



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

Proyecto de investigación  
previo a la obtención del título  
de Ingeniero Mecánico.

**Título del Proyecto de Investigación:**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL  
PROCESO DE SIEMBRA EN PENDIENTES PARA EL CULTIVO DE  
MAÍZ”**

**Autor:**

**Alvaro Damián Manrique Fernández**

**Director del Proyecto de Investigación:**

**Ing. Rodger Benjamín Salazar Loor, M.Sc.**

**Quevedo - Los Ríos – Ecuador.**

**2023**



## **DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS**

Yo, **Alvaro Damián Manrique Fernández**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.



---

**Alvaro Damián Manrique Fernández**

**C.C. # 1207087840**

## **CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

El suscrito, **Ing. Rodger Benjamín Salazar Loor**; Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Alvaro Damián Manrique Fernández**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL PROCESO DE SIEMBRA EN PENDIENTES PARA EL CULTIVO DE MAÍZ.**”, previo a la obtención del de **Ingeniero Mecánico**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

---

**Ing. Rodger Benjamín Salazar Loor, M.Sc.**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

## CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Por medio del presente me permito certificar, que el estudiante **Alvaro Damián Manrique Fernández**, egresado de la Carrera de Ingeniería Mecánica en la modalidad presencial, una vez finalizado el proyecto de investigación titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL PROCESO DE SIEMBRA EN PENDIENTES PARA EL CULTIVO DE MAÍZ.**”, tengo a bien informar que la respectiva revisión se realizó por medio del sistema Urkund, con un porcentaje favorable del 7%.

Se adjunta imagen del Sistema Urkund.



URKUND	
Documento	<a href="#">Tesis Manrique.pdf (D159287495)</a>
Presentado	2023-02-22 21:24 (-05:00)
Presentado por	Rodger (rsalazarl@uteq.edu.ec)
Recibido	rsalazarl.uteq@analysis.orkund.com
Mensaje	TESIS MANRIQUE <a href="#">Mostrar el mensaje completo</a>
7% de estas 35 páginas, se componen de texto presente en 1 fuentes.	

---

**Ing. Rodger Benjamín Salazar Loor M.Sc.**

**DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Título:**

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL PROCESO DE  
SIEMBRA EN PENDIENTES PARA EL CULTIVO DE MAÍZ”

Presentado a la Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del título de  
Ingeniero Mecánico.

Aprobado por:

---

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Jorge Javier Acosta Manosalvas

---

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Cristian Paul Topa Chuquitarco

---

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Diego Javier Punina Guerrero

QUEVEDO-LOS RÍOS-ECUADOR

2023

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a mis amigos y compañeros de estudio por su camaradería y por haber formado parte de mi experiencia universitaria. Gracias por su apoyo y por haber compartido conmigo estos momentos tan significativos.

Además, agradezco a mi mentor el ingeniero Rodger Salazar Loor por su sabiduría y por haber compartido sus conocimientos conmigo. Gracias por su apoyo y por haber sido una fuente de motivación para mí.

A mi familia, en especial a mis padres, les agradezco por su amor incondicional y por haberme brindado el apoyo y los recursos necesarios para lograr mis metas. Gracias por haber creído en mí y por haber sido mi pilar de fortaleza en todo momento.

Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que de alguna manera han contribuido a este logro ya mi crecimiento personal. Gracias por su apoyo y por haber formado parte de mi camino. Este logro es resultado del esfuerzo y dedicación de muchas personas, y les agradezco de corazón por haber formado parte de este camino y haber hecho posible la conclusión de este proyecto.

**Manrique Fernández Alvaro Damián**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de investigación es dedicado a Dios por darme la sabiduría y el conocimiento para poder cumplir con esta meta. Asimismo, a mi padre Alvaro Albino Manrique Muños al cual antes de morir le hice la promesa de obtener el Título de Ingeniero.

Finalmente, dedico este proyecto a mi madre, hermanas, esposa e hija que me brindaron su apoyo cuando más lo necesite. También a los docentes de la carrera quienes siempre estuvieron prestos a ayudarme con su conocimiento y guía.

**Manrique Fernández Alvaro Damián**

## RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES

El proyecto de diseño de una máquina sembradora mecánica para granos de maíz tiene como objetivo proporcionar una solución rentable y eficiente para los agricultores que trabajan en terrenos con pendientes inclinadas. La máquina creada es innovadora y fácil de operar, y cuenta con una buena capacidad de almacenamiento de semillas y un bajo costo de mantenimiento, lo que reduce la necesidad de contratar mano de obra adicional. Además, después de realizar el proceso de diseño y simulación para la sembradora, se han obtenido resultados satisfactorios en términos de resistencia y eficiencia. En primer lugar, se ha determinado que el diámetro del silo de almacenamiento de semillas debe ser de 44 mm y su longitud de 1,2 m para garantizar una alimentación continua de las semillas. Además, se ha calculado que la longitud de la manivela debe ser de 2,5 cm para permitir el giro del mecanismo selector de semillas y la descarga constante de las semillas. En cuanto al componente crucial del mecanismo de accionamiento, el resorte al ser fabricado con una aleación de acero (18CrMoS4), los resultados de la simulación muestran que tiene una resistencia adecuada de 5418,33 psi, lo que le permite soportar una fuerza de 12 lbf sin sufrir daños, ya que produce un esfuerzo cortante de 40420 psi, y tiene un factor de seguridad de 3,5. En cuanto al silo de almacenamiento, la simulación demuestra que es resistente a la carga con una deformación de solo  $8.17 \cdot 10^{-4}$  in y un factor de seguridad de 13 al estar diseñado en una aleación de aluminio (1060). Por último, la punta de penetración también ha demostrado ser resistente al tener un desplazamiento de solo  $7,45 \cdot 10^{-5}$  in y un factor de seguridad de 2 al estar diseñado con acero galvanizado. En conjunto, los resultados de la simulación confirman que el diseño de la sembradora es resistente y cumple con los requisitos necesarios para una operación eficiente y confiable.

**Palabras clave:** Sembradora manual, maíz, maquinaria agrícola, diseño mecánico.

## **ABSTRACT AND KEYWORDS.**

The design project of a mechanical corn seed planter aims to provide a cost-effective and efficient solution for farmers working on sloping terrains. The created machine is innovative and easy to operate and features a good seed storage capacity and low maintenance cost, which reduces the need for additional labor. Furthermore, after conducting the design and simulation process for the planter, satisfactory results have been obtained in terms of strength and efficiency. Firstly, it has been determined that the diameter of the seed storage hopper should be 44 mm and its length 1.2 m to ensure continuous seed feeding. Additionally, it has been calculated that the length of the crank should be 2.5 cm to allow for the rotation of the seed selection mechanism and constant seed discharge. Regarding the crucial component of the driving mechanism, the spring, being made with a steel alloy (18CrMoS4), simulation results show that it has adequate strength of 5418,33 psi, allowing it to withstand a force of 12 lbf without damage, as it produces a shear stress of 40420 psi, and has a safety factor of 3.5. As for the storage hopper, the simulation demonstrates that it is resistant to load with a deformation of only  $8.17 \cdot 10^{-4}$  in and a safety factor of 13 when designed with an aluminum alloy (1060). Finally, the penetration tip has also proven to be resistant with a displacement of only  $7.45 \cdot 10^{-5}$  in and a safety factor of 2 when designed with galvanized steel. Overall, the simulation results confirm that the planter design is robust and meets the necessary requirements for efficient and reliable operation.

**Keywords:** Manual planter, corn, agricultural machinery, mechanical design.

## TABLA DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS .....	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO .....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO Y PALABRAS CLAVES .....	viii
ABSTRACT AND KEYWORDS.....	ix
TABLA DE CONTENIDO .....	x
CÓDIGO DUBLÍN .....	xi
GLOSARIO DE TÉRMINOS Y FÓRMULAS .....	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	2
1.1. Problema de Investigación. ....	3
1.1.1. Planteamiento del problema. ....	3
1.1.1.1. Diagnóstico.....	3
1.1.1.2. Pronóstico.....	4
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo General.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos. ....	5
1.3. Justificación.....	5
CAPÍTULO II.....	6
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN .....	6
2.1. Generalidades del maíz.....	7
2.1.1. Origen.....	7
2.1.2. Condiciones climáticas.....	7
2.2. Condiciones de sembrado.....	8
2.3. Semillas.....	8
2.4. Suelos.....	9

2.4.1. Tipos de suelos. ....	9
2.4.1.1. Suelos arenosos .....	9
2.4.1.2. Los suelos arcillosos.....	10
2.4.1.3. Suelos calizos. ....	10
2.4.1.4. Suelos pedregosos. ....	10
2.4.1.5. Suelos fértiles o fumíferos .....	10
2.5. Tipos de sembradora manuales. ....	11
2.5.1. Sembradora Rotativa. ....	11
2.5.2. Plantador de punta Kamikaze Pulmplant. ....	12
2.5.3. Sembradora de maíz manual de hilera.....	13
2.5.4. Sembradora Manual.....	13
2.6. Diseño mecánico.....	14
2.6.1. Fases del diseño.....	14
2.6.2. Consideraciones generales del diseño mecánico. ....	15
2.7. Software CAD. ....	16
2.8. Selección de materiales. ....	16
2.9. Componentes de Máquinas.....	17
2.9.1. Almacenadores de semillas. ....	17
2.9.1.1. Depósito de tolva.....	17
2.9.1.2. Silo rectangular con tolva piramidal.....	17
2.9.1.3. Silo piramidal. ....	17
2.9.1.4. Silo de flujo masivo.....	18
2.9.2. Selector dosificador de semilla.....	18
2.9.2.1. Selector de dos semillas.....	18
2.9.2.2. Selector de distribución de semilla.....	19
2.9.2.3. Selector de sembradora rotatoria. ....	19
2.10. Uniones con adhesivos. ....	19
2.10.1. Pegamento epóxico.....	20
CAPÍTULO III .....	21
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
3.1. Localización.....	22
3.2. Tipo de investigación. ....	22
3.2.1. Investigación descriptiva. ....	22
3.2.2. Investigación bibliográfica. ....	22

3.2.3. Investigación experimental.....	23
3.3. Métodos de investigación. ....	23
3.3.1. Método de observación.....	23
3.3.2. Método deductivo.....	23
3.3.3. Método inductivo.....	24
3.3.4. Método Experimental. ....	24
3.4. Fuentes de recopilación de información.....	24
3.4.1. Fuente Primaria. ....	24
3.4.2. Fuente Secundaria.....	24
3.5. Diseño de la investigación.....	24
3.6. Instrumentos de investigación. ....	25
3.7. Tratamiento de datos. ....	25
3.8. Recursos Humanos y materiales.....	25
3.8.1. Recursos humanos.....	25
3.8.2. Recursos materiales.....	25
CAPÍTULO IV .....	27
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	27
4.1. Selección de componentes.....	28
4.1.1. Selección de almacenador de semillas.....	30
4.1.2. Selección de selector dosificador. ....	30
4.1.3. Selección de base.....	31
4.1.4. Selección de accionador. ....	31
4.1.5. Selección de punta de penetración.....	32
4.2. Cálculos de diseño.....	33
4.2.1. Resistencia a la penetración del suelo. ....	33
4.2.2. Cálculos de componentes de máquinas. ....	37
4.2.2.1. Almacenador de semillas silo de flujo masivo.....	37
4.2.2.2. Cálculo de selector.....	37
4.2.2.3. Diseño de resorte. ....	39
4.2.2.4. Selección de los rodamientos. ....	44
4.3. Diseño de componentes de máquina. ....	46
4.3.1. Diseño de silo. ....	46
4.3.2. Diseño de selector.....	47
4.3.3. Diseño de reducciones tipo embudo.....	48

4.3.4. Diseño de punta de penetración.....	49
4.3.5. Diseño de corredera.....	49
4.3.6. Diseño de resorte.....	50
4.3.7. Diseño de base.....	51
4.3.8. Diseño de compuerta.....	52
4.3.9. Diseño de tapa.....	53
4.3.10. Diseño de manivela.....	54
4.4. Análisis estático de los principales componentes afectados.....	54
4.4.1. Análisis de silo.....	55
4.4.1.1. Mallado de silo.....	55
4.4.1.2. Análisis de simulación del silo.....	56
4.4.2. Análisis de resorte.....	58
4.4.2.1. Mallado del resorte.....	58
4.4.2.2. Análisis de simulación del resorte.....	59
4.4.3. Análisis de punta de penetración.....	61
4.4.3.1. Mallado de punta de penetración.....	61
4.4.3.2. Análisis de simulación de punta de penetración.....	62
4.5. Proceso de construcción.....	64
4.6. Análisis de costos.....	71
4.7. Manual de operación y mantenimiento.....	73
4.7.1. Manual de operación para la máquina sembradora.....	73
4.7.2. Manual de mantenimiento.....	74
4.7.2.1. Aplicación de plan de mantenimiento.....	75
CAPÍTULO V.....	77
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	77
5.1. Conclusiones.....	78
5.2. Recomendaciones.....	79
5.3. Bibliografía.....	81
CAPÍTULO VI.....	84
ANEXOS.....	84
PLANOS DE MÁQUINA SEMBRADORA DE MAÍZ.....	105

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b>	Condiciones climáticas para el cultivo de maíz.....	7
<b>Tabla 2.</b>	Consideraciones de diseño.....	16
<b>Tabla 3.</b>	Matriz Morfológica.....	29
<b>Tabla 4.</b>	Factor de corrección de punta (CB).....	34
<b>Tabla 5.</b>	Datos para fabricación de resorte.....	44
<b>Tabla 6.</b>	Costo de fabricación de máquina sembradora de maíz.....	71
<b>Tabla 1.</b>	Plan de mantenimiento.....	74

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Sembradora Rotativa. ....	12
<b>Figura 2.</b>	Plantador de punta. ....	12
<b>Figura 3.</b>	Sembradora manual de precisión para hortalizas. ....	13
<b>Figura 4.</b>	Sembradora Manual. ....	14
<b>Figura 5.</b>	Fases del proceso de diseño. ....	15
<b>Figura 6.</b>	Propiedades típicas de pegamento epóxico. ....	20
<b>Figura 7.</b>	Ubicación geográfica de la finca. ....	22
<b>Figura 8.</b>	Mecanismo de manivela-corredera en línea. ....	38
<b>Figura 9.</b>	Diagrama de cuerpo libre de resorte. ....	39
<b>Figura 10.</b>	Diseño de silo. ....	47
<b>Figura 11.</b>	Diseño de selector. ....	48
<b>Figura 12.</b>	Diseño de reducciones tipo embudo. ....	48
<b>Figura 13.</b>	Diseño de punta de penetración. ....	49
<b>Figura 14.</b>	Diseño de corredera. ....	50
<b>Figura 15.</b>	Diseño de resorte. ....	51
<b>Figura 16.</b>	Diseño de base. ....	52
<b>Figura 17.</b>	Diseño de compuerta. ....	53
<b>Figura 18.</b>	Diseño de tapa. ....	53
<b>Figura 19.</b>	Diseño de manivela. ....	54
<b>Figura 20.</b>	Mallado del Silo ....	55
<b>Figura 21.</b>	Tensión axial máxima de silo. ....	56
<b>Figura 22.</b>	Desplazamiento de silo. ....	57
<b>Figura 23.</b>	Factor de seguridad de silo. ....	58
<b>Figura 24.</b>	Mallado de resorte. ....	59
<b>Figura 25.</b>	Tensión axial máxima del resorte. ....	60
<b>Figura 26.</b>	Desplazamiento de resorte. ....	60
<b>Figura 27.</b>	Factor de seguridad del resorte. ....	61
<b>Figura 28.</b>	Mallado de punta de penetración. ....	62
<b>Figura 29.</b>	Tensión axial máxima de punta de penetración. ....	63
<b>Figura 30.</b>	Desplazamiento de punta de penetración. ....	63
<b>Figura 31.</b>	Factor de seguridad de punta de penetración. ....	64

