tomates cherrys tenemos Cherub, Sweet Bite y Sweetie.” (Solagro, 2006)

#### 1.3.3.1.2 CONDICIONES IDEALES PARA EL CULTIVO

- El tomate es una especie de estación cálida razonablemente tolerante al calor y a la sequía y sensible a las heladas.
- La humedad relativa óptima para el desarrollo del tomate varía entre un 60% y un 80%.
- La planta de tomate necesita un período entre 3 y 4 meses entre su establecimiento y la cosecha del primer fruto.
- La temperatura media mensual óptima para su desarrollo varía entre 21 y 24[°C], aunque se puede producir entre los 18 y 25[°C]. Cuando la temperatura media mensual sobrepasa los 27[°C], las plantas de tomate no prosperan.
- La maduración del fruto está muy influida por la temperatura en lo referente tanto a la precocidad como a la coloración, de forma que valores cercanos a los 10°C así como superiores a los 30[°C] originan tonalidades amarillentas.
- La planta detiene su crecimiento entre los 10[°C] y 12[°C] y se hiela a -2[°C.]  
(C., V., & M., 2009)

#### 1.3.3.2 SEMILLA DE PIMIENTO

En la figura 1.7 se puede observar como son las semillas de pimiento:



**FIGURA 1.7** Semillas de pimiento

**Fuente:** (El Huerto 2.0, 2010)

### 1.3.3.2.1 DATOS GENERALES

*“Pertenece a la familia de las Solanáceas. El ciclo de vida del pimiento comprende cuatro fases principales: plántula, vegetativa, floración y fructificación” (FAA-UNICEN)*

### 1.3.3.2.2 CONDICIONES IDEALES PARA EL CULTIVO

- El pimiento es una planta exigente en cuestión de temperatura.
- Por debajo de 15[°C] su crecimiento se ralentiza, y a menos de 10 [°C] se detiene por completo.
- Las temperaturas superiores a 35[°C] pueden provocar la caída de la flor.
- La planta requiere de suelos profundos y bien drenados, donde su potente sistema radicular puede desarrollarse sin problemas.
- Los saltos térmicos (diferencia de temperatura entre la máxima diurna y la mínima nocturna) ocasionan desequilibrios vegetativos (flores con pétalos curvados y sin desarrollar, formación de múltiples ovarios que pueden evolucionar a frutos distribuidos alrededor del principal, acortamiento de estambres y de pistilo, engrosamiento de ovario y pistilo, fusión de anteras).
- Las bajas temperaturas también inducen la formación de frutos de menor tamaño, que pueden presentar deformaciones, reducen la viabilidad del polen y favorecen la formación de frutos partenocárpicos.
- La humedad relativa óptima oscila entre el 50 % y el 70 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación.
- Es una planta muy exigente en luminosidad, sobre todo en los primeros estados de desarrollo y durante la floración.
- Los suelos más adecuados para el cultivo del pimiento se caracterizan por ser franco-arenosos, profundos y ricos en minerales, con un contenido en materia orgánica del 3-4 % y principalmente bien drenados.
- Los valores de pH óptimos oscilan entre 6.5 y 7, aunque puede resistir ciertas condiciones de acidez (hasta un pH de 5.5); en suelos arenosos puede cultivarse con valores de pH próximos a 8.
- En cuanto al agua de riego el pH óptimo es de 5.5 a 7.

(Cultivos hortícolas en invernadero, infoAgro)

### 1.3.4 ESTRUCTURAS

*“En cuanto a las estructuras hay un gran número diferentes diseños, tamaños materiales, usos, propósito, y tecnología estas pueden variar y van a depender de nuestras necesidades, se recomiendan tenerlos ubicados fuera de las áreas de producción para evitar contaminación de plagas y enfermedades.” (MCA/Nicaragua)*

*“Se debe de tener en cuenta que no es la estructura la que produce buenas plántulas es la gente que maneja el invernadero la que lo hace, son los detalles del manejo y el tiempo que usamos para la supervisión de nuestros cultivos los que aseguran los buenos resultados.” (MCA/Nicaragua)*

En la figura 1.8 se puede observar cómo está compuesta la estructura de un vivero y las bancas para las bandejas.

#### 1.3.4.1 BANCAS

*“Lo más importante de las bancas es que tengan la aireación necesaria para que las plantas puedan drenar el agua y que el aire circule por bajo de las bandejas y así corte las raíces que se salgan de la bandeja por la parte de abajo. No queremos raíces que salgan por bajo porque nos dificultaría remover las plantas de la bandeja, causando daño y también para evitar que estas raíces se afiancen en otro lugar y que al quitar las plántulas, se rompan las raíces causando un estrés similar al que se presenta en los trasplantes de raíz desnuda.” (Lardizabal, 2007)*

*“Las bancas pueden ser de madera rolliza hasta metálicas movibles. Debemos usar las que se acomoden mejor a nuestro manejo y presupuesto.” (Lardizabal, 2007)*

En la siguiente figura se puede apreciar las bancas donde se asientan las bandejas:



**FIGURA 1.8** Bancas para bandejas

**Fuente:** Autor

### 1.3.4.2 VIVERO

*“Las estructuras de viveros pueden variar y van a depender de nuestras necesidades. Un requerimiento importante es alejarlo lo más que podamos de nuestras áreas de producción para evitar contaminaciones de plagas y enfermedades. También el personal de vivero no debe ser el mismo de campo.” (Lardizabal, 2007)*

En la figura 1.9 se muestra la parte frontal de un vivero:



**FIGURA 1.9** Vivero

**Fuente:** Autor

## 1.4 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS

### 1.4.1 LLENADO Y MARCADO DE LA BANDEJAS

Para el llenado se necesita bandejas y el sustrato, ya definido el sustrato y las bandejas se proceden con el llenado de forma uniforme (figura 1.10).

*“Al llenar hay que proceder a marcar las celdas para sembrar. Las celdas se marcan por tres razones: compactar un poco el medio, que la semilla quede centrada en la celda para un desarrollo radicular más distribuido en el medio y que las plantas queden con el espacio necesario para un buen desarrollo y tres, para que la semilla al taparla quede a la profundidad deseada o ideal del cultivo que estemos sembrando. Esto nos ayuda para el contacto de la semilla al medio y a la hora de sacar las plántulas para que el pilón salga entero y resista el manipuleo que se le dará hasta trasplantarlo en el campo.” (Lardizabal, 2007)*



**FIGURA 1.10** Llenado de la bandeja

**Fuente:** Autor

## **1.4.2 SIEMBRA**

*“Antes de iniciar la siembra, las bandejas son llenadas parcialmente con sustrato. La siembra se hace colocando una semilla en cada celda, manteniendo la misma profundidad en todas. Cada una se coloca en el centro, para lograr un crecimiento derecho de las plántulas y evitar competencia por luz entre ellas. Debido a que la mayoría de semillas de hortalizas son pequeñas, se recomienda una profundidad de dos veces su diámetro. Después de haber colocado las semillas, las bandejas se tapan completamente. Hay que experimentar para conocer acerca de la germinación de la semilla y si se comprueba que las mismas tienen baja germinación, entonces hay que colocar dos semillas por celda.”* (Gómez & Vásquez, 2011)

Para la siembra de las semillas se conoce dos tipos de sembrado principales: manual y automático.

### **1.4.2.1 SEMBRADO MANUAL**

En el sembrado manual no se utiliza ningún tipo de motor, para este sembrado se utilizan mecanismos para el avance, también en este sembrado se puede tomar en cuenta la mano del hombre (figura 1.11), para el sembrado se utiliza un palo mojado para adherir a la semilla y luego soltarlo en la bandeja.



**FIGURA 1.11** Sembrado manual

**Fuente:** Autor

#### **1.4.2.2 SEMBRADO AUTOMÁTICO**

El sembrado automático utiliza un mecanismo avanzado que permite optimizar recursos y tiempo. Las sembradoras automáticas pueden ser eléctricas, de aire comprimido, de vacío, de inyección de agua y de tambor rotativo. Este sembrado automático es más eficiente que el sembrado manual ya que produce más plántulas y en menos tiempo.

En la figura 1.12 se muestra una sembradora comercial, está máquina a comparación con el proyecto que se va a implementar solo siembra semillas y no tiene el proceso de dosificación de sustrato además es demasiado costosa al bolsillo de un agricultor.



**FIGURA 1.12** Sembradora automática

**Fuente:** Argus Pacific

### 1.4.3 RIEGO

*“Una actividad obligatoria es el riego, ya que las pérdidas de humedad son diarias debido a las altas temperaturas dentro del invernadero. Por lo anterior, el manejo de la humedad en los sustratos es crítico, ya que un mal manejo ocasionará pérdidas económicas. Es por ello que los sustratos deberán tener un balance entre retención de humedad y filtración de excesos. La humedad se puede estimar utilizando un hidrómetro. Si no se cuenta con uno, se debe dejar saturado de agua el sustrato, y si se ve caer una gota de agua por el orificio de la bandeja, se estima que hay un 60% de humedad. Hay que considerar que las bandejas ubicadas en las orillas perderán más humedad que las del centro. En época seca se necesita monitorear la humedad de los sustratos, la cual no debe ser menor del 40% ni mayor del 60%.” (Gómez & Vásquez, 2011)*

*“Dependiendo de la temperatura interior del invernadero y de la humedad del sustrato, se realizan entre dos y tres riegos diarios. El riego se aplica uniformemente en todas las celdas individuales. Uno de los factores esenciales para obtener plántulas de calidad es el riego en el invernadero. El agua ayuda a reducir el estrés hídrico. Es importante mantener un programa de riegos que se adapte al comportamiento del clima y las temperaturas. Un exceso de riego puede causar problemas de enfermedades en las plántulas, como el mal de talluelo.” (Gómez & Vásquez, 2011)*

En la figura 1.13 se muestra como es el riego por saturación de sustrato



**FIGURA 1.13** Riego

**Fuente:** Autor

## **CAPÍTULO II**

### **2 DISEÑO DE LA MÁQUINA SEMBRADORA**

#### **2.1 PROCESO DE SEMBRADO**

El proceso de sembrado de semillas por vacío se lo realiza depositando cada semilla a plantar en cada fila de la bandeja de manera completamente automática.

Para el dimensionamiento de los elementos que conforman la sembradora es necesario definir sus características.

Los elementos que constituyen la máquina sembradora son los siguientes:

- Distribuidor de succión de boquillas de sembrado
- Boquillas de succión
- Eje del distribuidor y Boquillas
- Base de semillas y distribuidor de las semillas
- Estructura de soporte de los elementos de sembrado

#### **2.2 CÁLCULOS PRELIMINARES PARA EL DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE LA MÁQUINA SEMBRADORA**

##### **2.2.1 DISTRIBUIDOR DE SUCCIÓN DE BOQUILLAS DE SEMBRADO**

Para el diseño del elemento que soportará las boquillas que permitirán succionar las semillas a través de las puntas es necesario especificar que el material del cual se construirá será de aluminio por ser un material liviano el cual también es un material que difícilmente se corroe, característica muy importante debido a que la base para las boquillas de vacío estará en contacto directo con aire y presencia de partículas de agua. Esta pieza en su interior será hueca al igual que una flauta, en los orificios de esta pieza será roscada para que puedan ingresar las puntas de succión y en la parte posterior tendrá un orificio para la alimentación de vacío.

##### **2.2.1.1 REQUERIMIENTOS**

Para diseñar y construir la base de soporte de las boquillas para la succión de las semillas se detallan los requerimientos técnicos de la pieza para la construcción en la siguiente tabla:



Característica	Detalle
Largo	280 [mm]
Ancho	20 [mm]
Alto	50 [mm]
Material	Aluminio

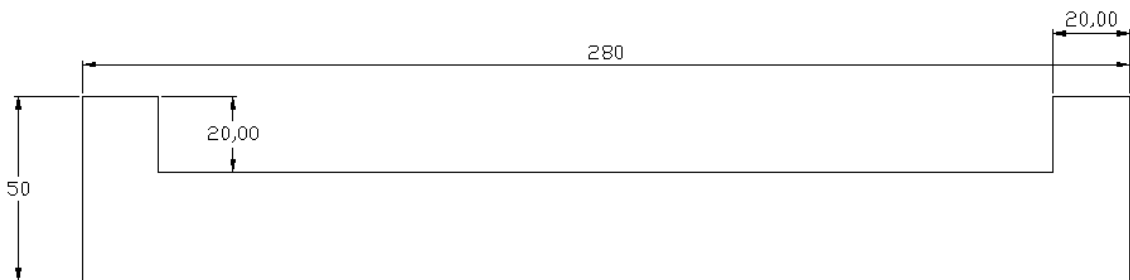
**TABLA 2.1** Características del soporte de las boquillas para la succión de las semillas

*Fuente: Autor*

### 2.2.1.2 DIMENSIONAMIENTO

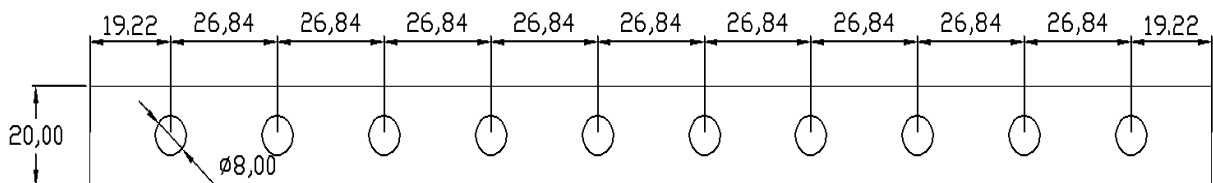
Mediante la ayuda del software de diseño AUTOCAD se modeló la pieza en sus vistas principales para determinar el diseño final que se construirá a construirse para cumplir con los requerimientos presentados.

A continuación se muestran las vistas del distribuidor de succión de las puntas de sembrado:



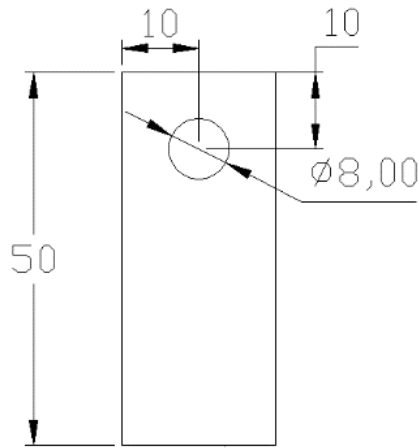
**FIGURA 2.1** Vista frontal del distribuidor de succión [mm]

*Fuente: Autor*



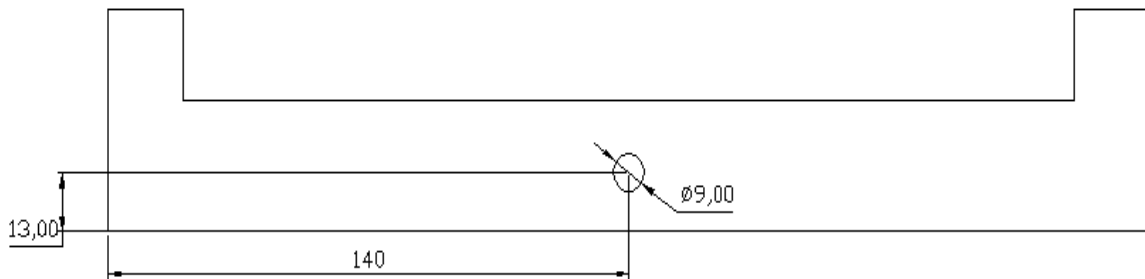
**FIGURA 2.2** Vista inferior del distribuidor de succión [mm]

*Fuente: Autor*



**FIGURA 2.3** Lateral derecha del distribuidor de succión [mm]

**Fuente:** Autor

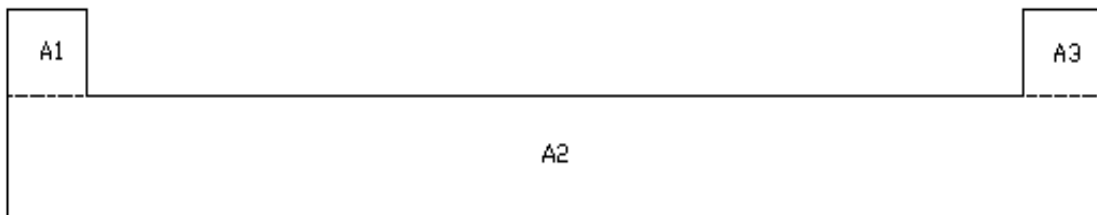


**FIGURA 2.4** Vista posterior del distribuidor de succión [mm]

**Fuente:** Autor

Determinado las vistas de la pieza a construir, se procede a calcular el volumen total de la pieza para determinar el mecanismo adecuado que permitirá el movimiento de la misma y así desempeñar la función destinada en la máquina sembradora.

A continuación se calculan las áreas de cada parte de la pieza de succión de las semillas:



**FIGURA 2.5** Áreas del distribuidor de succión

**Fuente:** Autor

$$A_1 = l \times l$$

**Ecuación 2.1** Área de la sección 1 del distribuidor de succión

Donde:

$A_1$  : Área de la sección 1. [ $mm^2$ ]

$l$  : Longitud del lado de la sección cuadrada. [ $mm$ ]

Entonces, el área de la sección 1 del distribuidor de succión es:

$$A_1 = 20 \times 20$$

$$A_1 = 400 [mm^2]$$

$$A_2 = l \times$$

**Ecuación 2.2** Área de la sección 2 del distribuidor de succión

Donde:

$A_2$  : Área de la sección 2. [ $mm^2$ ]

$l$  : Longitud del largo de la sección rectangular. [ $mm$ ]

$a$  : Longitud del ancho de la sección rectangular. [ $mm$ ]

Entonces, el área de la sección 2 del distribuidor de succión es:

$$A_2 = 280 \times 20$$

$$A_2 = 5600 [mm^2]$$

$$A_3 = l \times l$$

**Ecuación 2.3** Área de la sección 3 del distribuidor de succión

Donde:

$A_3$  : Área de la sección 3. [ $mm^2$ ]

$l$  : Longitud del lado de la sección cuadrada. [ $mm$ ]

Entonces, el área de la sección 3 del distribuidor de succión es:

$$A_3 = 20 \times 20$$

$$A_3 = 400 [mm^2]$$

El área total de distribuidor de succión es la suma de las áreas de las secciones ya calculadas.

$$A_{Distribuidor} = A_1 + A_2 + A_3$$

#### **Ecuación 2.4** Área total del distribuidor de succión

Donde:

$A_{Distribuidor}$  : Área total. [ $mm^2$ ]

El área total del distribuidor de succión, es:

$$A_{Distribuidor} = 400 + 5600 + 400$$

$$A_{Distribuidor} = 6400 [mm^2]$$

Entonces el volumen del distribuidor de succión se determina de la siguiente manera:

$$V_{Distribuidor} = A_{Distribuidor} \times h$$

#### **Ecuación 2.5** Volumen del distribuidor de succión

Donde:

$V_{Distribuidor}$  : Volumen del distribuidor. [ $mm^3$ ]

$h$  : Longitud del alto de la pieza. [ $mm$ ]

El volumen del distribuidor es:

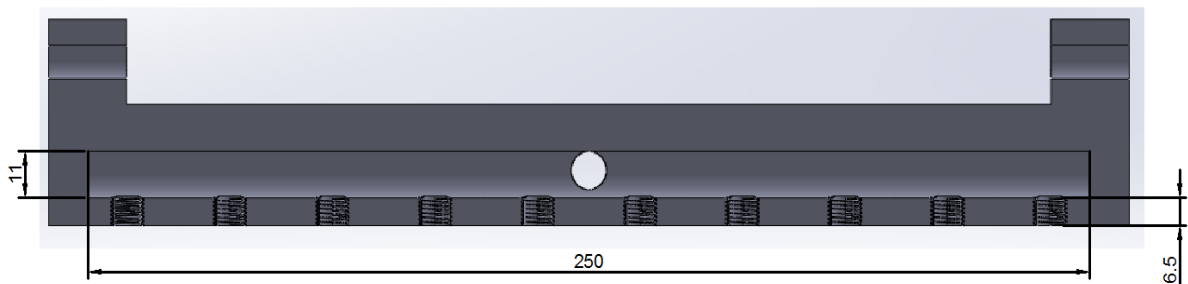
$$V_{Distribuidor} = 6400 \times 20$$

$$V_{Distribuidor} = 128000 [mm^3]$$

El distribuidor de succión de las semillas es una pieza hueca y además posee orificios en los cuales se colocan las puntas que succionan las semillas a sembrar y los orificios por los cuales atraviesa el eje que permite el movimiento rotatorio de la pieza.

Entonces, al volumen total calculado se le resta el volumen tanto de los orificios presentes en la pieza como de la sección hueca del distribuidor.

A continuación se muestra un corte de la vista frontal del distribuidor, el cual permite explicar de mejor manera el diseño de la pieza.



**FIGURA 2.6** Corte por la mitad de la vista frontal

**Fuente:** Autor

$$A_{\text{orificio succión}} = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

**Ecuación 2.6** Área de los orificios de succión

Donde:

$A_{\text{orificio succión}}$  : Área del orificio de succión. [ $mm^2$ ]

$\pi$  : Constante matemática, su valor es: 3.1416

$d$  : Diámetro del orificio de succión. [ $mm$ ]

Entonces:

$$A_{\text{orificio succión}} = \frac{\pi \times (7)^2}{4}$$

$$A_{\text{orificio succión}} = 38.4845 [mm^2]$$

Como son diez puntas de succión de las semillas, el valor del área de los orificios de succión se multiplica por el número de orificios que posee el distribuidor de succión. Entonces, el valor total del área de los orificios de succión es:

$$A_{\text{orificios succión}} = A_{\text{orificio succión}} \times 10$$

**Ecuación 2.7** Área total de los orificios de succión del distribuidor

Donde:

$A_{\text{orificios succión}}$  : Área total de los orificios de succión. [ $mm^2$ ]

Entonces:

$$A_{\text{orificios succión}} = 38.4845 \times 10$$

$$A_{\text{orificios succión}} = 384.845 [mm^2]$$

$$V_{\text{orificios succión}} = A_{\text{orificios succión}} \times l_{\text{succión}}$$

**Ecuación 2.8** Volumen de los orificios de succión

Donde:

$V_{\text{orificios succión}}$  : Volumen de los orificios de succión. [ $mm^3$ ]

$l_{\text{succión}}$  : Longitud del orificio de succión de la pieza. [ $mm$ ]

Entonces:

$$V_{\text{orificios succión}} = 384.845 \times 6.5$$

$$V_{\text{orificios succión}} = 2501.4931 [mm^3]$$

El volumen de los orificios para el eje también se resta al volumen total del distribuidor.

$$A_{\text{orificio\_eje}} = \frac{\pi \times d_1^2}{4}$$

**Ecuación 2.9** Área de los orificios para el eje

Donde:

$A_{\text{orificio\_eje}}$  : Área del orificio para el eje. [ $mm^2$ ]

$d_1$  : Diámetro del orificio para el eje. [ $mm$ ]

Entonces:

$$A_{\text{orificio\_eje}} = \frac{\pi \times (8)^2}{4}$$

$$A_{\text{orificio\_eje}} = 50.2654 [mm^2]$$

Como el eje atraviesa la pieza de lado a lado, por lo tanto el área del orificio para el eje se multiplica por dos, como se muestra a continuación:

$$A_{\text{orificios\_eje}} = A_{\text{orificio\_eje}} \times 2$$

**Ecuación 2.10** Área total de orificios para el eje

Donde:

$A_{\text{orificios\_eje}}$  : Área total de orificios para el eje. [ $mm^2$ ]

Entonces:

$$A_{\text{orificios\_eje}} = 50.2654 \times 2$$

$$A_{\text{orificios\_eje}} = 100.5308 [mm^2]$$

$$V_{\text{orificios\_eje}} = A_{\text{orificios\_eje}} \times l_{\text{eje}}$$

**Ecuación 2.11** Volumen de los orificios de succión

Donde:

$V_{\text{orificios\_eje}}$  : Volumen total de orificios para el eje. [ $mm^3$ ]

$l_{\text{eje}}$  : Longitud del orificio de la pieza por el cual pasa el eje. [ $mm$ ]

Entonces:

$$V_{\text{orificios\_eje}} = 100.5308 \times 20$$

$$V_{\text{orificios\_eje}} = 2010.616 \text{ [} mm^3 \text{]}$$

El espacio hueco del distribuidor de succión también posee un volumen que debe ser restado al volumen total del distribuidor al igual que el orificio por el cual se conecta el distribuidor al generador de vacío.

A continuación se calcula el volumen del orificio mediante el cual se conecta el distribuidor al generador de vacío:

$$A_{\text{orificio\_entrada de vacío}} = \frac{\pi \times d_2^2}{4}$$

**Ecuación 2.12** Área del orificio de entrada de vacío

Donde:

$A_{\text{orificio\_entrada de vacío}}$  : Área del orificio de entrada de vacío. [ $mm^2$ ]

$d_2$  : Diámetro del orificio. [ $mm$ ]

Entonces:

$$A_{\text{orificio\_entrada de vacío}} = \frac{\pi \times (9)^2}{4}$$

$$A_{\text{orificio\_entrada de vacío}} = 63.617 \text{ [} mm^2 \text{]}$$



$$V_{\text{orificio\_entrada de vacío}} = A_{\text{orificio\_entrada de vacío}} \times l_{\text{entrada}}$$

**Ecuación 2.13** Volumen del orificio de entrada de vacío

Donde:

$V_{\text{orificio\_entrada de vacío}}$  : Volumen del orificio de entrada de vacío. [ $mm^3$ ]

$l_{\text{entrada}}$  : Longitud del orificio de entrada del vacío. [ $mm$ ]

Entonces:

$$V_{\text{orificio\_entrada de vacío}} = 63.617 \times 5$$

$$V_{\text{orificio\_entrada de vacío}} = 318.085 [mm^3]$$

A continuación se calcula el volumen de la sección hueca del distribuidor:

$$A_{\text{hueca}} = \frac{\pi \times d_3^2}{4}$$

**Ecuación 2.14** Área de la sección hueca del distribuidor de vacío

Donde:

$A_{\text{hueca}}$  : Área de la sección hueca. [ $mm^2$ ]

$d_3$  : Diámetro de la sección. [ $mm$ ]

Entonces:

$$A_{\text{hueca}} = \frac{\pi \times (11)^2}{4}$$

$$A_{\text{hueca}} = 95.033 [mm^2]$$

$$V_{hueca} = A_{hueca} \times l_{hueca}$$

**Ecuación 2.15** Volumen de la sección hueca del distribuidor de vacío

Donde:

$V_{hueca}$  : Volumen de la sección hueca. [ $mm^3$ ]

$l_{hueca}$  : Longitud de la sección hueca. [ $mm$ ]

Entonces:

$$V_{hueca} = 95.033 \times 250$$

$$V_{hueca} = 23758.29 [mm^3]$$

El volumen total del distribuidor de vacío es la diferencia del volumen total ya calculado menos los volúmenes de los orificios existentes en la pieza.

$$V_{Dist\_Total} = V_{Distribuidor} - V_{orificios\ succión} - V_{orificios\_eje} - V_{orificio\_entrada\ de\ vacío} - V_{hueca}$$

**Ecuación 2.16** Volumen del distribuidor de vacío real

Donde:

$V_{Dist\_Total}$  : Volumen total del distribuidor. [ $mm^3$ ]

Entonces:

$$V_{Dist\_Total} = 128000 - 2501.4931 - 2010.616 - 318.085 - 23758.29$$

$$V_{Dist\_Total} = 99411.51146 [mm^3]$$

$$V_{Dist\_Total} = 99.41151 \times 10^{-6} [m^3]$$

Para determinar la masa del distribuidor de succión, se multiplica el valor del volumen total de la pieza por el valor de la densidad del material del cual se va a construir dicha pieza.

A continuación se calcula la masa del distribuidor de succión o vacío:

$$m_{distribuidor} = \rho_{aluminio} \times V_{Dist\_Total}$$

**Ecuación 2.17** Masa del distribuidor

Donde:

$m_{distribuidor}$  : Masa del distribuidor. [Kg]

$\rho_{aluminio}$  : Densidad del aluminio, el valor es: 2698.4 [Kg/m<sup>3</sup>]

Entonces:

$$m_{distribuidor} = 2698.4 \times 99.41151 \times 10^{-6}$$

$$m_{distribuidor} = 0.268252 \text{ [Kg]}$$

El peso que movilizará el eje del distribuidor de vacío, será:

$$P_{distribuidor} = m_{distribuidor} \times Gravedad$$

**Ecuación 2.18** Peso del distribuidor

Donde:

$P_{distribuidor}$  : Peso del distribuidor. [N]

$Gravedad$  : Interacción gravitatoria, el valor es: 9.81 [m/s<sup>2</sup>]

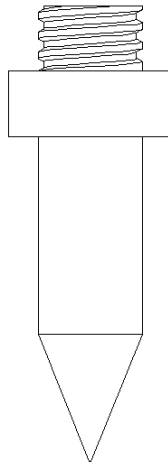
Entonces:

$$P_{distribuidor} = 0.268252 \times 9.81$$

$$P_{distribuidor} = 2.631552 \text{ [N]}$$

## 2.2.2 BOQUILLAS DE SUCCIÓN

Las boquillas de succión (ver figura 2.7) serán diseñadas de aluminio por ser un material liviano el cual también es un material que difícilmente se corroe, ya que las boquillas de vacío estarán en contacto directo con aire y presencia de partículas de agua. Estas boquillas serán roscadas para que puedan ser cambiadas, también las boquillas en el otro lado del roscado serán de forma cónica y en su punta se realizará un orificio de tal forma que nos permita únicamente sostener una semilla.



**FIGURA 2.7** Boquilla de succión

**Fuente:** Autor

### 2.2.2.1 REQUERIMIENTOS

Para diseñar y construir las boquillas de succión de las semillas se necesita saber los requerimientos técnicos de la pieza para la construcción, por ello en la siguiente tabla se muestran dichos requerimientos.

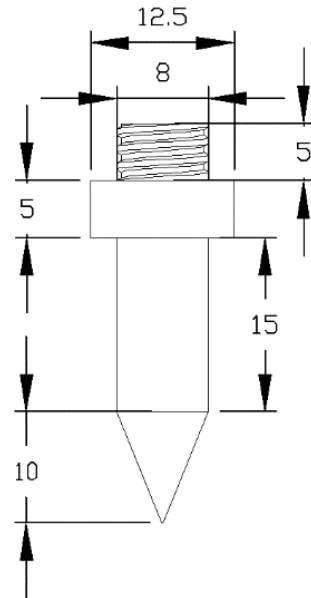
Característica	Detalle
Diámetro	8 [mm]
Diámetro moletiado	12.5 [mm]
Alto	35 [mm]
Material	Aluminio

**TABLA 2.2** Características de la base de las boquillas

**Fuente:** Autor

### 2.2.2.2 DIMENSIONAMIENTO

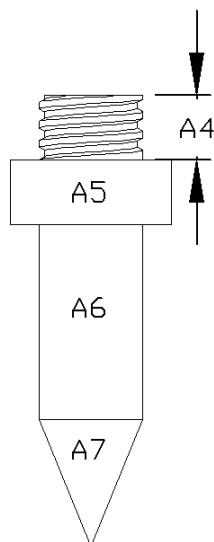
En el siguiente gráfico se muestra los diámetros requeridos para la construcción de las puntas de succión.