<b>Figura 32.</b>	Refrentado de piezas base y selector.....	65
<b>Figura 33.</b>	Proceso de fabricación de Resorte.....	66
<b>Figura 34.</b>	Dimensionado de perforaciones para adaptación de selector.....	66
<b>Figura 35.</b>	Unión de componentes. ....	67
<b>Figura 36.</b>	Adaptación de orejas para base tipo bisagra. ....	67
<b>Figura 37.</b>	Proceso de fabricación de punta penetradora. ....	68
<b>Figura 38.</b>	Fabricación de compuerta. ....	69
<b>Figura 39.</b>	Máquina terminada.....	70

## ÍNDICE DE ECUACIONES

EC. 1.	Resistencia a la penetración estándar. ....	33
EC. 2.	Corrección por energía. ....	33
EC. 3.	Ángulo de fricción. ....	34
EC. 4.	Peso específico. ....	35
EC. 5.	Esfuerzo efectivo. ....	35
EC. 6.	Fuerza requerida. ....	36
EC. 7.	Esfuerzo admisible del suelo. ....	36
EC. 8.	Fuerza de barra. ....	36
EC. 9.	Fuerza de total. ....	37
EC. 10.	Dimensionamiento de silo. ....	37
EC. 11.	Longitud de manivela. ....	38
EC. 12.	Resistencia de fuerza cortante. ....	39
EC. 13.	Esfuerzo cortante. ....	39
EC. 14.	Factor de Bergstrasser. ....	40
EC. 15.	Diámetro de alambre. ....	40
EC. 16.	Factor de seguridad. ....	40
EC. 17.	Razón del resorte. ....	41
EC. 18.	Número de espiras activas. ....	41
EC. 19.	Longitud sólida. ....	42
EC. 20.	Longitud libre. ....	42
EC. 21.	Diámetro medio de espira. ....	42
EC. 22.	Diámetro externo de espira. ....	42
EC. 23.	Pandeo. ....	43
EC. 24.	Torsión. ....	43
EC. 25.	Esfuerzo máximo. ....	43
EC. 26.	Carga equivalente radial pura. ....	45
EC. 27.	Valor requerido de la capacidad nominal para la aplicación. ....	45
EC. 28.	Vida correspondiente a la capacidad nominal. ....	46
EC. 29.	Factor de confiabilidad. ....	46

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b>	Coeficiente de corrección de longitud de barra ( $C_R$ ). .....	85
<b>Anexo 2.</b>	Relación entre el ángulo de fricción interna efectivo y el peso unitario seco para suelos granulares.....	85
<b>Anexo 3.</b>	Curva de fluencia para silos de flujo masivo. ....	86
<b>Anexo 4.</b>	Constantes A y m de $S_{ut} = A m$ para estimar la resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes. ....	86
<b>Anexo 5.</b>	Equivalentes decimales de calibres de alambre y lámina de metal.....	87
<b>Anexo 6.</b>	Propiedades mecánicas de algunos alambres para resorte. ....	87
<b>Anexo 7.</b>	Constantes de las condiciones de extremos $\alpha$ de resortes. ....	88
<b>Anexo 8.</b>	Factor de aplicación $K_a$ . ....	88
<b>Anexo 9.</b>	Vidas representativas de diseño del rodamiento.....	88
<b>Anexo 10.</b>	Factor de confiabilidad $K_r$ .....	89
<b>Anexo 11.</b>	Selección de rodamiento. ....	89
<b>Anexo 12.</b>	Dimensiones de rodamiento.....	90
<b>Anexo 13.</b>	Propiedades de material de silo.....	90
<b>Anexo 14.</b>	Propiedades de material del resorte. ....	91
<b>Anexo 15.</b>	Propiedades de material de punta de penetración. ....	91
<b>Anexo 16.</b>	Hojas de cálculo realizados en el programa Mathcad.....	92

## CÓDIGO DUBLÍN

Título:	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA PARA EL PROCESO DE SIEMBRA EN PENDIENTES PARA EL CULTIVO DE MAÍZ.				
Autor:	<u>Alvaro Damián Manrique Fernández</u>				
Palabras clave:	Sembradora manual.	Maíz.	Maquinaria agrícola.	Diseño mecánico.	
Fecha de publicación:					
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2023.				
Resumen:	<p><b>Resumen.</b> - El proyecto de diseño de una máquina sembradora mecánica para granos de maíz tiene como objetivo proporcionar una solución rentable y eficiente para los agricultores que trabajan en terrenos con pendientes inclinadas. La máquina creada es innovadora y fácil de operar, y cuenta con una buena capacidad de almacenamiento de semillas y un bajo costo de mantenimiento, lo que reduce la necesidad de contratar mano de obra adicional. Además, después de realizar el proceso de diseño y simulación para la sembradora, se han obtenido resultados satisfactorios en términos de resistencia y eficiencia. En primer lugar, se ha determinado que el diámetro del silo de almacenamiento de semillas debe ser de 44 mm y su longitud de 1,2 m para garantizar una alimentación continua de las semillas. Además, se ha calculado que la longitud de la manivela debe ser de 2,5 cm para permitir el giro del mecanismo selector de semillas y la descarga constante de las semillas. En cuanto al componente crucial del mecanismo de accionamiento, el resorte al ser fabricado con una aleación de acero (18CrMoS4), los resultados de la simulación muestran que tiene una resistencia adecuada de 5418,33 psi, lo que le permite soportar una fuerza de 12 lbf sin sufrir daños, ya que produce un esfuerzo cortante de 40420 psi, y tiene un factor de seguridad de 3,5. En cuanto al silo de almacenamiento, la simulación demuestra que es resistente a la carga con una deformación de solo <math>8.17 \cdot 10^{-4}</math> in y un factor de seguridad de 13 al estar diseñado en una aleación de aluminio (1060). Por último, la punta de penetración también ha demostrado ser resistente al tener un desplazamiento de solo <math>7.45 \cdot 10^{-5}</math> in y un factor de seguridad de 2 al estar diseñado con acero galvanizado. En conjunto, los resultados de la simulación confirman que el diseño de la sembradora es resistente y cumple con los requisitos necesarios para una operación eficiente y confiable.</p> <p><b>Abstract.</b> - The design project of a mechanical corn seed planter aims to provide a cost-effective and efficient solution for farmers working on sloping terrains. The created machine is innovative and easy to operate and features a good seed storage capacity and low maintenance cost, which reduces the need for additional labor. Furthermore, after conducting the design and simulation process for the planter, satisfactory results have been obtained in terms of strength and efficiency. Firstly, it has been determined that the diameter of the seed storage hopper should be 44 mm and its length 1.2 m to ensure continuous seed feeding. Additionally, it has been calculated that the length of the crank should be 2.5 cm to allow for the rotation of the seed selection mechanism and constant seed discharge. Regarding the crucial component of the driving mechanism, the spring, being made with a steel alloy (18CrMoS4), simulation results show that it has adequate strength of 5418,33 psi, allowing it to withstand a force of 12 lbf without damage, as it produces a shear stress of 40420 psi, and has a safety factor of 3.5. As for the storage hopper, the simulation demonstrates that it is resistant to load with a deformation of only <math>8.17 \cdot 10^{-4}</math> in and a safety factor of 13 when designed with an aluminum alloy (1060). Finally, the penetration tip has also proven to be resistant with a displacement of only <math>7.45 \cdot 10^{-5}</math> in and a safety factor of 2 when designed with galvanized steel. Overall, the simulation results confirm that the planter design is robust and meets the necessary requirements for efficient and reliable operation.</p>				
Descripción:	129 hojas: dimensiones 210 x 297 mm + CD-ROM				
URI:					

## GLOSARIO DE TÉRMINOS Y FÓRMULAS

TERMINOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	UNIDADES
$\theta$	Ángulo entre vertical y pared del silo.	°
$\gamma_c$	Peso específico seco.	$\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
$\tau_{\text{máx}}$	Esfuerzo cortante.	Psi
$D_E$	Diámetro externo de espira.	In
$F_{\text{barra}}$	Fuerza de barra.	N
$F_{\text{requerida}}$	Fuerza requerida para penetración.	N
$F_{\text{total}}$	Fuerza total.	lbf
$F_{\text{máx}}$	Fuerza máxima.	lbf
$K_B$	Factor de Bergstrasser.	$\frac{\text{lbf}}{\text{in}}$
$L_2$	Longitud de manivela.	m
$L_s$	Longitud sólida.	m
$N_a$	Número de espiras activas.	-

$S_{xy}$ $S_{ut}$	Resistencia de fuerza cortante.	-
$\sigma_{ADM}$	Esfuerzo admisible del suelo.	$\frac{kN}{m^2}$
$\sigma_0$	Esfuerzo efectivo.	$\frac{kN}{m^2}$
$L_0$	Longitud libre.	In
$\phi$	Ángulo de fricción.	°
$\Delta R_4$	Distancia recorrida por la corredera.	m
$\alpha$	Pandeo.	-
A	Área de punta de penetración, constante de material.	$m^2, ksi(in)^m$
G	Módulo cortante.	GPa
C	Índice de resorte.	-
CAS	Tensión crítica.	Pa
$C_B$	Corrección por diámetro de penetración.	-
$C_E$	Corrección por energía.	-
$C_R$	Corrección corta por longitud de barra.	-

C <sub>s</sub>	Corrección de mostrado estándar.	-
D	Diámetro de barra, Diámetro requerido para almacenado, Diámetro medio de espira.	m, in
d	Diámetro de espira.	in
E	Eficiencia.	%
g	Gravedad.	$\frac{m}{seg^2}$
h	Profundidad de penetración.	m
H	Altura de caída de barra.	m
n	Factor de Diseño.	-
N <sub>campo</sub>	Medida de resistencia.	-
N <sub>60</sub>	Medida de resistencia a la penetración estándar del suelo.	-
R	Pérdida de fallo.	%
SM	Suelo arcilloso.	-
T	Torsión.	lbf*in

$w$	Humedad del suelo.	%
$W$	Peso de barra.	Kgf
$\rho$	Densidad de semilla.	$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$
$y$	Desplazamiento.	in
$\bar{\sigma}_{\text{total}}$	Esfuerzo total.	$\frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$
$\gamma$	Peso específico.	$\frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

# INTRODUCCIÓN

La siembra de maíz ha sido una actividad importante para la agricultura y el abastecimiento de alimentos. A lo largo de la historia, se ha buscado mejorar este proceso para reducir el tiempo y la falta de eficiencia. Sin embargo, la siembra en terrenos de pendientes pronunciadas sigue siendo un desafío y una dificultad para los agricultores.

La tradicional metodología de siembra consiste en penetrar el suelo con una herramienta llamada “espeque”, colocando dos semillas dentro del agujero y cubriéndolo con tierra. Aunque esta metodología no contamina el medio ambiente, los avances tecnológicos han llevado a la creación de máquinas de siembra que son eficientes, pero generan un impacto negativo en el medio ambiente.

Debido al creciente aumento de la población y la demanda de alimentos, los agricultores están en búsqueda de tecnologías que sean eficientes, ergonómicas y respetuosas con el medio ambiente. Además, la aplicación de fungicidas para proteger las semillas de las plagas antes de la siembra puede ser peligrosa para la salud de los agricultores. Por lo tanto, se plantea diseñar una máquina que facilite la siembra y proteja al agricultor y al medio ambiente.

El objetivo de este proyecto es diseñar y construir una máquina de siembra mecánica que se adapte a la herramienta tradicional (espeque) y sea fácil de usar para el agricultor. Esta máquina permitirá la dosificación de la semilla mediante un sistema de alimentación y depositará la semilla en el agujero de manera eficiente. Como resultado final, se espera obtener una máquina que se adapte a diferentes condiciones de terreno y facilite el trabajo del agricultor, reduciendo el costo y el esfuerzo en el proceso de siembra.

# **CAPÍTULO I**

## **CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Problema de Investigación.**

### **1.1.1. Planteamiento del problema.**

El proceso de siembra es crucial para el crecimiento y desarrollo eficiente de las plantas de maíz, y se puede realizar con máquinas rotatorias o manuales. Sin embargo, en terrenos con pendientes pronunciadas, estos métodos presentan dificultades y requieren tiempo y esfuerzos adicionales.

El objetivo de este proyecto es diseñar un mecanismo que facilite el proceso de sembrado de maíz en pendientes, disminuyendo el tiempo y la dificultad en su manipulación. Actualmente, el sembrado en pendientes se lleva a cabo manualmente debido a la falta de un mecanismo adecuado que pueda ser utilizado en este tipo de terrenos.

Aunque existen dispositivos mecánicos para el sembrado en pendientes, suelen ser costosos y de difícil manipulación en pendientes de mayor inclinación. Por lo tanto, se propone diseñar un mecanismo de bajo costo y fácil de usar que se pueda aplicar en terrenos con pendientes variables.

#### **1.1.1.1. Diagnóstico.**

El sector agrícola enfrenta desafíos importantes a la hora de realizar la siembra de semillas en pendientes pronunciadas, ya que esto requiere una inversión significativa de tiempo y esfuerzo, especialmente cuando se realiza de forma manual. La tecnología ha avanzado en el desarrollo de máquinas que facilitan este proceso, pero su costo elevado y la falta de conocimiento en su manejo, hacen que no sean accesibles para los pequeños agricultores con recursos económicos limitados.

Por lo tanto, existe una necesidad importante de diseñar una solución que permita realizar el proceso de siembra de maíz en pendientes de manera eficiente, segura y accesible económicamente para el agricultor. Esta solución debe ser fácil de manipular y permitir una mayor productividad, mejorando la calidad y la eficiencia en el proceso de producción de maíz en pendientes.

### **1.1.1.2. Pronóstico.**

La implementación de un mecanismo de sembrado mejorará la eficiencia en la producción de maíz, lo que a su vez permitirá a los agricultores obtener una mayor rentabilidad en su producción. La disminución del tiempo y esfuerzo necesario para el proceso de sembrado en pendientes permitirá a los agricultores aumentar su capacidad de producción, y mejorar su calidad de vida, al no tener que realizar un trabajo tan extenuante.

Asimismo, se espera que el mecanismo de sembrado desarrollado tenga un impacto positivo en la economía local, al permitir a los agricultores aumentar su producción y, por ende, aumentar su capacidad de generar ingresos. Este impacto se extenderá a la cadena de producción agrícola, ya que se espera un aumento en la demanda de semillas y otros insumos relacionados con la producción de maíz.

De manera que se espera que la implementación de un mecanismo de sembrado mejore la eficiencia y rentabilidad en la producción de maíz, y tenga un impacto positivo en la economía local y en la calidad de vida de los agricultores.

### **1.1.2. Formulación del problema.**

¿Qué mecanismos se pueden aplicar para facilitar el proceso de sembrado del cultivo de maíz en terrenos de difícil acceso para el agricultor?

### **1.1.3. Sistematización del problema.**

El problema actual en el sector agrícola es la falta de una solución eficiente y accesible para el sembrado de maíz en pendientes pronunciadas. A pesar de los avances tecnológicos en la industria agrícola, los diseños de las sembradoras disponibles en el mercado no han sido desarrollados para sembrar en pendientes y los pequeños agricultores se ven obligados a realizar este proceso manualmente, lo que resulta en un costo de tiempo y esfuerzo significativo y una limitación en la producción. Se requiere una solución que permita a los pequeños agricultores sembrar de manera fácil, segura y accesible para su economía.

## **1.2. Objetivos.**

### **1.2.1. Objetivo General.**

- Construir una máquina para el proceso de siembra en pendientes para el cultivo de maíz.

### **1.2.2. Objetivos Específicos.**

- Determinar los requerimientos de diseño para el proceso de siembra de maíz en pendiente.
- Realizar cálculos de los elementos mecánicos involucrados en la máquina sembradora de maíz.
- Realizar planos constructivos de los componentes de la máquina sembradora de maíz.
- Realizar un manual de operación y mantenimiento de la máquina sembradora de maíz.

## **1.3. Justificación.**

La justificación de esta investigación se basa en la necesidad de optimizar y mejorar el proceso de siembra de maíz en pendientes inclinadas, ya que los diseños de máquinas existentes no son adecuados para este tipo de terrenos y los agricultores deben recurrir a la siembra manual, lo que conlleva un alto costo de inversión en mano de obra y bajas ganancias.

La implementación de un mecanismo eficiente y accesible para sembrar en pendientes permitirá a los pequeños agricultores aprovechar todos los terrenos disponibles para la siembra, agilizar el proceso y reducir costos de inversión, logrando una mayor producción de maíz con un menor costo y esfuerzo. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación es diseñar una solución que cumpla con los requisitos de eficiencia, seguridad y accesibilidad económica para los pequeños agricultores.

## **CAPÍTULO II**

# **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN**

## 2.1. Generalidades del maíz.

### 2.1.1. Origen.

A lo largo de la historia, el cultivo de maíz se ha extendido por una amplia variedad de países del mundo, adaptando su morfología a diferentes condiciones climáticas. Su origen se encuentra en la región central de México y es el resultado de la fusión de las plantas teocintle. Debido a sus propiedades nutricionales elevadas, ha tenido un impacto significativo en todo el continente, lo que ha llevado a su producción en varios países y al desarrollo de nuevas especies de maíz debido a las diferentes condiciones [1]. En Ecuador, debido a las condiciones climáticas, se han desarrollado seis variedades de híbridos de maíz con características notables. Estos híbridos se destacan por su producción abundante y su resistencia a las malezas, y actualmente se encuentran disponibles en el mercado. Las variedades incluyen Emblema 777, Advanta 9313, Somma, Dekalb 7088, Trueno y Triunfo [2].

### 2.1.2. Condiciones climáticas.

Las condiciones climáticas son un factor fundamental para el éxito del cultivo de maíz. Por lo tanto, al planificar y manejar este cultivo, es importante tener en cuenta los factores que se presentan en la Tabla 1 [3].

**Tabla 1.** Condiciones climáticas para el cultivo de maíz.

<b>Pluviosidad</b> [ $\frac{\text{mm}}{\text{año}}$ ]	<b>Temperatura</b> [°C]	<b>Humedad</b> <b>relativa [%]</b>	<b>Altitud</b> [msnm]	<b>Viento</b>
650 a 1300	18 a 30	65 a 85	0 – 2.500	moderado

**FUENTE:** ALFONZO VIZCAÍNO, 2014 [3].

**ELABORADO POR:** AUTOR.

## **2.2. Condiciones de sembrado.**

El tipo de terreno elegido para la siembra de maíz debe tener ciertas características esenciales para garantizar su éxito. En primer lugar, es importante que el terreno esté bien abonado y tenga un grado adecuado de humedad. Con el fin de cumplir con las propiedades nutricionales necesarias para el crecimiento del cultivo, es recomendable abonar el terreno cuatro semanas antes de la siembra. De esta manera, se asegura que el suelo cuente con los nutrientes adecuados para el desarrollo óptimo del cultivo de maíz [4].

La presencia del sol es fundamental, por lo que el maíz no requiere protección contra la luz solar, ya que, si la tierra se enfría demasiado, la planta se pudrirá y no podrá desarrollarse adecuadamente. Además, el cultivo requiere un cierto grado de humedad y, durante su etapa de crecimiento, es importante regarlo con regularidad para mantener un ambiente húmedo y favorable para su desarrollo [5].

Para el proceso de siembra, es importante realizar la fumigación con insecticidas para prevenir la aparición de plagas que puedan dañar la semilla. Esto garantiza que la semilla esté protegida y que el cultivo tenga las mejores condiciones para crecer y desarrollarse de manera saludable y productiva [4].

## **2.3. Semillas.**

Evaluar la calidad de la semilla es esencial en el cultivo de maíz, ya que su calidad determinará el éxito de la producción. La semilla debe ser clasificada en cuatro componentes principales: genético, físico, fisiológico y sanitario.

El componente genético se refiere a la pureza de la variedad de la semilla, ya que debe provenir de una sola variedad genética. La apariencia general de la semilla, incluyendo su forma, tamaño y uniformidad, es evaluada en el componente físico. El componente fisiológico se enfoca en la germinación y el vigor de la semilla, así como su capacidad de desarrollarse bajo determinadas condiciones. Por último, el componente sanitario evalúa los daños causados por agentes patógenos que pueden transmitir enfermedades a la semilla.

Es importante asegurarse de que la semilla utilizada en el cultivo de maíz cumpla con estos estándares para obtener un cultivo estandarizado y eficiente [6].

## **2.4. Suelos.**

El suelo es una capa vital de la corteza terrestre, compuesta por una combinación de minerales, partículas orgánicas y otros elementos. La composición del suelo varía en función del lugar y las condiciones climáticas y ambientales, y puede cambiar lenta y gradualmente a lo largo del tiempo, a excepción de los cambios provocados por desastres naturales. Este recurso natural renovable es esencial para la actividad agrícola, ya que brinda sustento y nutrición a los cultivos. La estructura del suelo está compuesta por rocas, arena, arcilla, materia orgánica en descomposición, minerales y otros elementos en diferentes proporciones [7].

La meteorización es un proceso que implica la desintegración y transformación de las rocas hasta formar el suelo. Este proceso es causado por diferentes factores, como la acción física, química, biológica y geológica. El suelo es fundamental para la vida vegetal, ya que permite la fijación de raíces de plantas y cultivos, permitiéndoles absorber los nutrientes y la humedad necesaria para sobrevivir [8].

### **2.4.1. Tipos de suelos.**

La fertilidad de un suelo depende de una gran variedad de factores, incluyendo la presencia de nutrientes y minerales. Existen diferentes tipos de suelos, algunos son fértiles debido a la gran cantidad de nutrientes y minerales que contienen, mientras que otros pueden ser pobres en estos elementos. Es importante tener en cuenta que la fertilidad del suelo puede ser afectada por diferentes factores, como la actividad humana, la erosión, los cambios climáticos, entre otros. Conociendo estos aspectos, se pueden tomar medidas para preservar y mejorar la fertilidad de los suelos para asegurar una producción agrícola sostenible y eficiente.

#### **2.4.1.1. Suelos arenosos.**

Están compuestos principalmente por arena, lo que les da una textura seca y granulosa. Estos suelos son permeables y no tienen la capacidad de retener agua, lo que los hace

poco adecuados para la agricultura. Además, suelen contener muy poca materia orgánica, lo que limita su fertilidad y su capacidad de mantener las raíces de las plantas.

#### **2.4.1.2. Los suelos arcillosos.**

Están compuestos principalmente por arcilla y son reconocidos por sus granos extremadamente finos y de color amarillo. Estos suelos tienen la capacidad de retener agua y mantener la humedad, lo que los hace aptos para la agricultura. Sin embargo, para mejorar su fertilidad y proporcionar los nutrientes necesarios para los cultivos, a menudo se mezclan con humus.

#### **2.4.1.3. Suelos calizos.**

Son suelos que se caracterizan por tener una alta concentración de sales calcáreas, lo que les da una apariencia blanca. Además, son suelos secos y áridos, lo que los hace poco propicios para el cultivo debido a la escasa disponibilidad de agua y la elevada cantidad de sales en el suelo.

#### **2.4.1.4. Suelos pedregosos.**

Están compuestos principalmente por rocas de diferentes tamaños y texturas. Debido a su composición, estos suelos tienen dificultades para retener el agua y se caracterizan por tener temperaturas elevadas cuando están expuestos a la radiación solar. Estas condiciones hacen que este tipo de suelo sea poco propicio para la agricultura.

#### **2.4.1.5. Suelos fértiles o fumíferos.**

Estos suelos están compuestos de una gran cantidad de materia orgánica en descomposición o descompuesta, también conocida como humus. Debido a la gran cantidad de nutrientes que contienen, estos suelos suelen ser de color oscuro y tienen una excelente capacidad de retener agua. Por estas características, son ideales para el cultivo y se consideran suelos fértiles [9].

Para ser considerado un suelo apto para la agricultura o suelo fértil, debe cumplir con ciertos requisitos esenciales:

- Estar compuesto por partículas finas, como arcilla y limo, que permitan retener la humedad necesaria para las raíces de las plantas.
- Tener una combinación adecuada de partículas más grandes, como grava y arena, que asegure una buena porosidad y proporcione aire fresco a las raíces de las plantas.
- Contener los nutrientes químicos esenciales para la nutrición de las plantas. En caso de faltar algún nutriente, se pueden añadir fertilizantes o abonos para asegurar una nutrición adecuada y sostenida de la planta [10].

## **2.5. Tipos de sembradora manuales.**

Existen diversas técnicas de siembra que buscan optimizar y agilizar el proceso de plantación. Estos mecanismos, disponibles en el mercado, tienen como objetivo facilitar la tarea y lograr una eficiente distribución de las semillas en el suelo.

### **2.5.1. Sembradora Rotativa.**

Este tipo de sembradora permite realizar el proceso de siembra solo a granos superiores al tamaño de 5 mm, si se emplean en granos de menor tamaño a este estándar se verá afectada la dosificación.

Para el diseño de la máquina, el cuerpo está formado de material de polímero, el cual permite que sea más resistente a caídas y daños por golpes.

El mecanismo que utiliza para la apertura y siembra permite trabajar sobre terrenos no labrados con una penetración de tierra estándar de 3.5 considerando la presencia de terrenos muy compactados lo cual afectará la profundidad de siembra.

El equipo de sembrado tradicional emplea rodillos los cuales procesan una gran variedad de granos que se trasladan al selector para efectuar el sembrado, para lo cual se emplean varios rodillos que se adapten a los diversos tipos de cultivos como son: soya, maíz, frijón, sandía, algodón, arveja, habichuela, garbanzos, maníes, entre otros. El diseño de esta sembradora, que se muestra en la Figura 1, permite una fácil manipulación en terrenos planos y con poca pendiente. [11].

**Figura 1.** Sembradora Rotativa.



**FUENTE:** AGROFÁCIL, (2018) [11].

### **2.5.2. Plantador de punta Kamikaze Pulmplant.**

Esta sembradora posee una punta manual, caracterizándose por su forma tubular con la cual realiza la acción de sembrado y también puede efectuar trasplante de forma fácil y eficaz. Se realiza la acción sin esfuerzos mediante el accionamiento de la manilla, ya que abre una compuerta la cual se encuentra ubicada en la punta para insertar la semilla permitiendo el sembrado. La profundidad del agujero dependerá de la fuerza aplicada por el operador y de la resistencia de la tierra a ser penetrada. El diseño de la máquina para el trasplante de plantas, que se muestra en la Figura 2, permite un fácil proceso de trasplante. La compuerta se abre por completo, lo que permite que la planta se deslice sin inconvenientes hacia el agujero creado por la punta. [12].

**Figura 2.** Plantador de punta.



**FUENTE:** MODREGOHOGAR, 2021 [12].

### **2.5.3. Sembradora de maíz manual de hilera.**

La sembradora manual de hilera, que se muestra en la Figura 3, es una herramienta práctica y sencilla para realizar el sembrado. Mientras el operario recorre el terreno impulsando la sembradora, esta va repartiendo las semillas almacenadas en su depósito en el surco que se va generando. Para cerrar el surco, se utiliza una aleta o cadena trasera que arrastra 11 discos incluidos en la herramienta. Estos discos pueden adaptarse a cualquier tipo de semillas [13].

**Figura 3.** Sembradora manual de precisión para hortalizas.



**FUENTE:** NAVAS, (2021) [13].

### **2.5.4. Sembradora Manual.**

Esta máquina sembradora tiene una capacidad de la tolva hasta 4 kg depende del tipo de semilla ya que el volumen de la semilla puede reducir su capacidad. El almacenamiento está fabricado de polímeros, proporcionando una protección especial para realizar el trabajo en la intemperie teniendo como finalidad el hacerla ligera y mejorar los rendimientos de siembra. La punta de siembre está fabricada de acero galvanizado, lo cual le brinda como propiedad una alta resistencia y durabilidad, pudiendo trabajar en terrenos duros.

Esta máquina es perfecta para operar en terrenos ondulados, laderas y planos. Esta máquina cuenta con una regleta que sirve como guía indicadora del próximo sitio de siembra. Gracias a esto, se logra una siembra homogénea que optimiza las áreas productivas. Además, la máquina brinda la facilidad de realizar calibraciones de semillas y controlar la profundidad de siembra, que va de 2 a 10 cm. El diseño de la

máquina se muestra en la Figura 4. No se recomienda emplear este equipo en condiciones de alta humedad [11].

**Figura 4.** Sembradora Manual.



**FUENTE:** AGROFÁCIL, (2018) [11].

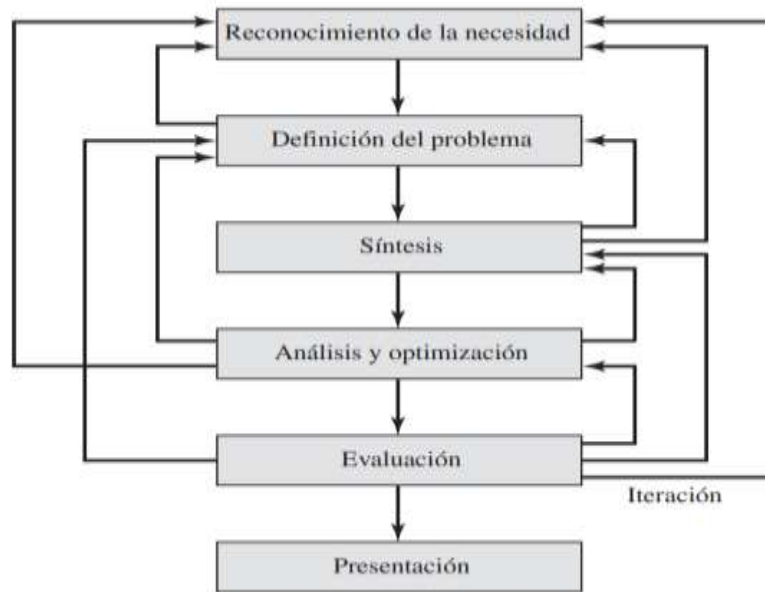
## **2.6. Diseño mecánico.**

La ingeniería mecánica es una rama de la ingeniería que se ocupa de la producción y el procesamiento de materiales y energía. Se basa en una amplia gama de conocimientos, incluyendo la mecánica de fluidos y sólidos, la fabricación, la transferencia de calor y otras áreas. En el diseño mecánico, se aplican estos conocimientos para crear soluciones innovadoras a diversos problemas. La ingeniería mecánica también es esencial para la automatización de procesos y la eficiencia energética. De manera que la ingeniería mecánica es una disciplina interdisciplinaria que se enfoca en el diseño, desarrollo y optimización de máquinas y sistemas mecánicos. [14].

### **2.6.1. Fases del diseño.**

El proceso de diseño comienza con la identificación de una necesidad. Es fundamental reconocer esta necesidad para poder abordar el conjunto de desafíos y circunstancias que la originan. A partir de ahí, se proponen distintas soluciones y se evalúa su eficacia en la resolución del problema planteado, para elegir la mejor opción. En la Figura 5 se muestran las fases de diseño que deben considerarse [14].