**FIGURA 2.8** Boquilla de succión en [mm]

**Fuente:** Autor

Para facilidad de cálculo de la masa de las boquillas de succión, cada boquilla se separó en cuatro áreas (ver figura 2.9), cada área con su respectivo volumen, para luego sumar sus volúmenes y multiplicar por la densidad del aluminio para así encontrar la masa de la boquilla.



**FIGURA 2.9** Áreas de la boquilla de succión

**Fuente:** Autor

A continuación se muestran los cálculos realizados para determinar la masa de las boquillas de succión.

$$A_4 = \frac{\pi \times d_4^2}{4}$$

**Ecuación 2.19** Área de la sección roscada de la boquilla (Área 4)

Donde:

$A_4$  : Área 4 de la boquilla. [ $mm^2$ ]

$d_4$  : Diámetro de la sección roscada. [ $mm$ ]

Entonces:

$$A_4 = \frac{\pi \times (8)^2}{4}$$

$$A_4 = 50.2654 [mm^2]$$

Para el determinar el volumen de la sección roscada se desprecian los cortes del roscado ya que el material perdido no altera el valor del volumen final. Por tal motivo se calcula el volumen de la sección roscada de las boquillas como si la sección fuera un cilindro normal.

$$V_4 = A_4 \times h_4$$

**Ecuación 2.20** Volumen 4 de la boquilla de succión

Donde:

$V_4$  : Volumen 4 de la boquilla. [ $mm^3$ ]

$h_4$  : Altura de la sección roscada. [ $mm$ ]

Entonces:

$$V_4 = 50.2654 \times 5$$

$$V_4 = 251.327 [mm^3]$$

La sección del área 5 sobresale de la boquilla para permitir una sujeción adecuada de la boquilla para su colocación a la base y además es el tope de roscado de cada boquilla.

$$A_5 = \frac{\pi \times d_5^2}{4}$$

**Ecuación 2.21** Área 5 de la boquilla de succión

Donde:

$A_5$  : Área 5 de la boquilla. [ $mm^2$ ]

$d_5$  : Diámetro de la sección de fácil agarre. [ $mm$ ]

Entonces:

$$A_5 = \frac{\pi \times (12.5)^2}{4}$$

$$A_5 = 122.718 [mm^2]$$

$$V_5 = A_5 \times h_5$$

**Ecuación 2.22** Volumen 5 de la boquilla de succión

Donde:

$V_5$  : Volumen 5 de la boquilla. [ $mm^3$ ]

$h_5$  : Altura de la sección roscada. [ $mm$ ]

Entonces:

$$V_5 = 122.718 \times 5$$

$$V_5 = 613.59 [mm^3]$$

La sección del área es la parte más larga de la boquilla y es de forma cilíndrica por lo cual el cálculo del área como del volumen es el mismo que de las secciones anteriores ya calculadas.

$$A_6 = \frac{\pi \times d_6^2}{4}$$

**Ecuación 2.23** Área 6 de la boquilla de succión

Donde:

$A_6$ : Área 6 de la boquilla. [ $mm^2$ ]

$d_6$ : Diámetro de la sección recta de la boquilla. [ $mm$ ]

Entonces:

$$A_6 = \frac{\pi \times (8)^2}{4}$$

$$A_6 = 50.265 [mm^2]$$

$$V_6 = A_6 \times h_6$$

**Ecuación 2.24** Volumen 6 de la boquilla de succión

Donde:

$V_6$  : Volumen 6 de la boquilla. [ $mm^3$ ]

$h_6$  : Altura de la sección recta. [ $mm$ ]

Entonces:

$$V_6 = 50.2654 \times 15$$

$$V_6 = 753.98 [mm^3]$$

Para calcular el volumen de la sección final de la boquilla se toma en cuenta que la sección es cónica. Por lo tanto el cálculo del volumen 7 se realiza a continuación utilizando la siguiente fórmula:



$$V_7 = \frac{\pi \times d^2 \times h_7}{12}$$

**Ecuación 2.25** Volumen 7 de la boquilla de succión

Donde:

$V_7$  : Volumen 7 de la boquilla. [ $mm^3$ ]

$d$  : Diámetro de la sección cónica. [ $mm$ ]

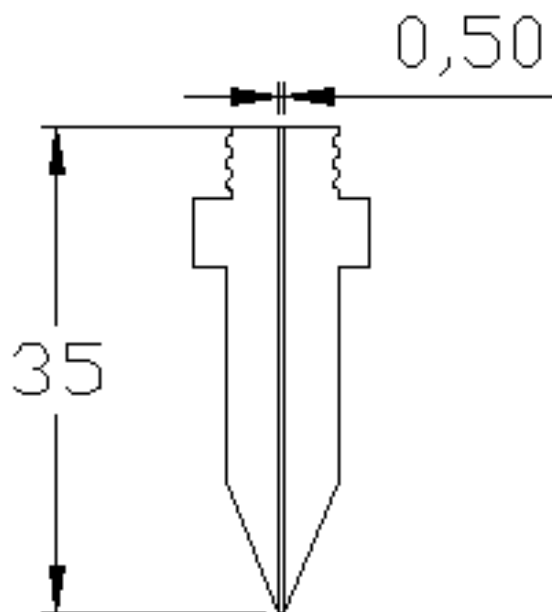
$h_7$  : Altura de la sección cónica. [ $mm$ ]

Entonces:

$$V_7 = \frac{\pi \times (8)^2 \times 10}{12}$$

$$V_7 = 167.55 [mm^3]$$

El orificio de succión es la parte donde el vacío circula para que pueda absorber con facilidad cada una de las semillas, el diámetro del orificio es muy reducido para que permita únicamente sostener una semilla, en el siguiente gráfico muestra la vista frontal de la mitad de la boquilla de succión.



**FIGURA 2.10** Vista frontal de la mitad de la boquilla de succión

**Fuente:** Autor

En la siguiente ecuación muestra el volumen de la zona hueca de la boquilla de succión:

$$V_{hueco} = \frac{\pi \times d_{hueco}^2 \times h_{boquilla}}{4}$$

**Ecuación 2.26** Volumen 6 de la boquilla de succión

Donde:

$V_{hueco}$  : Volumen hueco de la boquilla. [ $mm^3$ ]

$d_{hueco}$  : Diámetro hueco [ $mm$ ]

$h_{boquilla}$ : Altura de la boquilla. [ $mm$ ]

Entonces:

$$V_{hueco} = \frac{\pi \times (0.5)^2 \times 35}{4}$$

$$V_{hueco} = 6.8722 \text{ [} mm^3 \text{]}$$

El volumen total de cada boquilla de succión es la suma de los volúmenes de cada sección de la boquilla y al volumen obtenido se le resta el volumen del orificio de succión para obtener así el volumen final o total de cada boquilla de succión.

$$V_{Boquilla} = V_4 + V_5 + V_6 + V_7 - V_{hueco}$$

**Ecuación 2.27** Volumen total de la boquilla de succión

Donde:

$V_{Boquilla}$  : Volumen de la boquilla. [ $mm^3$ ]

Entonces:

$$V_{Boquilla} = 251.327 + 613.59 + 753.98 + 167.55 - 6.8722$$

$$V_{Boquilla} = 1779.5748 \text{ [} mm^3 \text{]}$$

Cambiamos las unidades de  $[mm^3]$  a  $[m^3]$

$$V_{Boquilla} = 1.7795748 \times 10^{-6} [m^3]$$

Las boquillas de succión que conforman la parte succionadora de la máquina son diez, por lo tanto se multiplica por diez el volumen obtenido de la boquilla de succión.

Entonces:

$$V_{Boquillas} = V_{Boquilla} \times 10$$

### **Ecuación 2.28** Volumen de las boquillas de succión

Donde:

$V_{Boquillas}$  : Volumen de las boquillas.  $[m^3]$

Entonces:

$$V_{Boquillas} = 1.7795748 \times 10^{-6} \times 10$$

$$V_{Boquillas} = 1.7795748 \times 10^{-5} [m^3]$$

Para determinar la masa de las boquillas, se multiplica el valor del volumen de las boquillas por el valor de la densidad del material del cual se va a construir dicha pieza.

A continuación se calcula la masa de las boquillas de succión:

$$m_{Boquillas} = \rho_{aluminio} \times V_{Boquillas}$$

### **Ecuación 2.29** Masa de las boquillas

Donde:

$m_{Boquillas}$  : Masa de las boquillas.  $[Kg]$

$\rho_{aluminio}$  : Densidad del aluminio.  $[Kg/m^3]$

Entonces:

$$m_{Boquillas} = 2698.4 \times 1.7864486 \times 10^{-5}$$

$$m_{Boquillas} = 0.048020046 [Kg]$$

Entonces, el peso de las boquillas, será:

$$P_{Boquillas} = m_{Boquillas} \times Gravedad$$

### **Ecuación 2.30** Peso de las boquillas

Donde:

$P_{Boquillas}$  : Peso de las boquillas. [N]

$Gravedad$  : Interacción gravitatoria, el valor es: 9.81 [ $m/s^2$ ]

Entonces:

$$P_{Boquillas} = 0.048020046 \times 9.81$$

$$P_{Boquillas} = 0.471076651 [N]$$

## **2.2.3 EJE DEL DISTRIBUIDOR Y BOQUILLAS**

El eje del distribuidor y boquillas es de un acero resistente a la carga y además es resistente a la corrosión; para contribuir con el ambiente se utiliza un eje de impresora reciclable, este eje es de 8 [mm] de espesor, como todo el sistema de distribuidor y boquillas es de aluminio su peso no afecta al eje sino al contrario el eje está sobredimensionado en cuanto a la magnitud de su diámetro.

El movimiento del eje se lo realizará mediante el uso de un servomotor de corriente continua.

### **2.2.3.1 REQUERIMIENTOS**

Se va a utilizar un eje reciclado de impresora, en la siguiente tabla se detallan los requerimientos técnicos de la pieza.

<b>Característica</b>	<b>Detalle</b>
Díametro	8 [mm]
Largo	310 [mm]
Material	Acero cromado

**TABLA 2.3** Características del eje del distribuidor y boquillas

**Fuente:** Autor

### 2.2.3.2 DIMENSIONAMIENTO

Para el dimensionamiento del eje que va a soportar al distribuidor y las boquillas de succión cabe recalcar que los cálculos siguientes serán del eje aparente, y el eje real que se va usar para contribuir con el ambiente será un eje de impresora de 8 mm de espesor.

Peso del distribuidor y las boquillas de succión:

$$P_{total} = P_{Boquillas} + P_{distribuidor}$$

#### **Ecuación 2.31** Peso total del distribuidor y boquillas

Donde:

$P_{total}$ : Peso total. [N]

Entonces:

$$P_{total} = 0.471076651 + 2.631552$$

$$P_{total} = 0.471076651 + 2.631552$$

$$P_{total} = 3.102628651 [N]$$

Para hacer girar el eje se necesita un motor, en la siguiente ecuación se muestran los cálculos para la selección del motor.

$$T_{motor} = F \times D$$

#### **Ecuación 2.32** Torque del motor

Donde:

$T_{motor}$ : Toque del motor. [Nm]

$F$ : Fuerza aplicada sobre el eje. [N]

$D$ : Distancia desde el centro del eje hasta el final punta de succión. [m]

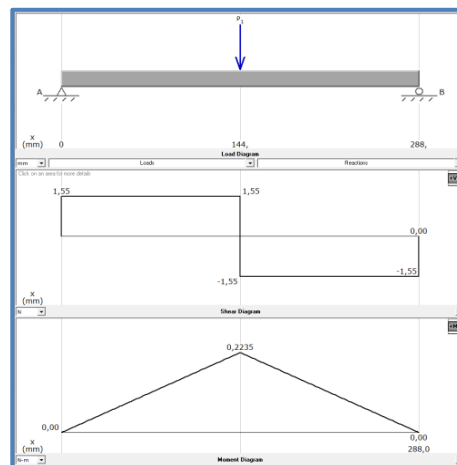
Entonces

$$T_{motor} = 3.102628651 \times 0.07$$

$$T_{motor} = 0.217184 \text{ [Nm]}$$

Por la precisión de giro que se necesita es indispensable utilizar un servomotor, además es fácil de conseguir en nuestro medio. Por los cálculos anteriores el servomotor más próximo es de 4.8 [Kg cm] o 0.47 [Nm].

En la siguiente figura se muestran los diagramas de cortes y momentos de las fuerzas que actúan sobre el eje, la fuerza que soporta el eje es el peso del distribuidor de succión y las boquillas, con un momento torsor que realiza el motor de 0.47 [Nm].



**FIGURA 2.11** Diagrama de cortes y momentos del eje

**Fuente:** MDSolids 3.5

A continuación se realizan los cálculos necesarios para determinar el diámetro aparente del eje:

$$\sigma_x = \frac{32 M}{\pi \times d^3}$$

**Ecuación 2.33** Esfuerzo normal ejercido en el eje

Donde:

$\sigma_x$  : Esfuerzo normal. [Pa]

M : Momento máximo ejercido en el eje. [Nm]

$d$  : Valor del diámetro a encontrar. [mm]

Entonces:

$$\sigma_x = \frac{32 \times 0.2235}{\pi \times d^3}$$

$$\sigma_x = \frac{2.27655}{d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{16 T}{\pi \times d^3}$$

**Ecuación 2.34** Esfuerzo constante en el eje

Donde:

$\tau_{xy}$  : Esfuerzo cortante. [Pa]

$T$  : Torque ejercido en el eje. [Nm]

$d$  : Valor del diámetro a encontrar. [mm]

Entonces:

$$\tau_{xy} = \frac{16 \times 0.47}{\pi \times d^3}$$

$$\tau_{xy} = \frac{2.39369}{d^3}$$

$$\sigma^t = (\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2)^{1/2}$$

**Ecuación 2.35** Cálculo del esfuerzo de Von Mises

$$\sigma^t = \frac{S_y}{n}$$

**Ecuación 2.36** Determinación del esfuerzo de Von Mises en referencia a la resistencia a la fluencia

Donde:

$\sigma^t$  : Esfuerzo de Von Mises. [MPa]

$S_y$  : Resistencia a la fluencia. [MPa]

$n$  : Factor de seguridad.

Entonces:

$$\sigma^t = \frac{370}{3} = 123.33 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma^t = \left( \left( \frac{2.27655}{d^3} \right)^2 + 3 \left( \frac{2.39369}{d^3} \right)^2 \right)^{1/2}$$

$$\sigma^t = \left( \frac{5.18269}{d^6} + \frac{17.1892}{d^6} \right)^{1/2}$$

$$\sigma^t = \left( \frac{22.3719}{d^6} \right)^{1/2}$$

Despejando el valor de  $d$ , se tiene como resultado el siguiente valor del diámetro calculado:

$$d^6 = \frac{22.3719}{\sigma^{t^2}}$$

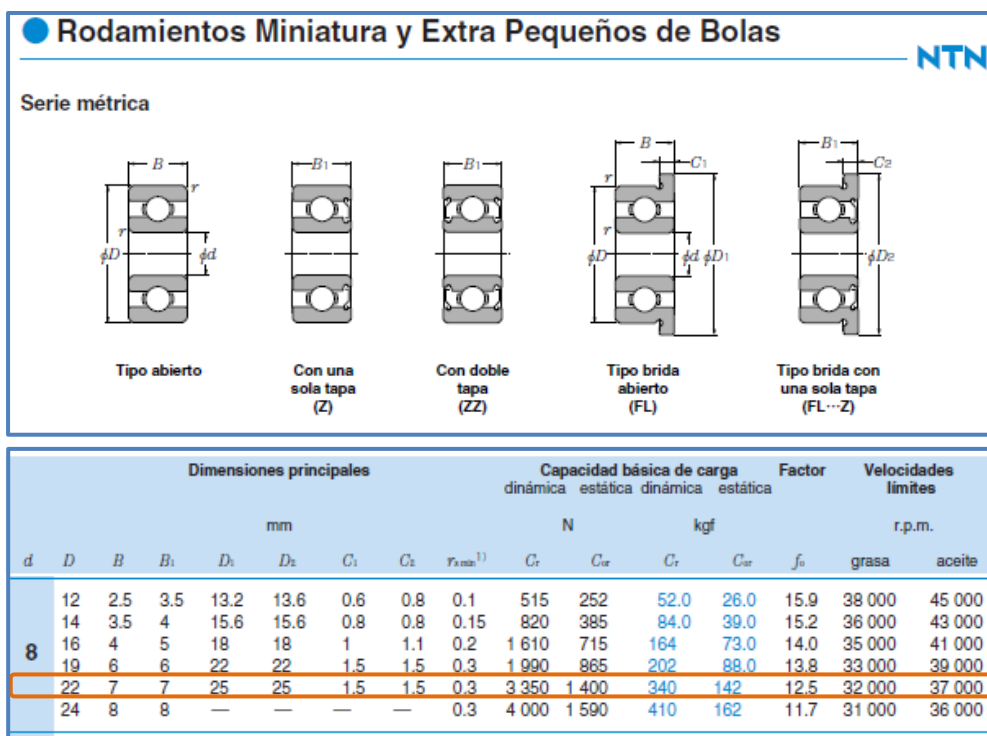
$$d^6 = \frac{22.3719}{1.521 * 10^{16}}$$

$$d = 0.003372[m]$$

$$d = 3.372289 [mm]$$



### 2.2.3.3 SELECCIÓN DE RODAMIENTOS PARA EL EJE



**FIGURA 2.12** Diámetros de rodamientos

Fuente: (NTN, 2009)

Como el eje seleccionado para realizar la función de movimiento de la succionadora de semillas es un eje de impresora que se encuentra ya en desuso; el eje es de 8 [mm] de diámetro y de acuerdo a las características presentadas en la figura 2.12 el eje seleccionado posee las siguientes características principales, las cuales se representan en la siguiente tabla:

Características	Datos
Rodamiento de bolas	Tipo abierto
Diámetro interior	8 [mm]
Diámetro exterior	22 [mm]
Ancho	7 [mm]

**TABLA 2.4** Características de los rodamientos

Fuente: (NTN, 2009)

## 2.2.4 BASE DE SEMILLAS

Para el diseño de la base de semillas se hace referencia a la magnitud del radio que se obtiene desde el eje hasta las puntas de las boquillas de succión (figura 2.13), este valor permite encontrar la distancia precisa para que las boquillas de succión se desplacen libremente en la bandeja que contiene las semillas y de esta manera las puntas de succión puedan absorber de mejor manera las semillas.

El material del cual se construirá será la base de las semillas es de tol galvanizado debido a que es un material muy resistente a la corrosión, característica principal de selección debido a que la base de las semillas estará en usualmente en contacto directo con aire a presión y presencia de partículas de agua.

### 2.2.4.1 REQUERIMIENTOS

Para diseñar y construir la base de las semillas se detallan a continuación los requerimientos técnicos de la pieza para la construcción en la siguiente tabla:

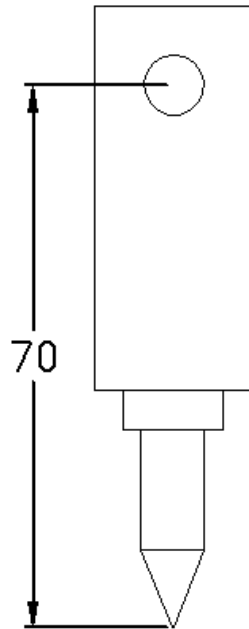
Característica	Detalle
Largo	280 [mm]
Ancho	100 [mm]
Alto	50 [mm]
Material	Tol Galvanizado
Espesor	1.27 [mm]

**TABLA 2.5** Características técnicas de la base de las semillas

**Fuente:** Autor

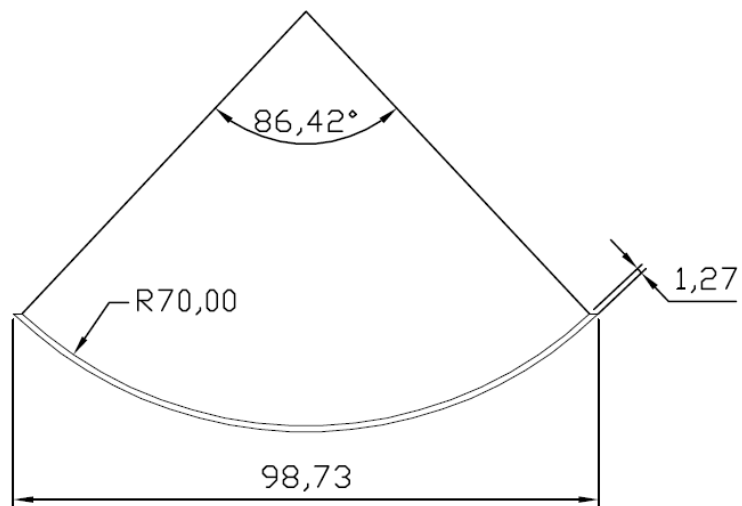
### 2.2.4.2 DIMENSIONAMIENTO

En las siguientes figuras que se muestran a continuación se puede apreciar las magnitudes necesarias para dimensionar la base de las semillas:



**FIGURA 2.13** Radio para base de semillas en [mm]

**Fuente:** Autor



**FIGURA 2.14** Radio de arco de las base de las semillas

**Fuente:** Autor

A continuación se realizan los cálculos necesarios para determinar las dimensiones de la base de las semillas:

$$L = \frac{2 \pi r \alpha}{360^\circ}$$

**Ecuación 2.37** Longitud de arco de la base de semillas

Donde:

$L$  : Longitud del arco. [mm]

$r$  : Radio del arco. [mm]

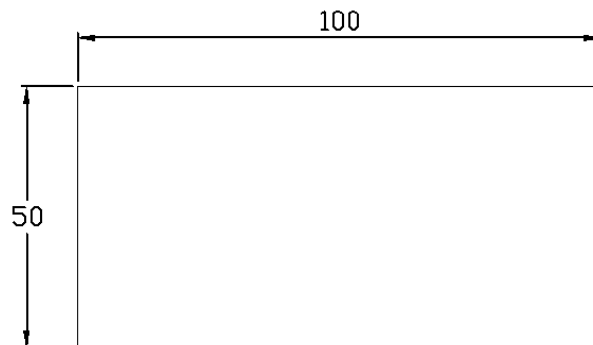
$\alpha$  : Ángulo del arco. [°]

Entonces:

$$L = \frac{2 \pi (70)(86.42^\circ)}{360^\circ}$$

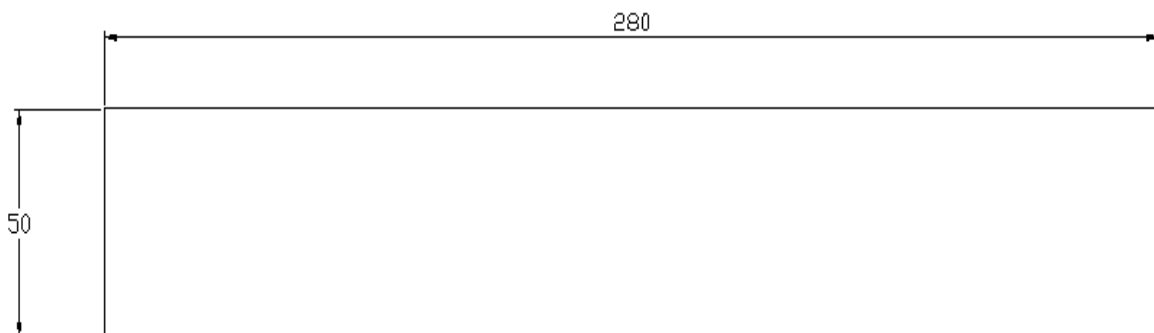
$$L = 105.581947 \text{ [mm]}$$

A continuación se muestran los soportes laterales de la base de las semillas:



**FIGURA 2.15** Soporte lateral derecho e izquierdo de la base de las semillas

**Fuente:** Autor



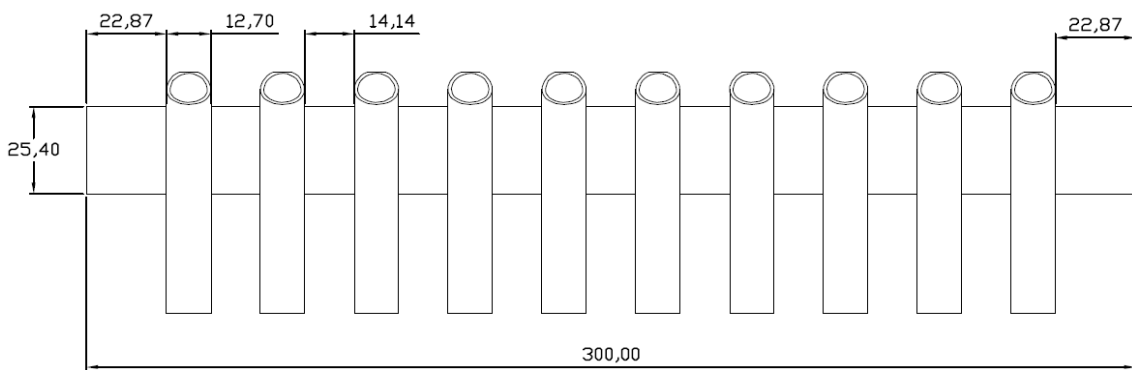
**FIGURA 2.16** Soporte frontal de la base de las semillas

**Fuente:** Autor

El distribuidor de las semillas, el cual permitirá que las semillas caigan directamente en cada una de las celdas de la bandeja ya dosificadas de manera segura y precisa, es construido de tol negro al igual que la mayoría de elementos de la máquina debido a que su función dentro del proceso de sembrado no hace que el distribuidor posea un contacto directo con las semillas, tierra o agua que puedan posteriormente corroer el material.

Las semillas solamente siguen la dirección de cada uno de los tubos y caen en las bandejas.

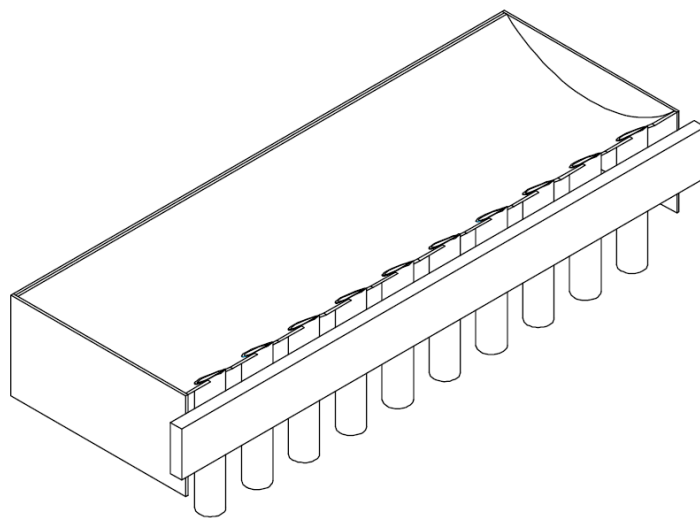
A continuación se muestra el diseño del distribuidor de las semillas con sus respectivos elementos:



**FIGURA 2.17** Distribuidor de semillas

**Fuente:** Autor

La base de las semillas y el distribuidor de las mismas se muestran a continuación:



**FIGURA 2.18** Base y distribuidor de las semillas

**Fuente:** Autor

## 2.2.5 ESTRUCTURA DE SOPORTE DE LOS ELEMENTOS DE SEMBRADO

La estructura de soporte de los elementos de sembrado se dimensiona en referencia a las dimensiones que posee la estructura de soporte de la banda transportadora y a la normalización para la construcción de perfiles, por tal motivo se emplean los catálogos de perfiles de DIPAC que se encuentran como anexos.

El material de la estructura de soporte es el tol negro, mismo material de la estructura de la banda transportadora.

A continuación se mencionan los requerimientos en base a los cuales se realizó el dimensionamiento y construcción de la estructura de soporte.

### 2.2.5.1 REQUERIMIENTOS

Para construir la estructura de soporte de los elementos de sembrado se detallan a continuación, en la siguiente tabla, los requerimientos técnicos de la pieza:

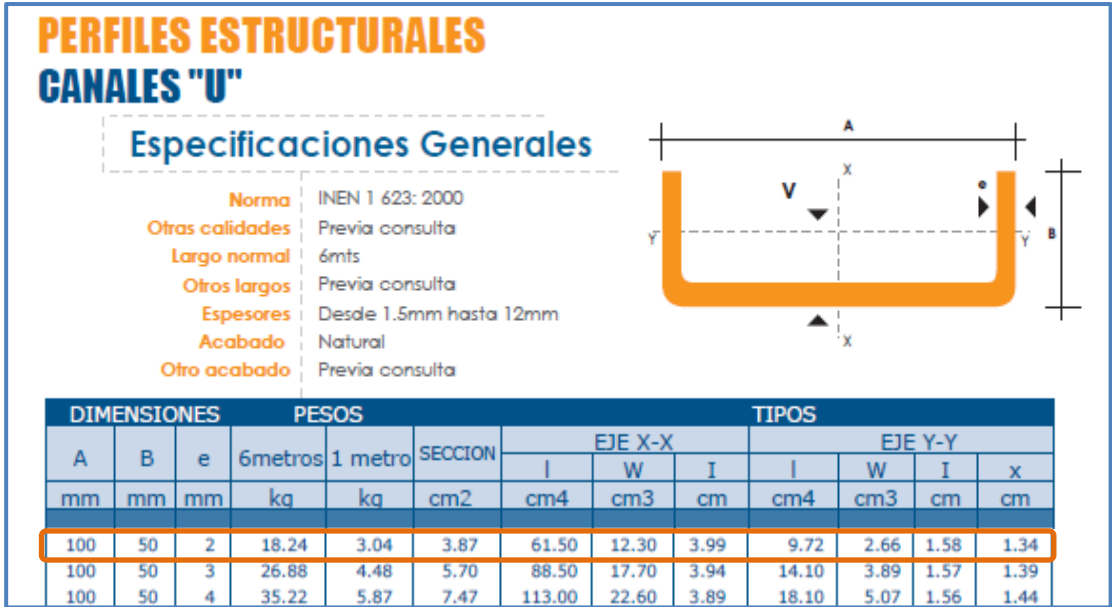
Característica	Detalle
Alto	200 [mm]
Largo	100 [mm]
Ancho	50 [mm]
Espesor	2 [mm]
Material	Tol Negro

**TABLA 2.6** Características técnicas de la estructura de soporte de la máquina sembradora

**Fuente:** Autor

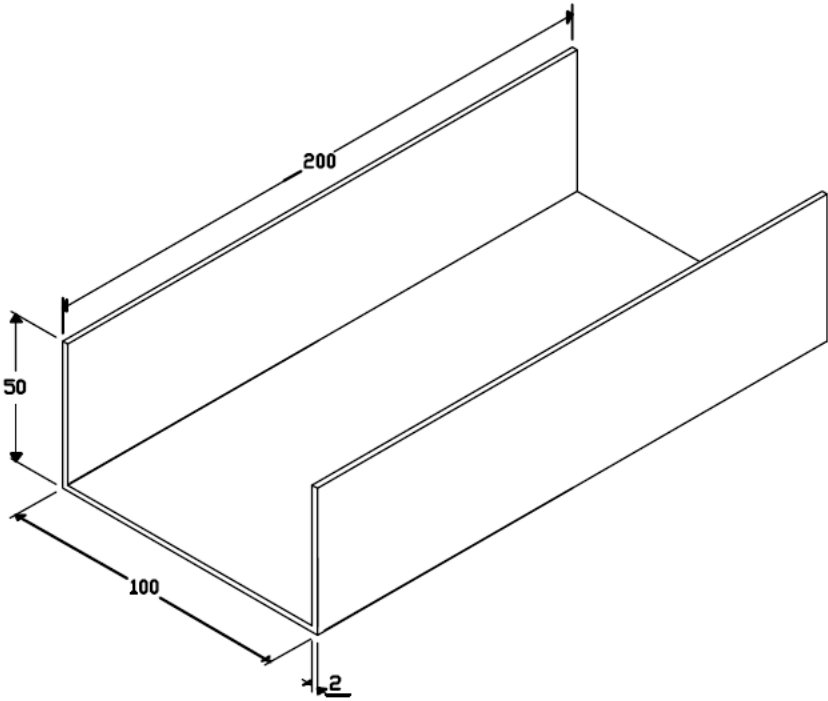
### 2.2.5.2 SELECCIÓN DE LA ESTRUCTURA

En la siguiente figura se muestra los diferentes tipos de dimensiones de canales en forma de “U” utilizados para la construcción de la estructura de soporte tanto de la banda transportadora como de la máquina sembradora:



**FIGURA 2.19** Tipos de dimensiones de canales en forma de "U"

Fuente: (DIPAC, 2014)



**FIGURA 2.20** Estructura para la sembradora de semillas

Fuente: Autor

## 2.3 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS NEUMÁTICOS QUE CONSTITUYEN LA MÁQUINA SEMBRADORA

### 2.3.1 SELECCIÓN DEL GENERADOR DE VACÍO PARA ABSORBER LAS SEMILLAS

Para seleccionar la capacidad necesaria de trabajo de un generador de vacío, es necesario determinar varias características de funcionamiento en relación a la función que va a cumplir.

A continuación se realiza el cálculo de la masa de la semilla del tomate:

$$m_{tomate} = \frac{\pi \times d_{t1} \times d_{t2} \times A_t \times \rho_{semilla\_tomate}}{4}$$

**Ecuación 2.38** Cálculo de la masa de la semilla de tomate

**Fuente:** (SCHMALZ, 2014)

Donde:

$m_{tomate}$  : Masa de la semilla de tomate. [kg]

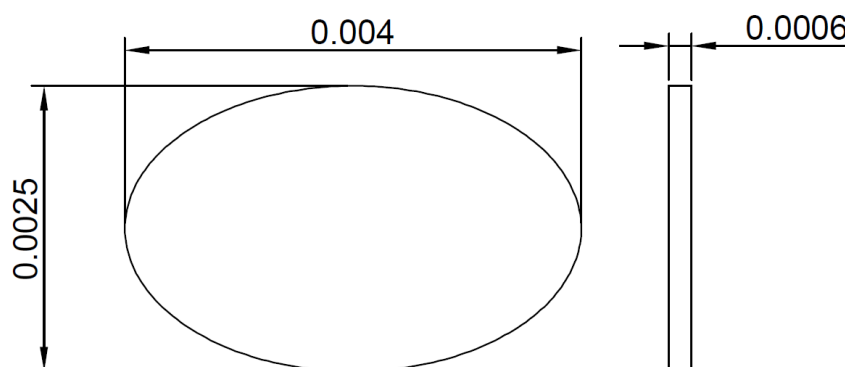
$d_{t1}$  : Diámetro mayor de la semilla de tomate. [m]

$d_{t2}$  : Diámetro menor de la semilla de tomate. [m]

$A_t$  : Ancho de la semilla de tomate. [m]

$\rho_{semilla\_tomate}$  : Densidad de la semilla de tomate, su valor aproximado de: 6153.99 [kg/m<sup>3</sup>]

En la siguiente figura se detallan gráficamente las dimensiones de la semilla de tomate, tanto sus diámetros mayor y menor como el ancho de la misma:



**FIGURA 2.21** Dimensiones de la semilla de tomate en [m]

**Fuente:** Autor



Entonces la masa de la semilla del tomate es la siguiente:

$$m_{tomate} = \frac{\pi \times 0.004 \times 0.0025 \times 0.0006 \times 6153.99}{4}$$

$$m_{tomate} = 0.000029 \text{ [kg]}$$

A continuación se realiza el cálculo de la masa de las semillas de pimienta:

$$m_{pimiento} = \frac{\pi \times d_{p1} \times d_{p2} \times A_p \times \rho_{semilla\_pimiento}}{4}$$

**Ecuación 2.39** Cálculo de la masa de la semilla de pimienta

**Fuente:** (SCHMALZ, 2014)

Donde:

$m_{pimiento}$  : Masa de la semilla de pimienta. [kg]

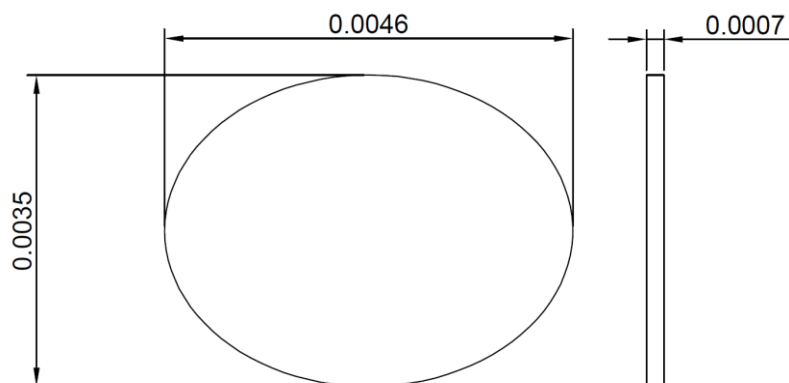
$d_{p1}$  : Diámetro mayor de la semilla de pimienta. [m]

$d_{p2}$  : Diámetro menor de la semilla de pimienta. [m]

$A_p$  : Ancho de la semilla de pimienta. [m]

$\rho_{semilla\_pimiento}$  : Densidad de la semilla de pimienta, valor aproximado de: 7535.499 [kg/m<sup>3</sup>]

En la siguiente figura se detallan las dimensiones de la semilla de pimienta, diámetro mayor y menor y el ancho:



**FIGURA 2.22** Diámetros de la semilla de pimienta en [m]

**Fuente:** Autor

Entonces el valor de la masa de la semilla de pimiento es:

$$m_{pimiento} = \frac{\pi \times 0.0046 \times 0.0035 \times 0.0007 \times 7535.499}{4}$$
$$m_{pimiento} = 0.0000667 \text{ [kg]}$$

Calculada la masa de las semillas se puede determinar la fuerza de retención de las puntas de succión, fuerza que permitirá conocer si las puntas construidas para succionar las semillas desempeñan bien su función.

A continuación se calcula la fuerza de retención teórica de las puntas de succión:

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

**Ecuación 2.40** Fuerza de retención teórica de las puntas de succión

**Fuente:** (SCHMALZ, 2014)

Donde:

$F_{TH}$  : Fuerza de retención teórica. [N]

$m$  : Masa. [kg]

$g$  : Aceleración terrestre o gravedad, equivalente a [9.81 m/s<sup>2</sup>]

$a$  : Aceleración de la instalación. [m/s<sup>2</sup>]

$S$  : Factor de seguridad

Entonces para determinar la fuerza de retención teórica del tomate es necesario dar valores a la aceleración de instalación como al factor de seguridad, los valores dados son los siguientes:

$$a = 5 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$S = 2$$

La fuerza teórica para la succión de la semilla de tomate es la siguiente:

$$F_{TH\_tomate} = m_{tomate} \times (g + a) \times S$$

$$F_{TH\_tomate} = 0.000029 \times (9.81 + 5) \times 2$$

$$F_{TH\_tomate} = 0.00085898 \text{ [N]}$$

La fuerza teórica para la succión de la semilla de pimienta es la siguiente:

$$F_{TH\_pimiento} = m_{pimiento} \times (g + a) \times S$$

$$F_{TH\_pimiento} = 0.0000667 \times (9.81 + 5) \times 2$$

$$F_{TH\_pimiento} = 0.00197565 \text{ [N]}$$

Mediante la ayuda del valor obtenido de la fuerza de retención se puede determinar la fuerza de aspiración requerida para succionar las semillas.

A continuación se realiza el cálculo de la fuerza de aspiración de las semillas:

$$F_S = F_{TH}/n$$

#### **Ecuación 2.41** Fuerza de aspiración

**Fuente:** (SCHMALZ, 2014)

Donde:

$F_S$  : Fuerza de aspiración. [N]

$F_{TH}$  : Fuerza de retención teórica. [N]

$n$  : Número de ventosas

Entonces la fuerza de aspiración de las semillas de tomate es la siguiente:

$$F_{S\_tomate} = F_{TH\_tomate}/n$$

$n = 10 \rightarrow$  porque son diez las puntas de succión

$$F_{S\_tomate} = 0.00085898 / 10$$

$$F_{S\_tomate} = 0.000085898 \text{ [N]}$$

Entonces la fuerza de aspiración de las semillas de pimienta es la siguiente:

$$F_{S\_pimiento} = F_{TH\_pimiento}/n$$

$n = 10 \rightarrow$  porque son diez las puntas de succión

$$F_{S\_pimiento} = 0.00197565 / 10$$

$$F_{S\_pimiento} = 0.000197565 \text{ [N]}$$

Para definir el generador de vacío que se va a emplear para succionar las semillas es necesario determinar la capacidad de aspiración del mismo de acuerdo a la distancia a la que se van a encontrar las semillas para ser succionadas y principalmente al diámetro de las puntas de succión que se van a utilizar, de esta manera se puede determinar un generador de vacío en base a las necesidades o requerimientos existentes para realizar la función de succión de las semillas.

A continuación se muestra una tabla con las características técnicas de trabajo del generador de vacío a utilizar en este proyecto:

<b>Capacidad de aspiración de una ventosa</b>		
<b>Ø de la ventosa</b>	<b>Capacidad de aspiración <math>V_s</math></b>	
<i>Hasta 20 [mm]</i>	0.17 [ $m^3/h$ ]	2.83 [ $l/min$ ]
<i>Hasta 40 [mm]</i>	0.35 [ $m^3/h$ ]	5.83 [ $l/min$ ]
<i>Hasta 60 [mm]</i>	0.5 [ $m^3/h$ ]	8.3 [ $l/min$ ]
<i>Hasta 90 [mm]</i>	0.75 [ $m^3/h$ ]	12.7 [ $l/min$ ]
<i>Hasta 120 [mm]</i>	1.0 [ $m^3/h$ ]	16.6 [ $l/min$ ]

**TABLA 2.7** Capacidad de aspiración del generador de vacío

**Fuente:** (CAMOZZI, 2008)

De acuerdo a la tabla 2.7, si el diámetro de las puntas de succión es menor o igual a 20 [mm], entonces la capacidad de aspiración de las puntas de succión es de: 2.83  $l/min$

El valor de la capacidad de aspiración obtenido en la tabla 2.7 es el valor de la capacidad de aspiración de solamente una punta de succión, así que para determinar la capacidad de aspiración total es necesario multiplicar ese valor por diez el cual es el número de puntas que se van a utilizar.

$$V = n \times V_s$$

**Ecuación 2.42** Capacidad de aspiración total

**Fuente:** (SCHMALZ, 2014)

Donde:

$V$  : Capacidad de aspiración total. [ $l/min$ ]

$n$  : Número de ventosas.

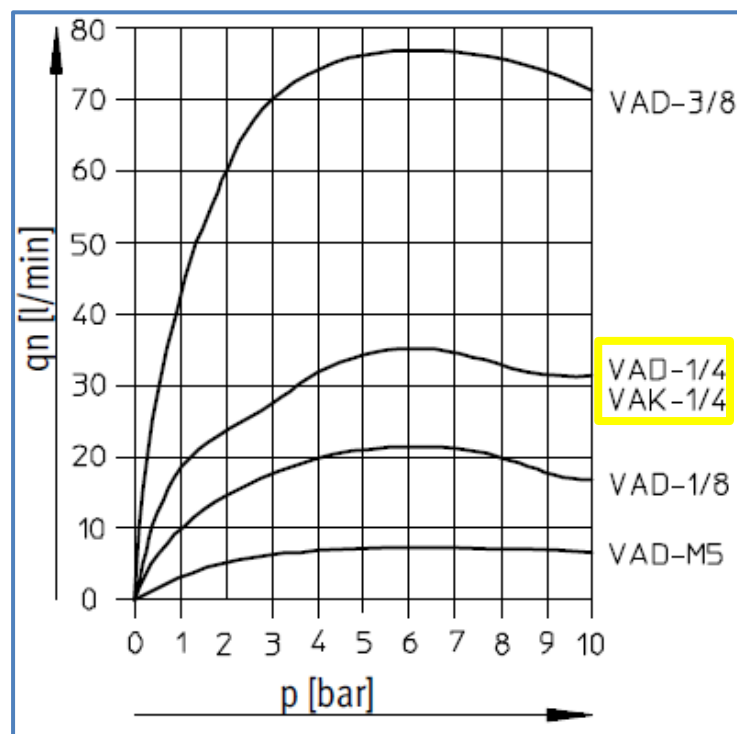
$V_s$  : Capacidad de aspiración unitaria. [l/min]

Entonces la capacidad de aspiración total es la siguiente:

$$V = 10 \times 2.83$$

$$V = 28.3 \text{ [l/min]}$$

En la siguiente figura se muestra el comportamiento de generadores de vacío en función de la capacidad de aspiración y la presión de funcionamiento.



**FIGURA 2.23** Comportamiento de generadores de vacío VAD y VAK en función de la capacidad de aspiración y la presión de funcionamiento

**Fuente:** (FESTO, 2014)

Con el resultado de la capacidad de aspiración total y la presión de funcionamiento de 7 bares se procede a seleccionar el generador de vacío que es el VAD-1/4 de la marca FESTO.

El generador de vacío (figura 2.24) es el elemento principal del funcionamiento total de la máquina ya que permite seleccionar una sola semilla por cada punta de succión y luego la deposita en cada una de las celdas de la bandeja en la cual se cultivan las plántulas.

En la siguiente tabla se detallan las características de funcionamiento del generador de vacío seleccionado:

Características	Datos
Temperatura ambiente y de fluido	-20° [C] ~ 80° [C]
Rango de presión	1.5 ~ 10 [bar]
Grado de vacío	80%
Fluido	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Diámetro nominal de la tobera	1 [mm]
Material	Fundición inyectada de aluminio

**TABLA 2.8** Características del generador de vacío

Fuente: (FESTO, 2014)



**FIGURA 2.24** Generador de vacío

Fuente: (FESTO, 2014)

### 2.3.2 SELECCIÓN DE LA UNIDAD DE MANTENIMIENTO

La unidad de mantenimiento (figura 2.25) es un elemento muy importante cuando existen conexiones neumáticas porque suministra aire libre de impurezas, partículas de agua y lubricado además regula la presión necesaria de aire con la cual trabajan los elementos neumáticos.

A continuación se muestran las características técnicas de funcionamiento de la unidad de mantenimiento seleccionada en la siguiente tabla:

Características	Descripción
Temperatura de operación	41 – 140 [°F]
Presión máxima	135 [PSI]

**TABLA 2.9** Características de funcionamiento de la unidad de mantenimiento

Fuente: (SNS PNEUMATIC, 2008)



**FIGURA 2.25** Unidad de mantenimiento

Fuente: (SNS PNEUMATIC, 2008)

### 2.3 SELECCIÓN DE ELEMENTOS DEL SISTEMA DE CONTROL

El sistema automático de la máquina sembradora va a constar de una banda transportadora, el motor que permite el movimiento de la banda transportadora, los sensores y actuadores, los elementos de protección del sistema, el mecanismo de vibración y los programadores que controlarán todo el proceso.

A continuación se detallan cada uno de los elementos antes mencionados con sus respectivas características.

### 2.3.3 SELECCIÓN DE LA BANDA TRANSPORTADORA

La banda transportadora a utilizar para la realización de proceso de producción de plántulas es de PVC debido a que este material permite que las bandejas se adhieran fácilmente a la banda para no ocasionar desplazamientos no previstos en el transcurso del proceso de producción de las plántulas.

En la figura se puede visualizar la forma y color de la banda transportadora a utilizar:



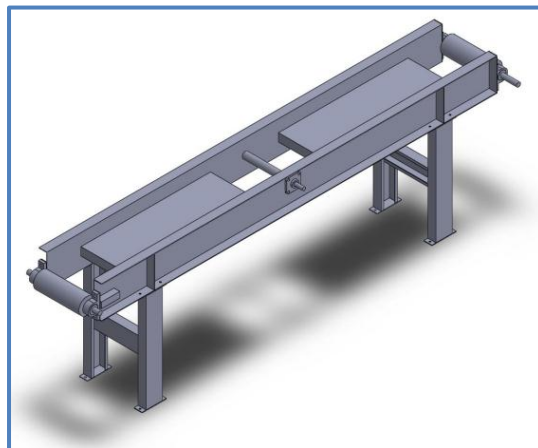
**FIGURA 2.26** Banda transportadora de PVC

**Fuente:** (REINRA, 2014)

#### 2.3.3.1 DIMENSIONAMIENTO

Las dimensiones de la banda transportadora de acuerdo a la capacidad de bandejas a sembrar es de: 5.4 [m] de largo y 28 [cm] de ancho. Por lo tanto las dimensiones de la estructura para la banda transportadora son: 2.4 [m] de largo y 28,5 [cm] de ancho.

En la figura 2.27 se muestra la forma de la estructura para la banda transportadora:



**FIGURA 2.27** Estructura de la banda transportadora

**Fuente:** Autor



La estructura de la banda transportadora posee dos mesas para ejercer presión, un tambor motriz para la transmisión de movimiento con un tambor conducido, un tambor separador para disminuir el rozamiento de la banda transportadora hacia las mesas y lo fundamental de la estructura es el tambor tensor para realizar el estiramiento de la banda cuando sea necesario.

Existen tres tipos de bandas transportadoras de PVC, a continuación en la siguiente tabla se detallan las características de cada tipo de banda transportadora de PVC:

<b>Bandas transportadoras de PVC</b>	
<b>Tipo de banda</b>	<b>Características</b>
Aster	Bandas con superficie portante grabada, para elevación o descenso de productos envasados o a granel.
Breda	Bandas para aplicaciones que requieren una resistencia química a aceites minerales o condiciones de trabajo duras (humedad, corte, abrasión, etc.).
Clina	Bandas fisiológicamente neutras (atoxicas) para el transporte de productos alimentarios. Tienen una excelente resistencia a grasas y aceites animales y vegetales, y cumplen con las más estrictas normativas alimentarias internacionales (FDA-USDA, Directivas de la U.E., etc.).

**TABLA 2.10** Características de las bandas transportadoras

**Fuente:** (Bandas Industriales)

De acuerdo a la tabla 2.10 las bandas transportadoras de tipo breda son las más apropiadas para la realización del proceso de producción de plántulas porque las condiciones de trabajo estará presente en todo momento el polvo y la abrasión.

A continuación en la siguiente figura se detallan únicamente las características de las bandas transportadoras de PVC tipo breda existentes en el mercado y de las cuales se elige la que se va a utilizar para el movimiento de las bandejas para la máquina sembradora:

Tipo de banda	Cobertura superior					Cobertura inferior					
	Material	Dureza °ShA	Color	Espesor mm	Acabado	Material	Dureza °ShA	Color	Espesor mm	Acabado	
Breda	B12 UF <sup>V</sup>	PU	93	Verde 09	0,30	Liso			Crudo		WP
	B20 UF <sup>V</sup>	PU	93	Verde 09	0,50	Liso			Crudo		Tejido
	B07 CF	PVC	82	Verde 00	0,50	Liso			Crudo		Tejido
	B12 CF	PVC	82	Verde 00	0,50	Liso			Crudo		Tejido
	B12 CK	PVC	82	Verde 00	0,50	Liso	PVC	90	Verde 00	0,70	Grabado K
	B20 CF	PVC	82	Verde 00	1,00	Liso			Crudo		Tejido
	B20 CK	PVC	82	Verde 00	1,00	Liso	PVC	90	Verde 00	0,70	Grabado K
	B20 FF			Negro 00		Tejido			Crudo		Tejido
	B22 CF	PVC	82	Verde 00	2,00	Liso			Crudo		Tejido
	B23 CF	PVC	45	Verde 00	3,00	Liso			Crudo		Tejido
	B25 CF	PVC	82	Verde 00	1,00	Liso			Crudo		Tejido
	B30 CF	PVC	82	Verde 00	2,00	Liso			Crudo		Tejido
	B33 CF	PVC	45	Verde 00	3,00	Liso			Crudo		Tejido

Temperatura en continuo (puntual) del producto transportado °C	Tejidos		Espesor banda mm	Peso banda kg/m <sup>2</sup>	a 20°C		Carga de rotura N/mm	Carga de trabajo al 1% alargamiento N/mm	Carga de trabajo al 1,5% alargamiento N/mm	Ancho máx. de fabricac. mm	Tipo de banda
	Nº de telas	Trama			A	B					
- 10 (-15) + 80 (105)	2	Rígida	1,60	1,90	40	60	120	10	16	2-3000	B12 UF <sup>V</sup>
- 10 (-15) + 80 (105)	2	Rígida	2,20	2,60	60	80	200	18	25	2-3000	B20 UF <sup>V</sup>
- 5 (-15) + 80 (100)	1	Rígida	1,00	1,10	10	25	60	5	7	3000	B07 CF
- 5 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	2,10	2,50	35	55	120	10	15	3000	B12 CF
- 5 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	2,70	2,95	50	50	120	7	12	2000	B12 CK
- 5 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	2,90	3,50	55	75	200	15	22	3000	B20 CF
- 5 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	3,50	4,00	70	70	140	9	15	2000	B20 CK
- 5 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	2,40	2,70	60	60	190	15	20	3000	B20 FF
- 5 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	4,00	4,80	80	100	200	17	25	3000	B22 CF
- 5 (-15) + 80 (100)	2	Rígida	4,80	5,80	80	120	200	15	22	3000	B23 CF
- 5 (-15) + 80 (100)	3	Rígida	4,00	4,80	100	120	275	22	30	3000	B25 CF
- 5 (-15) + 80 (100)	3	Rígida	4,90	5,80	120	150	300	22	30	3000	B30 CF
- 5 (-15) + 80 (100)	3	Rígida	6,00	7,00	130	200	300	20	28	3000	B33 CF

FIGURA 2.28 Características de bandas comerciales

Fuente: (Esbelt, 2014)

Por lo tanto la banda transportadora a emplear para el transporte de las bandejas en todo el sistema de sembrado es la banda tipo Breda B12 CK de espesor de 2.7[mm] y de color verde por ser un proceso industrial y agrícola.

A continuación en la siguiente tabla se detallan las características de la banda transportadora tipo Breda B12 CK:

Características	Datos
Tipo de Banda	Breda B12 CK.
Material	PVC.
Color	Verde.
Características especiales	Antiestática, resistente a aceites y grasa minerales y a la abrasión.
Espesor	2.7 [mm]
Largo	540 [mm]
Ancho	280 [mm]
Peso	2.95 [kg/m <sup>2</sup> ]

**TABLA 2.11** Características de la banda transportadora Breda B12CK

**Fuente:** (Bandas Industriales)

### 2.3.4 SELECCIÓN DEL MOTOR PARA LA BANDA TRANSPORTADORA

Para determinar el motor que permitirá movilizar la banda transportadora es necesario determinar los requerimientos para su funcionamiento.

Los parámetros iniciales de funcionamiento de la banda transportadora es la distancia de la banda transportadora, la cual abarca aproximadamente 4 *bandejas* en todo su largo.

Entonces, si la velocidad requerida del motor fuera de 2 [cm/seg] y si cada bandeja mide 56 [cm], por tal motivo la velocidad de la banda transportadora se expresa de la siguiente manera:

$$2 \text{ [cm]} \rightarrow 1 \text{ [seg]}$$

$$56 \text{ [cm]} \rightarrow ?$$

La relación es:  $\frac{56 \text{ [cm]}}{28 \text{ [seg]}}$  lo que equivale a decir:  $\frac{1 \text{ [bandeja]}}{28 \text{ [seg]}}$

Y expresada en el número de bandejas por minutos se obtiene el siguiente valor:

$$2.1429 \left[ \frac{\text{bandejas}}{\text{min}} \right]$$

Entonces, la velocidad obtenida es:  $2.1429[\text{bandejas}/\text{min}]$ .

Para definir la velocidad en  $[m/\text{min}]$ , se realiza la siguiente relación de unidades:

$$2.1429 \left[ \frac{\text{bandejas}}{\text{min}} \right] \times \frac{0.56 \text{ [m]}}{1 \text{ [bandeja]}} = 1.2 \left[ \frac{\text{m}}{\text{min}} \right]$$

Para determinar la velocidad en  $[ft/\text{min}]$ , se incrementa un 30% como factor de seguridad del valor a obtener:

$$1.2 \left[ \frac{\text{m}}{\text{min}} \right] + 30\%(\text{más eficiencia}) = 1.56 \left[ \frac{\text{m}}{\text{min}} \right] = 5.12 \left[ \frac{\text{pie}}{\text{min}} \right]$$

Entonces, la velocidad de la banda transportadora es aproximadamente de:  $6 [\text{pie}/\text{min}]$

Para determinar la capacidad de carga de la banda transportadora se realiza el siguiente cálculo:

$$W_{\text{bandeja}} \times 2 = W_{\text{total\_bandeja}}$$

#### **Ecuación 2.43** Cálculo del peso por bandeja

Donde:

$W_{\text{bandeja}}$  : Peso de la bandeja sembrada.  $[\text{kg}/\text{bandeja}]$

$W_{\text{total\_bandeja}}$  : Peso total de la bandeja sembrada multiplicado por un factor de seguridad igual a 2.  $[\text{kg}/\text{bandeja}]$

$$4.5359 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{bandeja}} \right] \times 2 = 9.07 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{bandeja}} \right]$$

A continuación se realiza un despeje de unidades para determinar el peso por bandeja en [lb/pie]:

$$10 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{bandeja}} \right] \times \frac{1 [\text{bandeja}]}{0.56 [\text{m}]} \times \frac{1 [\text{m}]}{3.28 [\text{pie}]} \times \frac{2.2 [\text{lb}]}{1 [\text{kg}]} = 11.98 [\text{lb/pie}]$$

$$\text{Capacidad} = 12 [\text{lb/pie}]$$

Para el cálculo de la unidad motriz del transportador es necesario tomar en cuenta el coeficiente de fricción dado por el tipo de banda a utilizar, la cual se muestra en la siguiente figura.

De la tabla 2.11 se obtiene el peso de la banda transportadora, el cual se empleará en el cálculo de la potencia del motor el mismo que se detalla a continuación:

$$\text{HP} = \frac{(W + w)(f)(s)}{33000}$$

**Ecuación 2.44** Cálculo de la potencia del motor

Donde:

$HP$  : Potencia del motor. [HP]

$W$  : Peso de carga. [lb]

$w$  : Peso de banda. [lb]

$f$  : Coeficiente de fricción

$s$  : Velocidad. [ft/min]

$$\text{HP} = \frac{(50 + 0.0049)(0.4)(6)}{33000}$$

$$\text{HP} = 0.00363672 [\text{HP}]$$

El diámetro de los rodillos de transmisión de la banda es: 10.16 [cm]

Si el perímetro de cada rodillo es:

$$L_{rodillo} = 2\pi r$$

**Ecuación 2.45** Cálculo del perímetro de los rodillos de transmisión de la banda

Donde:

$L_{rodillo}$  : Perímetro de los rodillos. [m]

$r$  : Radio de los rodillos. [m]

$$L_{rodillo} = 2 \times \pi \times \frac{0.1016}{2}$$

$$L = 0.3192 \text{ [m]}$$

La relación de velocidad de la banda es la siguiente:

$$\frac{1.56 \text{ [m]}}{\text{[seg]}} = \frac{1 \text{ [rev]}}{0.3192 \text{ [m]}}$$

La relación de transmisión es:

$$4.8872 \left[ \frac{\text{rev}}{\text{min}} \right]$$

Entonces, el torque al que va a trabajar el motor es:

$$T = \frac{63000 \text{ HP}}{n}$$

**Ecuación 2.46** Cálculo del torque del motor

Donde:

$T$  : Torque del motor. [Nm]

$n$  : Relación de transmisión. [rpm]

$$T = \frac{63000 \times (0.00363672)}{4.8872}$$

$$T = 46.88 [lb \cdot in]$$

$$T = 5.29 [N \cdot m]$$

Con el valor del torque calculado se determina el motor a utilizar para el transporte de las bandejas en la banda transportadora.

En la siguiente tabla se detallan las características técnicas que posee el motor seleccionado, de acuerdo al valor del torque calculado:

Características		Descripción
Tipo de motor		AC Servomotor
Modelo		SMH80S-0075-30AAK-3LKH
Tensión [V]		220
Rango de Potencia [W]		750
Rango de Velocidad [rpm]		3000
Torque [Nm]	Nominal	2.39
	Máximo	7.17
	Parada	2.63
Corriente [A]	Nominal	3.9
	Máximo	11.7
	Parada	4.4

**TABLA 2.12** Características del servomotor

**Fuente:** (Kinko, 2013)



**FIGURA 2.29** Servomotor Kinco

**Fuente:** (Kinco, 2013)

El servomotor figura 2.29 seleccionado posee un driver figura 2.30 que permite controlar el servomotor utilizando varios comandos de configuración.

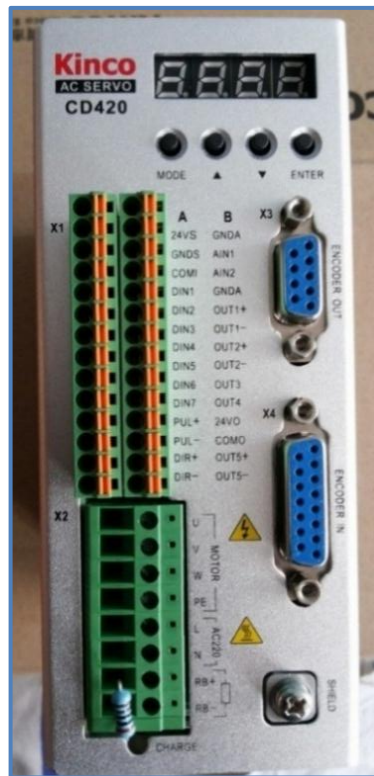
En la siguiente tabla se detallan las características técnicas que posee el driver que controla el funcionamiento del servomotor:

Características	Descripción
Tipo de driver	Servo driver CD 420
Tensión [VAC]	220
Elementos del driver	Fuente de alimentación para el control de 24 [VDC]
Elementos del driver	7 entradas digitales
	Entrada de señal de pulso
	2 entradas análogas
	4 salidas de corriente 100 [mA]
	Salidas digital de 24 [V]y 100[mA]
	Salidas de control de freno
	Entrada/salida del encoder

**TABLA 2.13** Selección del motor para la banda transportadora

**Fuente:** (Kinco, 2012)





**FIGURA 2.30** Servo-driver Kinco

**Fuente:** (Kinco, 2012)

## 2.4 SELECCIÓN DE LOS SENSORES Y ACTUADORES

Para seleccionar los elementos que permitirán censar las distintas variables de funcionamiento así como activar los distintos procesos dentro del sembrado es necesario determinar las características técnicas de cada uno de estos.