**Figura 5.** Fases del proceso de diseño.



**FUENTE:** RICHARD G. BUDYNAS Y J. KEITH NISBETT, 2012 [14].

### **2.6.2. Consideraciones generales del diseño mecánico.**

Para realizar un diseño adecuado en la ingeniería se considera una serie de condiciones, en las cuales el ingeniero tiene que utilizar sus conocimientos para establecer cuáles son los criterios de mayor importancia. Se consideran las siguientes condiciones para un conjunto o cuerpo de componentes:

- Resistencia.
- Deflexión.
- Peso.
- Dimensiones y forma.

Se deben considerar las siguientes condiciones para la superficie de los componentes:

- Desgaste.
- Lubricación.
- Corrosión.
- Fuerza de fricción.
- Calor generado por la fricción.

Es esencial establecer condiciones respecto al diseño, ya que existen consideraciones que parecen oponerse entre sí y se detallan en la Tabla 2. Por lo tanto, es fundamental desarrollar soluciones ingeniosas que permitan cumplir con los criterios establecidos [15].

**Tabla 2.** Consideraciones de diseño.

<b>Consideraciones Tradicionales</b>	<b>Consideraciones Modernas</b>	<b>Consideraciones Diversas</b>
Material		
Geometría	Seguridad	Confiabilidad y facilidad de mantenimiento
Condiciones de operación		
Costo	Ecología	Ergonomía y estética
Disponibilidad		
Posibilidad de producción	Calidad de vida	
Vida del componente		

**FUENTE:** JUVINALL Y MARSHEK, 2013 [15].

## **2.7. Software CAD.**

El diseño asistido por computadora (CAD) se utiliza para el modelado de proyectos sea en 2D y 3D, desarrollando análisis y simulaciones con la finalidad de comprender el comportamiento del diseño en ciertas condiciones requeridas de tal manera que se puedan ajustar permitiendo mejorar el diseño. Esta herramienta es esencial para el diseñador, ya que le permite realizar un diseño eficaz y eficiente. [16].

## **2.8. Selección de materiales.**

Un equipo o máquina puede poseer diversos materiales en sus partes, al realizar el diseño de esta se debe tener información sólida sobre la composición y propiedades de los materiales empleados en cada una de las partes, siendo de vital importancia tener una correcta selección de materiales los cuales cumplan las consideraciones del diseño [17].

## **2.9. Componentes de Máquinas.**

### **2.9.1. Almacenadores de semillas.**

#### **2.9.1.1. Depósito de tolva.**

Es un elemento clave en la máquina sembradora rotativa, ya que su forma de embudo es ideal para almacenar y redirigir sustancias granulares o pulverulentas de manera eficiente. Su alimentación se realiza por la parte superior, lo cual permite cargar fácilmente el contenido debido a su amplio diámetro. Por otro lado, la descarga se produce en la parte inferior, con un diámetro más estrecho, lo que permite controlar el flujo de descarga con precisión. Además, suelen incluir una compuerta que permite calibrar el flujo másico que circula. De manera que el depósito de tolva es un componente esencial en la máquina sembradora rotativa, debido a su versatilidad y eficacia en el manejo de sustancias granulares o pulverulentas [18].

#### **2.9.1.2. Silo rectangular con tolva piramidal.**

La geometría rectangular del depósito permite una mayor capacidad de almacenamiento de materiales granulares o pulverulentos. La alimentación se realiza en la parte superior, que cuenta con una mayor superficie, y se reduce en la sección piramidal. Gracias a la forma rectangular, la descarga se puede controlar en la salida piramidal [19].

El depósito de tolva rectangular es un tipo de almacenamiento ampliamente utilizado en las sembradoras manuales. Su forma rectangular permite almacenar una mayor cantidad de semillas, y su diseño permite un control eficiente en la salida mediante una forma piramidal. Además, su geometría hace que sea fácil de transportar [19].

#### **2.9.1.3. Silo piramidal.**

La tolva en forma de pirámide se compone de un diseño que permite el almacenamiento de material pulverizado o granular de manera eficiente. La geometría de la tolva permite un flujo continuo de material hacia la parte inferior, donde se encuentra una compuerta de descarga. Esta compuerta se utiliza para controlar la cantidad de material que se descarga en cualquier momento, lo que a su vez permite regular el flujo y asegurar una

descarga ordenada y segura. Además, la forma piramidal de la tolva ayuda a prevenir la acumulación de material en un solo lugar y minimiza la posibilidad de obstrucciones o atascos. De manera que la tolva se ha diseñado para ser un elemento funcional y eficiente en la gestión de materiales pulverizados o granulares [20].

#### **2.9.1.4. Silo de flujo masivo.**

Es un dispositivo utilizado para el almacenamiento de materiales granulares y pulverizados. Su forma cilíndrica lo hace ideal para maximizar el almacenamiento en un espacio limitado, y su construcción robusta y resistente garantiza la protección de los materiales almacenados. Además, cuenta con una tolva tipo embudo en la parte inferior, que permite una descarga eficiente y controlada de los materiales. Debido a estas características, el silo cilíndrico se ha convertido en un elemento indispensable en muchos sectores industriales, incluyendo la agricultura, la construcción y la minería, entre otros. Con su capacidad de almacenamiento y de mantener la integridad de los materiales almacenados, el silo cilíndrico es una solución eficaz y rentable para muchas aplicaciones [21].

#### **2.9.2. Selector dosificador de semilla.**

Los selectores dosificadores de semilla son un dispositivo esencial en la industria agrícola y hortícola. Su función es seleccionar y dosificar la cantidad exacta de semillas para cada una de las líneas de siembra, garantizando una distribución uniforme y precisa de las semillas en el campo.

##### **2.9.2.1. Selector de dos semillas.**

El selector de dos semillas es el dispositivo encargado de elegir dos semillas para depositarlas en la sembradora, con el objetivo de sembrar únicamente la cantidad de semillas seleccionada por dicho selector. De esta manera, se asegura una siembra precisa y eficiente en la zona previamente determinada [22].

### **2.9.2.2. Selector de distribución de semilla.**

El selector de distribución de semillas es el dispositivo encargado de distribuir uniformemente la semilla, asegurando que esta caiga en la hilera adecuada para lograr una siembra óptima. A diferencia de otros mecanismos, el selector de distribución de semillas no está controlado por ningún accionador, lo que significa que su funcionamiento depende exclusivamente del diseño y la construcción del dispositivo. No obstante, su importancia radica en la capacidad de distribuir la semilla de manera uniforme, lo que permite una germinación más homogénea y una cosecha más productiva [22].

### **2.9.2.3. Selector de sembradora rotatoria.**

El selector de la máquina rotativa es el dispositivo encargado de seleccionar las semillas a medida que la máquina gira, generando así la alimentación necesaria para llevar a cabo el proceso de siembra. En este caso, el selector de la sembradora rotativa se compone de platos con agujeros diseñados específicamente para permitir el ingreso de las semillas [23].

La forma del selector de la sembradora rotativa permite que las semillas se distribuyan de manera uniforme, lo que se traduce en una siembra precisa y eficiente. Cada uno de los agujeros del plato está diseñado para permitir el paso de una sola semilla a la vez, evitando así la sobrecarga de semillas y logrando un control preciso del proceso de siembra [11].

## **2.10. Uniones con adhesivos.**

En la actualidad, el adhesivo polimérico ha ganado popularidad como una solución de unión en aplicaciones estructurales, semiestructurales y no estructurales, ya que ofrece beneficios únicos para algunos procesos de ensamblaje. Además, se ha invertido en la investigación y desarrollo de nuevos adhesivos que garanticen resultados favorables en términos de durabilidad y seguridad, y que sean ambientalmente aceptables [14].

Las estructuras ensambladas complejas generalmente involucran varios tipos de materiales que no pueden unirse mediante técnicas convencionales de unión, por lo que

se utilizan adhesivos en combinación con soldaduras y sujetadores mecánicos para obtener mejores beneficios, como mayor capacidad de sellado, menor tiempo de ensamblaje, reducción de peso, menor número de partes, mejor resistencia a la corrosión y fatiga, lo que brinda al diseñador opciones para mejorar el proceso de ensamblaje.

### 2.10.1. Pegamento epóxico.

El pegamento epóxico es un tipo de adhesivo que se ha utilizado ampliamente en la industria y en la construcción debido a su alta resistencia y durabilidad. Está compuesto por dos componentes: la resina y el endurecedor, que se mezclan antes de su aplicación. Una vez que se mezclan, crean una unión extremadamente fuerte entre las superficies que se están uniendo [24].

El pegamento epóxico se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, desde la reparación de piezas de maquinaria hasta la fijación de componentes en la construcción de edificios. Es especialmente útil en la unión de materiales que no se pueden unir con técnicas convencionales, como plásticos, metales y cerámica. Además, el pegamento epóxico tiene ventajas únicas en comparación con otras técnicas de unión, como la soldadura y los sujetadores mecánicos, ya que ofrece un sellado completo, reduce el peso de las estructuras y mejora la resistencia a la corrosión y la fatiga [24].

**Figura 6.** Propiedades típicas de pegamento epóxico.



**FUENTE:** Kinloch, 2015 [24]

## **CAPÍTULO III**

# **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. Localización.

La investigación se llevó a cabo en el sector San Agustín, en una pequeña finca ubicada en la parroquia San Carlos, perteneciente a la Ciudad de Quevedo, en la provincia de Los Ríos. Las coordenadas de la finca son -1.099802, -79.443179, y se puede ver su ubicación geográfica en la Figura 7.

**Figura 7.** Ubicación geográfica de la finca.



FUENTE: GOOGLE MAPS.

### 3.2. Tipo de investigación.

#### 3.2.1. Investigación descriptiva.

El objetivo de la investigación descriptiva consiste en llegar a conocer las situaciones del proyecto, basándose en una descripción clara y precisa de un método o costumbres y actitudes predominantes a través del tiempo considerando los registros existentes. Pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables que intervienen en el proceso de siembra de maíz.

#### 3.2.2. Investigación bibliográfica.

La investigación bibliográfica es una excelente introducción a otros tipos de investigación y es considerada como la primera etapa necesaria, ya que permite obtener conocimientos previos acerca de las investigaciones existentes, teorías, hipótesis,

experimentos, resultados, instrumentos y técnicas utilizadas. En este caso particular, se busca obtener información relevante acerca del proceso de siembra de maíz, con el fin de proponer soluciones que permitan el diseño de un nuevo mecanismo de siembra de maíz.

### **3.2.3. Investigación experimental.**

La investigación se desarrolla en el diseño y fabricación de una máquina para sembrar maíz, basándose en el análisis de máquinas ya existente en el mercado con la finalidad de desarrollar un mecanismo que permita realizar el proceso de sembrado en terrenos de pendientes pronunciadas, asegurando un proceso seguro y efectivo para el agricultor.

### **3.3. Métodos de investigación.**

En este apartado se detalla los métodos empleados en el desarrollo de esta investigación.

#### **3.3.1. Método de observación.**

A partir del método de observación se pudo identificar la problemática que tienen los agricultores de la parroquia San Carlos dedicados a siembra el cultivo de maíz en terrenos de pendientes pronunciadas es por ello por lo que se diseñó una máquina que les facilite el trabajo al realizar el proceso de sembrado. Mediante este método se logró seleccionar los componentes adecuados para un correcto funcionamiento de la máquina facilitando la investigación al considerar los parámetros adecuados.

#### **3.3.2. Método deductivo.**

A través del método deductivo, se amplió el conocimiento acerca del proceso de siembra del cultivo de maíz, así como del funcionamiento de las diferentes maquinarias existentes en el mercado y de los parámetros necesarios a considerar en el diseño de una nueva máquina. En la investigación se enfocó en la elaboración adecuada del diseño de la máquina, tomando en cuenta los diversos parámetros necesarios en el proceso de siembra, para asegurar que el sistema cumpla con las características necesarias para realizar una siembra adecuada en las condiciones consideradas.

### **3.3.3. Método inductivo.**

Mediante la utilización del método inductivo se ha podido comprender cada una de las etapas que conlleva el proceso de sembrado, de esta manera se ha podido diseñar los diversos componentes, considerando las dimensiones adecuadas con la finalidad de obtener un diseño óptimo y funcional.

### **3.3.4. Método Experimental.**

A través del método experimental, se ha podido comprobar de manera interactiva la funcionalidad del diseño propuesto, en base a los criterios teóricos considerados en la investigación. Se elaboró un diseño en el software y se realizó una simulación, corroborando los resultados. Posteriormente, se fabricó un prototipo inicial con el fin de considerar posibles mejoras en el diseño.

## **3.4. Fuentes de recopilación de información.**

Como fuentes de recopilación de información de este proyecto de investigación se consideran las siguientes.

### **3.4.1. Fuente Primaria.**

A través de observación directa del proceso de sembrado del cultivo de maíz en pendientes y de diálogos con agricultores que realizan el proceso, se obtuvo información sobre las principales dificultades que conlleva realizar el proceso de sembrado en pendientes.

### **3.4.2. Fuente Secundaria.**

Mediante revisión bibliográfica de libros, artículos científicos, revistas, proyectos de investigación.

## **3.5. Diseño de la investigación.**

Este proyecto de investigación se centra en el diseño y construcción de una máquina para el proceso de siembra de maíz. La investigación sigue un enfoque experimental y

aplicado, en el que se utilizó el software SolidWorks para diseñar y evaluar los componentes de la máquina mediante simulaciones de resistencia de materiales y comportamiento. Los parámetros necesarios para el proceso de siembra se consideraron en el diseño, y posteriormente se fabricó un prototipo para analizar el comportamiento de los componentes y realizar mejoras en el diseño. El resultado final es una máquina funcional para el proceso de siembra de maíz.

### **3.6. Instrumentos de investigación.**

El presente proyecto tiene como finalidad construir una máquina sembradora de maíz que permita realizar el proceso en pendientes, basándose en la investigación de diversos diseños de máquinas y considerando los parámetros necesarios para realizar un correcto sembrado, se basó el tema de investigación en diversas herramientas para cumplir los objetivos planteados, teniendo como instrumentos principales la observación directa y uso de información bibliográfica.

### **3.7. Tratamiento de datos.**

#### **Programas utilizados.**

- Microsoft Word.
- Microsoft Excel.
- SolidWorks.
- PTC Mathcad.

### **3.8. Recursos Humanos y materiales.**

#### **3.8.1. Recursos humanos.**

- **Director de Tesis:** Ing. Rodger Benjamín Salazar Loo.
- **Autor:** Alvaro Damián Manrique Fernández

#### **3.8.2. Recursos materiales.**

- Laptop.

- Calculadora.
- Cuadernos.
- Catálogos.
- Libros.
- Pendrive USB.

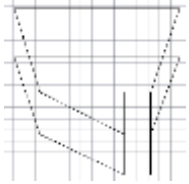
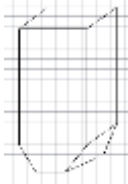
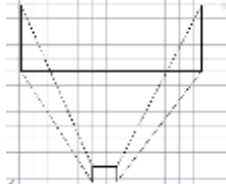
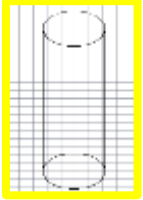



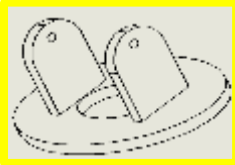








## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Selección de componentes.**

Para asegurar la máxima efectividad y eficiencia en el uso de la máquina sembradora en terrenos con pendientes, se realizó un análisis exhaustivo que permitió identificar los componentes clave que deberán ser excluidos del diseño. Con el fin de lograr este objetivo, se utilizó una herramienta de análisis conocida como matriz morfológica, la cual se presenta en detalle en la Tabla 3. Este proceso permitió evaluar y seleccionar los componentes más adecuados que permitirán obtener un diseño ergonómico y funcional que cumpla con las necesidades requeridas. De esta forma, se garantiza que la máquina sembradora funcione de manera óptima en terrenos con pendientes, permitiendo mejorar la eficiencia en el proceso de siembra.