Los sensores y actuadores que se van a emplear en el proceso de sembrado se encuentran detallados en la siguiente tabla:

Sensor	Cantidad	Uso
Final de carrera	1	Detección de presencia de las bandejas para el sembrado
Actuadores	Cantidad	Uso
Electroválvula	1	Activación del generador de vacío
Servomotor	1	Activación del mecanismo de succión de las semillas
Motores DC	2	Activación de los motores excéntricos (vibradores)

**TABLA 2.14** Selección de los sensores y actuadores

**Fuente:** Autor

### 2.4.1 FINAL DE CARRERA

Los actuadores mecánicos de final de carrera son sensores que permiten detectar la presencia de objetos de cualquier tipo de material, solamente con rozar el sensor se activa un relé que permite enviar una señal digital al controlador para configurar su funcionamiento.

El sensor final de carrera (figura 2.31) permitirá detectar si la bandeja se encuentra en la posición exacta justo debajo de la sembradora para proceder a absorber la semilla y luego soltar exactamente las semillas en las celdas de la bandeja.

A continuación se detallan en la siguiente tabla las características técnicas del sensor de final de carrera:

Características	Descripción
Material	Resina, plástico y metal
Cabeza	Palanca con rodillo
Configuración de contacto	1 NC + 1 NO
Amperaje/Tensión	5 [A] – 110 [VAC]
	0.4 [A] – 115 [VDC]

**TABLA 2.15** Características de funcionamiento los finales de carrera

**Fuente:** (CAMSCO, 2006)



**FIGURA 2.31** Final de carrera tipo rodillo

**Fuente:** (CAMSCO, 2006)

## 2.4.2 ELECTROVÁLVULA

La electroválvula (figura 2.32) a emplear en el proceso de sembrado de las semillas permitirá la activación del generador de vacío en el momento en que la bandeja se posicione debajo de la sembradora para iniciar el proceso de sembrado, el final de carrera será el que active la electroválvula para succionar las semillas y depositarlas en las bandejas.

En la siguiente tabla se detallan las características técnicas de la electroválvula a utilizar:

Características	Descripción
Tipo de válvula	5/2
Voltaje de operación	24 [VDC]
Presión de operación	1.5 ~ 8 [bar]
Potencia	3 [W]
Grado de Protección	IP65
Tamaño del puerto	1/4 "

**TABLA 2.16** Características de la electroválvula

Fuente: (SNS)



**FIGURA 2.32** Electroválvula 5/2

Fuente: (SNS)

## 2.4.3 SERVOMOTOR

Se seleccionó un servomotor de corriente continua por la precisión que se necesita en el movimiento de las boquillas a su destino además este servomotor es de fácil acceso en nuestro medio.

En la siguiente figura se muestra el servomotor de corriente continua:



**FIGURA 2.33** Servomotor HITEC HS-485HB

**Fuente:** (Servocity, 2014)

En la siguiente tabla se muestran las características del servomotor seleccionado 4.8 [Kg cm]:

Característica	Descripción
Sistema de control	+ ancho de pulso de 1500 [ $\mu\text{sec}$ ] Neutral
Pulso requerido	3 – 5 [VDC] pico a pico de onda cuadrada
Tensión de funcionamiento	4,8 a 6,0 [VDC]
Rango de temperatura de funcionamiento	-20 a + 60 <i>grados</i> [ $^{\circ}\text{C}$ ]
Velocidad de funcionamiento (4.8V)	0.22sec/60 ° sin carga
Velocidad de funcionamiento (6.0V)	0.18sec/60 ° sin carga
Torque (4.8V)	4.8 [kg cm]
Par máximo (6.0V)	6 [kg cm]
Consumo de corriente (4.8V)	8 [mA/idle], 160 [mA] ninguna operación de carga
Consumo de corriente (6.0V)	8.8 [mA/idle], 180[mA] ninguna operación de carga
Ancho de banda muerta	8 [ $\mu\text{sec}$ ]
Tipo de motor	3 Pole ferrita Motor

**TABLA 2.17** Características técnicas del servomotor

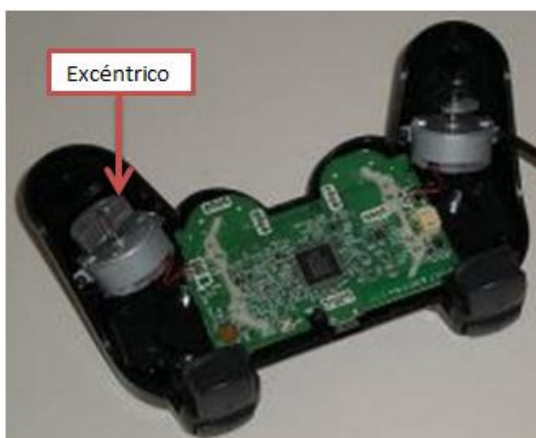
**Fuente:** (Servocity, 2014)

#### 2.4.4 MOTORES DC

Se seleccionó dos motores dc y se los transformó en motores excéntricos para lograr generar una pequeña vibración en la base de las semillas, la vibración ayudará a distribuir en forma uniforme a las semillas para que puedan con facilidad absorber las puntas de succión y así sembrarlas correctamente a las bandejas.

Los motores dc fueron seleccionados debido a que su adquisición es fácil en el mercado y también son de bajo costo, el excéntrico que se colocó al eje del motor dc es reciclado, se lo puede conseguir de alguna palanca dañada de PlayStation (figura 2.34) o de cualquier aparato que tenga vibración.

El motor excéntrico (figura 2.35) posee una masa asimétrica en el extremo del eje, la cual genera vibración en la base de las semillas. En este proyecto se colocarán dos motores excéntricos para conseguir una rápida distribución de semillas, para la amortiguación de la vibración generada por los motores se seleccionaron resortes para que absorban las vibraciones producidas por los motores excéntricos.



**FIGURA 2.34** Motores excéntricos de una palanca de Play Station

**Fuente:** Autor



**FIGURA 2.35** Motores excéntricos en la máquina sembradora

**Fuente:** Autor

En la siguiente tabla se detallan las características de los motores seleccionados:

Características	Descripción
Rango de voltaje	8~12 [VDC]
Velocidad	6600 [rpm]
Corriente	0.786 [A]
Torque	7.27 [Nm]
Potencia	5.04[W]

**TABLA 2.18** Características de los motores excéntricos de la máquina sembradora

Fuente: (aliexpress, 2014)

## 2.5 LUCES PILOTO

Las luces piloto que permitirán la visualización de los estados de los procesos de la máquina, las luces piloto a utilizar en el sistema de control son tres.

En la siguiente tabla se detallan las luces piloto a emplear con sus respectivas características y su respectiva función:

LUZ PILOTO	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	FUNCIÓN
	110 [VAC] Color: Rojo	Indica que la máquina está energizada pero no está funcionando.
	Tensión: 24 [VDC] Corriente: 20 [mA] Color: Verde	Indica que la máquina está funcionando correctamente.
	Tensión: 24 [VDC] Corriente: 20 [mA] Color: Amarillo	Indica que existe alguna falla en el proceso que debe ser revisada.

**TABLA 2.19** Luces piloto del tablero de control

Fuente: (CAMSCO, 2006)

## 2.6 PULSADORES

Los pulsadores tipo rasantes son los más adecuados para cumplir con las características de interacción directa del usuario con la máquina.

En la siguiente tabla se detallan los pulsadores a utilizar en el sistema de control junto con sus características:

PULSADOR	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	FUNCIÓN
	Tipo: rasante Contacto: NC  110 [VAC]	Apaga la máquina y permite que está vuelva a ser encendida al presionar el pulsador de encendido.
	Tipo: rasante Contacto: NO  24 [VDC]	Enciende la máquina y permite que esta funcione correctamente.
	Tipo: seta Contacto: NC  24 [VDC]	Apaga la máquina y no permite que esta pueda ser encendida de inmediato si no se desenchava el paro de emergencia.

**TABLA 2.20** Pulsadores del tablero de control

**Fuente:** (CAMSCO, 2006)

Los pulsadores para el encendido y apagado de la máquina son de tipo rasante con el objetivo de impedir que por algún descuido o roce el usuario active o desactive la máquina sin intención alguna.

El pulsador de paro de emergencia como el de encendido y de apagado está conectados a la línea de alimentación y se encuentran completamente visibles en el tablero de control.

## 2.7 SELECCIÓN DE CONTROLADORES

Para controlar la máquina sembradora se utilizó un controlador programable LOGO! debido a que la máquina sembradora se encuentra en relacionada con una máquina dosificadora de turba por lo tanto la activación de la electroválvula para la activación del generador de vacío se la realiza a través de una salida tipo relé del PLC.

Para la recepción de la señal emitida por el final de carrera y la salida de las señales de los motores se utilizó una pequeña placa de Arduino el cual facilita el control del servomotor de corriente continua mediante un control de modulación por ancho de pulsos PWM.

### 2.7.1 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR PROGRAMABLE PLC

El PLC a utilizar en todo el proceso de producción de plántulas es un micro PLC (figura 2.36) debido a que la máquina no presenta gran demanda de control.

En la siguiente tabla se detallan las características técnicas del PLC LOGO!:

Características	Descripción
Nombre del PLC	LOGO! 12/24RC
Entradas	8 (4 analógicas)
Salidas	4 (tipo relé)
Rango admisible	10.8 [V] ... 28.8 [V DC]
"0" lógico	Máx. 5 [V DC]
"1" lógico	Mín. 8.5 [V DC]
Intensidad de entrada	0.1 – 1.5 [mA]

**TABLA 2.21** Características del PLC LOGO!

**Fuente:** (Siemens, 2012)



**FIGURA 2.36** Controlador programable LOGO! 12/24RC

**Fuente:** (Siemens, 2012)



## 2.7.2 SELECCIÓN DEL CONTROLADOR ARDUINO

Para controlar el movimiento de las boquillas de succión de un ángulo determinado a otro se seleccionó una placa como es el Arduino mini pro (figura 2.37) por su precio bajo y por su salida PWM, esta salida PWM controlaran al servomotor de corriente continua.

“El Arduino Mini pro es una placa con un microcontrolador ATmega168. Tiene 14 E/S digitales (6 de las cuales se pueden utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador interno, botón de reseteo y agujeros para el montaje de tiras de pines. Se le puede montar una tira de 6 pines para la conexión a un cable FTDI o a una placa adaptadora de la casa Sparkfun para dotarla de comunicación USB y alimentación.” (ARDUINO, 2014)

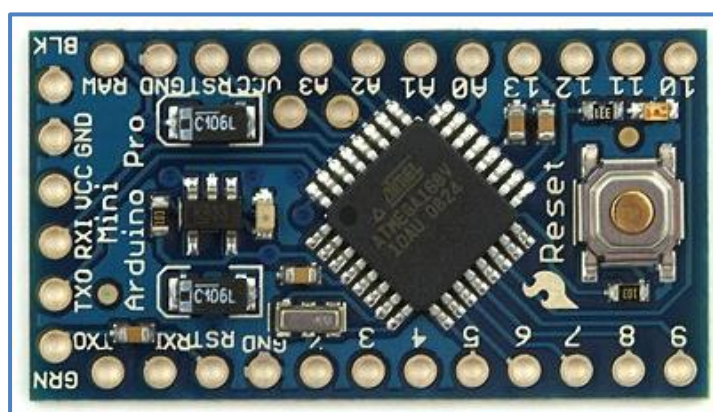


FIGURA 2.37 Arduino mini pro

Fuente: (ARDUINO, 2014)

En la siguiente tabla se muestra las características del Arduino mini pro:

Característica	Descripción
Microcontrolador	ATmega168
Voltaje de funcionamiento	5 [VDC]
Voltaje de entrada	5 – 12 [VDC]
Pines digitales E / S	14 (6 de los cuales tienen salida PWM)
Pines de entrada analógica	6
Máxima intensidad por E / S	40 [mA]
Memoria flash	16 [KB]
SRAM	1 [KB]
EEPROM	512 [byte]
Velocidad de reloj	16 [MHz]

TABLA 2.22 Características técnicas del Arduino mini pro

Fuente: (ARDUINO, 2014)

Para alimentar al Arduino pro mini se seleccionó una fuente de 5 [V] con un voltaje de entrada de 12 [V] ya que se utiliza la misma fuente de los vibradores, en la siguiente figura se muestra dicha fuente:



**FIGURA 2.38** Fuente de alimentación del Arduino mini pro  
**Fuente:** (Current-Logic, 2008)

En la siguiente tabla se muestra las características de la fuente de alimentación para el Arduino pro mini:

Característica	Descripción
Voltaje de entrada	12 [VDC]
Voltaje de salida	5 [VDC]
Corriente de salida	3[A] máx
Consumo de energía	5 [W]

**TABLA 2.23** Características de la fuente de 5 [V]  
**Fuente:** (Current-Logic, 2008)

## 2.8 SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE PROTECCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Para realizar la selección de los elementos de protección se toma como referencia principal al PLC seleccionado para prevenir posibles daños del mismo.

### 2.8.1 CONTACTORES

Elementos que realizan la conexión y desconexión de los motores y además emiten señales de potencia desde el PLC hacia el motor.

El contacto (figura 2.39) necesario para cumplir con las funciones antes mencionadas se determina mediante la siguiente tabla:

Característica	Descripción
Tensión nominal [VAC]	220
Corriente [A]	12
Potencial [kW]	4
Categoría de servicio	AC-1

**TABLA 2.24** Características técnicas del contactor

**Fuente:** *Schneider Electric*



**FIGURA 2.39** Contactor para la protección del motor

**Fuente:** *Schneider Electric*

### 2.8.2 BREAKER

Es el elemento que no puede faltar en el diseño e implementación del sistema de control debido a que protege al sistema completo de control y permite el paso o no de corriente hacia el sistema (figura 2.40).

En la siguiente tabla se detallan las características técnicas del Breaker seleccionado:

Característica	Descripción
Tensión [VAC]	220
Corriente [A]	15

**TABLA 2.25** Características técnicas del breaker

**Fuente:** *Schneider Electric*



**FIGURA 2.40** Breaker para la protección de la máquina

**Fuente:** *Schneider Electric*

### 2.8.3 FUSIBLES

Son imprescindibles para la protección del PLC en la alimentación, es decir, evita daños posiblemente producidos por cortocircuitos, a diferencia del breaker los fusibles pueden desactivarse automáticamente en caso de existir alguna sobrecarga que pueda dañar el sistema y el usuario no desactive el breaker.

Las características técnicas necesarias para la selección del fusible de protección de la máquina son las siguientes:

Características	Corriente Nominal	Descripción
Corriente de protección del servomotor AC [A] (Factor de protección igual a 3.5)	3.9	13.65
Corriente de protección del PLC[A] (Factor de protección igual a 2)	2.5	5

**TABLA 2.26** Características técnicas de los fusibles

**Fuente:** (CAMSCO, 2006)

Para seleccionar el fusible de protección (figura 2.41) del servomotor se seleccionó un valor superior al calculado y que además se lo puede encontrar en el mercado, el amperaje del fusible seleccionado fue de 16 [A] y el fusible para el PLC fue de 8 [A].



**FIGURA 2.41** Fusibles para la protección de la máquina

**Fuente:** (CAMSCO, 2006)

## CAPÍTULO III

### 3 IMPLEMENTACIÓN DE LA MÁQUINA SEMBRADORA

En este capítulo se detalla la construcción y ensamblaje de cada uno de los elementos que conforman la máquina sembradora.

#### 3.1 CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

En la construcción de la máquina se realizaron varias actividades de mecanizado, también denominadas operaciones tecnológicas, las cuales permiten realizar el proceso de construcción de cada componente de la máquina.

##### 3.1.1 OPERACIONES DE MECANIZADO

A continuación se enlistan las operaciones tecnológicas para mecanizar los elementos que forman parte la máquina sembradora, en la siguiente tabla:

Número	Operación
1	Trazado
2	Corte del material
3	Doblado
4	Fundido
5	Esmerilado
6	Taladrado
7	Roscado
8	Torneado
9	Barolado
10	Soldado
11	Fondeado
12	Pintado
13	Pulido

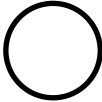
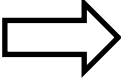


**TABLA 3.1** Operaciones de mecanizado

**Fuente:** Autor

### 3.1.2 DIAGRAMA DE FLUJO DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA MÁQUINA

Existe una norma en cuanto a la simbología existente para la representación de los diagramas de flujo, la norma American Society of Mechanical Engineers, Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos, (ASME) es la encargada de normalizar los símbolos de los diagramas de flujo de mecanizado.

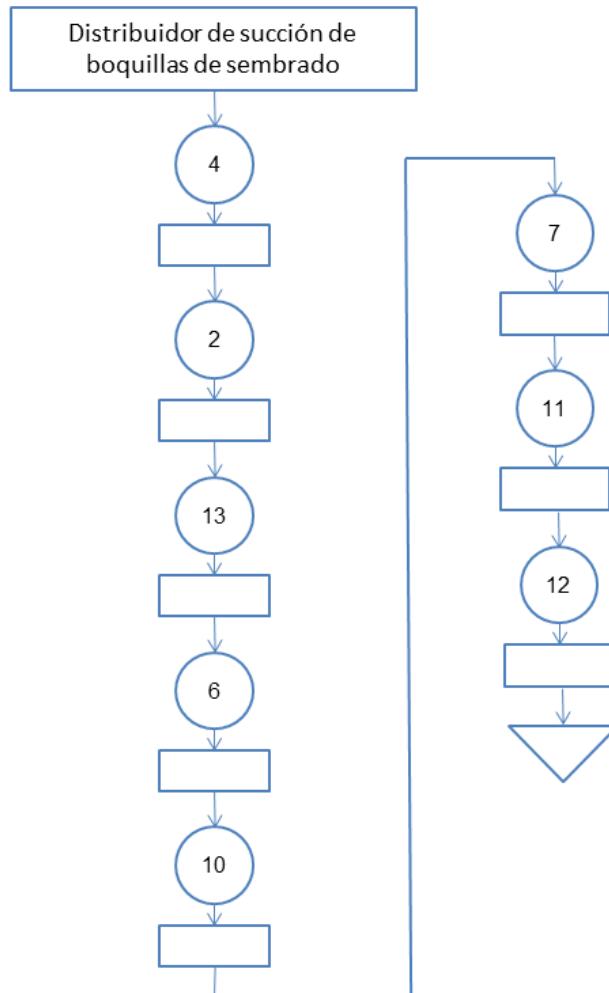
A continuación se detallan cada uno de los símbolos empleados en el mecanizado de la máquina sembradora:

Simbología	Interpretación	Descripción de la actividad
	Operación	Indica las fases del proceso
	Transporte	Indica el movimiento del material o elemento de un lugar a otro
	Inspección	Indica la inspección de la calidad o cantidad
	Fin del proceso	Indica el término del proceso

**TABLA 3.2** Simbología estándar para construir diagramas de flujo

**Fuente:** Norma ASME

A continuación se representan cada uno de los diagramas de flujo de las actividades realizadas para la construcción de la máquina sembradora:



**FIGURA 3.1** Construcción del distribuidor de succión de boquillas de sembrado

**Fuente:** Autor

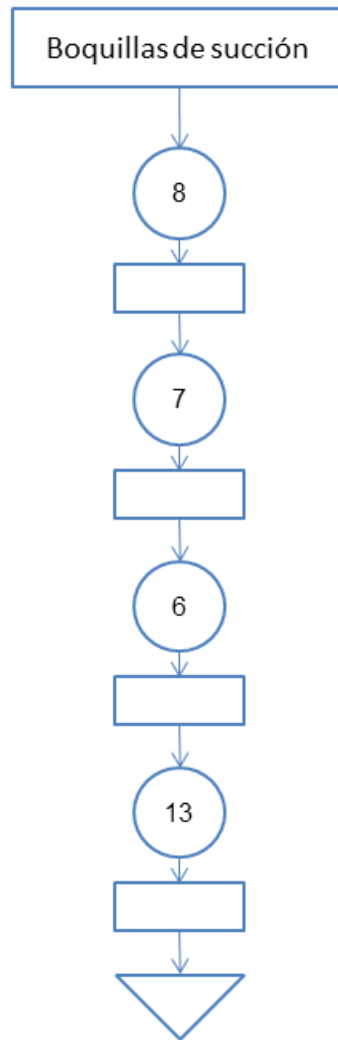
En la siguiente figura se observa el distribuidor de succión de boquillas de sembrado en su etapa final.



**FIGURA 3.2** Distribuidor de succión

**Fuente:** Autor





**FIGURA 3.3** Construcción de las boquillas de succión

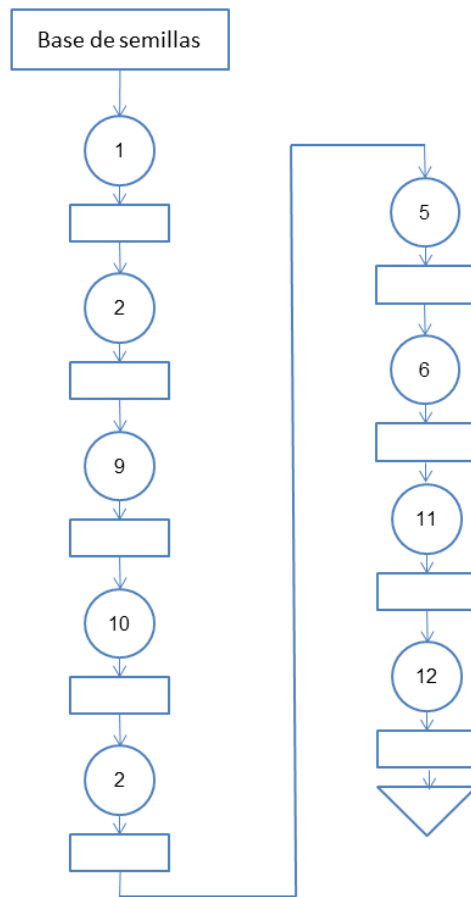
**Fuente:** Autor

En la siguiente figura se puede observar las boquillas de succión ya acopladas al distribuidor de succión.



**FIGURA 3.4** Boquillas de succión

**Fuente:** Autor



**FIGURA 3.5** Construcción de la base de las semillas

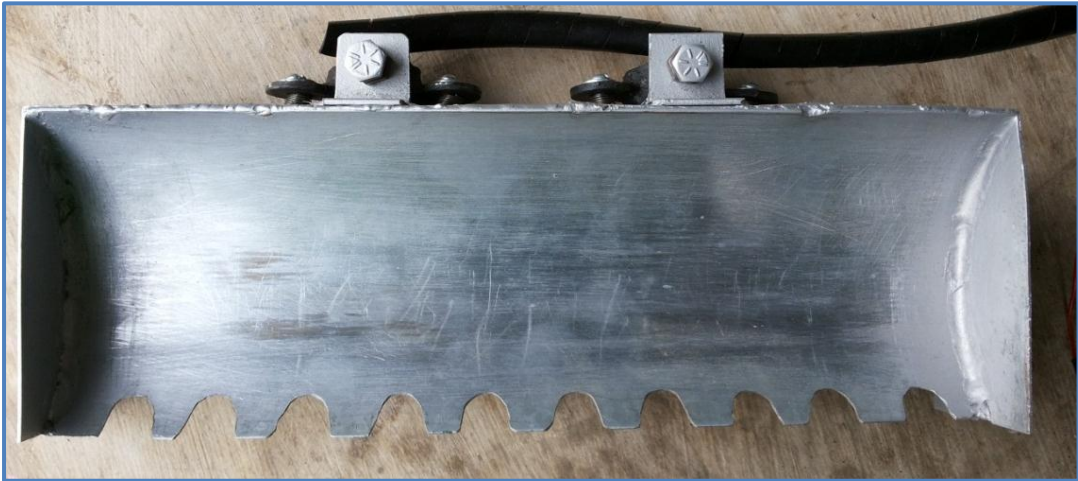
**Fuente:** Autor

En la figura 3.6 se observa una de las actividades que es el pulido de la base de semillas y en la figura 3.7 se puede apreciar la base de semillas en su etapa final.



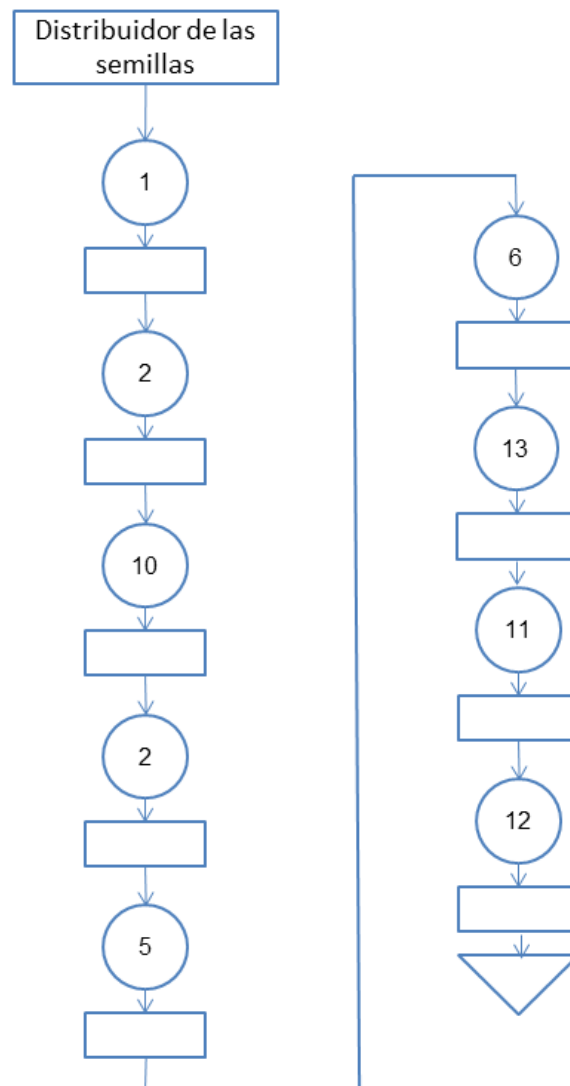
**FIGURA 3.6** Pulido de la base de las semillas

**Fuente:** Autor



**FIGURA 3.7** Base de las semillas

Fuente: Autor



**FIGURA 3.8** Construcción del distribuidor de las semillas

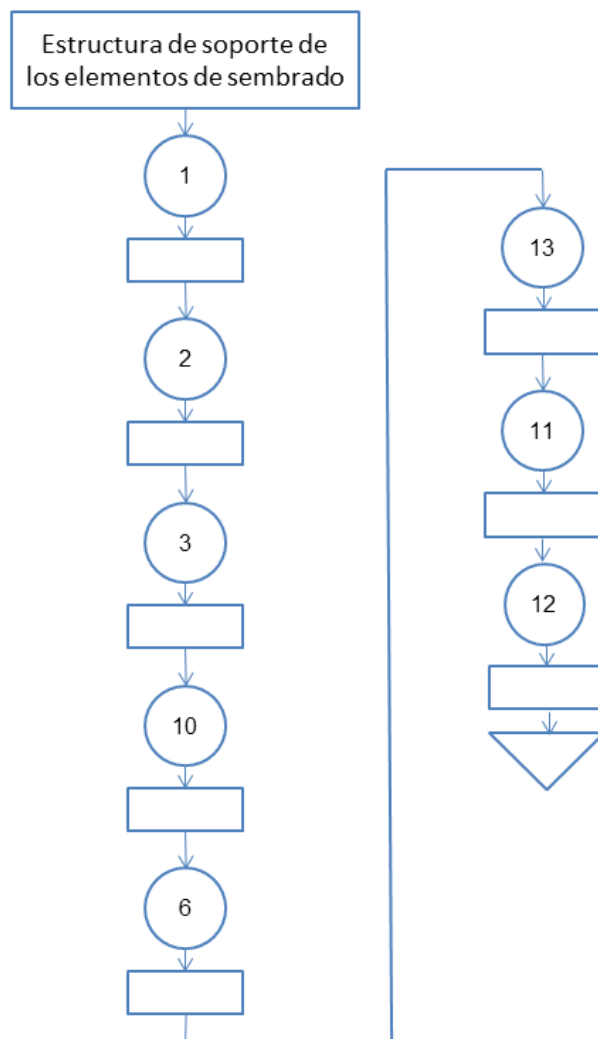
Fuente: Autor

En la figura 3.9 se puede ver el distribuidor de las semillas lista para ensamblar a la máquina



**FIGURA 3.9** Distribuidor de las semillas

**Fuente:** Autor



**FIGURA 3.10** Construcción de la estructura de soporte de los elementos de sembrado

**Fuente:** Autor

En la siguiente figura se observa la estructura de soporte de los elementos de sembrado ensamblada a la máquina.



**FIGURA 3.11** Estructura de soporte de los elementos de sembrado

**Fuente:** Autor

### 3.2 ENSAMBLAJE DE LA MÁQUINA

En el ensamblaje de la máquina se detallan las actividades de implementación de los elementos que constituyen cada uno de los sistemas que permiten el correcto funcionamiento de la máquina.

La simbología de la norma ASME también se emplea para representar el ensamblaje de los elementos que forman parte de la máquina y cada una de las actividades está representada por un código.

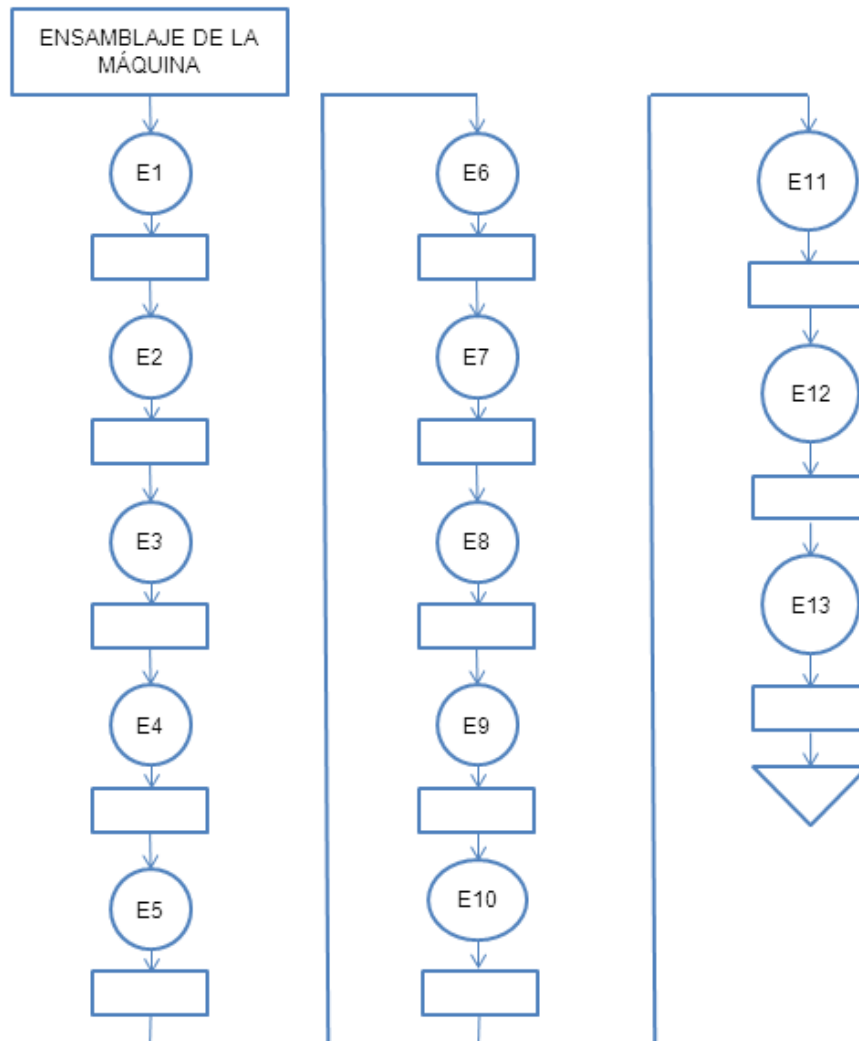
En la siguiente tabla se muestra las actividades de ensamblaje con su respectivo código.