**Tabla 3.** Matriz Morfológica.

Función	Actuadores			
Almacenador de semillas	 <p data-bbox="488 437 721 469">Depósito de tolva</p>	 <p data-bbox="842 443 1171 512">Silo rectangular con tolva piramidal</p>	 <p data-bbox="1323 443 1503 475">Silo piramidal</p>	 <p data-bbox="1697 453 1966 485">Silo de flujo masivo</p>
Selector dosificador de semilla	 <p data-bbox="483 681 797 713">Selector de dos semillas</p>	 <p data-bbox="936 681 1384 713">Selector de distribución de semilla</p>	 <p data-bbox="1541 676 1966 708">Selector de sembradora rotatoria</p>	
Base	 <p data-bbox="555 916 725 948">Tipo bisagra</p>	 <p data-bbox="1010 911 1317 943">Tipo pirámide truncada</p>	 <p data-bbox="1682 911 1832 943">Rotacional</p>	
Accionador	 <p data-bbox="568 1118 712 1150">Engranajes</p>	 <p data-bbox="1115 1118 1205 1150">Muelle</p>	 <p data-bbox="1711 1118 1800 1150">Cable</p>	
Punta de penetración	 <p data-bbox="555 1342 725 1374">Punta cónica</p>	 <p data-bbox="1084 1342 1240 1374">Punta plana</p>	 <p data-bbox="1666 1342 1845 1374">Punta esférica</p>	

**FUENTE:** AUTOR.

#### **4.1.1. Selección de almacenador de semillas.**

Se ha optado por un silo de flujo masivo para el almacenamiento de semillas ya que brinda varios resultados positivos que mejoran la eficiencia y la efectividad del proceso de sembrado. La forma ergonómica y manejable del silo lo hace fácil de transportar, lo que lo convierte en una opción ideal para su uso en el campo. Esto permite a los agricultores mover fácilmente las semillas de un lugar a otro, lo que resulta en una mayor flexibilidad y eficiencia en el proceso de siembra.

Además, el silo de flujo masivo también ofrece una gran capacidad de almacenamiento para las semillas, lo que permite a los agricultores tener suficientes semillas disponibles para realizar varios trabajos de siembra sin tener que hacer constantes viajes para reabastecerse. Esto resulta en una mayor eficiencia y efectividad, ya que los agricultores pueden dedicar más tiempo a realizar la siembra en lugar de tener que hacer viajes constantes para reabastecerse de semillas.

De manera que el uso de un silo de flujo masivo para el almacenamiento de semillas es una opción inteligente que brinda varios resultados positivos que mejoran la eficiencia y la efectividad del proceso de sembrado. Con su forma ergonómica y manejable, su gran capacidad de almacenamiento y su facilidad de transporte, el silo de flujo masivo es un componente clave que contribuirá a garantizar el éxito de la cosecha y a mejorar la eficiencia y el rendimiento del proceso de sembrado.

#### **4.1.2. Selección de selector dosificador.**

El selector de dos semillas ofrece una solución eficiente y efectiva para la selección de diferentes tipos de semillas en el proceso de siembra. Esto permite a los agricultores trabajar con una amplia gama de variedades de semillas, lo que resulta en una mayor versatilidad y flexibilidad en el proceso de siembra.

El selector de dos semillas también es fácil de instalar y reemplazar, lo que lo hace ideal para su uso en diferentes entornos y condiciones agrícolas. Esto permite a los agricultores realizar cambios rápidos y eficientes en el proceso de siembra, lo que resulta en una mayor eficiencia y efectividad en la cosecha final.

De manera que el selector de dos semillas es una alternativa atractiva y efectiva para la selección de semillas en el proceso de siembra. Con su versatilidad, facilidad de instalación y reemplazo, y eficiencia en la selección de diferentes tipos de semillas.

#### **4.1.3. Selección de base.**

Al elegir una base de tipo bisagra para el diseño de la máquina sembradora, se obtienen varios resultados positivos que mejoran la eficiencia y la efectividad del proceso de sembrado. La flexibilidad de la bisagra permite una mayor capacidad de adaptación a diferentes tipos de terrenos, incluyendo aquellos con pendientes y desniveles. Esto resulta en una distribución uniforme y precisa de las semillas, lo que a su vez mejora la calidad y la productividad de la cosecha.

Además, el diseño ergonómico de la base de bisagra también brinda una mayor seguridad y comodidad para el operador de la máquina sembradora. Al permitir una posición más segura y cómoda para el usuario, se reduce el riesgo de lesiones y se mejora la eficiencia de trabajo. Esto es especialmente importante en el caso de largas jornadas de trabajo, donde la seguridad y la comodidad son factores críticos para garantizar un rendimiento óptimo.

De esta forma la elección de una base de tipo bisagra para el diseño de la máquina sembradora es una alternativa interesante que brinda una serie de resultados positivos que mejoran la eficiencia, la efectividad y la seguridad del proceso de sembrado. Con su combinación de flexibilidad y diseño ergonómico.

#### **4.1.4. Selección de accionador.**

El muelle como mecanismo de accionamiento es una solución eficiente y efectiva en términos de costos y mantenimiento. Es un componente durable y fácil de mantener, lo que lo hace ideal para su uso en entornos agrícolas exigentes y difíciles.

El muelle también es capaz de absorber la energía generada durante la penetración y utilizarla para activar el selector de semillas. Esto permite una mayor precisión y control en el proceso de siembra.

Además, el muelle funciona mediante un sistema de biela-manivela, que permite una mayor precisión en la deposición de la semilla en la punta de la herramienta de siembra. Esto permite una distribución uniforme y precisa de las semillas, lo que resulta en una mayor eficiencia en el crecimiento de los cultivos.

De manera que el muelle como mecanismo de accionamiento es una solución eficiente, efectiva y asequible para el proceso de sembrado. Con su capacidad para absorber la energía generada durante la penetración, su facilidad de mantenimiento y su precisión en la deposición de semillas, el muelle es un componente clave que contribuirá al éxito de la cosecha y a la mejora de la eficiencia y el rendimiento del proceso de sembrado.

#### **4.1.5. Selección de punta de penetración.**

Se ha seleccionado la punta plana ya que es capaz de mantener una penetración constante en el suelo, lo que permite una distribución uniforme de las semillas. Su diseño permite una fácil instalación y reemplazo, lo que lo convierte en una opción conveniente y económica para la implementación en la máquina sembradora.

La compuerta implementada en la punta plana permite el control preciso del flujo de semillas y garantiza una distribución uniforme y eficiente en el suelo. Esto resulta en una mayor eficiencia en el crecimiento de los cultivos y una cosecha más productiva.

Además, la punta plana permite una perforación eficiente y uniforme del suelo, lo que resulta en una mayor eficiencia en el proceso de sembrado. Esta perforación uniforme también contribuye a la formación de una estructura de raíces saludable para los cultivos, lo que resulta en una mayor resistencia a enfermedades y plagas.

De manera que la elección de la punta plana como punta de penetración es una decisión estratégica y apropiada para el diseño de la máquina sembradora. Con su capacidad para perforar de manera eficiente y uniforme el suelo, su control preciso del flujo de semillas y su fácil instalación y reemplazo, la punta plana es un componente clave que contribuirá al éxito de la cosecha y a la mejora de la eficiencia y el rendimiento del proceso de sembrado.

## 4.2. Cálculos de diseño.

### 4.2.1. Resistencia a la penetración del suelo.

La ecuación (1) permite calcular la medida de resistencia a la penetración estándar, lo cual es esencial para determinar el ángulo de fricción del suelo.

$$N_{60} = N_{\text{campo}} * C_E * C_R * C_B * C_S \quad \text{EC. 1.}$$

$$N_{60} = 5 * 1 * 0.75 * 0.79 * 1$$

$$N_{60} = 2.96$$

Se ha establecido que  $N_{\text{campo}} = 5$ , ya que esta profundidad de 5 cm se considera la máxima requerida para la siembra.

La ecuación (2) permite calcular la corrección por energía, que es esencial para desarrollar la medida de resistencia a la penetración estándar. Esta medida es fundamental para determinar el ángulo de fricción del suelo.

$$C_E = \frac{E-R}{60\%} \quad \text{EC. 2}$$

$$C_E = \frac{100\% - 40\%}{60\%}$$

$$C_E = 1$$

El coeficiente de corrección de longitud de barra  $C_R$  se determina teniendo en cuenta la longitud de la barra que penetra en el terreno. Esta longitud se establece en 2 m utilizando la gráfica de longitud de varilla, que se encuentra en el Anexo 1.

$$C_R = 0.75$$

Para calcular el factor de corrección de la punta de penetración  $C_B$ , se debe tener en cuenta el diámetro de la punta de la máquina sembradora, que en este caso es de 20 mm. El valor correspondiente se muestra en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Factor de corrección de punta ( $C_B$ ).

Diámetro de punta [ mm]	Factor de corrección de punta [ $C_B$ ]
20-55	0.79
65-115	1
150	1.05
200	1.15

**FUENTE:** MOYA, 2017 [25].

**ELABORADO POR:** AUTOR.

$$C_S = 1$$

Una vez obtenida la medida estándar de resistencia a la penetración del suelo  $N_{60}$ , se procede al cálculo del ángulo de fricción, mediante la ecuación (3).

$$\phi = 27.1 + 0.30N_{60} - 0.00054(N_{60})^2 \quad \text{EC. 3}$$

$$\phi = 27.1 + 0.30(2.96) - 0.00054(2.96)^2$$

$$\phi = 27.984$$

Después de obtener el ángulo de fricción, se identificó el tipo de suelo donde se sembrará maíz en la provincia de los Ríos. En este caso, se trata de un suelo arcilloso

(SM) que representa el 30% del suelo en la zona de cultivo. Luego, se procedió a determinar el peso específico a partir del Anexo 2, el cual proporciona información sobre la relación entre el ángulo de fricción interna efectivo y el peso unitario seco para suelos granulares. Esta información es relevante para la planificación y el diseño adecuado de la siembra de maíz.

$$\gamma_c = 1.63 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$w = 24\%$$

El peso específico se puede obtener mediante la ecuación (4) y es esencial para determinar el esfuerzo efectivo mediante la ecuación (5). De esta forma, se puede calcular el esfuerzo total con precisión y exactitud.

$$\gamma = \gamma_c (1 + w) \quad \text{EC. 4}$$

$$\gamma = 1.63 * (1 + 0.24)$$

$$\gamma = 2.046 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$\sigma_0 = \gamma * h \quad \text{EC. 5.}$$

$$h = 0.05\text{m}$$

$$\sigma_0 = 2.046 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} * 0.05\text{m}$$

$$\sigma_0 = 0.102 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Dado que la penetración es en la superficie y no hay presión de poro, se considera que el esfuerzo total es equivalente al esfuerzo efectivo.

$$\sigma_{\text{total}} = 0.102 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Para calcular la fuerza necesaria para la penetración ( $F_{\text{requerida}}$ ), se utiliza la ecuación 6, la cual toma en consideración que la punta de penetración de la máquina tendrá un área de  $A = 0.0004 \text{ m}^2$ .

$$F_{\text{requerida}} = \sigma_{\text{total}} * A \quad \text{EC. 6}$$

$$F_{\text{requerida}} = 0.102 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 0.0004 \text{ m}^2$$

$$F_{\text{requerida}} = 0.041 \text{ N}$$

La ecuación (7) del método de barra permite calcular el esfuerzo admisible del suelo, que es necesario para que una barra pueda penetrarlo. De esta manera, se utiliza el método de barra para determinar con precisión el esfuerzo máximo que puede soportar el suelo. Para realizar el cálculo, se tomará en cuenta un diámetro de barra de  $D = 0.02 \text{ m}$ , el cual es el diámetro utilizado en la fabricación de la punta de penetración de la máquina. Dado que se estima que la máquina tendrá un peso máximo de  $W = 5.5 \text{ kgf}$  y la altura de caída para la perforación será de  $H = 0.3 \text{ m}$ .

$$\sigma_{\text{ADM}} = \frac{4}{25} * \frac{W * H}{\pi * D^2 * h} \quad \text{EC. 7}$$

$$\sigma_{\text{ADM}} = \frac{4}{25} * \frac{5.5 \text{ kgf} * 0.3 \text{ m}}{\pi * (0.02 \text{ m})^2 * 0.05 \text{ m}}$$

$$\sigma_{\text{ADM}} = 41.205 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

La ecuación (8) permite determinar la fuerza necesaria para que la barra penetre en el suelo, considerando el esfuerzo admisible calculado previamente.

$$F_{\text{barra}} = \sigma_{\text{ADM}} * A \quad \text{EC. 8}$$

$$F_{\text{barra}} = 41.205 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} * 0.0004 \text{ m}^2$$

$$F_{\text{barra}} = 0.016 \text{ kN}$$

Para determinar la fuerza total necesaria para penetrar el suelo, se utiliza la ecuación (9), la cual tiene en cuenta tanto la fuerza requerida como la fuerza de la barra previamente calculada.

$$F_{\text{total}} = F_{\text{requerida}} + F_{\text{barra}} \quad \text{EC. 9}$$

$$F_{\text{total}} = 0.041\text{N} + 16 \text{ N}$$

$$F_{\text{total}} = 16.523\text{N} = 3.714 \text{ lbf}$$

## 4.2.2. Cálculos de componentes de máquinas.

### 4.2.2.1. Almacenador de semillas silo de flujo masivo.

La identificación del diámetro adecuado es fundamental para el diseño óptimo del silo de flujo masivo. Para lograr esto, se utiliza la ecuación (10), lo que permite determinar el diámetro requerido para asegurar que el proceso sea eficiente y se evite el atascamiento de las semillas.

$$D = \left(2 + \frac{\theta}{60}\right) * \frac{\text{CAS}}{\rho * g} \quad \text{EC. 10}$$

$$D = \left(2 + \frac{0^\circ}{60}\right) * \frac{150 \text{ Pa}}{700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}$$

$$D = 0.044 \text{ m}$$

Para determinar la tensión crítica (CAS), se utiliza la curva de fluencia adjunta en el Anexo 3, la cual varía en función del ángulo de fricción considerado.

### 4.2.2.2. Cálculo de selector.

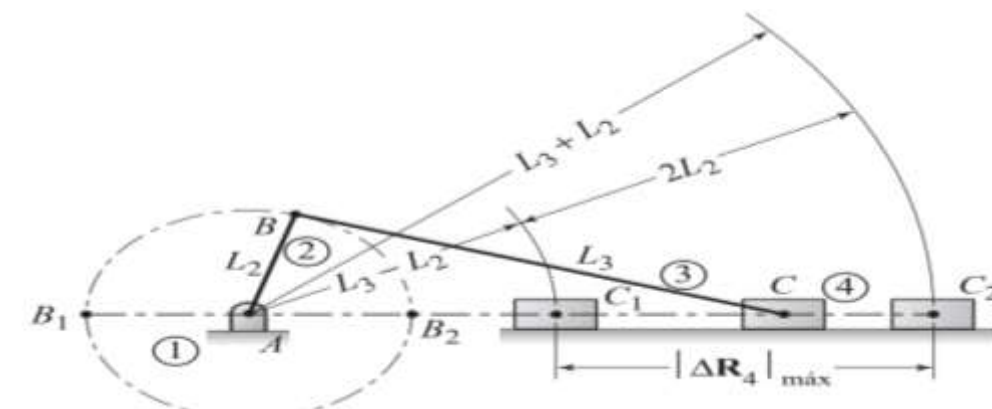
Para el diseño del selector, se utiliza un cálculo que toma en cuenta el uso de un mecanismo biela-corredora. Este cálculo es esencial para determinar la distancia

adecuada de la manivela, que permitirá el giro del selector de manera eficiente y precisa.

La conversión del movimiento lineal en movimiento rotativo, o viceversa, es una técnica frecuentemente empleada en ingeniería, y se lleva a cabo mediante el mecanismo biela-corredera, tal como se ilustra en la Figura 7. En el caso del selector, este mecanismo se utiliza para transformar el movimiento de la corredera en el movimiento rotativo necesario para girar el selector. Para diseñar adecuadamente el mecanismo, se utiliza la ecuación (11).

Para lograr un diseño óptimo, se debe considerar un valor de  $\Delta R_4 = 0.05$  m, que corresponde al recorrido máximo de la corredera. Dicho recorrido equivale a la profundidad de penetración del mecanismo en el suelo.

**Figura 8.** Mecanismo de manivela-corredera en línea.



**FUENTE:** MYSZKA,2012 [26].

$$L_2 = \frac{(\Delta R_4)}{2} \quad \text{EC. 11}$$

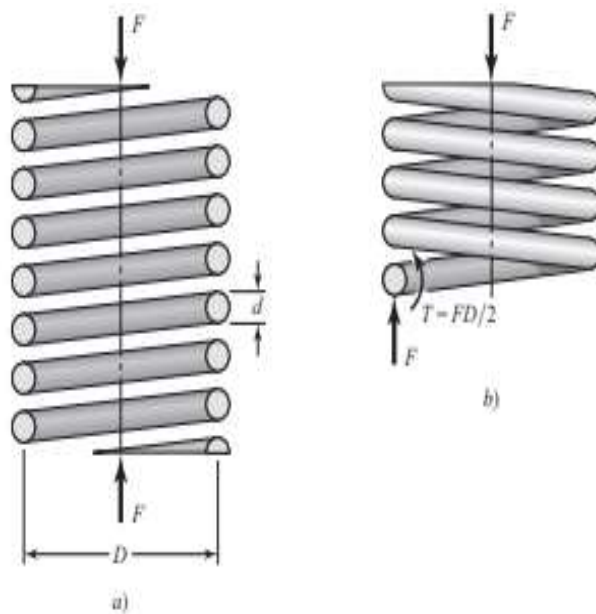
$$L_2 = \frac{(0.05 \text{ m})}{2}$$

$$L_2 = 0.025\text{m}$$

#### 4.2.2.3. Diseño de resorte.

Es necesario diseñar un resorte de compresión con extremos planos para aumentar su eficiencia. El resorte debe tener una deflexión de 2 pulgadas al aplicar una fuerza de 12 libras, y debe cerrarse de forma sólida al hacerlo. Con el objetivo de mejorar la eficiencia, se aplicará un factor de diseño de 1.2 como protección contra la fluencia. Para una mejor comprensión de las variables involucradas, consultar la Figura 8.

**Figura 9.** Diagrama de cuerpo libre de resorte.



**FUENTE:** SHIGLEY, 2012 [14].

Se iniciará con el cálculo de un índice de resorte aceptable para C a partir de la siguiente ecuación (12).

$$S_{xy} = 0.45 S_{ut} = 0.45 \left( \frac{A}{d^m} \right) \quad \text{EC. 12}$$

Al suministrar  $\tau$  y F por  $\tau_{\text{máx}}$  y  $F_{\text{máx}}$  respectivamente se obtiene la ecuación (13).

$$\tau_{\text{máx}} = K_B \frac{8F_{\text{máx}}D}{\pi d^3} = K_B \frac{8F_{\text{máx}}C}{\pi d^2} \quad \text{EC. 13}$$

Donde  $K_B$ , se obtiene a partir de la ecuación (14).

$$k_B = \frac{4C+2}{4C-3} \quad \text{EC. 14}$$

Si se divide la Ecuación (12) entre el factor de diseño n y esto es igual a la Ecuación (13) en ksi, resulta.

$$\frac{0.45}{n} \left( \frac{A}{d^m} \right) = K_B \frac{8F_{\text{máx}}C}{\pi d^2} (10^{-3})$$

Para  $F_{\text{máx}} = 12$  lbf y  $n = 1.2$ . Resolviendo para d se obtiene la ecuación (15).

$$d = \left( 0.163 \frac{K_B C}{A} \right)^{\frac{1}{2-m}} \quad \text{EC. 15}$$

Si se prueba con un índice de resorte de  $C = 13.5$  y se reemplaza en la Ecuación 14.

$$k_B = \frac{4(13.5) + 2}{4(13.5) - 3} = 1.098$$

Con base al Anexo 4 se selecciona un material de alambre que se adapte a las condiciones de trabajo, se extraen los valores  $m = 0.187$  y  $A = 147 \text{ kpsi} \cdot \text{in}^{0.187}$  por tanto se reemplaza en la Ecuación 15.

$$d = \left( 0.163 \frac{(1.098) * (13.5)}{147} \right)^{\frac{1}{2-0.187}} = 0.104 \text{ in.}$$

A través del Anexo 5 se selecciona un alambre W&M de calibre 12,  $d = 0.1055$  in. Para comprobar el factor de seguridad resultante, a partir de la ecuación (16).

$$n = 7.363 * \frac{A * d^{2-m}}{K_B C} \quad \text{EC. 16}$$

$$n = 7.363 * \frac{147(0.1055^{2-0.187})}{(1.098) * (13.5)}$$

$$n = 1.362$$

La razón del resorte  $k$  está dada por la ecuación (17) a través de la fuerza sobre la deflexión.

**EC. 17**

$$k = \frac{F}{y}$$

$$k = \frac{12 \text{ lbf}}{2 \text{ in}}$$

$$k = 6 \frac{\text{lbf}}{\text{in}}$$

A partir de la ecuación (18) se identifica el número de espiras activas, en el Anexo 6 se extrae el valor de  $G = 11.2 \text{ Mpsi}$ .

$$N_a = \frac{d^4 G}{8kD^3} = \frac{dG}{8kC^3} \quad \text{EC. 18}$$

$$N_a = \frac{(0.0540 \text{ pulg}) * (11.2 \text{ Mpsi})}{8 \left(6.122 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}}\right) * (2)^3}$$

$$N_a = 9.837 = 10 \text{ vueltas}$$

Esta cifra se encuentra dentro del rango recomendado de  $3 \leq N_a \leq 15$  siendo aceptable el número total de espiras es  $N_t = N_a = 10$  vueltas.

La deflexión desde la longitud libre hasta la longitud sólida del resorte está dada por.

$$y_s = \frac{F_{\max}}{k}$$

$$y_s = \frac{12 \text{ lbf}}{6 \frac{\text{lbf}}{\text{in}}}$$

$$y_s = 2 \text{ in}$$

A partir de la ecuación (19) se determina la longitud sólida.

$$L_s = d(N_t + 1) \quad \text{EC. 19.}$$

$$L_s = 0.1055 \text{ in}(10 + 1)$$

$$L_s = 1.161 \text{ in}$$

La ecuación (20) proporciona la longitud libre del resorte:

$$L_0 = L_s + y_s \quad \text{EC. 20}$$

$$L_0 = 1.161 \text{ in} + 2 \text{ in}$$

$$L_0 = 3.161 \text{ in}$$

La ecuación (21) describe el diámetro medio de la espira en el resorte:

$$D = C d \quad \text{EC. 21.}$$

$$D = 13.5 * 0.1055 \text{ in}$$

$$D = 1.424 \text{ in}$$

La ecuación (22) proporciona el diámetro externo de la espira en el resorte:

$$D_E = D + d \quad \text{EC. 22}$$

$$D_E = 1.424 \text{ in} + 0.1055 \text{ in}$$

$$D_E = 1.528 \text{ in}$$

Con el objetivo de prevenir el pandeo, se aplica la ecuación (23) y se realiza una evaluación de acuerdo con las pautas establecidas en el Anexo 7. Esta evaluación permite verificar si el diseño cumple con el parámetro de 0.5 o superior. Si el resultado obtenido es igual o superior a dicho valor, se considera que el diseño es satisfactorio:

$$\alpha = 2.63 \frac{D}{L_0} \quad \text{EC. 23.}$$

$$\alpha = 2.63 \frac{1.424 \text{ in}}{3.161 \text{ in}}$$

$$\alpha = 1.185$$

La torsión del resorte es un parámetro crucial para el correcto funcionamiento de la máquina. La ecuación (24) permite calcular este valor de manera precisa y confiable, lo que resulta de gran importancia para evitar fallas prematuras en el sistema.

$$T = \frac{F \cdot D}{2} \quad \text{EC. 24.}$$

$$T = \frac{12 \text{ lbf} \cdot 1.424 \text{ in}}{2}$$

$$T = 8.546 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

La ecuación (25) es una herramienta esencial en el diseño de un resorte, ya que su aplicación permite el cálculo del esfuerzo máximo que el resorte será capaz de soportar. Es importante conocer este valor para evaluar la seguridad del diseño, y así determinar si el resorte es capaz de soportar la carga sin fallar.

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{T \cdot r}{J} \cdot \frac{F}{A} \quad \text{EC. 25}$$

$$\tau_{\text{máx}} = \frac{(8.546 \text{ lbf} \cdot \text{in}) \cdot (0.052 \text{ in})}{0.00001136 \text{ in}^4} \cdot \frac{12 \text{ lbf}}{0.008 \text{ in}^2}$$

$$\tau_{\text{máx}} = 40420 \text{ psi}$$

Se pueden encontrar los datos necesarios para la fabricación del resorte en la Tabla 5, la cual resume la información obtenida a partir de los cálculos de diseño realizados. Es importante tener en cuenta estos datos al momento de fabricar el resorte, ya que garantizarán que las especificaciones de diseño se cumplan y se obtenga un producto final de calidad.

**Tabla 5.** Datos para fabricación de resorte.

<b>Variables del resorte.</b>	<b>Valor.</b>
Tamaño de Resorte.	3.161 in
Diámetro externo de espira.	1.528 in
Número de espiras.	10
Diámetro de calibre.	0.104 in
Material.	W&M
Constante de resorte.	6
Esfuerzo cortante.	40420 psi
Factor de seguridad.	1.238

**ELABORADO POR:** AUTOR.

#### **4.2.2.4. Selección de los rodamientos.**

Para seleccionar el rodamiento adecuado para la máquina sembradora de maíz, es necesario tener en cuenta que debe permitir el giro del selector. Se estima que la velocidad de operación será de 100 rpm, considerando el número de accionamientos que se realizarán durante este periodo. Además, se aplicará una fuerza de empuje de 53.37 N con un impacto ligero a moderado de la manivela, lo que generará una carga radial de 4.44 N y un ángulo de 0.

$$F_t = 53.37 \text{ N}$$

$$F_r = 4.44 \text{ N}$$

La ecuación (26) nos permite determinar la fuerza de carga equivalente radial pura, lo que a su vez nos permitirá obtener el valor necesario para la capacidad nominal y así seleccionar el rodamiento adecuado.

$$F_e = F_r \left( 1 + 1.115 \left( \frac{F_t}{F_r} - 0.35 \right) \right) \quad \text{EC. 26.}$$

$$F_e = 62.215 \text{ N}$$

El factor de aplicación dependerá del tipo de impacto al cual esté expuesto el objeto en cuestión, y se puede obtener del Anexo 8 correspondiente.

$$K_a = 1.5$$

La vida correspondiente a la carga radial se determina considerando que la máquina opera durante 8 horas al día, de acuerdo con las especificaciones del Anexo 9.

$$L = 100 \text{ rpm} * 30,000 \text{ h} * 60 \frac{\text{min}}{\text{h}}$$

$$L = 1.8 * 10^8 \text{ rev}$$

De acuerdo con el Anexo 10, para una confiabilidad del 90%, se aplica un factor de ajuste  $K_r = 1$  y se establece una vida nominal  $L_R = 90 * 10^6 \text{ rev}$ .

El cálculo del valor requerido de la capacidad nominal a través de la ecuación (27) es fundamental para realizar una selección adecuada del rodamiento.

$$C_{\text{req}} = F_e * K_a * \left( \frac{L}{K_r * L_R} \right)^{0.3} \quad \text{EC. 27}$$

$$C_{\text{req}} = 0.115 \text{ kN}$$

A partir del valor requerido de la capacidad nominal obtenida mediante la ecuación (27), y utilizando la información del Anexo 11, se pueden seleccionar rodamientos adecuados para la aplicación, como los modelos L 00, 200 y 300. Entre estas opciones,

el rodamiento 200 resulta favorable debido a su bajo costo y fácil obtención en el mercado.

Para verificar que la selección del rodamiento ha sido adecuada, es necesario calcular el tiempo de vida útil que tendrá el rodamiento en operación. La capacidad nominal requerida se obtiene a partir de la selección del rodamiento utilizando el Anexo 12.

$$C_1 = 1.42\text{kN}$$

El tiempo de vida útil correspondiente a la capacidad nominal del rodamiento seleccionado se determina mediante la ecuación (28).

$$L_r = K_r * L_R * \left(\frac{C_1}{F_e * K_a}\right)^{3.33} \quad \text{EC. 28}$$

$$L_r = 7.786 * 10^{11} \text{rev} = 1.28 * 10^8 \text{ hr}$$

Utilizando la ecuación (29), se puede determinar el factor de confiabilidad del rodamiento seleccionado. Es importante mencionar que, si este valor es menor a 0, la confiabilidad del rodamiento será del 100%, lo que garantiza que no fallará.

$$K_r = \frac{L}{L_R * \left(\frac{C_1}{F_e * K_a}\right)^{3.33}} \quad \text{EC. 29}$$

$$K_r = 0.00023$$

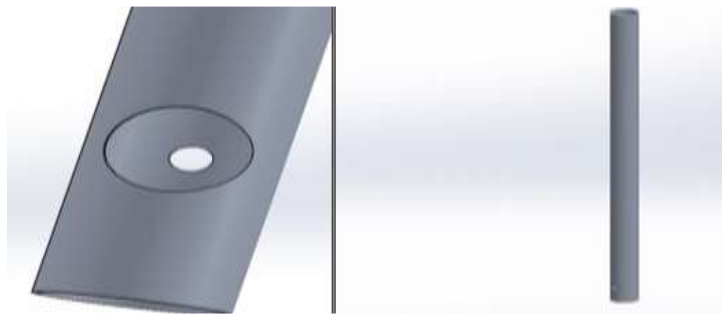
### **4.3. Diseño de componentes de máquina.**

#### **4.3.1. Diseño de silo.**

Para llevar a cabo el diseño del silo, se ha optado por una geometría cilíndrica que toma en cuenta el diámetro obtenido en los cálculos previos (0.0044 m). Esta estructura tiene una altura de 1.20 metros con el objetivo de maximizar la cantidad de semilla que puede ser almacenada y garantizar un suministro continuo sin necesidad de recargas.

Además, se ha realizado una penetración pasante en un costado del cilindro con dos diámetros diferentes para permitir la integración del selector. Este selector se encuentra a una distancia de 4 cm en relación con la arista terminal del cilindro. Con estas especificaciones, se ha conseguido un diseño eficiente y funcional para el silo. Para la construcción del silo, se ha seleccionado una aleación de aluminio 1060 debido a que es altamente resistente a la oxidación en ambientes propios de la agricultura. Además, su ligereza permite un diseño más ergonómico y fácil de transportar, como se ilustra en la Figura 10.