Código	Actividad
E1	Instalación de la estructura de la banda transportadora
E2	Instalación de chumaceras
E3	Instalación de rodillos para la banda transportadora
E4	Instalación de la banda transportadora
E5	Instalación de la estructura de soporte de los elementos de sembrado

Código	Actividad
E6	Instalación de la base de semillas
E7	Instalación del distribuidor de las semillas
E8	Instalación de las boquillas de succión al distribuidor de succión
E9	Instalación de los rodamientos del eje
E10	Instalación del eje y distribuidor de succión
E11	Instalación de la placa electrónica de control y servomotor dc
E12	Instalación del servomotor AC.
E13	Instalación caja de control

**TABLA 3.3** Actividades de ensamblaje de la máquina

**Fuente:** Autor



**FIGURA 3.12** Diagrama de flujo del ensamblaje de los elementos de la máquina

**Fuente:** Autor

### 3.2.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE LA MÁQUINA

En la siguiente tabla se muestra la implementación del tablero de control de la máquina donde se detallan las actividades a realizarse y su código.

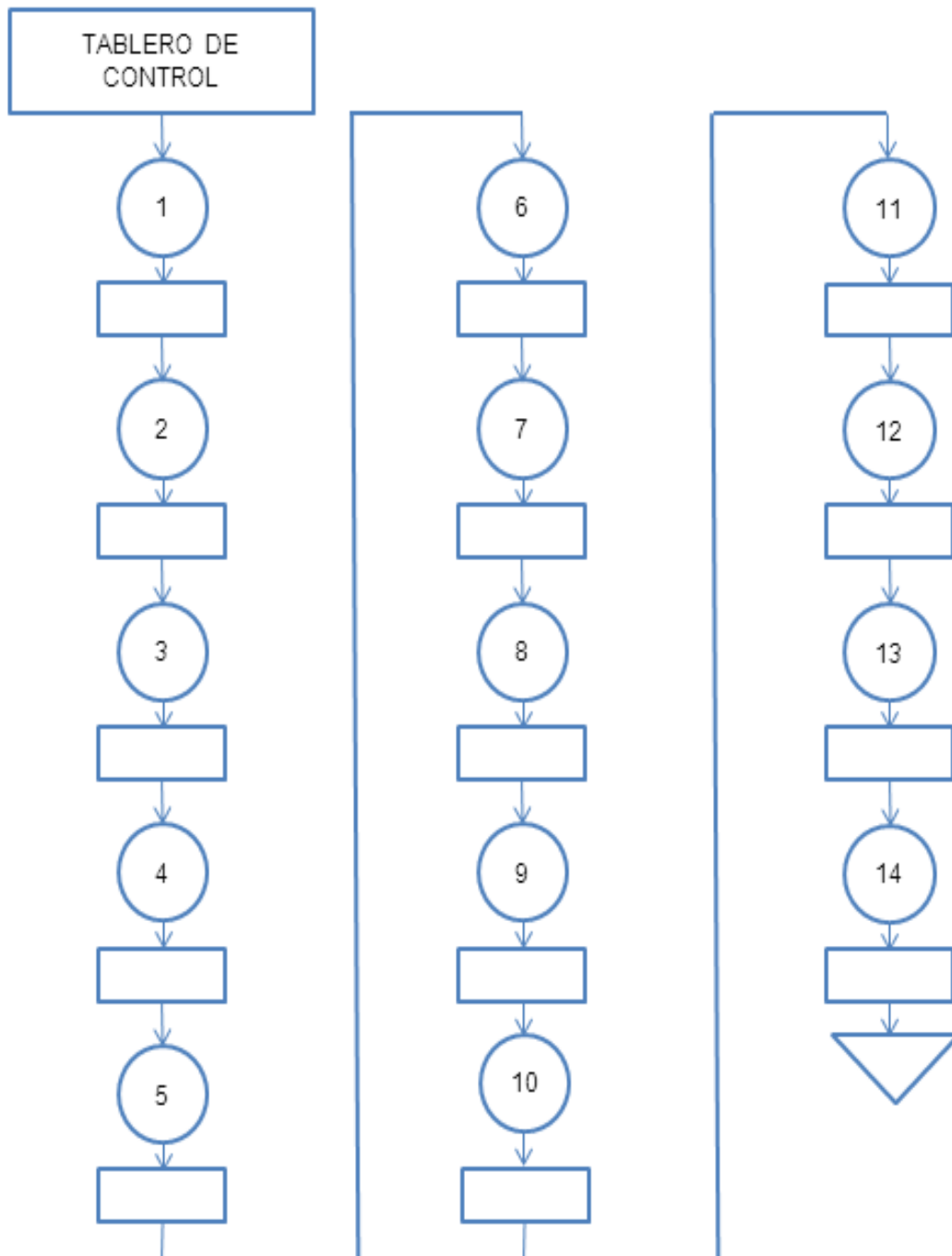
Código	Actividad
1	Selección de la caja
2	Colocación de riel
3	Colocación de los elementos de protección
4	Colocación de la fuente del PLC
5	Colocación del PLC
6	Colocación del módulo de expansión
7	Colocación de la fuente de 12 [V]
8	Colocación de borneras
9	Conexión de los elementos de señalización
10	Conexión pulsadores y paro de emergencia
11	Conexión de sensores
12	Conexión de actuadores
13	Etiquetado de cables
14	Energización de los elementos

**TABLA 3.4** Actividades de construcción del tablero de control

**Fuente:** Autor

### 3.2.1.1 IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

En la siguiente figura se muestra el diagrama de flujo de las actividades realizadas para la implementación del tablero de control con la ayuda de la tabla 3.4.




**FIGURA 3.13** Diagrama de flujo de la implementación del tablero de control

**Fuente:** Autor



La representación gráfica de las actividades realizadas se muestra a continuación en la siguiente tabla:

<p align="center"><b>Actividad 1</b></p>	<p align="center"><b>Actividad 2</b></p>
	
<p align="center"><b>Actividad 3</b></p>	<p align="center"><b>Actividad 4,5 y 6</b></p>
	
<p align="center"><b>Actividad 7,8,9</b></p>	<p align="center"><b>Actividad 10 y 11</b></p>
	
<p align="center"><b>Actividad 12</b></p>	<p align="center"><b>Actividad 13</b></p>
	

**TABLA 3.5** Implementación del tablero de control

**Fuente:** Autor

### 3.2.2 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO DE LA MÁQUINA

En la siguiente tabla se muestra la implementación de los elementos que componen el sistema neumático de la máquina con su respectivo código.

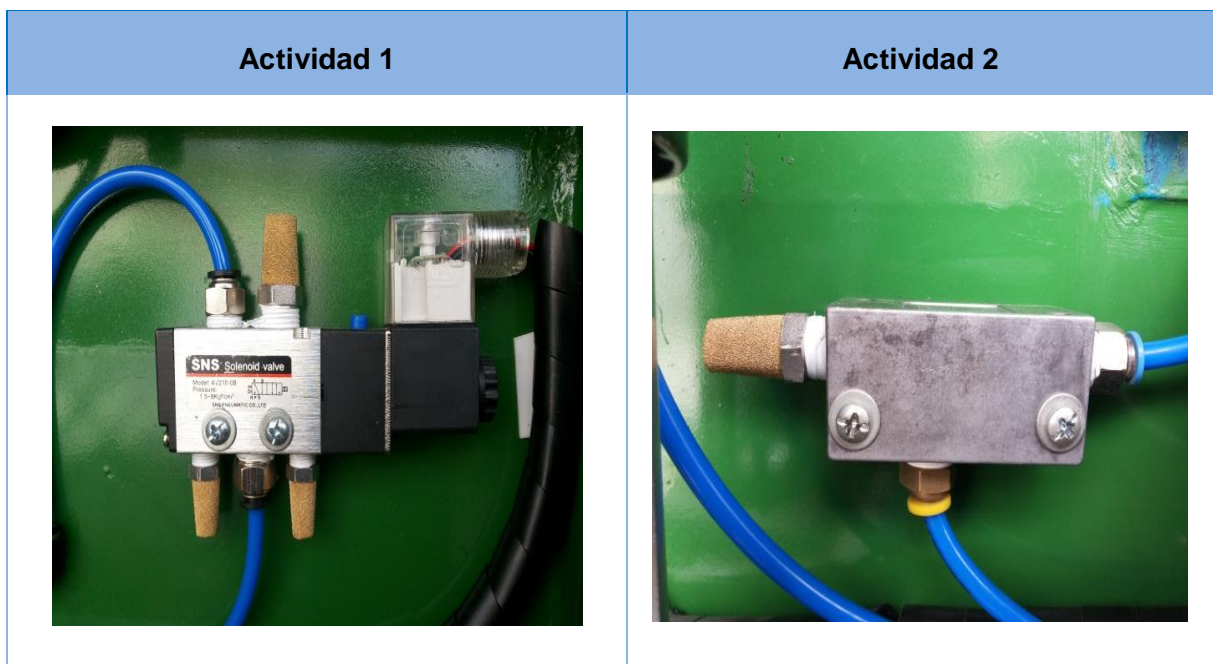
Código	Actividad
1	Colocación electroválvula
2	Colocación generador de vacío
3	Colocación de la unidad de mantenimiento
4	Colocación de racores y silenciadores
5	Conexión electroválvula
6	Conexiones de mangueras hacia los elementos neumáticos
7	Conexión compresor
8	Etiquetado de cables y mangueras

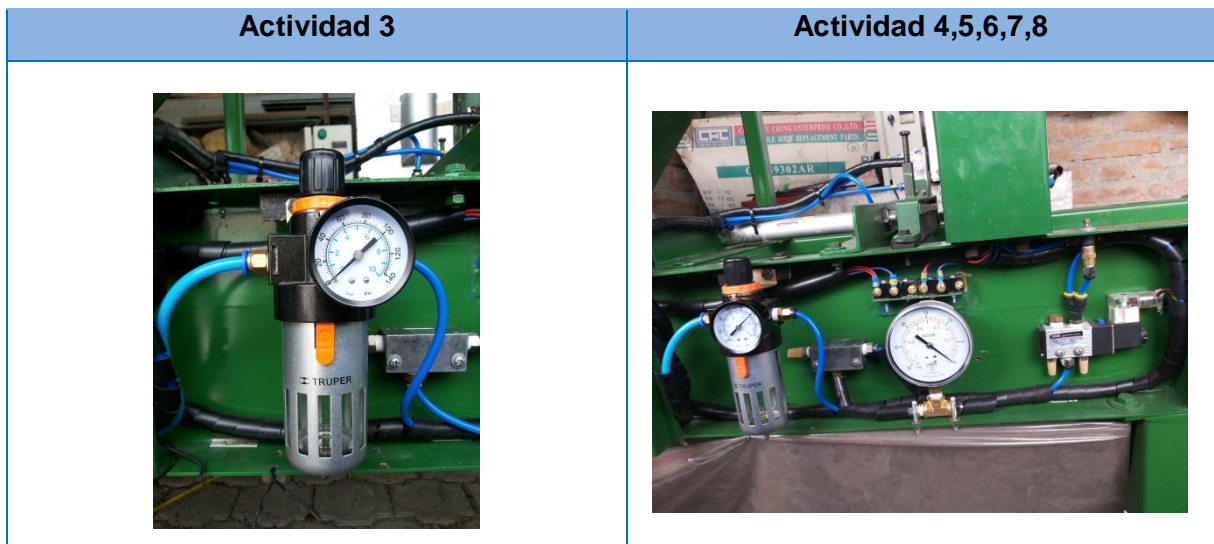
**TABLA 3.6** Actividades de implementación del sistema neumático

**Fuente:** Autor

#### 3.2.2.1 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA NEUMÁTICO

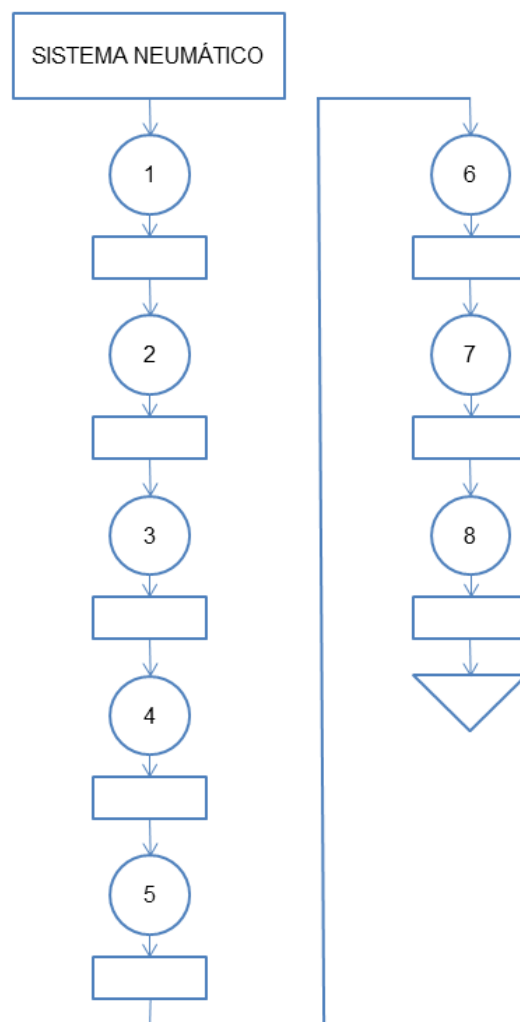
Representación gráfica de las actividades de implementación del sistema neumático:





**TABLA 3.7** Actividades del sistema neumático

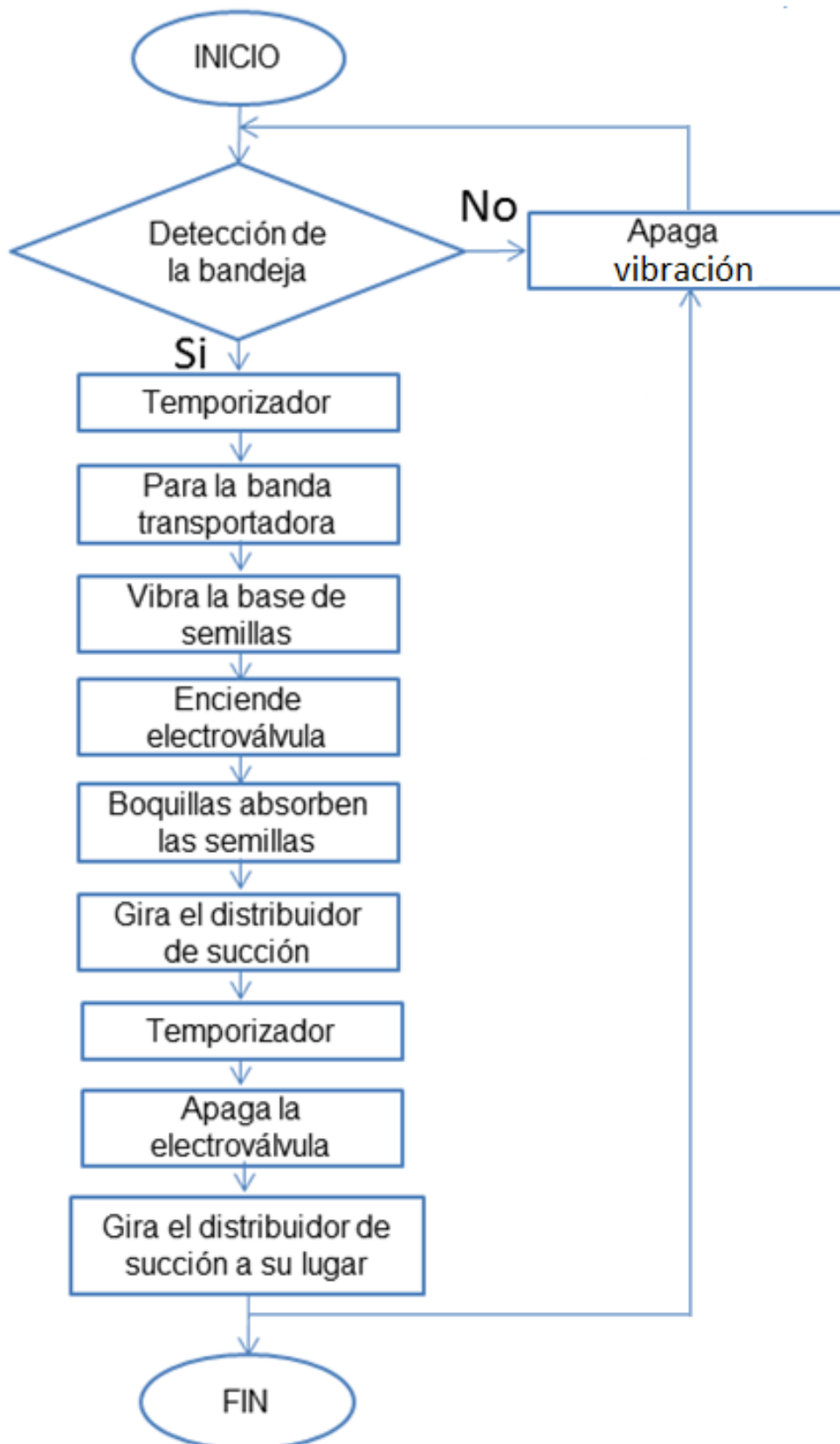
**Fuente:** Autor



**FIGURA 3.14** Diagrama de flujo de la implementación del sistema neumático

**Fuente:** Autor

### 3.2.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA DE CONTROL



**FIGURA 3.15** Flujograma del programa de control de la máquina

Fuente: Autor

### 3.2.4 TABLA DE VARIABLES

Dirección PLC	Nombre	Símbolo	Descripción
AI4	Entrada Motor	M1	Activación de los vibradores (motores excéntricos)
AI3	Entrada posición	P1	Posición del distribuidor de succión
Q1	Banda transportadora	BT	Activación de la banda transportadora
Q2	Vibración	VR	Activación de los vibradores
Q8	Activación de vacío	V1	Activa la electroválvula para generar el vacío de las semillas
Dirección Arduino	Nombre	Símbolo	Descripción
I6	Final de carrera 5	final_de_carrera	Presencia de bandejas para el sembrado
O9	Salida Motor	estado	Entrada del PLC para activación de los vibradores
O7	Salida posición	vibradores	Entrada del PLC para dar la posición del distribuidor de succión
O10	Salida PWM	myservo	Salida PWM que controla el servomotor para girar el distribuidor de succión

**TABLA 3.8** Tabla de variables de los controladores

**Fuente:** Autor

### 3.2.5 ESQUEMA DE CONEXIÓN ELÉCTRICA

El esquema de conexión eléctrica figura 3.16 se lo realizo en el software de diseño AUTOCAD 2013.

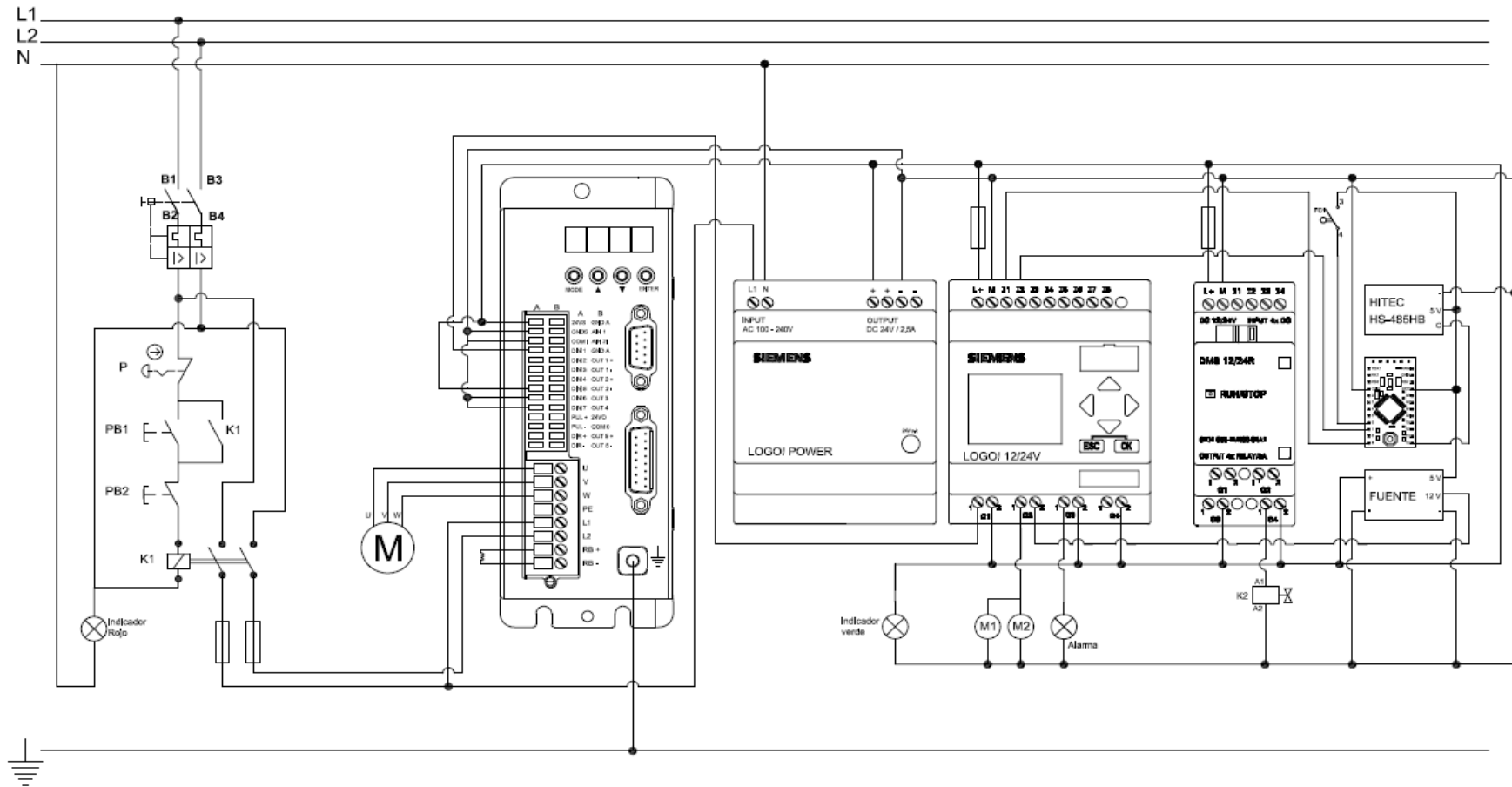


FIGURA 3.16 Esquema de conexión eléctrica

Fuente: Autor

### 3.2.6 ESQUEMA DE CONEXIÓN NEUMÁTICA

El esquema de conexión neumático (figura 3.17) se lo realizo en el software de diseño AUTOCAD 2013.

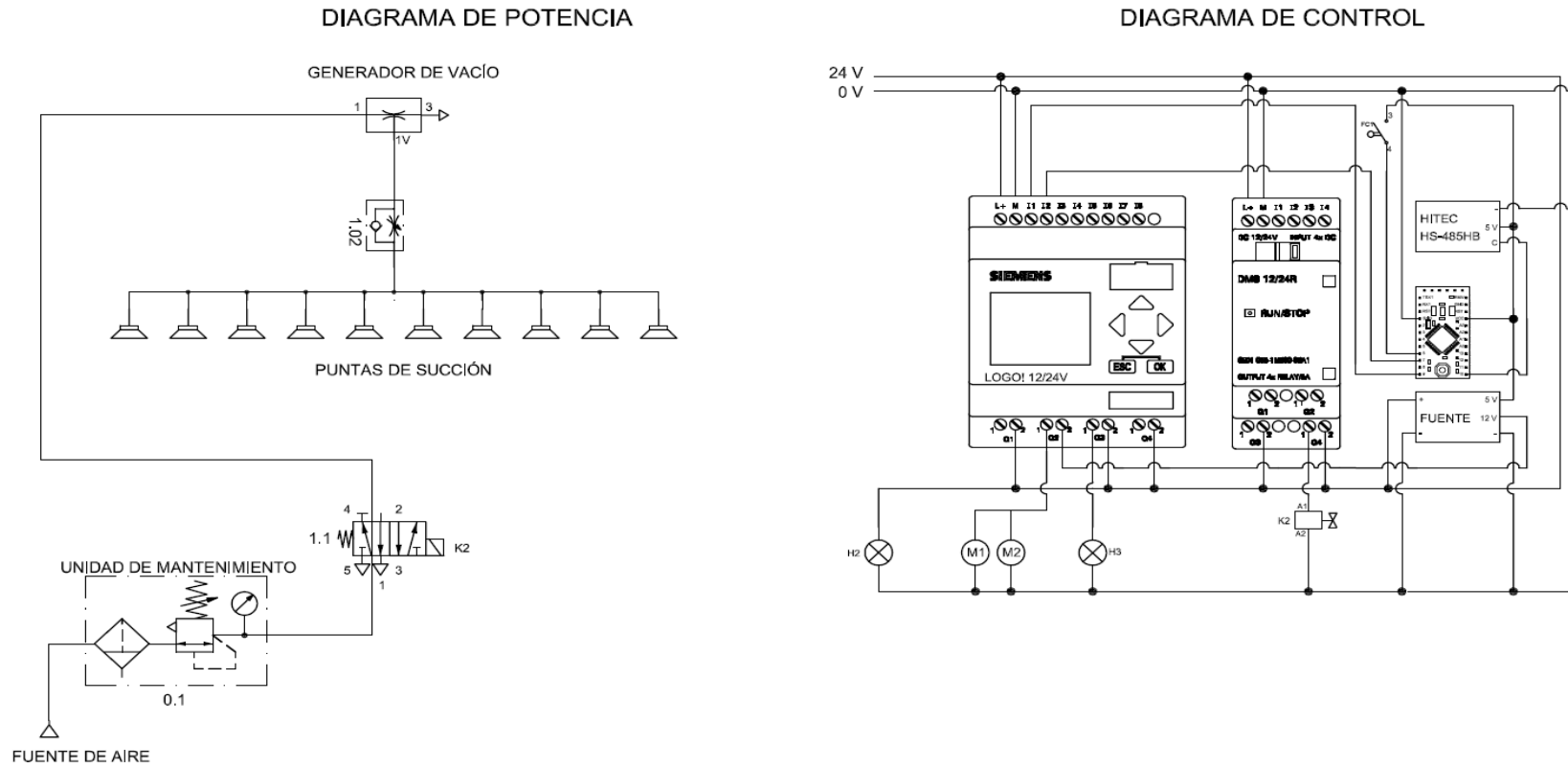
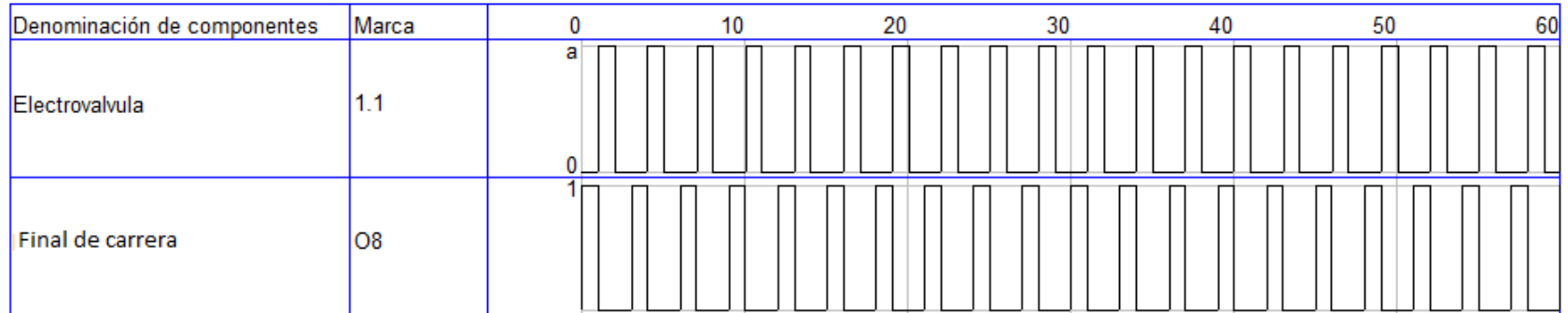


FIGURA 3.17 Esquema de conexión neumático

Fuente: Autor

### 3.2.7 DIAGRAMA ESPACIO - TIEMPO

El diagrama espacio tiempo (figura 3.18) se lo realizo en el software de FESTO FluidSim.



**FIGURA 3.18** Diagrama espacio tiempo

Fuente: *Autor*



### 3.2.8 PLACA DE CONTROL DE LA SEMBRADORA

La placa de control de la sembradora (figura 3.19) fue realizado por el paquete de diseño EAGLE, este software me permite realizar los circuitos impresos con gran facilidad además se lo puede encontrar gratis en internet.

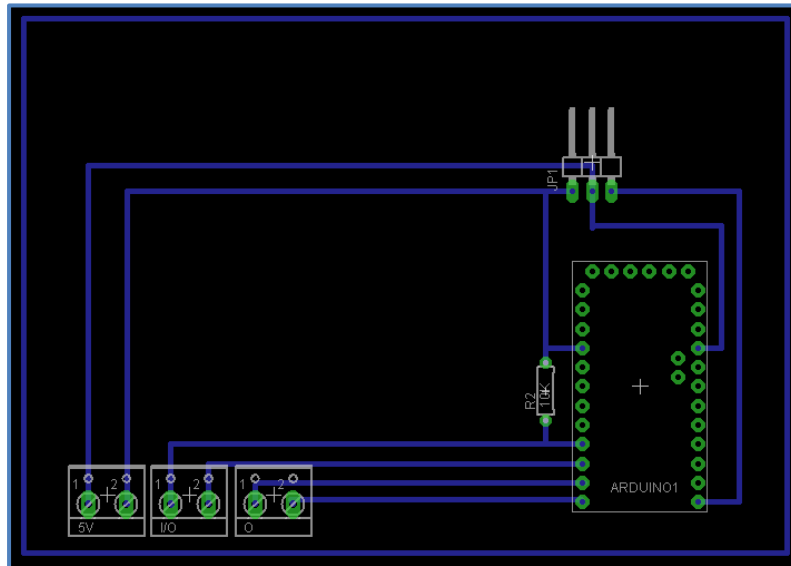


FIGURA 3.19 Diseño de la placa de control de la máquina sembradora

Fuente: Autor

### 3.2.9 PROGRAMA DEL PLC

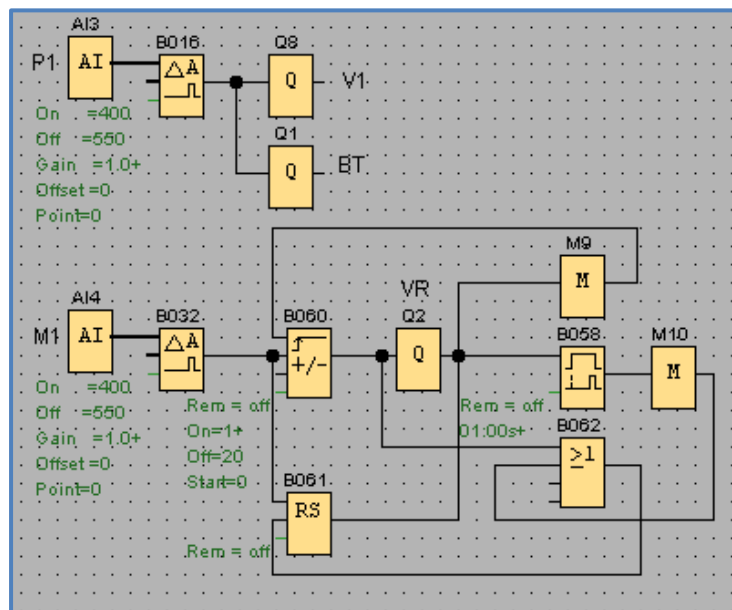


FIGURA 3.20 Programa del PLC

Fuente: Autor

### 3.2.10 PROGRAMA DEL ARDUINO

```
#include <Servo.h> // Carga la librería para controlar el servomotor
Servo myservo; // Crea un objeto para controlar al servomotor
int pos = 180; // Variable para almacenar la posición del servo
int final_de_carrera = 6; // Asigna el pin 6 a la variable final_de_carrera
int inicial; // Se declara la variable inicial
int vibradores = 7; // Asigna el pin 7 a la variable vibradores
int estado = 9; // Asigna el pin 9 a la variable estado
void setup()
{
  myservo.attach(10); // Asigna el pin 10 para control del servo
  pinMode(final_de_carrera, INPUT); // Variable final_de_carrera como entrada
  pinMode(vibradores, OUTPUT); // Variable vibradores como salida
  pinMode(estado, OUTPUT); // Variable estado como entrada
}
void loop()
{
  myservo.write(pos); // Inicializa servo en la posición dada (pos=180°)
  inicial = digitalRead(final_de_carrera); // Lee estado de final_de_carrera y se asigna a la variable inicial
  digitalWrite(vibradores, LOW); // Apaga vibradores
  if(inicial==HIGH) // Final de carrera estado alto
  {
    delay(50); // Espera 50ms para correcta lectura
    inicial = digitalRead(final_de_carrera); // Lee estado de final_de_carrera y se asigna a la variable inicial
    digitalWrite(vibradores, HIGH); // Prende vibradores
    if(inicial==LOW) // Final de carrera estado bajo
    {
      digitalWrite(estado, HIGH); // Envía estado alto al PLC para prender electroválvula
      delay(1000); // Espera 1000ms para que absorba las semillas
      for(pos = 180; pos >= 129; pos-=1) // Va de 180 grados a 129 grados
      {
        myservo.write(pos); // Dice al servo ir a la posición de la variable pos
      }
      digitalWrite(estado, LOW); // Envía estado bajo al PLC para apagar electroválvula
      digitalWrite(vibradores, LOW); // Apaga vibradores
      delay(1000); // Espera posición (pos=129°) 1000ms
      for(pos = 129; pos <= 180; pos += 1) // Va de 129 grados a 180 grados
      {
        myservo.write(pos); // Dice al servo ir a la posición de la variable pos
      }

      delay(1000); // Espera 1000ms
    }
  }
}
```

FIGURA 3.21 Programa del Arduino mini pro

Fuente: Autor

### 3.2.11 CONFIGURACIÓN DEL SERVOMOTOR

En la siguiente tabla se muestra las funciones para controlar el servomotor AC

Menú	Función del driver
F000	Establecer instrucciones del controlador
F001	Establecer visualización en tiempo real de los datos
F002	Ajustar los parámetros del bucle de control
F003	Ajuste de los parámetros del modo de operación y de entrada y salida
F004	Establecer los parámetros del motor
F005	Establecer los parámetros del driver
F006	Operación de prueba
F007	Comprobar el historial de registro de errores

**TABLA 3.9** Diagrama de funciones del servo-driver para el control del servomotor

**Fuente:** Autor

En los siguientes pasos se detallan la configuración de los parámetros requeridos para activar el servomotor mediante un pulso que lo active o desactive:

#### Paso 1.

En la siguiente tabla se definen los puertos de entrada digital de señales del servomotor.

Puertos	Parámetros de configuración
DIN1	Establece el driver como habilitador
DIN2	Establece como modo de operación del controlador
DIN5	Activa las señales de límite de posición positiva
DIN6	Establece el control interno de la velocidad
DIN7	

**TABLA 3.10** Definición de los puertos de entrada digitales del servo-driver

**Fuente:** (Kinco, 2011)

### Paso 2.

En la siguiente tabla se muestra los requerimientos para establecer un control interno de velocidad del servomotor:

Tabla de verdad		Velocidad [ <i>rpm</i> ]
DIN6	DIN7	
0	0	5
1	0	10
0	1	30
1	1	50

**TABLA 3.11** Tabla de verdad del control interno de velocidades

**Fuente:** (Kinco, 2011)

### Paso 3.

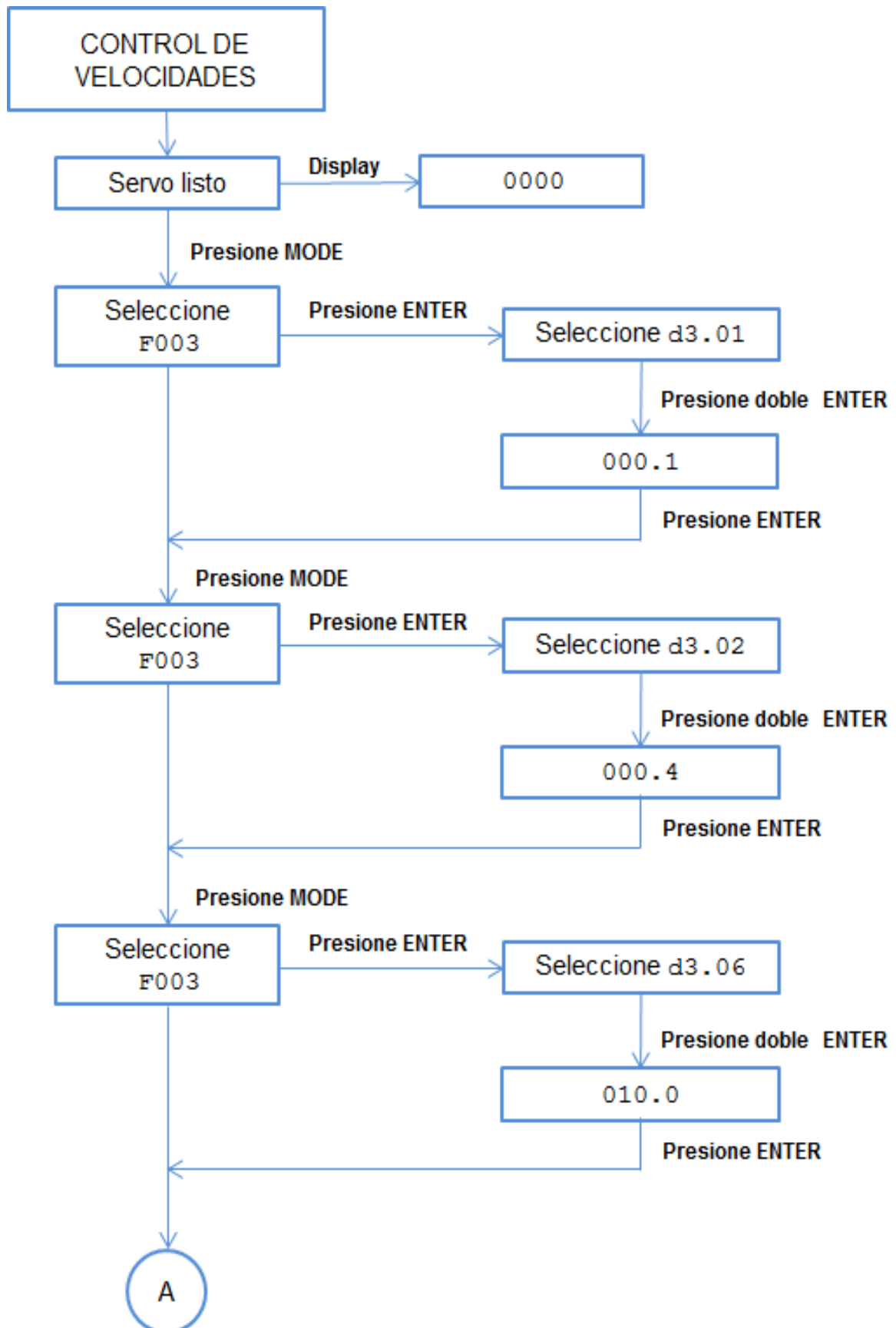
En la tabla siguiente se observa los parámetros de ajuste para el control interno de velocidades del servomotor:

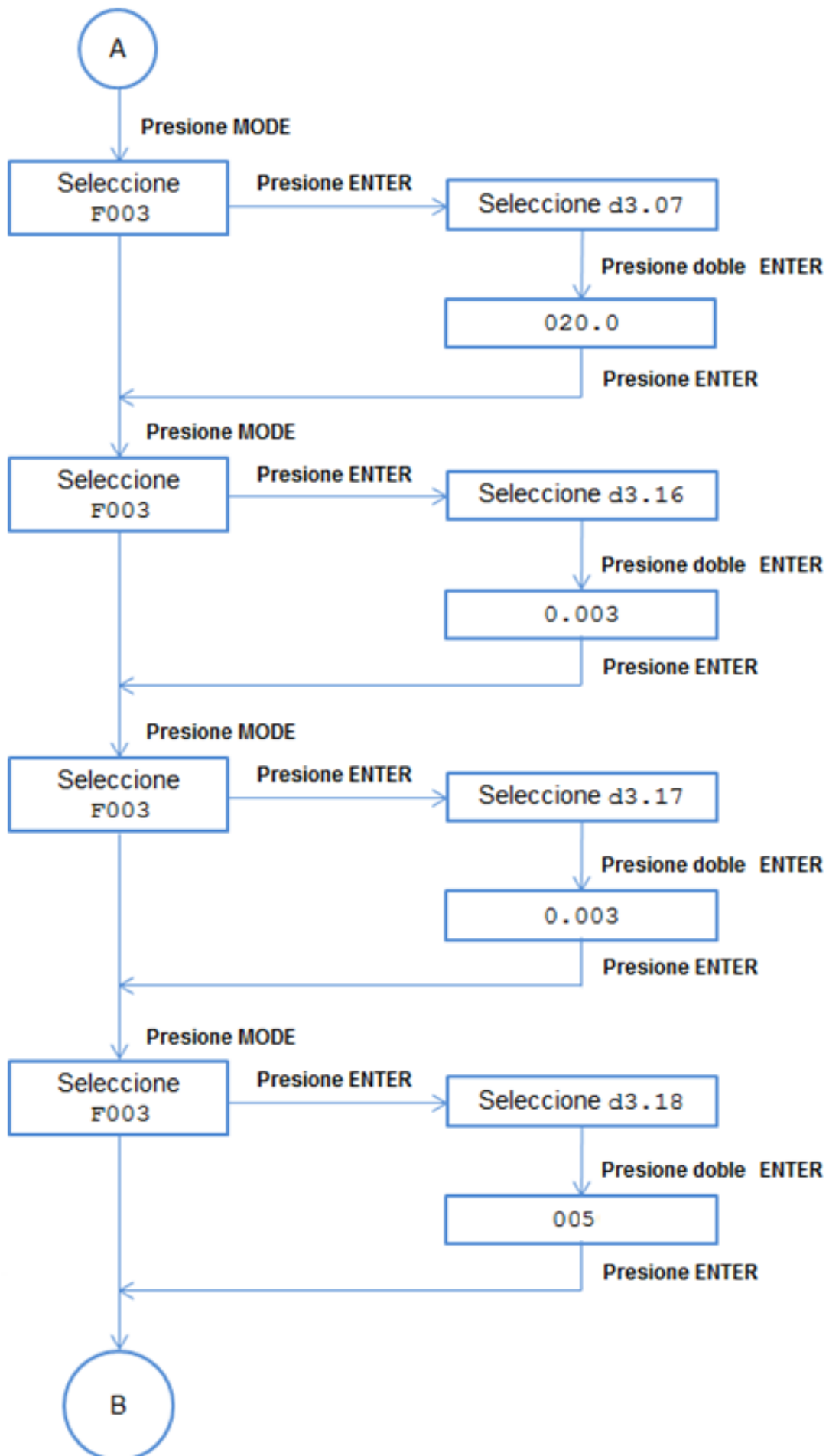
Display	Nombre de la variable	Valor de ajuste	Descripción
d3.01	Din1_Function	000.1	Habilitar el driver
d3.02	Din2_Function	000.4	Controlar los modos de operación de los controladores
d3.06	Din6_Function	010.0	Control de velocidad interna 0
d3.07	Din7_Function	020.0	Control de velocidad interna 1
d3.16	Din_Mode0	0.003	Modo de velocidad con aceleración y desaceleración
d3.17	Din_Mode1	0.003	Modo de velocidad instantánea
d3.18	Din_Speed0_RPM	0030	Activar el servomotor a 5 [ <i>rpm</i> ]
d3.19	Din_Speed1_RPM	0050	Activar el servomotor a 10 [ <i>rpm</i> ]
d3.20	Din_Speed2_RPM	0060	Activar el servomotor a 30 [ <i>rpm</i> ]
d3.21	Din_Speed3_RPM	0070	Activar el servomotor a 50 [ <i>rpm</i> ]
d3.00	Store_Loop_Data	0001	Almacena todos los parámetros de control, excepto los parámetros del motor

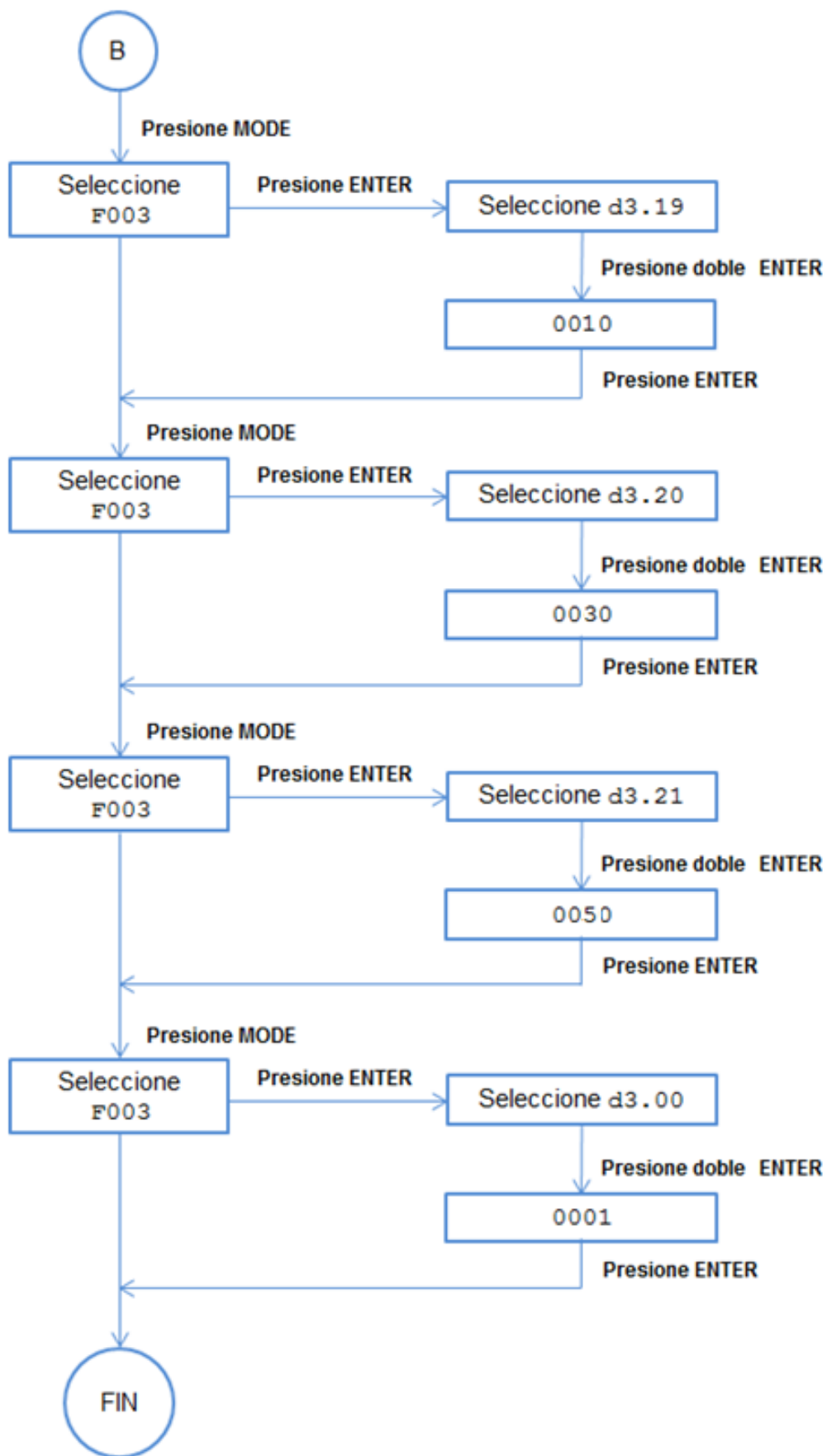
**TABLA 3.12** Parámetros de control interno

**Fuente:** (Kinco, 2011)

En el siguiente flujograma se detalla paso a paso la programación del driver del servomotor para una fácil apreciación:







**FIGURA 3.22** Programación del servo-driver

**Fuente:** (Estrella Ormazá, 2014)

## **CAPÍTULO IV**

### **4 PRUEBAS Y RESULTADOS**

En este capítulo se realizan las pruebas de funcionamiento y se determinan las posibles fallas de construcción o de control de la máquina.

Entre las posibles fallas que puede presentar la máquina durante su funcionamiento son las fallas en el sistema de control y en la estructura de la máquina que puede estar desalineada o fallas por pintura o pulido.

#### **4.1 PRUEBAS DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA DE LA MÁQUINA**

Con respecto a las fallas de la estructura mecánica de la máquina se encuentran:

- Rozamiento de la banda transportadora con la estructura.
- Desalineamiento de los rodillos de la banda transportadora.
- Desnivel de la máquina para el proceso de producción de plántulas.
- Tornillos flojos por la vibración
- Suciedad en las boquillas de succión

#### **4.2 PRUEBAS DE SEMBRADO**

En las pruebas de sembrado se tomaron en cuenta varios parámetros o características principales de funcionamiento, estas características principales son las siguientes:

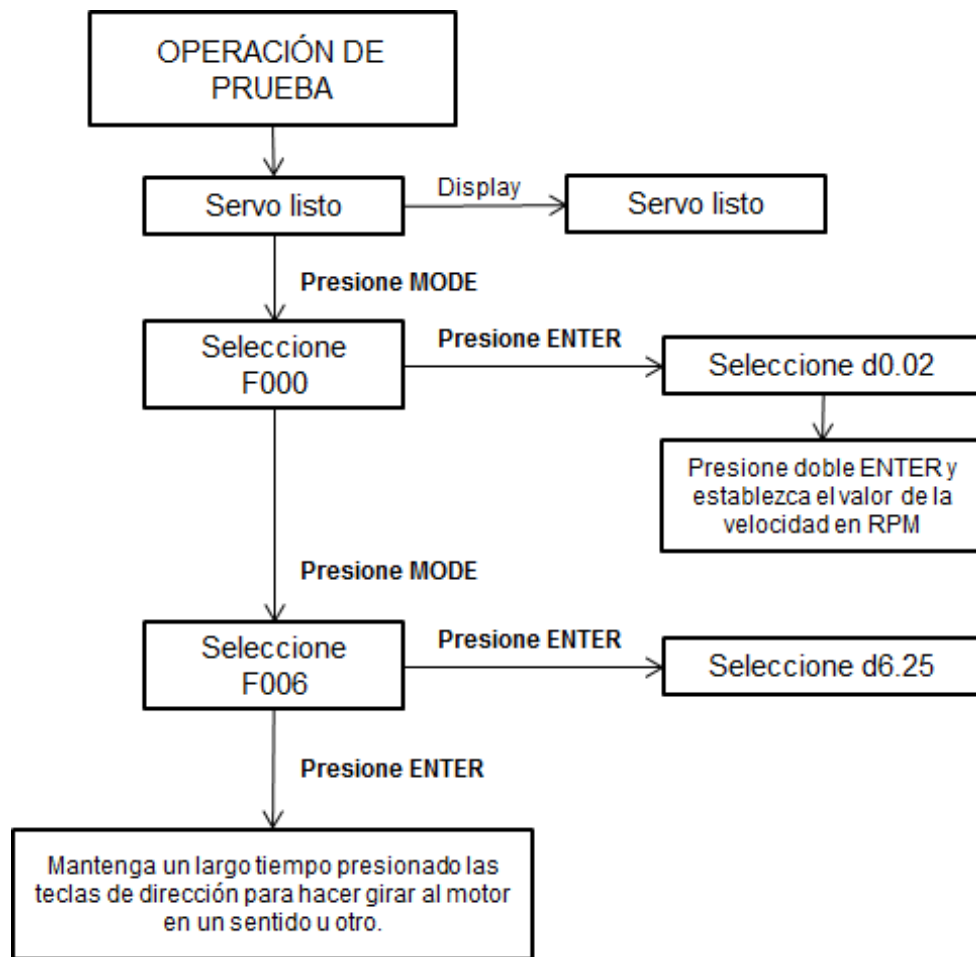
- Funcionamiento del servomotor
- Desplazamiento de la banda transportadora
- Absorción de las semillas
- Sembrado de la semilla

##### **4.2.1 FUNCIONAMIENTO DEL SERVOMOTOR**

En la tabla 4.1 se muestra las pruebas de funcionamiento para encontrar la velocidad del servomotor para una siembra correcta.

En el siguiente diagrama se muestra la configuración de funcionamiento de prueba del servomotor:





**FIGURA 4.1** Flujograma para programar al servo-driver el modo de operación de prueba del servomotor

**Fuente:** (Kinco, 2011)

Velocidad [rpm]	Detección de sensores
1	SI
2	SI
3	SI
4	SI
5	SI
6	NO
7	NO
8	NO
9	NO

**TABLA 4.1** Pruebas de velocidad del servomotor

**Fuente:** Autor

De acuerdo a las pruebas de la tabla anterior se obtuvo una velocidad adecuada en función de la detección de los sensores finales de carrera dando una velocidad de 5 [rpm], se tomo en cuenta que todas las filas de la bandeja fueran detectadas.

#### 4.2.2 DESPLAZAMIENTO DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Para el movimiento de la banda transportadora es muy necesario revisar la nivelación ya que si no está nivelado la banda puede descuadrarse haciendo chocar con las paredes de la estructura además haciéndole fuerza al servomotor, la banda transportador debe estirarse no máximo 7 [cm] porque puede romperse y ocasionar algún daño a las personas.

#### 4.2.3 ABSORCIÓN DE LAS SEMILLAS

En la tabla 4.2 se muestra las pruebas de regulación de caudal de vacío para que la máquina sembradora pueda absorber solo una semilla, según los resultados de las pruebas la regulación de caudal para absorber una semilla es del 50% dando un vacío de -0.4 [bar].

El sistema de succión trabaja muy bien cuando existe una vibración uniforme con suficientes semillas que con facilidad puedan ser absorbidas, la distancia para la absorción de semillas de tomate y pimiento según la tabla 4.3 es de 4 [mm] con el generador de vacío escogido, además se recomienda limpiar la bandeja de las semillas, puede existir suciedad que pueda tapar a las boquillas de succión.

Regulación	Presión	Vacío	Semillas Absorbidas
0%	7	0	0
25%	7	-0,2	0
50%	7	-0,4	1
75%	7	-0,6	3
100%	7	-0,8	4

**TABLA 4.2** Pruebas de regulación de caudal de vacío

**Fuente:** Autor

Altura [mm]	Vacío	Succión de semillas
1	-0,4	SI
2	-0,4	SI
3	-0,4	SI
4	-0,4	SI
5	-0,4	NO
6	-0,4	NO
7	-0,4	NO
8	-0,4	NO
9	-0,4	NO
10	-0,4	NO

**TABLA 4.3** Pruebas de variación de altura de absorción

**Fuente:** Autor

#### 4.2.4 SEMBRADO DE LA SEMILLA

En la tabla 4.4 se puede apreciar la producción de plántulas con un sembrado manual en un tiempo establecido y el trabajo de cuatro operarios, estas pruebas se lo realizó en febrero del año 2014 en una pilonera ubicada en la parroquia Imbaya de la provincia de Imbabura.

Operarios	Tiempo [min]	Plántulas
4	15	800
4	30	1600
4	60	3200
4	120	6400
4	240	12800
4	480	25600
4	960	51200

**TABLA 4.4** Producción de plántulas con un sembrado manual

**Fuente:** Autor

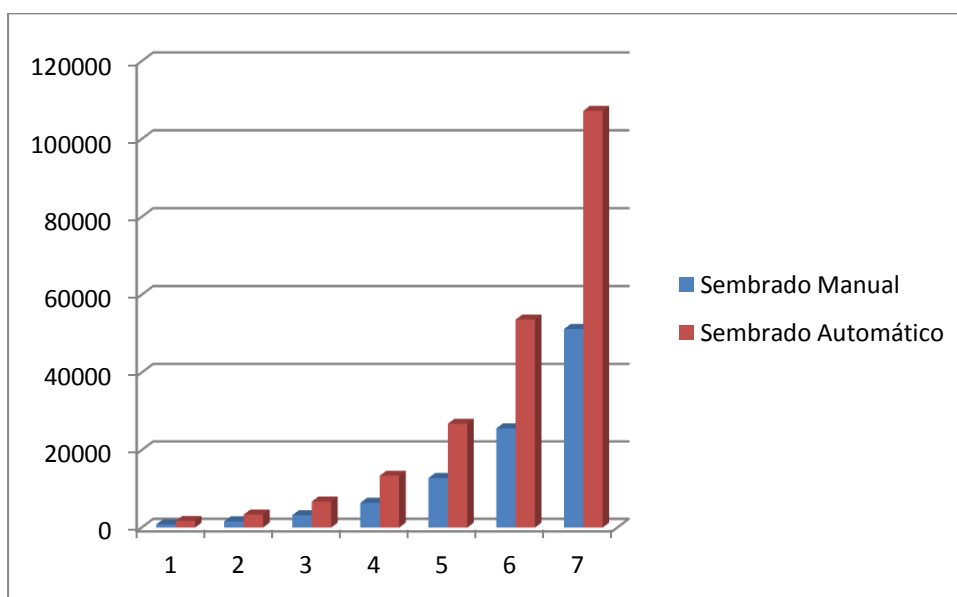
En la tabla 4.5 se puede apreciar la producción de plántulas con la máquina automática sembradora en un tiempo establecido y el trabajo de dos operarios.

Operarios	Tiempo [min]	Plántulas
2	15	1676
2	30	3352
2	60	6704
2	120	13408
2	240	26816
2	480	53631
2	960	107263

**TABLA 4.5** Producción de plántulas con un sembrado automático

**Fuente:** Autor

En la siguiente figura se muestra la producción de plántulas del sembrado manual y automático, el resultado que se obtiene del sembrado automático es 48%, mayor que el sembrado manual, además se redujo el número de operarios a un 50%. La máquina automática utiliza un máximo de dos operarios para su funcionamiento.



**FIGURA 4.2** Producción de plántulas con un sembrado manual y automático

**Fuente:** Autor

En la tabla 4.6 se puede apreciar el tiempo de producción de plántulas con un sembrado manual y el trabajo de cuatro operarios, estas pruebas se lo realizó en febrero del año 2014 en una pilonera ubicada en la parroquia Imbaya de la provincia de Imbabura.

Operarios	Plántulas	Tiempo [min]
4	800	15
4	1600	30
4	3200	60
4	6400	120
4	12800	240
4	25600	480
4	51200	960

**TABLA 4.6** Tiempo de producción de plántulas con un sembrado manual

**Fuente:** Autor

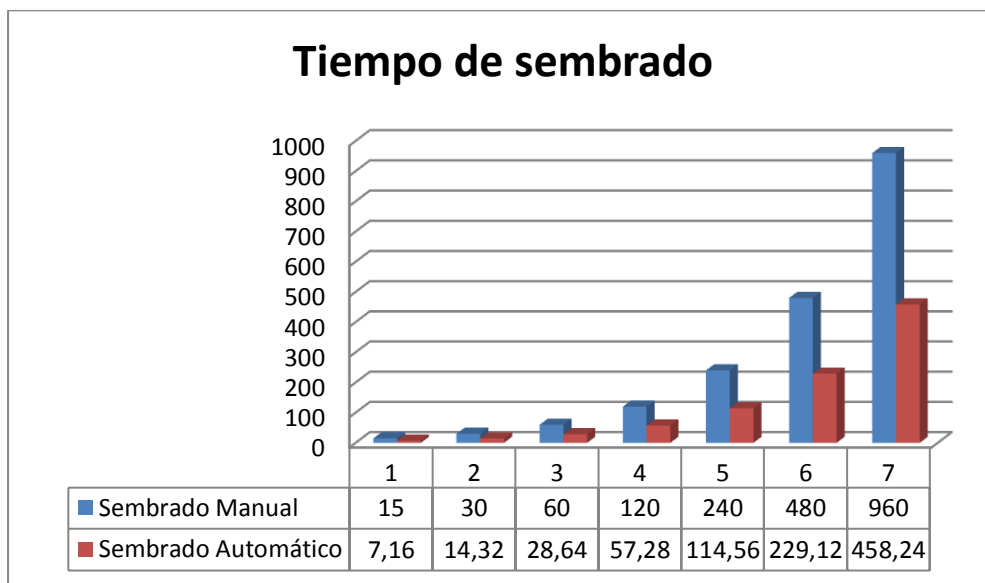
En la tabla 4.7 se puede apreciar el tiempo de producción de plántulas con la máquina automática sembradora con el trabajo de dos operarios.

Operarios	Plántulas	Tiempo [min]
2	800	7,16
2	1600	14,32
2	3200	28,64
2	6400	57,28
2	12800	114,56
2	25600	229,12
2	51200	458,24

**TABLA 4.7** Tiempo de producción de plántulas con un sembrado automático

**Fuente:** Autor

En la siguiente figura se muestra los tiempos del sembrado manual y automático, el resultado que se obtiene del sembrado automático es 48%, mejor que el sembrado manual, además se redujo el número de operarios a un 50%.



**FIGURA 4.3** Tiempo de sembrado manual y automático

**Fuente:** Autor

La sembradora automática de semillas tiene un 96% (ver tabla 4.8) de eficiencia.

Bandeja	Pilones sembrados
1	200
2	190
3	185
4	193
5	178
6	184
7	198
8	199
9	200
<b>Total</b>	<b>1727</b>
<b>Promedio</b>	<b>191,89</b>
<b>Eficiencia</b>	<b>96%</b>

**TABLA 4.8** Prueba de sembrado

**Fuente:** Autor

La máquina sembradora se la protegió con acrílico (figura 4.4) para evitar la suciedad del ambiente y otros factores que afecten el buen desempeño del mismo.



**FIGURA 4.4** Protección de acrílico de la máquina sembradora

**Fuente:** Autor

En la siguiente figura se muestra la bandeja sembrada de semillas, en algunos agujeros de la bandeja existe más de una semilla debido a diferentes factores como son: las semillas se encuentran pegadas, las boquillas absorbieron en forma transversal a las semillas, mala distribución por parte del vibrador hacia las semillas, además en algunos agujeros no se sembraron debido a las posibles causas siguientes: se tapó la boquilla de succión por alguna suciedad, no hubo suficientes semillas.