**Figura 10.** Diseño de silo.



**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

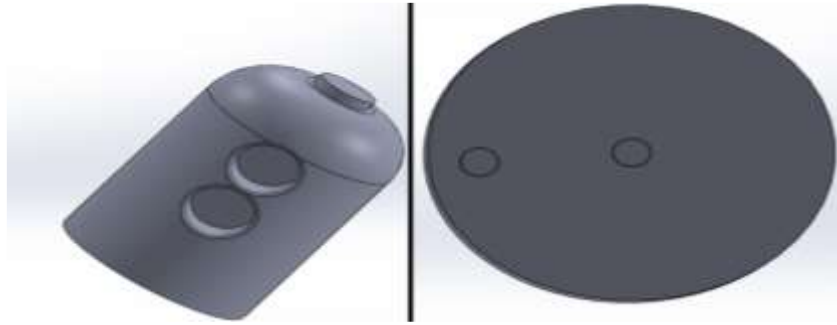
**ELABORADO POR:** AUTOR.

#### **4.3.2. Diseño de selector.**

Para el diseño del selector, se ha utilizado un cilindro con una longitud de 48 mm y un diámetro de 32 mm. En el costado de este cilindro, se han realizado dos perforaciones para permitir la entrada de las semillas. La ubicación y tamaño de estas perforaciones se han determinado en función del diámetro del área de la semilla.

Para garantizar la estabilidad y rotación del selector, se ha incluido una reducción cónica en su parte posterior que se adapta a un diámetro de 12 mm, que se fija al silo mediante un rodamiento a presión. El material seleccionado para la fabricación del selector es el nailon, ya que es económico, eficiente y fácil de maquinarse. Además, se han realizado dos perforaciones en la punta frontal para permitir la fijación de la leva, la cual permitirá la rotación del selector. Con estas especificaciones, se ha conseguido un diseño funcional y eficiente para el selector del silo, como se ilustra en la Figura 11.

**Figura 11.** Diseño de selector.



**Fuente:** SolidWorks 2018.

**Elaborado por:** AUTOR.

#### **4.3.3. Diseño de reducciones tipo embudo.**

Se diseñó un cilindro con un diámetro de 44 mm y una altura de 25.4 mm para la fabricación de reducciones tipo embudo. Este cilindro cuenta con una perforación interna con un diámetro de 20 mm de la salida y una inclinación de 45 grados desde el almacenamiento hacia la alimentación. El objetivo de esta configuración es garantizar una circulación fluida y eficiente de las semillas, para la parte de la base la reducción tiene un tope la cual se conecta con el silo y la punta de penetración, como se ilustra en la Figura 12.

Para la fabricación de estos embudos, se utilizó plástico PVC 0.007, debido a su fácil maquinabilidad y bajo costo.

**Figura 12.** Diseño de reducciones tipo embudo.



**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

#### 4.3.4. Diseño de punta de penetración.

En el diseño de la punta de penetración se ha llevado a cabo una adaptación de una forma cilíndrica a una forma cuadrada de 20 mm, con el objetivo de facilitar la construcción de una corredera en su parte interna. Además, se ha incorporado un recorte de 60° en su punta para optimizar la penetración del suelo.

Con el fin de asegurar la durabilidad y evitar deformaciones y corrosión en la punta de penetración debido al constante contacto con el suelo, se ha seleccionado el material galvanizado para su construcción. Esta elección permitirá un adecuado sembrado dentro del proceso y garantizará el correcto funcionamiento de la máquina, como se ilustra en la Figura 13.

**Figura 13.** Diseño de punta de penetración.



**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

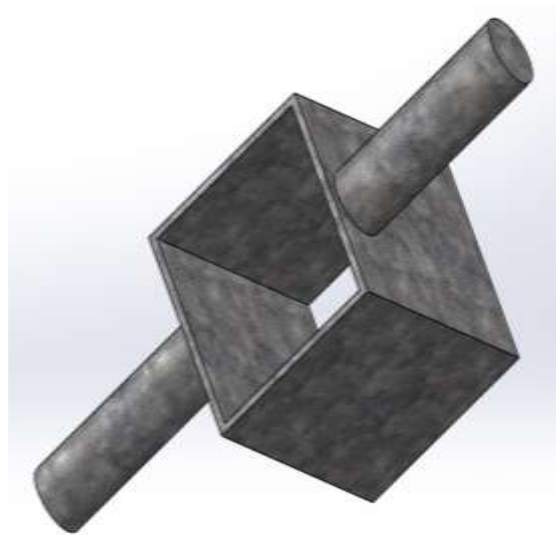
#### 4.3.5. Diseño de corredera.

En el diseño de la corredera, se ha confeccionado un cuadrado de 17.5 mm con la finalidad de permitir su deslizamiento libre dentro de la punta de penetración. La libertad de movimiento de la corredera será de 5 cm, lo cual está determinado por la profundidad de penetración de la punta. La corredera es la encargada de limitar la

profundidad de penetración del suelo y de accionar la compuerta durante el proceso de siembra, como se ilustra en la Figura 14. Con una longitud de 3 cm, al encontrarse en su punto más bajo, la corredera efectúa el vaciado de la semilla al realizar la siembra. Para su funcionamiento, la corredera debe conectarse a la base, y su accionamiento se realizará a través de un resorte.

Debido a que la corredera estará expuesta a ambientes corrosivos, se ha seleccionado el material de acero galvanizado para su fabricación. Esto asegurará la durabilidad y resistencia de la corredera ante las condiciones a las que estará expuesta.

**Figura 14.** Diseño de corredera.



**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

#### **4.3.6. Diseño de resorte.**

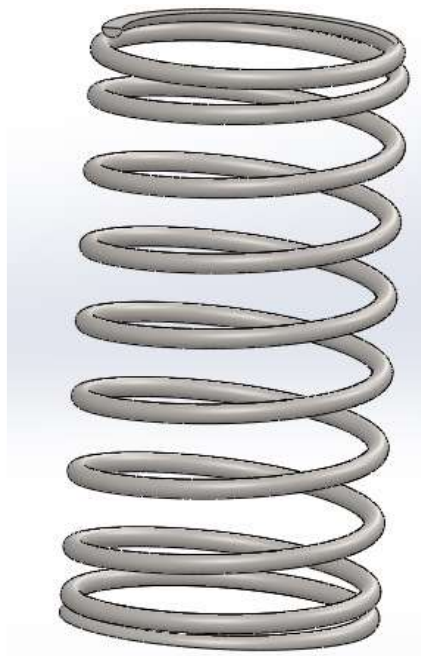
El diseño del resorte es un componente crucial dentro del mecanismo de accionamiento de la máquina, ya que será el encargado de accionar varios componentes, como la corredera, la compuerta y el selector, y proporcionará la energía necesaria para su correcto funcionamiento.

Para diseñar el resorte, se realizaron previamente los cálculos necesarios, teniendo en cuenta todos los parámetros esenciales para su correcto desempeño. A partir de estos

cálculos, se procedió a la elaboración del resorte, seleccionando el tipo de material y el tratamiento que debe tener para garantizar el correcto funcionamiento de los diversos mecanismos que dependen de él, como se ilustra en la Figura 15.

Es fundamental que el resorte esté diseñado adecuadamente y tenga la resistencia necesaria para soportar las cargas a las que estará sometido durante su uso. De lo contrario, podría provocar fallos en el sistema y afectar negativamente el proceso de siembra.

**Figura 15.** Diseño de resorte.



**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

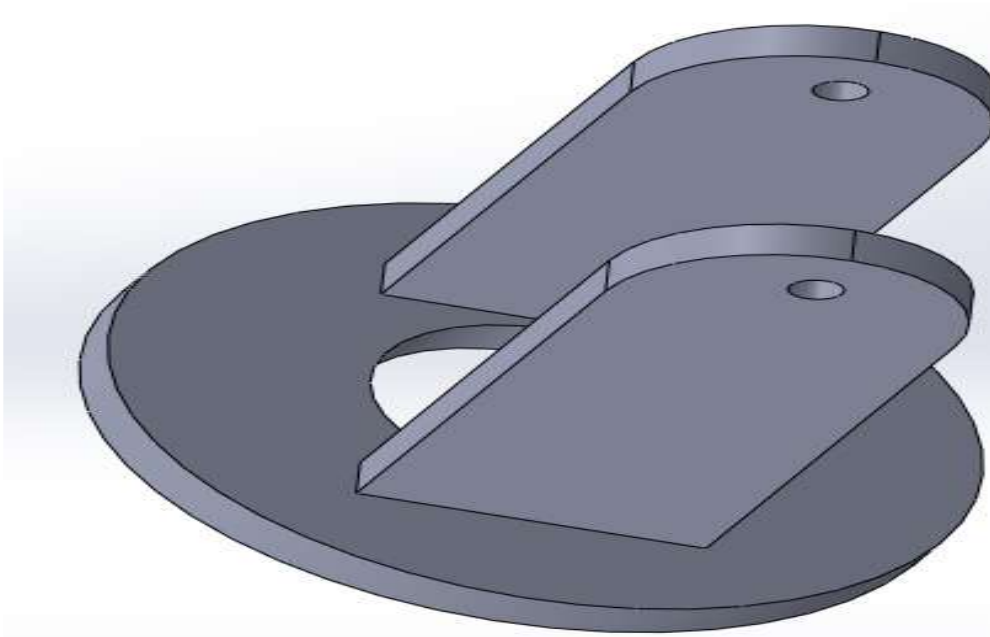
**ELABORADO POR:** AUTOR.

#### **4.3.7. Diseño de base.**

La base tipo bisagra ha sido diseñada para adaptarse con facilidad a los diferentes tipos de pendiente en los que la máquina debe operar. Para las orejas de soporte, se ha considerado la distancia entre el ángulo de penetración y la corredera, lo que permitirá que el proceso de siembra se lleve a cabo de manera efectiva, evitando el deslizamiento de la máquina. Además, esta configuración permitirá que el resorte cumpla adecuadamente con su función, como se ilustra en la Figura 16.

Las orejas de la base están conectadas con la corredera, lo que permitirá un deslizamiento continuo y suave. El material seleccionado para la fabricación de la base es nylon, ya que es una opción viable debido a su ligereza y resistencia. Este material es capaz de soportar las condiciones de trabajo de la máquina y garantizar su correcto funcionamiento.

**Figura 16.** Diseño de base.



**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

#### **4.3.8. Diseño de compuerta.**

Para el diseño de la compuerta, se ha tomado en cuenta la longitud dada por el corte del ángulo de la punta de penetración, añadiendo una bisagra que permitirá la apertura y cierre de la compuerta. Esta se mantendrá cerrada durante la penetración para evitar que residuos de tierra ingresen. Se ha añadido un resorte de torsión en la sección de unión del pasador para mantener la compuerta cerrada. Al bajar la corredera, se generará la apertura de la compuerta vaciando la semilla en el agujero generado por la punta de penetración. El material de fabricación elegido para la compuerta es de acero galvanizado, como se ilustra en la Figura 17.

**Figura 17.** Diseño de compuerta.



**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

#### **4.3.9. Diseño de tapa.**

Para el diseño de la tapa de la máquina sembradora se consideró el diámetro del silo, el cual es de 44 mm, con el fin de garantizar que no se produzca la entrada de residuos externos por la parte superior del mismo en caso de algún percance, como el deslizamiento del sembrador. Su función principal es evitar la contaminación de la semilla con agentes externos, de tal manera que no se produzcan atascamientos en la parte interna del silo. Para la fabricación de la tapa se seleccionó el material de acero galvanizado, como se ilustra en la Figura 18.

**Figura 18.** Diseño de tapa.



**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

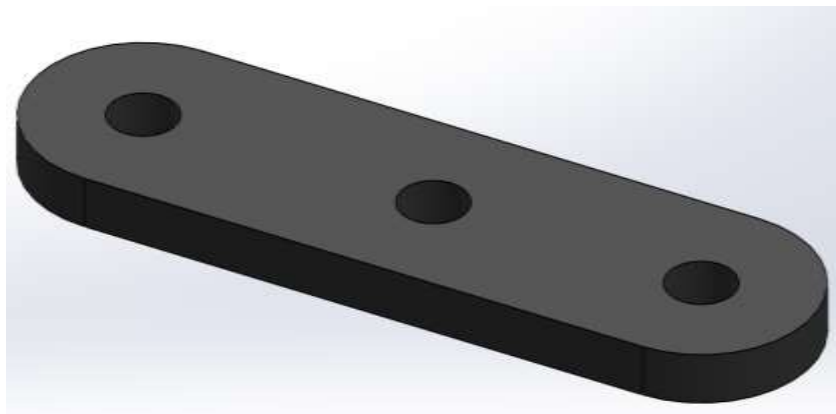
**ELABORADO POR:** AUTOR.

#### **4.3.10. Diseño de manivela.**

Para el diseño de la manivela se tuvo en cuenta el recorrido que debe realizar la corredera, de tal manera que se pudiera determinar la longitud adecuada para que esta pueda girar el selector. Además, se consideró la longitud restante desde el selector hacia la base, para determinar la medida de los eslabones adicionales que conectan la corredera.

Se tomó en cuenta la distancia máxima entre los eslabones, y se determinó que la longitud de la manivela debe ser de 2.5 cm para asegurar un movimiento suave y preciso. Para la fabricación de la manivela y los eslabones, se utilizó hierro dúctil, un material resistente y duradero, como se ilustra en la Figura 19.

**Figura 19.** Diseño de manivela.



**Fuente:** SolidWorks 2018.

**Elaborado por:** AUTOR.

#### **4.4. Análisis estático de los principales componentes afectados.**

Se ha llevado a cabo un análisis estático individual para cada componente, a fin de evaluar cómo se verían afectados al ser sometidos a una fuerza aplicada a través de una simulación en software. El objetivo de este análisis es establecer el comportamiento de cada componente cuando es sometido a una carga determinada. Con los resultados obtenidos, se podrá comprender mejor el comportamiento de cada elemento, especialmente en relación con el impacto de penetración del suelo.

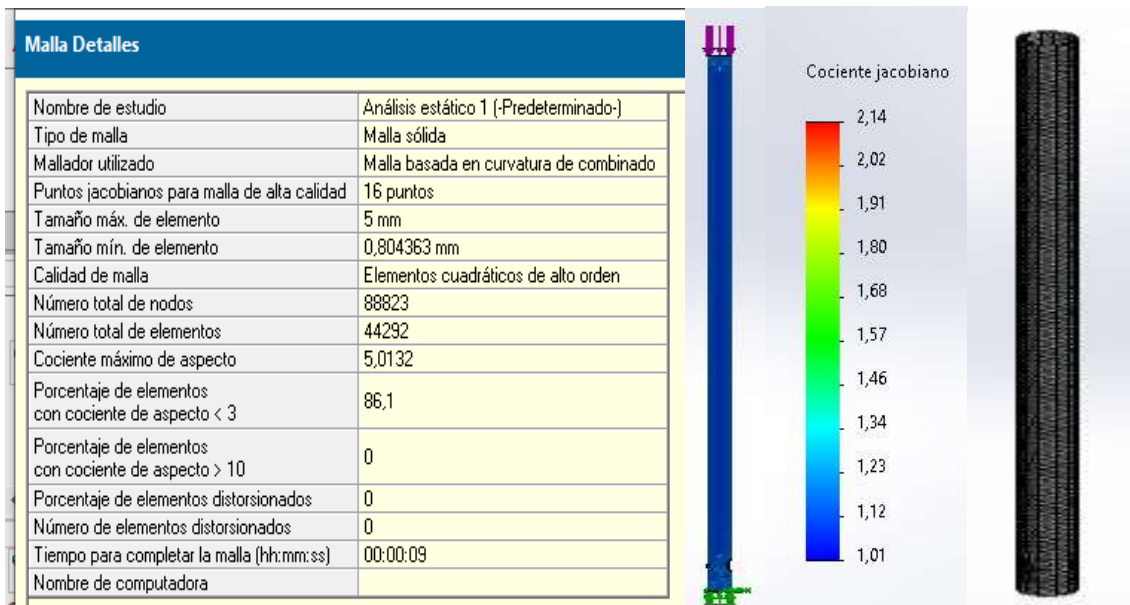
## 4.4.1. Análisis de silo.