**FIGURA 4.5** Prueba de sembrado

**Fuente:** Autor

Con la ayuda de la aplicación de celular Smart Tools se pudo saber el nivel de ruido que produce la máquina sembradora dando un resultado de 84 dB, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el oído humano puede tolerar 55 decibeles sin ningún daño a su salud, ruidos mayores a 60 decibeles pueden provocar malestares físicos, por ello es recomendable la utilización de orejeras.

## CAPÍTULO V

### 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Con el funcionamiento de la máquina automática sembradora de semillas de tomate y pimiento se logró incrementar la producción en un 48% según lo establecido en las pruebas de funcionamiento por tal motivo se cumplió con el objetivo de producir más plántulas con la máquina automática.
- La implementación de la máquina sembradora de semillas permite reducir el costo de producción en la mano de obra de 4 trabajadoras que manualmente sembraban 3200 pilones por hora; con la máquina automática se necesita dos personas y se producen 6704 pilones por hora según las pruebas de funcionamiento realizadas.
- El tiempo de producción de plántulas con la máquina sembradora automática mejoró notablemente en un 48% más que el sembrado manual según las pruebas de funcionamiento.
- El servomotor seleccionado generaba cortas aceleraciones de la banda transportadora durante su funcionamiento lo cual ocasionaba problemas al momento del sembrado ya que la velocidad a la que se desplazaban las bandejas se alteraba continuamente a demás al momento de detener la banda transportadora para sembrar ocasionaba una inercia que hacía que la banda retroceda entre 5 y 10 [mm] , lo cual también era un problema para el sembrado de las bandejas por tal motivo se mecanizó un trinquete que asegurara que el motor no retroceda y continúe movilizándose correctamente.
- De acuerdo a las pruebas de funcionamiento de la máquina realizadas se estableció que el caudal de vacío para absorber las semillas sea de -0.4 [bar] para que las puntas de succión absorban solo una semilla; al incrementar ese valor las puntas de succión absorben hasta tres semillas y al reducir ese valor las puntas de succión no mantienen la succión de las semillas y las dejan caer fácilmente.
- De acuerdo a las pruebas de funcionamiento de la máquina realizadas se determinó que la altura optima de succión de semillas es de 4 [mm] con esta altura el vacío generado en las puntas de succión permiten alcanzar las semillas que se encuentran en la bandeja.



- De acuerdo a las pruebas de funcionamiento de la máquina realizadas se determinó que la máquina automática tiene un 96% de eficiencia en el sembrado de las semillas en las bandejas.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- Se debería implementar un sistema automático de dosificación de semillas para el proceso de sembrado.
- Se puede implementar un sistema SCADA para supervisar y controlar la producción de plántulas, además tener un historial de producción y fallos así mejorando la productividad.
- Se debería implementar un proceso automático de tapado de la semilla.
- Se puede implementar un proceso automático de riego.
- Se recomienda nivelar la máquina antes de ser instalada.
- Se recomienda antes de utilizar la máquina se debe limpiar la base de semillas de cualquier suciedad ya que las puntas de succión se pueden tapar.
- Se recomienda antes de utilizar la máquina se debe verificar la presión de funcionamiento que es de 7 bares.
- Se recomienda antes de utilizar la máquina se debe verificar que las conexiones eléctricas y neumáticas no estén desconectadas.
- Se recomienda usar orejeras ya que la máquina produce un ruido de 84 dB que es perjudicial para la salud.

## BIBLIOGRAFÍA

- INEC. (2013). Recuperado el 05 de 10 de 2014, de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-nec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac%202013/PRESENTACIONESPAC2013.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-nec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac%202013/PRESENTACIONESPAC2013.pdf)
- Ministerio de Coordinación de la Producción, Empleo y Competitividad. (Junio de 2013). Recuperado el 05 de 10 de 2014, de <http://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/02/AGENDA-TERRITORIAL-IMBABURA.pdf>
- ARDUINO. (2014). Recuperado el 28 de Junio de 2014, de <http://arduino.cc/es/Main/ArduinoBoardProMini>
- Hydro Environment. (2014). Recuperado el 05 de 10 de 2014, de [http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=index&cPath=85\\_87](http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=index&cPath=85_87)
- REINRA. (2014). Recuperado el 3 de Mayo de 2014, de [http://www.reinra.com/?page\\_id=38](http://www.reinra.com/?page_id=38)
- aliexpress. (2014). Recuperado el 20 de Julio de 2014, de <http://es.aliexpress.com/item/12-24V-385-Eccentric-Wheel-Motor-DC-Vibration-Motor-for-Home-Appliances-Electric-Tools-Massage-Free/612405757.html>
- BallSeed Company; David S. Koranski. (s.f.). *FAX Mexico, S.A de C.V.* Recuperado el 05 de Mayo de 2014, de <http://www.faxsa.com.mx/semflor1/seaaa10.htm>
- Bandas Industriales. (s.f.). Recuperado el 02 de Mayo de 2014, de <http://www.bandasindustriales.com/PVC.html>
- C., V. E., V., P. A., & M., H. M. (2009). *Centro de estudios postcosecha Universidad de Chile.* Recuperado el 30 de Marzo de 2014, de [http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua\\_Cultivo\\_tomate.pdf](http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf)
- CAMOZZI. (31 de 07 de 2008). *CAMOZZI.* Recuperado el 15 de 10 de 2014, de <https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=15&ved=0CEAQFjAEOAo&url=http%3A%2F%2Fwww.esperia.es%2Fmodulos%2FusuariosFtp%2Fconexion%2Farchi363A.pdf&ei=4mw-VN3oOJDLsASs64G4CA&usg=AFQjCNFqrof6739kzhjioFm8c9kcOeYgg&bvm=bv.77412846,d.cWc&>
- CAMSCO. (2006). *Scribd.* Recuperado el 28 de Noviembre de 2014, de <https://es.scribd.com/doc/244531462/camsco-pdf>
- Current-Logic. (2008). Recuperado el 14 de Octubre de 2014, de [http://www.current-logic.com/dcdc\\_converter\\_car.php](http://www.current-logic.com/dcdc_converter_car.php)

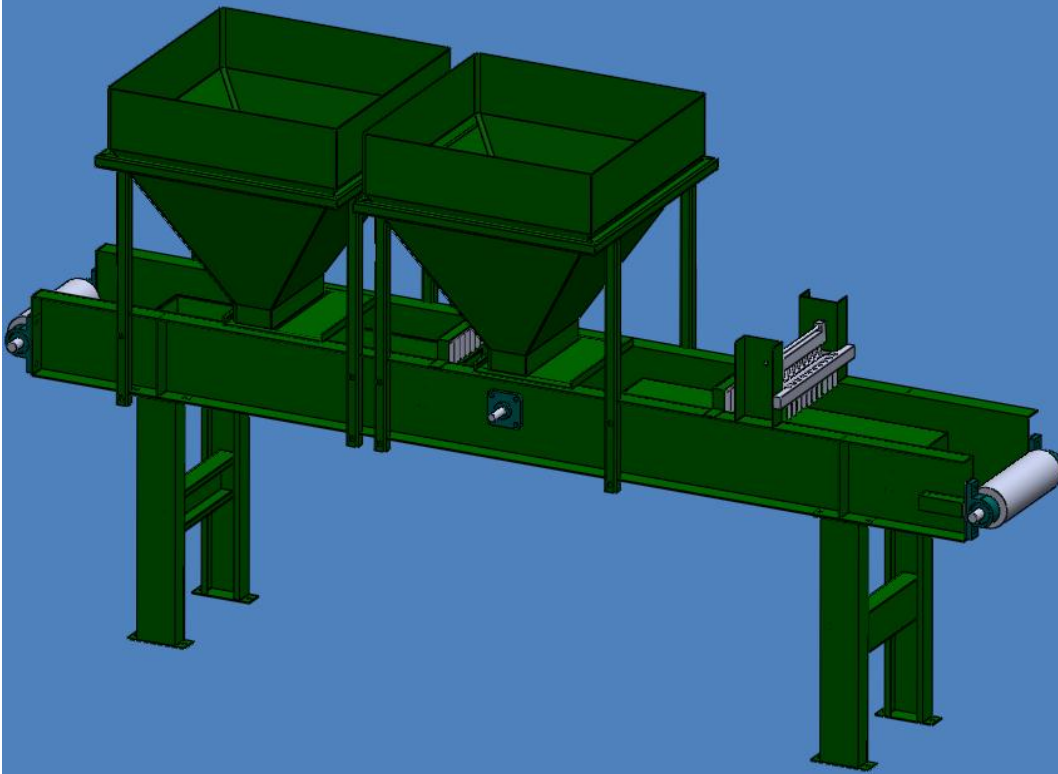
- DIPAC. (2014). *DIPAC Manta*. Recuperado el 3 de Mayo de 2014, de [http://www.dipacmanta.com/images/pdf/descargas/catalogo\\_perfiles.pdf](http://www.dipacmanta.com/images/pdf/descargas/catalogo_perfiles.pdf)
- El Huerto 2.0. (02 de 10 de 2010). Recuperado el 29 de Mayo de 2014, de <https://elhuerto20.wordpress.com/tag/semillas-2/>
- Enciclopedia Universal. (2013). *Enciclopedia Universal*. Recuperado el 05 de Mayo de 2014, de [http://enciclopedia\\_universal.esacademic.com/11683/Semilla](http://enciclopedia_universal.esacademic.com/11683/Semilla)
- Esbelt. (2014). *Esbelt*. Recuperado el Mayo de 2014, de <http://www.esbelt.com/products/MostrarUpload.php?Upload=493&ARTICLE=727>
- Estrella Ormaza, G. S. (Diciembre de 2014). *Diseño y construcción de una máquina automática dosificadora de turba para pilones de forma piramidal en bandejas de 50x28.2 cm el en proceso de producción de plántulas. (Ingeniería en Mecatrónica.)* Ibarra, Imbabura, Ecuador.
- FAA-UNICEN. (s.f.). *Universidad Nacional del Centro*. Recuperado el 06 de Mayo de 2014, de <http://www.faa.unicen.edu.ar/crescaa/Pimiento.pdf>
- FESTO. (06 de 2014). *FESTO*. Recuperado el 14 de Octubre de 2014, de [http://www.festo.com/cat/es-mx\\_mx/data/doc\\_es/PDF/ES/VAD-VAK\\_ES.PDF](http://www.festo.com/cat/es-mx_mx/data/doc_es/PDF/ES/VAD-VAK_ES.PDF)
- Gómez, D., & Vásquez, M. (2011). *Sistema de Información Territorial Rural*. Recuperado el 30 de Marzo de 2014, de <http://www.sitrural.cl/wp-content/plugins/downloads-manager/upload/plantulas.pdf>
- Inversa Compostaje y Lombricultura. (06 de 09 de 2011). *inversanet*. Recuperado el 05 de Mayo de 2014, de <http://inversanet.wordpress.com/2011/09/06/formacion-impartida-en-el-centro-ambiental-de-aguamansa/>
- Kinco. (2011). *Kinco*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2014, de [http://www.kinco.cn/Download-Center-En/CD/User-manual/13/CD\\_SERVO\\_User%20Manual\\_20130830.zip](http://www.kinco.cn/Download-Center-En/CD/User-manual/13/CD_SERVO_User%20Manual_20130830.zip)
- Kinco. (2012). Recuperado el 11 de Noviembre de 2014, de <http://www.kinco.cn/html/en/products/Servo&Stepper/Servosystem/Servodriver/CDseries/201104/28872.html?t=0>
- Kinco. (2013). *Kinco*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2014, de <http://www.kinco.cn/html/en/products/Servo&Stepper/Servosystem/Servomotor/201104/28874.html>
- Lardizabal, R. (Agosto de 2007). *Cuenta del Milenio - Honduras*. Recuperado el 30 de Marzo de 2014, de [http://www.mcahonduras.hn/documentos/publicacioneseda/Manuales%20de%20produccion/EDA\\_Manual\\_Produccion\\_Plantulas\\_08\\_07.pdf](http://www.mcahonduras.hn/documentos/publicacioneseda/Manuales%20de%20produccion/EDA_Manual_Produccion_Plantulas_08_07.pdf)

- maxgo-monitorizacion. (09 de 2012). *monitorizacion*. Recuperado el 30 de Mayo de 2014, de <http://maxgo-monitorizacion.blogspot.com/2012/09/fermentado-semilla-de-tomate.html>
- MCA/Nicaragua. (2005). *Centro Nacional de Información y Documentación Agropecuaria*. Recuperado el 30 de Marzo de 2014, de <http://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENF01C965mp.pdf>
- NTN. (2009). *NTN Mexico*. Recuperado el 3 de Mayo de 2014, de [http://www.ntnmexico.com/catalogo/catalogos/cat4\\_2202-VII-S\\_CAT\\_Rodam\\_Bolas\\_y\\_Rodillos-esp.pdf](http://www.ntnmexico.com/catalogo/catalogos/cat4_2202-VII-S_CAT_Rodam_Bolas_y_Rodillos-esp.pdf)
- Real Academia Española. (s.f.). *Real Academia Española*. Recuperado el 05 de 05 de 2014, de <http://buscon.rae.es/drae/srv/search?id=ovfy2uQFuDXX27qQSSRC>
- SCHMALZ. (2014). *SCHMALZ*. Recuperado el 3 de Mayo de 2014, de [http://es.schmalz.com/data/kataloge/01\\_VT/es/01\\_Catalogo-Componentes\\_ES.pdf](http://es.schmalz.com/data/kataloge/01_VT/es/01_Catalogo-Componentes_ES.pdf)
- Servocity. (2014). Recuperado el 20 de Julio de 2014, de [http://www.servocity.com/html/hs-485hb\\_servo.html#.VDymEGd5OdE](http://www.servocity.com/html/hs-485hb_servo.html#.VDymEGd5OdE)
- Siemens. (Febrero de 2012). Obtenido de <https://c4b.gss.siemens.com/resources/images/articles/e20001-a1120-p271-x-7800.pdf>
- SNS PNEUMATIC. (2008). *SNS PNEUMATIC*. Recuperado el 3 de Mayo de 2014, de <http://www.sns.com/eng/products.asp>
- SNS. (s.f.). *s-ns*. Recuperado el Mayo de 2014, de [http://www.sns.com/eng/products\\_read.asp?id=41&sid=11&bid=2](http://www.sns.com/eng/products_read.asp?id=41&sid=11&bid=2)
- Solagro. (2006). *Solagro*. Recuperado el 30 de Marzo de 2014, de <http://www.solagro.com.ec/web/cultdet.php?vcultivo=Tomate>

# ANEXO A

Manual de usuario y mantenimiento de  
la máquina

# MÁQUINA AUTOMÁTICA SEBRADORA DE PLÁNTULAS DE TOMATE Y PIMIENTO



La máquina sembradora es una oportunidad para realizar una producción agrícola más eficiente debido a que está compuesta por dos sistemas automáticos; sistema de dosificación de turba en las bandejas y el sistema de sembrado. Además, esta máquina le servirá al usuario a optimizar el recurso de personal y tiempo en la siembra de plántulas de tomate y pimiento



## Contenido

ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD.....	2
COMPONENTES DE LA MÁQUINA.....	3
INDICADORES DEL TABLERO DE CONTROL .....	4
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MÁQUINA .....	5
INSTALACIÓN Y ALINEACIÓN .....	5
PUESTA EN MARCHA.....	9
PARADA.....	11
MANTENIMIENTO .....	12



## ADVERTENCIAS DE SEGURIDAD

- ✓ Antes de usar esta máquina, compruebe que el voltaje de la red eléctrica sea de 220 VAC con neutro, es decir, de 3 hilos.
- ✓ La máquina debe ser ubicada en una zona nivelada de piso de concreto.
- ✓ Esta máquina ha sido fabricada exclusivamente para la siembra de semillas de tomate y pimiento, por lo que utilizarlo para otro uso se considera indebido y por consiguiente peligroso.
- ✓ El fabricante no puede considerarse responsable de los daños derivados de un uso indebido, incorrecto o irracional.
- ✓ Bajo ningún concepto debe abrir el tablero de control de ésta máquina mientras no se tenga un conocimiento adecuado de su funcionamiento y sus partes.
- ✓ En caso de avería o de funcionamiento incorrecto de la máquina, apáguela y desenchúfela de la corriente eléctrica.
- ✓ La máquina está diseñada únicamente para utilizar turba seca no húmeda.
- ✓ No tener imanes u objetos imanados cerca de los sensores magnéticos, ya que puede alterar el funcionamiento de la máquina.
- ✓ Mientras esté funcionando la máquina no colocar la mano donde está actuando los cilindros neumáticos.
- ✓ Cumplir con las señalizaciones de advertencia y peligro ubicadas en la máquina como prevención de posibles fallas por parte del usuario.



## INTRODUCCIÓN

La máquina sembradora permite la dosificación de bandejas y la siembra de semillas de tomate y pimiento de manera automática y todo el proceso es controlado mediante un tablero de control que procesa las señales de los sensores y actuadores que posee la máquina para detectar la presencia de las bandejas y activar los mecanismos de dosificación y tacado.

En este manual se muestra información acerca de los componentes de la máquina, su uso y la forma de lograr que funcione correctamente y de corregir los posibles problemas que se presenten antes, durante y después de su uso.

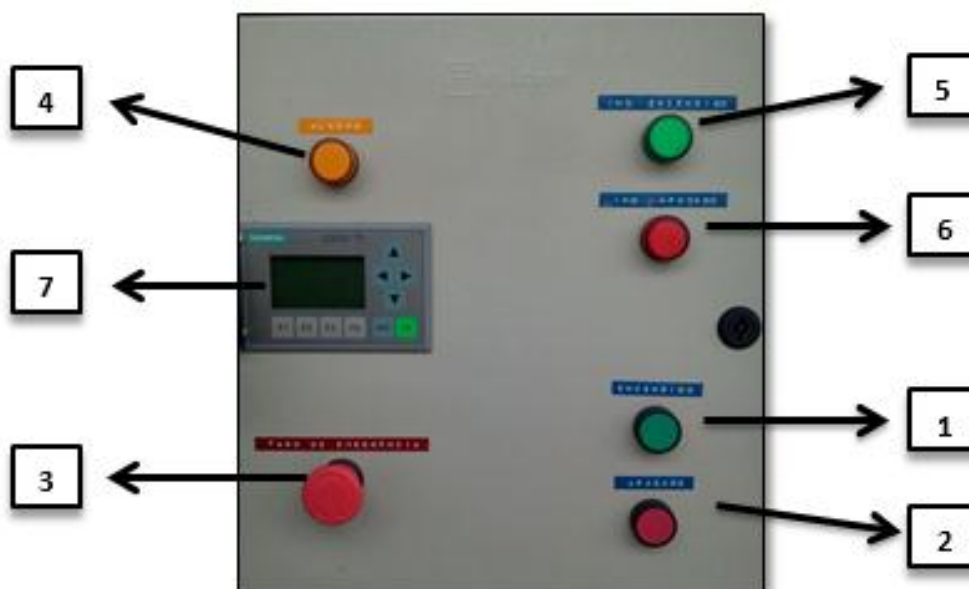
## COMPONENTES DE LA MÁQUINA



### Detalle de los componentes:

Número	Nombre	Descripción
1	Tolva 1	Recipiente donde se almacenará la turba a ser dosificado.
2	Panel de Control	Controla y visualiza el proceso que efectúa la máquina.
3	Banda transportadora	Sirve como soporte para las tolvas y la sembradora, además transporta a las bandejas.
4	Tacadora 1	Compacta la turba.
5	Tacadora 2	Compacta la turba y hace el hueco para la semilla.
6	Tolva 2	Recipiente donde se almacenará la turba a ser dosificado.
7	Sembradora	Siembra a la bandeja ya dosificada.

### INDICADORES DEL TABLERO DE CONTROL



## Descripción de los indicadores:

Número	Nombre	Descripción
1	Pulsador Encendido	Inicia el proceso de la máquina.
2	Pulsador Apagado	Detiene y apaga el proceso de la máquina en caso de emergencia o mantenimiento.
3	Paro de emergencia	Para el proceso de la máquina en un apuro si algo no anda bien.
4	Indicador de Alarma	Indica las alertas que puede acontecer en el trayecto del proceso de la máquina
5	Indicador Encendido	Indica que la máquina se encuentra funcionando
6	Indicador Apagado	Indica que la máquina se encuentra apagada o detenida.
7	HMI	Indica las alarmas y número de bandejas

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LA MÁQUINA

Parámetros	Típico
<b>Dimensiones [m]</b>	2.44 × 1.41
<b>Voltaje de entrada [V]</b>	220
<b>Capacidad de Tolva 1 [L]</b>	100
<b>Capacidad de Tolva 2 [L]</b>	100
<b>Capacidad de la bandeja de semillas [g]</b>	1.5
<b>Presión de alimentación de aire [bar]</b>	6 – 10



**NOTA:** Verifique que los parámetros mencionados no excedan el valor indicado

## INSTALACIÓN Y ALINEACIÓN

1. Fijar la estructura de la banda transportadora de la máquina en una superficie plana de preferencia de concreto.
2. Colocar las estructuras de soporte de las tolvas y de los cilindros neumáticos, así como la estructura de soporte de la sembradora a la estructura de la banda transportadora.
3. Colocar el tablero de control a la estructura de soporte de la primera tolva, caso contrario sería dificultoso apretar los pernos que sujetan el tablero.



4. Colocar las tolvas sobre las estructuras de soporte y apretar los pernos de cada lado.



5. Colocar los cilindros neumáticos a los soportes y las tapas de apertura de las tolvas.



6. Ajustar correctamente todos los pernos de todos los elementos que constituyen la máquina.
7. Alinear la banda transportadora y tensar para que no se desplace hacia los lados conforme ésta gira.



8. Verificar que las conexiones tanto eléctricas como neumáticas no estén sueltas o desgastadas.
9. Conectar la máquina a la línea de alimentación 220 VAC con su respectivo neutro.



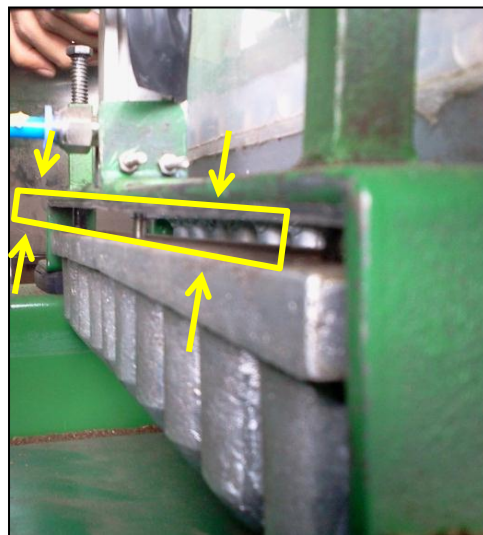
10. Conectar la máquina a la línea de alimentación de aire.



11. Verificar que la presión de aire en la unidad de mantenimiento de la dosificación este entre (3-6 bares) y en la sembradora este entre (6-8 bares).

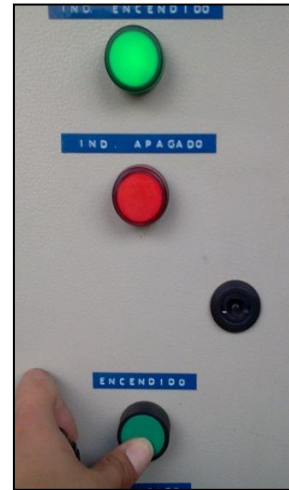
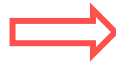


12. Observar si los tacadores no se encuentran atascados y no se han colocado en su posición inicial (arriba) correctamente.



## PUESTA EN MARCHA

1. Para iniciar, subir el breaker del tablero del control, para energizar la máquina y luego presionar el pulsador de inicio (encendido) para poner en funcionamiento la máquina.



**Nota:** El motor no comenzará a girar al instante sino después de unos 2 segundos, aproximadamente el tiempo que se demora el PLC en ponerse en marcha. ⌚

2. En caso de que el motor no avance después del tiempo de carga del PLC revisar el display del servo-driver en caso de que aparezca una alarma de exceso de carga para el servomotor o una alarma que indica que el motor está desconectado.

La figura indica que existe una sobrecarga para el servomotor, la cual debe ser verificada inmediatamente. Para solucionar este problema revise la sección de **Problemas y Soluciones**.



La figura indica que el servomotor se encuentra desconectado, así que el resto del programa funcionará de acuerdo a lo programado, pero el motor y la banda no avanzarán hasta que todo se apague y se conecte el servomotor correctamente.



***Nota:** La sobrecarga puede ser debido a la presencia de elementos extraños en la banda transportadora que están atorados en el trayecto y no permiten que la banda transportadora se desplace; también puede tratarse de que la banda transportadora se encuentra floja y se ha desnivelado por tal motivo está rozando con la estructura metálica, lo cual genera exceso de carga para el funcionamiento normal del servomotor.*

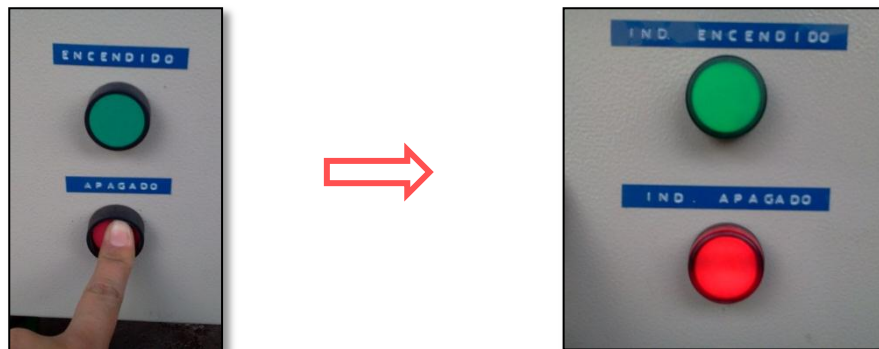
3. Si en la fase de tacado de la turba el elemento tacador no se activa, verificar que este se encuentre correctamente ubicado en su posición inicial.





# PARADA

1. Para realizar una parada normal de la máquina se presiona el pulsador de APAGADO.



2. En caso de una parada de emergencia presionar el pulsador de PARO DE EMERGENCIA para que la máquina no se active mientras se haya arreglado el inconveniente que generó el paro de emergencia; para continuar con el correcto funcionamiento de la máquina se debe desenclavar el pulsador y presionar de nuevo el pulsador de ENDENDIDO.





3. En ningún momento se debe quitar la alimentación del aire porque si sobre la banda transportadora se encuentran bandejas pueden atorarse con los tacadores desactivados y generar daños a los cilindros neumáticos de éstos.






## MANTENIMIENTO

Para un buen funcionamiento de la máquina, el usuario deberá seguir el siguiente programa de mantenimiento:


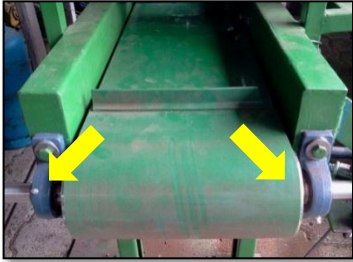

Periodo	Actividad/Prueba	Procedimiento
Diario	Dosificación y siembra	<p>Limpiar diariamente con aire comprimido toda la máquina para quitar el exceso de tierra de la banda transportadora y los tambores de la misma.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Detener la máquina</li><li>2. Quitar los elementos extraños de la banda transportadora y del resto de la máquina.</li><li>3. Con la manguera de mantenimiento limpiar todos los residuos existentes en la banda y máquina.</li></ol>  <p><b>Manguera de mantenimiento</b></p>
Semanal	Limpiar tacadores	<p>Limpiar con aire comprimido los tacadores para que no se acumulen partículas de tierra que puedan a futuro hacer que los tacadores se atasquen.</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Detener la máquina.</li><li>2. Cerrar el paso del aire de la máquina y del compresor</li></ol>  <p><b>Cierre de paso de aire a la máquina</b></p>


		<p>3. Desconectar la manguera de mantenimiento y conectarla directamente del compresor.</p> <p>4. Abrir el paso de aire del compresor y limpiar.</p>
Mensual	Filtros de aire	<p>Revisar los filtros de aire de la unidad de mantenimiento y del filtro de la sección de la sembradora para asegurarnos de que el aire circulante sea totalmente limpio.</p> <p>1. Verificar que en el filtro del aire no existan exceso de impurezas que indiquen que el filtro debe ser limpiado en algún detergente al igual que usar un cepillo e introducir aire de adentro hacia afuera.</p>  <p><b>Filtro de la unidad de mantenimiento</b></p>
Mensual	Cojinetes y chumaceras	<p>Para realizar el mantenimiento de los elementos que permiten girar a los rodillos de la banda transportadora se debe revisar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El ajuste</li> <li>- La lubricación</li> <li>- La contaminación</li> <li>- La fatiga</li> </ul> <p>En caso de requerir reemplazar los elementos se debe tener en cuenta de no modificar las medidas de dicho elemento.</p>



**Nota:** Se recomienda seguir este programa de mantenimiento correctamente para evitar que con el uso de la máquina se acumule bastantes impurezas o suciedad en la máquina y no tener ningún problema, así garantizar una vida útil y prolongada de la máquina y sus componentes.

## Problemas y soluciones

Problema	Solución
<p><i>Sobrecarga del servomotor</i></p>	<p>Para solucionar el problema de sobrecarga del motor se deben seguir los siguientes pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="603 495 900 528">a. Apagar la máquina</li></ol>  <ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="603 887 1361 1048">b. Revisar el exceso de carga de la banda transportadora, ya sea exceso de bandejas sobre la banda transportadora o la banda está rozando con alguna parte de la estructura lo que está generando sobrecarga.</li></ol>  <ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="603 1417 1361 1473">c. Encender la máquina, o poner a funcionar correctamente.</li></ol>
<p><i>Servomotor desconectado</i></p>	<ol style="list-style-type: none"><li data-bbox="603 1547 900 1581">a. Apagar la máquina</li><li data-bbox="603 1630 1361 1727">b. Abrir el tablero de control y se podrá encontrar que el conector DB15 del servomotor se encuentra desconectado.</li></ol> 

	<p><b>c.</b> Conectar el servomotor</p>  <p><b>d.</b> Cerrar el tablero de control <b>e.</b> Encender la máquina</p>
<p><i>Atascamiento de los tacadores</i></p>	<p><b>a.</b> Apagar la máquina <b>b.</b> Desatascar los tacadores manualmente pero con mucho cuidado porque al realizar este proceso se colocarán en su posición inicial inmediatamente. <b>c.</b> Encender la máquina</p>
<p><i>Atascamiento de objetos en los dosificadores</i></p>	<p><b>a.</b> Apagar la máquina. <b>b.</b> Cerrar el paso de aire a la máquina. <b>c.</b> Desatascar manualmente los objetos cuidadosamente. <b>d.</b> Abrir la válvula de paso de aire <b>e.</b> Encender la máquina</p>
<p><i>No activación de los tacadores</i></p>	<p><b>a.</b> Apagar la máquina <b>b.</b> Desconectar el conector de control del servomotor <b>c.</b> Encender la máquina <b>d.</b> Verificar en el PLC si las entradas <b>I9</b> y <b>I10</b> del PLC se encuentran activadas, si no lo estuviesen, verificar la conexión de los sensores magnéticos de los cilindros neumáticos de tacado.</p> <p>Si el problema persiste:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Comprobar manualmente con la ayuda de un imán y de un multímetro el funcionamiento de cada sensor.</li> <li>- Reemplazar el sensor o los sensores que se encuentren dañados por unos nuevos, para la conexión de los sensores referirse a las hojas técnicas de los mismos. Se recomienda se añadan cables como extensión de los sensores para que permitan alcanzar los conectores.</li> </ul> <p><b>e.</b> Apagar la máquina <b>f.</b> Conectar el control del servomotor <b>g.</b> Encender la máquina</p>

# ANEXOS

## Sensores magnéticos

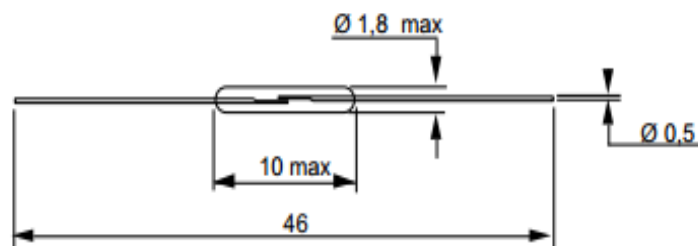


# AI02 . . . .

### **INTERRUPTEUR REED** *REED SWITCH*



**NORMALEMENT OUVERT, CONTACT SEC**  
*NORMALY OPEN, DRY CONTACT*



### **CARACTERISTIQUES ELECTRIQUES / ELECTRICAL DATAS**

<b>Puissance maxi commutable / Max. switching power</b>	<b>10 W / 10 VA</b>
<b>Tension maxi commutable / Max. switching voltage</b>	<b>200 Vdc/140Vac</b>
<b>Courant maxi commutable / Max. switching current</b>	<b>0,5 A</b>
<b>Courant de travail / Carrying current</b>	<b>0,5 A</b>
<b>Tension typique de tenue / Typical dielectric strength</b>	<b>200 Vdc</b>

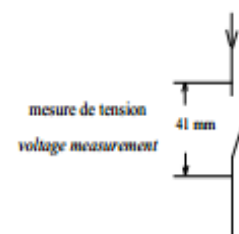
<b>Résistance de contact initiale ( max ) / Initial contact resistance</b>	<b>≤ 150 mΩ</b>
Méthode de mesure / Test process	

Bobine / Coil : voir caractéristiques magnétiques  
*see magnetical datas*

Mesure en 4 points / 4 points measurement

I = 10 mA ; U = 20 mV

Alimentation de bobine /Coil voltage: ATF + 20%



<b>Résistance d'isolement ( min ) / Insulation resistance</b>	<b>10<sup>6</sup> MΩ</b>
<b>Capacité / Capacitance</b>	<b>0,3 pF</b>
<b>Fréquence de résonance / Resonant frequency</b>	<b>10800 Hz</b>

## Finales de carrera

### Microswitch palanca larga – AM1701



Z-15GW-B

Características	Descripción
Material	Plástico y metal
Cabeza	Palanca
Configuración de contacto	1 NC + 1 NO
Protección	IP66
Amperaje	10 [A]
Tensión	125 – 250 [VAC]

### Microswitch palanca corta con roldana – AM1704



Z-15GW22-B

Características	Descripción
Material	Plástico y metal
Cabeza	Palanca con rodillo
Configuración de contacto	1 NC + 1 NO
Protección	IP66
Amperaje	10 [A]
Tensión	125 – 250 [VAC]





# ANEXO B

Planos mecánicos de la máquina



































# ANEXO C

Diagramas eléctricos de la máquina





# ANEXO D

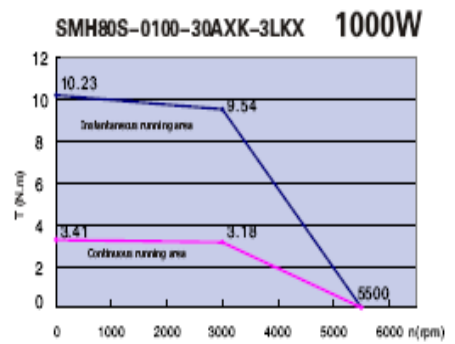
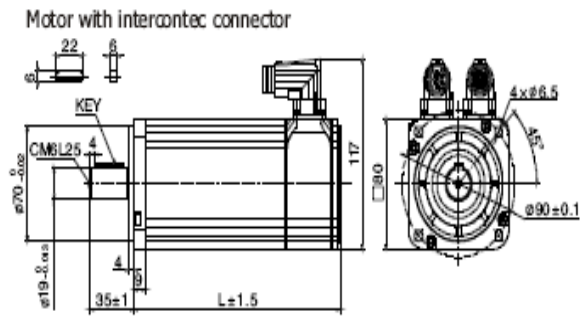
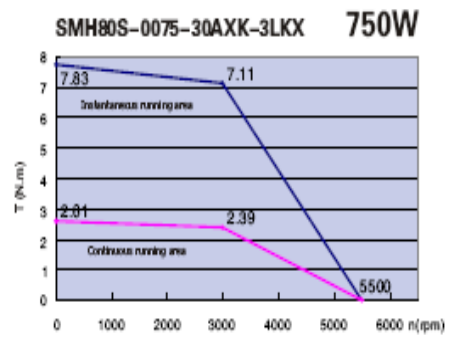
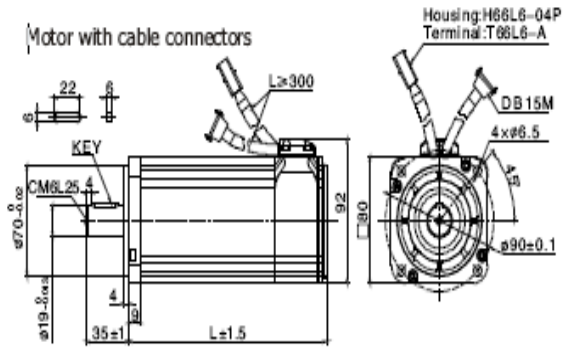
Diagrama neumático de la máquina



# ANEXO E

Características técnicas del servomotor

Motor series		Small inertia, flange size 80mm	
Model		SMH80S-0075-30AAK-3LKX	SMH80S-0100-30AAK-3LKX
Compatible driver		CD420-AA-000	CD430-AA-000
DC link voltage UDC		300	300
Continuous performance	Rated power PN (W)	750	1000
	Rated torque TN (Nm)	2.39	3.18
	Rated speed nN (rpm)	3000	3000
	Rated current IN (A)	3.9	6.3
Maximum torque Tm (Nm)		7.17	9.48
Maximum current Im (A)		11.7	18.9
Standstill torque TS (Nm)		2.63	3.3
Standstill current IS (A)		4.4	6.93
Resistance line-line RL (Ω)		1.4	0.86
Inductance line-line LL (mH)		7.5	4.5
Electrical time constant te (ms)		5.35	5.23
Mechanical time constant tm (ms)		0.75	0.89
Reverse voltage constant Ke (V/krpm)		40	34
Torque constant Kt (Nm/A)		0.662	0.562
Rotor moment of inertia Jm (Kg·cm <sup>2</sup> )		1.36	1.9
Pole pair number		3	3
Maximum voltage rising du/dt (KV/μs)		8	8
Insulation class		F	F
Maximum radial force F (N)		335	335
Maximum axial force F (N)		167.5	167.5
Weight G(Kg)		3.3	3.9
		4(with brake)	4.6(with brake)
Length of motor L(mm)		147	167
		197±1.5(with brake)	217±1.5(with brake)
Position feedback device		Incremental encoder 2500ppr	
Cooling method		Totally enclosed, non-ventilated	
Protection level		IP65 for body, shaft sealing IP54	
Environmental conditions for operation	Temperature	-20°C~40°C	
	Humidity	Below 90% RH (No condensing)	
	Ambient environment	Away from active gas, combustible gas, oil drops and dust	
	Altitude	Maximum altitude 4000m, Rated power at 1000m or below, Above 1000m: Decreasing 1.5% per 100m rise	



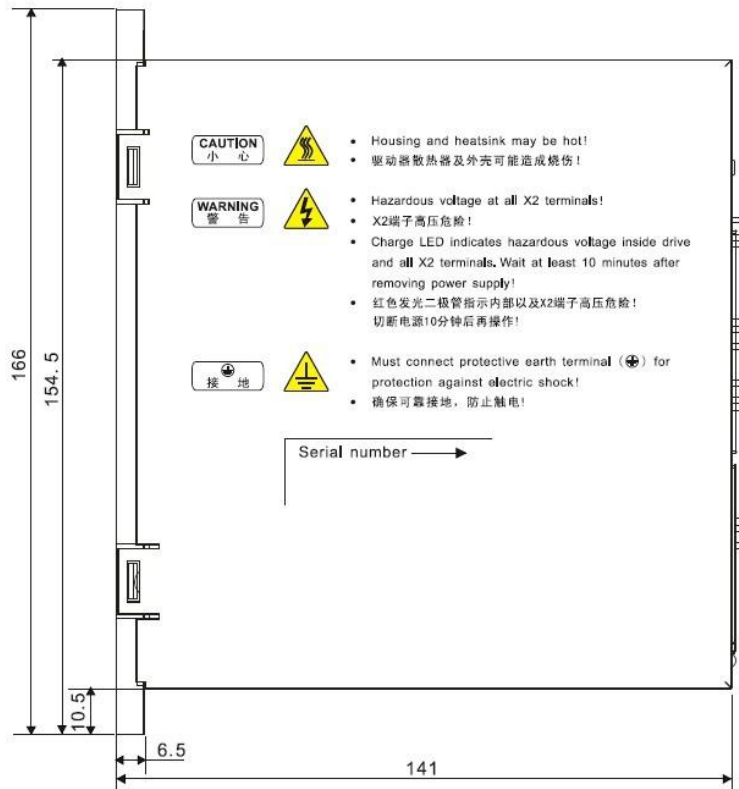
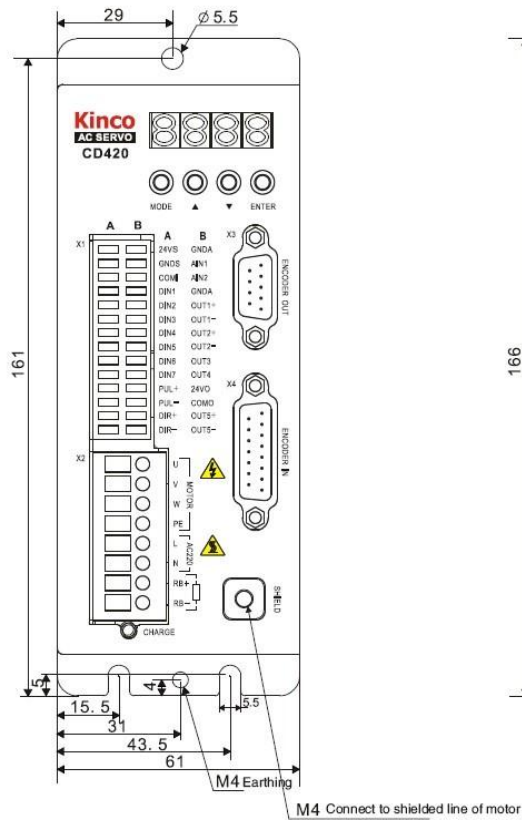


# ANEXO F

Características técnicas del servo-driver

Parámetro Modelo		CD420-AA-000
Tensión	Tensión de alimentación principal	Monofásico AC220V ± 20% 47 ~ 63Hz
	Tensión del circuito de control	DC24V 1A
Corriente	Corriente nominal (RMS)	4A
	Corriente de pico (PEAK)	15A
La señal de realimentación		2500PPR (encoder incremental con 5V)
Chopper de frenado		Utilice una resistencia de frenado externa si es necesario
Umbral chopper de frenado		DC380V ± 5V
Umbral alarmante de la sobretensión		DC400V ± 5V
Bajo voltaje umbral alarmante		DC200V ± 5V
Método de enfriamiento		Refrigeración por aire natural
Peso		1.2kg
Posición Modo	Max. frecuencia de pulso de entrada	Señal diferencial: 500KPPS, señal de colector abierto: 200KPPS
	Modo de comando de pulsos	Pulso + dirección, CCW + CW, (voltajes más altos que necesitan 5V corriente externa resistencias limitadoras) (no apoyan una fase + B)
	Suavizado Comando	Filtrado de paso bajo (ajustable por parámetros internos)
	Ganancia anticipativo	Ajustable por parámetros internos
	Relación de transmisión electrónica	Margen de ajuste, el factor de cambios: -32768 ~ 32767, divisor de cambios: 1 ~ 32767, 1/50 ≤   factor de engranaje / divisor de engranajes   ≤ 50
	Posición frecuencia de muestreo de bucle	1KHz
Speed Mode	Rango de tensión de entrada analógica	0 ~ ± 10 V (12 bits de resolución)
	Impedancia de entrada	200K
	Entrada analógica de frecuencia de muestreo	4KHz
	Fuente de órdenes	Comando analógico externo / iAjustable por parámetros internos
	Suavizado Comando	Filtrado de paso bajo (ajustable por parámetros internos)
	Ajuste de zona muerta de tensión de entrada	Ajustable por parámetros internos
	El voltaje de entrada compensada setting	Ajustable por parámetros internos
	Límite de velocidad	Ajustable por parámetros internos
	Límite de par	Ajustable por parámetros internos / control de mando analógica externa
	Velocidad frecuencia de muestreo de bucle	4KHz
Torque Modo	Rango de entrada de voltaje analógica	0 ~ ± 10 V (12 bits de resolución)
	Impedancia de entrada	200K

	Frecuencia de muestreo de entrada	4KHz
	Fuente de órdenes	Comando analógico externo comando / interna
	Suavizado Comando	Filtrado de paso bajo (ajustable por parámetros internos)
	Límite de velocidad	Ajustable por parámetros internos / control de mando analógica externa
	Ajuste de zona muerta de tensión de entrada	Ajustable por parámetros internos
	Ajuste de compensación de voltaje de entrada	Ajustable por parámetros internos
	Frecuencia de muestreo actual	16KHz
Digital de entrada	Especificación de entrada	7 entradas digitales, con terminales COM1 para el PNP o NPN conexión.
	Función de entrada	Definir libremente según el requisito, el apoyo a las funciones siguientes: Driver habilitar, restauración de fallos del conductor, control de modo conductor, control proporcional, adelante inhibir límite, invierta Límite de inhibición, la posición límite negativo, señal principal, comando de retroceso de velocidad, la velocidad interna o posición seleccionar
Digital Output	Características de salida	5 salidas digitales, OUT1 ~ actual OUT4 es 100mA, corriente OUT5 es 800mA
	Función de salida	Definir libremente según el requisito, el apoyo a las funciones siguientes: Driver listo, culpa del conductor, posición alcanzada, motor a velocidad cero, freno motor, alcanzó la velocidad del motor, señal N
Funciones de protección		Protección de la sobretensión, baja tensión de protección, protección del sobrecalentamiento del motor (I <sup>2</sup> t), protección contra cortocircuitos, impulsión protección del sobrecalentamiento, etc.
Interfaz de comunicaciones		RS232
Operación Ambiente	Temperatura de funcionamiento	0 ~ 40 °C
	Temperatura de almacenamiento	-10 °C ~ 70 °C
	Humedad (sin condensación)	5 ~ 95%
	Clase de protección	IP20
	Entorno de instalación	Instalado en un ambiente libre de polvo, seca y con cerradura (como en un armario eléctrico)
	Modo de instalación	Instalación vertical
	Altitud	Por debajo de 1000m
	La presión atmosférica	86KPa ~ 106kpa



# ANEXO G

Características técnicas de la  
electroválvula

## Solenoid valve 4V series Air valve 4A series

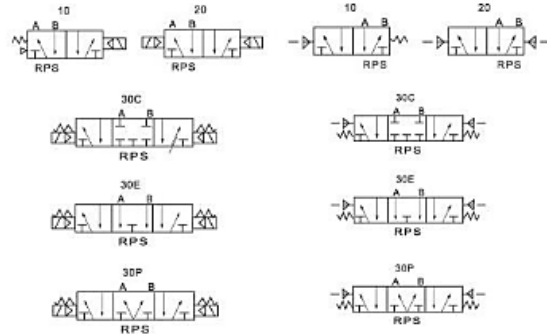


4V210-08



4V220-08

Symbol:



### How to order

4V/4A	2	10	-	08	AC110V
Series code V: solenoid valve A: air valve	Series 2: 200 series	Position & coil 10: 2/5 way single electrical control 20: 2/5 way double electrical control 30C: 3/5 way (midst closed type) double electrical control 30E: 3/5 way (midst exhaust type) double electrical control 30P: 3/5 way (midst pressure type) double electrical control		Port size 06: 1/8" 08: 1/4"	Voltage DC12V DC24V AC24V 50/60Hz AC110V 50/60Hz AC220V 50/60Hz AC380V 50/60Hz

### Specification

Model	SNS210-06 4V210-06 4A210-06	SNS220-06 4V220-06 4A220-06	SNS230C-06 4V230C-06 4A230C-06	SNS230E-06 4V230E-06 4A230E-06	SNS230P-06 4V230P-06 4A230P-06	SNS210-08 4V210-08 4A210-08	SNS220-08 4V220-08 4A220-08	SNS230C-08 4V230C-08 4A230C-08	SNS230E-08 4V230E-08 4A230E-08	SNS230P-08 4V230P-08 4A230P-08	
Fluid	Air (filtered through 40µ filter element)										
Action	Internally piloted acting type										
Valve type	2/5 way			3/5 way			2/5 way		3/5 way		
Effective area (mm <sup>2</sup> )	14mm <sup>2</sup> (CV=0.78)			12mm <sup>2</sup> (CV=0.40)			16mm <sup>2</sup> (CV=0.78)		12mm <sup>2</sup> (CV=0.67)		
Port size	In=out=exhaust=M5						In=out=exhaust=1/8"				
Lubrication	Not required										
Operating pressure	1.5~8.0kgf/cm <sup>2</sup>										
Proof pressure	10.5kgf/cm <sup>2</sup>										
Ambient & fluid temperature	5~60°C										
Voltage range	± 10%										
Power consumption	AC:4.5W DC:3.0W										
Insulation grade	F grade										
Protection	IP65 (DIN 40050)										
Connection	Lead wire type or terminal type										
Max. frequency	5 cycle/sec.										
Min. response time	0.05 sec.										
Weight (kg)	220g	320g	400g	400g	400g	200g	320g	400g	400g	400g	
Main parts material	Body		Aluminum alloy								
	Seal		NBR								

# ANEXO H

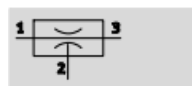
Características técnicas del generador  
de vacío

# Generadores de vacío VAD/VAK

FESTO

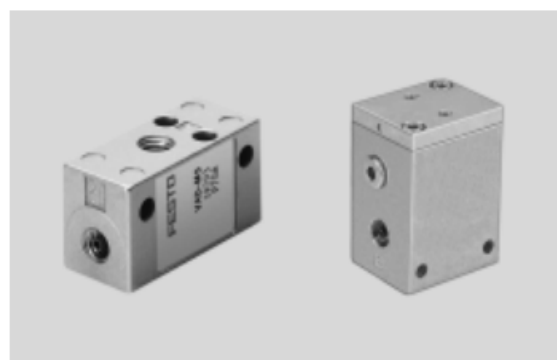
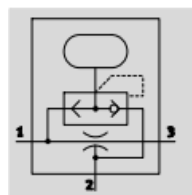
Hoja de datos

VAD



- Temperatura  
-20 ... +80 °C
- Presión de funcionamiento  
1,5 ... 10 bar

VAK



Datos técnicos generales					
Tipo	VAD				VAK
Tamaño	M5	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$
Diámetro nominal de la tobera Laval [mm]	0,5	0,8	1,0	1,5	1,0
Característica del eyector	Alto vacío				
Vacío máx. [%]	80				
Conexión neumática 1	M5	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$
Conexión de vacío	M5	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$
Conexión neumática 3	M5	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$
Construcción	En forma de T				
Función integrada	-				Impulso neumático de expulsión
Tipo de fijación	Mediante taladros				
Posición de montaje	Indistinta				

Condiciones de funcionamiento y del entorno	
Presión de funcionamiento [bar]	1,5 ... 10
Fluido de funcionamiento	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]
Indicación sobre el fluido de funcionamiento / de pilotaje	Es posible el funcionamiento con aire comprimido lubricado (lo cual requiere seguir utilizando aire lubricado)
Temperatura ambiente [°C]	-20 ... +80
Temperatura del fluido [°C]	-20 ... +80
Clase de resistencia a la corrosión <sup>1)</sup>	2

- 1) Clase de resistencia a la corrosión CRC 2 según norma de Festo FN 940070  
Componentes con moderado riesgo de corrosión. Aplicación en interiores en caso de condensación. Piezas exteriores visibles con características esencialmente decorativas en la superficie que están en contacto directo con atmósferas habituales en entornos industriales.

Tiempo de respuesta [s] de un volumen de 1 l con presión de funcionamiento de 6 bar, en función del vacío [bar]						
Tipo	VAD				VAK	
Tamaño	M5	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{1}{4}$	
Evacuación						
Con vacío de	0,2 bar	1,3	0,51	0,29	0,142	0,29
	0,4 bar	3,53	1,38	0,745	0,35	0,745
	0,6 bar	8,18	3,41	1,69	0,817	1,69
	0,8 bar	26,6 <sup>1)</sup>	11,67	4,04 <sup>1)</sup>	2,72	4,04 <sup>1)</sup>
Alimentación						
Con vacío de	0,2 bar	2,8	0,89	0,61	0,265	-
	0,4 bar	3,8	1,3	0,89	0,372	-
	0,6 bar	4,65	1,64	1,12	0,46	-
	0,8 bar	5,45	1,98	1,32	0,536	-

- 1) Con vacío de 0,75 bar.



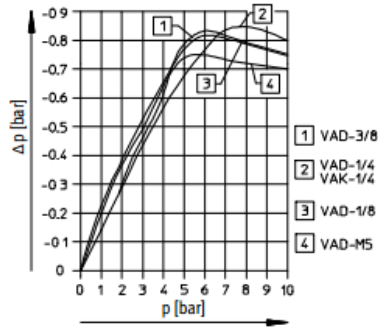
# Generadores de vacío VAD/VAK

Hoja de datos

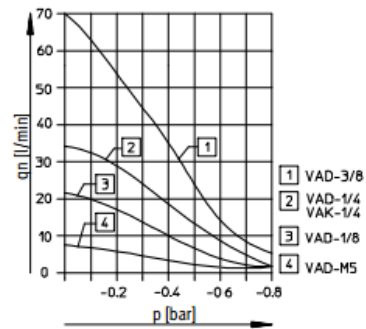
FESTO

Materiales	
Cuerpo	Fundición inyectada de aluminio
Características del material	Sin cobre ni PTFE

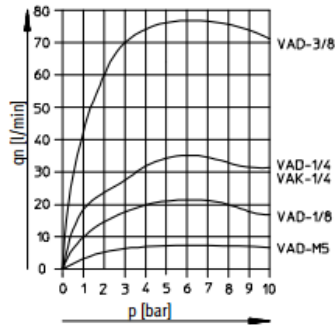
Vacío  $\Delta p$  en función de la presión de funcionamiento



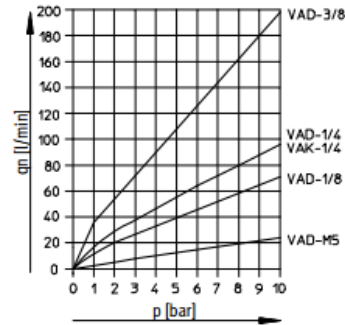
Capacidad de aspiración  $q_n$  en función del vacío  $p$



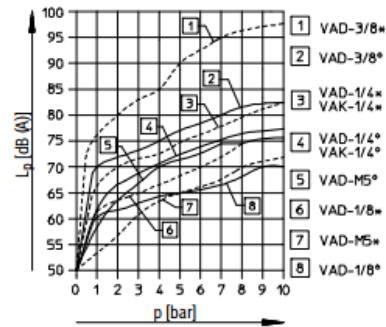
Capacidad de aspiración  $q_n$  en función de la presión de funcionamiento  $p$



Consumo de aire  $q_n$  en función de la presión de funcionamiento  $p$



Nivel de ruido  $L_p$  en función de la presión de funcionamiento  $p$



\* = sin silenciador; ° = con silenciador

# ANEXO I

Características técnicas del sensor de  
final de carrera

## Micro-switch palanca corta con roldana – AM1704

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Material	Plástico y metal
Cabeza	Palanca con rodillo
Configuración de contacto	1 NC + 1 NO
Protección	IP66
Amperaje	10 [A]
Tensión	125 – 250 [VAC]



Z-15GW22-B

# ANEXO J

Características técnicas del PLC LOGO!



LOGO!12/24RC,MOD. LOGICO,DISPL. AL/E/S: 12/24V DC/RELE,  
8ED (4EA)/4SD, MEM. 200 BLOQUES,  
AMPLIABLE MODULARMENTE

Diseño/montaje	
<b>Montaje</b>	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
<b>12 V DC</b>	Si
<b>24 V DC</b>	Si
<b>Rango admisible, límite inferior (DC)</b>	10,8 V
<b>Rango admisible, límite superior (DC)</b>	28,8 V
Hora	
<b>Programadores horario.</b>	
<b>Cantidad</b>	8
<b>Reserva de marcha</b>	80 h
Entradas digitales	
<b>Nº de entradas digitales</b>	8 ; de ellas, 4 aptas como E analógicas (0 a 10 V)
Salidas digitales	
<b>Número de salidas</b>	4 ; Relé
<b>Protección contra cortocircuito</b>	No ; requiere protección externa
Salidas de relé	
<b>Poder de corte de los contactos</b>	
<b>con carga inductiva, máx.</b>	3 A
<b>Con carga resistiva, máx.</b>	10 A

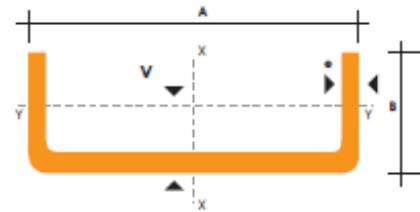
# ANEXO K

Características de la estructura de la  
máquina sembradora

## PERFILES ESTRUCTURALES CANALES "U"

### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	INEN 1 623: 2000
<b>Otras calidades</b>	Previa consulta
<b>Largo normal</b>	6mts
<b>Otros largos</b>	Previa consulta
<b>Espesores</b>	Desde 1.5mm hasta 12mm
<b>Acabado</b>	Natural
<b>Otro acabado</b>	Previa consulta



DIMENSIONES			PESOS			TIPOS						
A	B	e	6 metros	1 metro	SECCION	EJE X-X			EJE Y-Y			
mm	mm	mm	kg	kg	cm <sup>2</sup>	I	W	I	I	W	I	x
						cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm
40	25	2	7.86	1.31	1.67	4.20	2.10	1.59	1.06	0.62	0.80	0.79
50	25	2	8.82	1.47	1.87	7.06	2.83	1.94	1.13	0.63	0.78	0.72
50	25	3	12.72	2.12	2.70	9.70	3.88	1.89	1.57	0.91	0.76	0.77
60	30	2	10.62	1.77	2.26	12.50	4.16	2.35	2.00	0.93	0.94	0.85
60	30	3	15.54	2.59	3.30	17.50	5.85	2.31	2.84	1.34	0.93	0.89
60	30	4	19.80	3.30	4.20	21.10	7.03	2.24	3.51	1.72	0.91	0.95
80	40	2	14.46	2.41	3.07	30.80	7.71	3.17	4.89	1.68	1.26	1.09
80	40	3	21.24	3.54	4.50	43.90	11.00	3.12	7.01	2.45	1.25	1.14
80	40	4	27.66	4.61	5.87	55.40	13.90	3.07	8.92	3.17	1.23	1.19
80	40	5	34.44	5.74	7.18	65.49	16.37	3.02	10.62	3.83	1.21	1.23
80	40	6	40.44	6.74	8.42	74.18	18.54	2.96	12.10	4.44	1.19	1.28
100	50	2	18.24	3.04	3.87	61.50	12.30	3.99	9.72	2.66	1.58	1.34
100	50	3	26.88	4.48	5.70	88.50	17.70	3.94	14.10	3.89	1.57	1.39
100	50	4	35.22	5.87	7.47	113.00	22.60	3.89	18.10	5.07	1.56	1.44
100	50	5	43.20	7.20	9.18	135.00	27.10	3.84	21.80	6.19	1.53	1.48
100	50	6	51.96	8.66	10.82	155.26	31.05	3.79	25.14	7.24	1.52	1.53
100	60	4	38.28	6.38	8.13	128.00	25.60	3.97	29.70	7.17	1.91	1.86
100	60	5	46.86	7.81	9.95	152.00	30.50	3.91	35.70	8.76	1.90	1.92
100	60	6	57.72	9.62	12.02	181.80	36.36	3.89	42.25	10.38	1.87	1.93
100	60	8	74.40	12.40	15.50	22.60	44.52	3.78	52.47	13.32	1.83	2.06
125	50	2	20.58	3.43	4.37	103.60	16.50	4.86	10.40	2.74	1.54	1.20
125	50	3	30.42	5.07	6.45	149.00	23.90	4.81	15.10	4.02	1.53	1.24
125	50	4	39.90	6.65	8.47	192.00	30.70	4.76	19.40	5.24	1.51	1.29
125	50	5	49.14	8.19	10.40	231.00	37.00	4.71	23.40	6.40	1.50	1.34
125	50	6	59.16	9.86	12.32	266.00	42.67	4.65	27.19	7.51	1.48	1.38
125	60	5	53.82	8.97	11.43	266.98	42.71	4.83	39.36	9.15	1.86	1.70
125	60	6	64.92	10.82	13.52	309.25	49.48	4.78	45.85	10.78	1.84	1.75
125	60	8	84.00	14.00	17.50	383.34	61.33	4.68	57.30	13.94	1.80	1.81
125	80	6	76.44	12.74	15.92	394.28	63.08	4.97	102.94	19.10	2.54	2.61
125	80	8	99.30	16.55	20.69	493.02	78.88	4.88	130.27	24.30	2.50	2.64
125	80	10	120.96	20.16	25.21	576.62	92.25	4.78	154.19	29.31	2.47	2.74
150	50	2	22.92	3.82	4.87	159.00	21.10	5.71	10.90	2.80	1.50	1.09
150	50	3	33.96	5.66	7.20	230.00	30.70	5.65	15.90	4.11	1.49	1.13
150	50	4	44.64	7.44	9.47	297.00	39.60	5.60	20.50	5.36	1.47	1.17
150	50	5	55.02	9.17	11.70	359.00	47.90	5.55	24.80	6.55	1.46	1.22
150	50	6	66.36	11.06	13.82	416.69	55.55	5.49	28.80	7.70	1.44	1.26
150	60	5	59.70	9.95	12.68	441.85	54.91	5.7	41.72	9.40	1.81	1.56
150	60	6	72.12	12.02	15.02	478.93	63.85	5.64	48.70	11.07	1.80	1.60
150	60	8	93.60	15.60	19.50	598.74	79.83	5.54	61.15	14.35	1.77	1.74
150	80	6	83.64	13.94	17.42	603.42	80.45	5.88	109.91	19.73	2.51	2.43
150	80	8	108.90	18.15	22.69	760.23	101.36	5.78	139.53	25.09	2.47	2.44
150	80	10	132.96	22.16	27.71	896.29	119.50	5.68	165.85	30.37	2.44	2.54