### 4.4.1.1. Mallado de silo.

Para realizar el análisis, se decidió utilizar una malla basada en la curvatura del perfil, que fue diseñada teniendo en cuenta su geometría. Se optó por una dimensión de 5 mm para ajustarse a las limitaciones de la capacidad de procesamiento del ordenador utilizado. A pesar de esto, el uso del método de cociente jacobiano permitió obtener resultados satisfactorios en términos del número de elementos analizados y la calidad de la geometría de la malla generada. Este método permitió generar triángulos que se adaptan perfectamente a la estructura, como se puede observar en la figura 20.

En este caso, se empleó el método de mallado del cociente jacobiano, el cual tradicionalmente utiliza una escala de 1 a 30. Los valores cercanos a 1 indican una proporción adecuada para la geometría de la malla, mientras que valores alejados indican una malla deficiente. Debido a que se utilizó una malla fina, los resultados obtenidos fueron de 2,14 como valor máximo y 1 como valor mínimo, los cuales se encuentran dentro de los valores admisibles para el tamaño de malla considerado.

**Figura 20.** Mallado del Silo



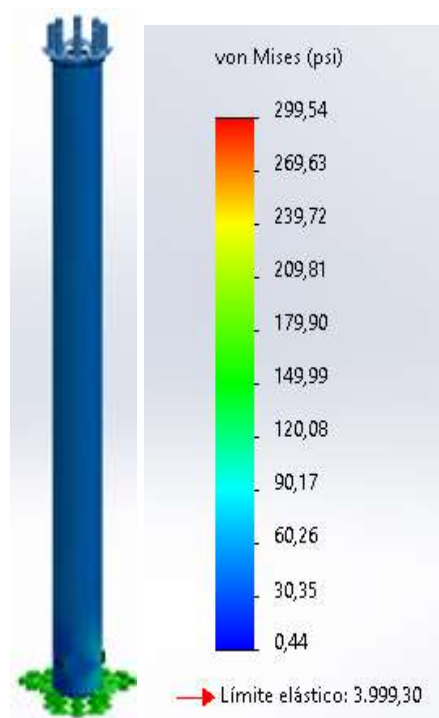
**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

#### 4.1.1.2. Análisis de simulación del silo.

La Figura 21 ilustra claramente cómo el esfuerzo de tensión máxima afecta al silo al aplicar una carga de 12 lbf, considerando las propiedades del material descritas en el Anexo 13. Se puede observar que el esfuerzo se distribuye en todas las zonas del silo, y en particular, la sección de la perforación presenta una leve coloración que indica un nivel mínimo de deformación. Esto se debe a que las zonas con perforaciones son más sensibles a los esfuerzos. Además, se puede apreciar que la selección del material es la adecuada, ya que el silo cumple con las condiciones de soporte requeridas.

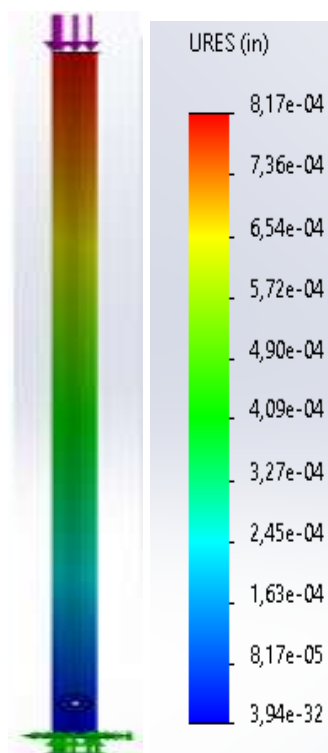
**Figura 21.** Tensión axial máxima de silo.



**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

**Figura 22.** Desplazamiento de silo.

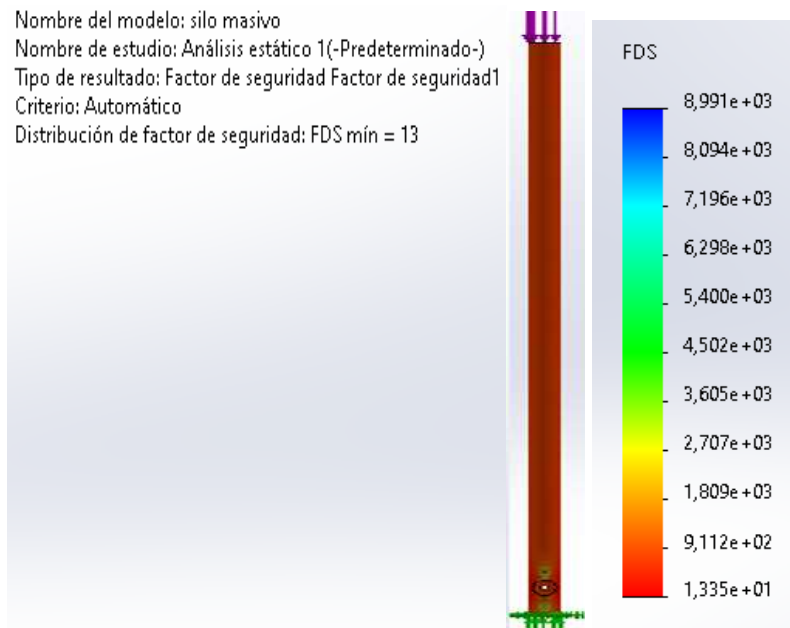


**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

En la Figura 22 se observa que, al aplicar una fuerza de 12 libras al silo, éste sufre un desplazamiento mínimo de sólo  $8,17 \cdot 10^{-4}$  in. Es importante destacar que este desplazamiento no afecta el rendimiento del silo, ya que el desplazamiento sólo se produce en la parte donde se aplica la fuerza, es decir, en el extremo superior y no en todo el contorno del cuerpo. Además, en la Figura 23 se muestra que el factor de seguridad es del 13, lo que indica que el silo es capaz de resistir una carga 13 veces mayor a la aplicada. Se puede decir que el silo tiene un buen rendimiento y cuenta con un margen de seguridad adecuado para su operación.

**Figura 23.** Factor de seguridad de silo.



**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

#### **4.4.2. Análisis de resorte.**

##### **4.4.2.1. Mallado del resorte.**

Para realizar el análisis del resorte, se decidió emplear una malla diseñada a partir de la curvatura del perfil, teniendo en cuenta su geometría. Se seleccionó una dimensión de 1 mm para ajustarse a las limitaciones del procesamiento del ordenador utilizado. Sin embargo, el método de cociente jacobiano permitió obtener resultados satisfactorios en términos del número de elementos analizados y la calidad de la geometría de la malla generada. Este método permitió la generación de triángulos que se adaptan perfectamente a la estructura, como se evidencia en la figura 24.

En este caso, se utilizó el método de mallado del cociente jacobiano, que tradicionalmente utiliza una escala de 1 a 30. Los valores cercanos a 1 indican una proporción adecuada para la geometría de la malla, mientras que valores alejados indican una malla deficiente. Debido a que se utilizó una malla fina, se obtuvieron resultados de 26,23 como valor máximo y 1 como valor mínimo, los cuales se encuentran dentro de los valores admisibles para el tamaño de malla utilizado.

**Figura 24.** Mallado de resorte.



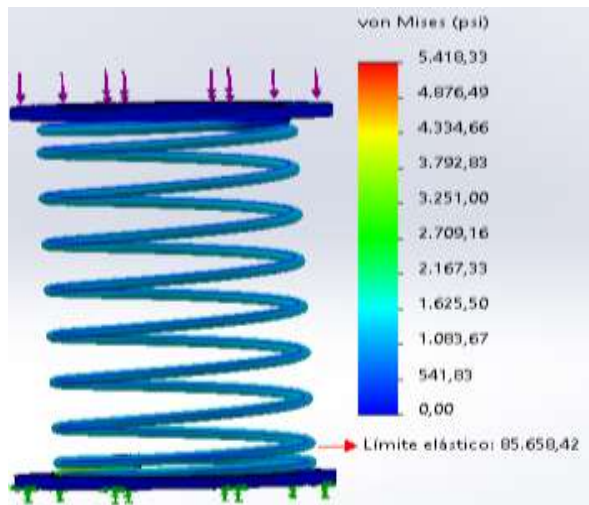
**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR

#### **4.1.2.2. Análisis de simulación del resorte.**

La Figura 25 muestra claramente cómo el esfuerzo de tensión máxima afecta al resorte al aplicar una carga de 12 lbf, teniendo en cuenta las propiedades del material descritas en el Anexo 14. Se puede observar que el esfuerzo se distribuye a lo largo del resorte, lo que provoca una deformación temporal que se recupera una vez que se elimina la carga. Esto es posible debido a que el resorte está diseñado para resistir esta carga sin alcanzar una deformación plástica. Además, se puede apreciar que la selección del material es la adecuada, ya que el resorte cumple con las condiciones de soporte requeridas.

**Figura 25.** Tensión axial máxima del resorte.

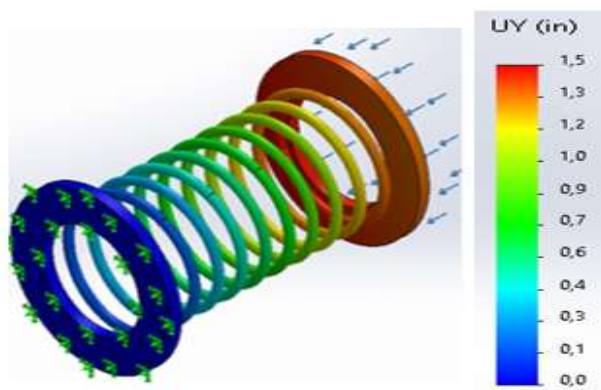


**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

Según la Figura 26, el resorte alcanza un desplazamiento de aproximadamente 1,5 in. Dado que ha sido diseñado para deformarse hasta 2 in, esto representa que el resorte puede resistir una carga mayor a 12 lbf. Además, la Figura 26 indica que el resorte tiene un factor de seguridad de 3.5, lo que significa que puede resistir la carga aplicada sin ningún inconveniente. De manera que, tanto el desplazamiento alcanzado como el factor de seguridad del resorte cumplen con los requisitos de diseño y se espera un rendimiento adecuado del mismo.

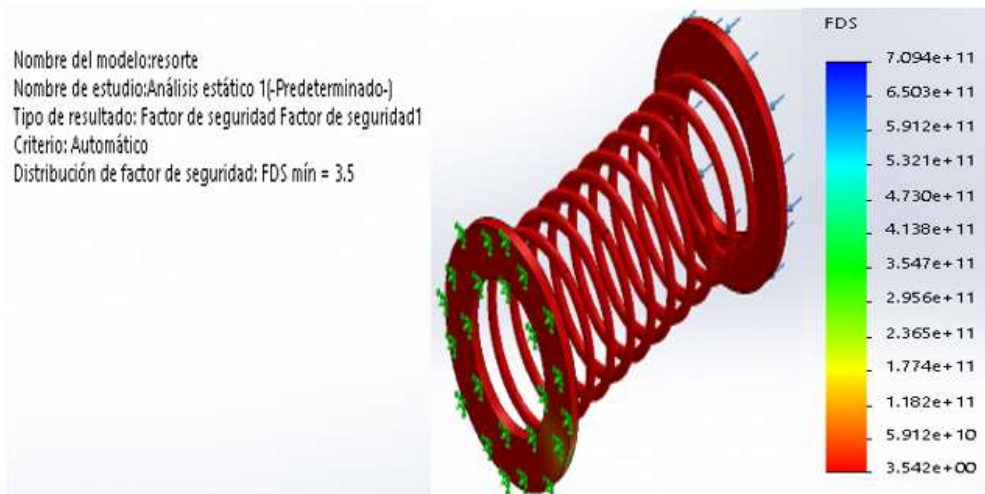
**Figura 26.** Desplazamiento de resorte.



**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

**Figura 27.** Factor de seguridad del resorte.



**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

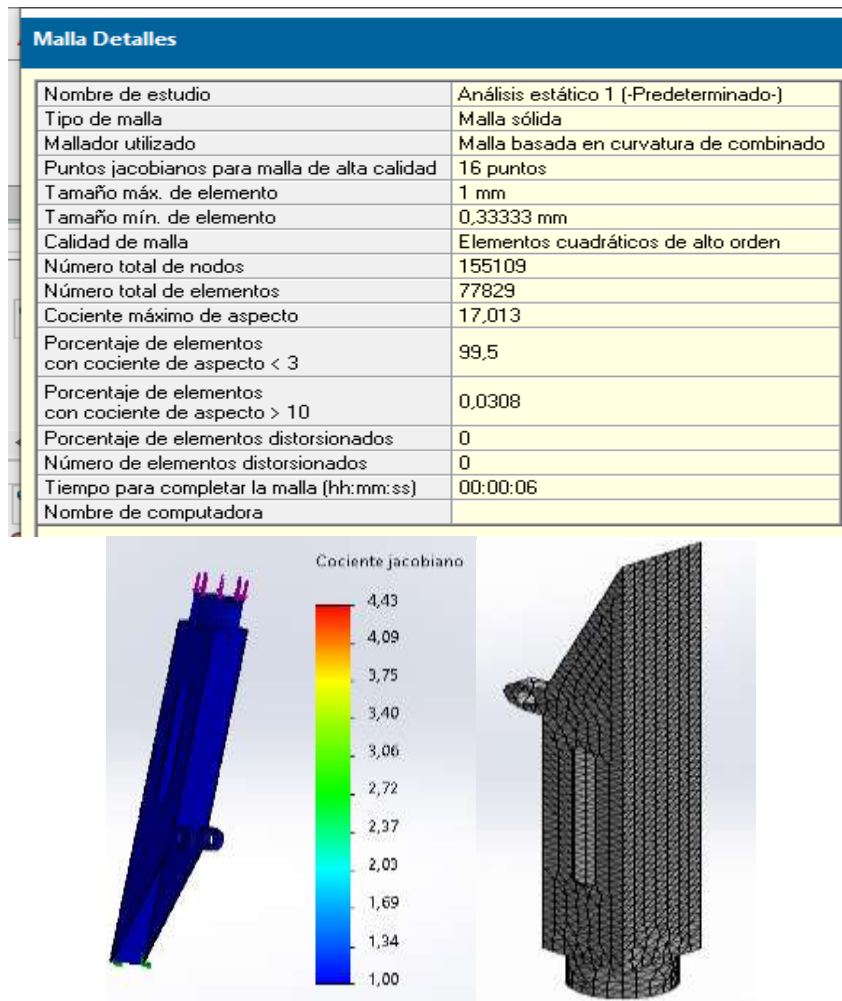
### **4.4.3. Análisis de punta de penetración.**

#### **4.4.2.1. Mallado de punta de penetración.**

Para llevar a cabo el análisis, se utilizó una malla basada en curvatura que tomó en cuenta la geometría del perfil. La dimensión de la malla se ajustó a 1 mm para cumplir con las limitaciones del ordenador de trabajo. Sin embargo, gracias al uso del método del cociente jacobiano, se obtuvieron resultados satisfactorios en cuanto al número de elementos analizados y la calidad de la malla. La figura 28 muestra cómo este método generó triángulos perfectamente adaptados a la estructura.

En este caso, se empleó el método del cociente jacobiano, que tradicionalmente utiliza una escala de 1 a 30. Los valores cercanos a 1 indican una proporción adecuada para la geometría de la malla, mientras que los valores alejados indican una malla deficiente. Debido a que se utilizó una malla fina, se obtuvieron resultados de 4,43 como valor máximo y 1 como valor mínimo, los cuales están dentro de los valores aceptables para el tamaño de malla utilizado.

**Figura 28.** Mallado de punta de penetración.



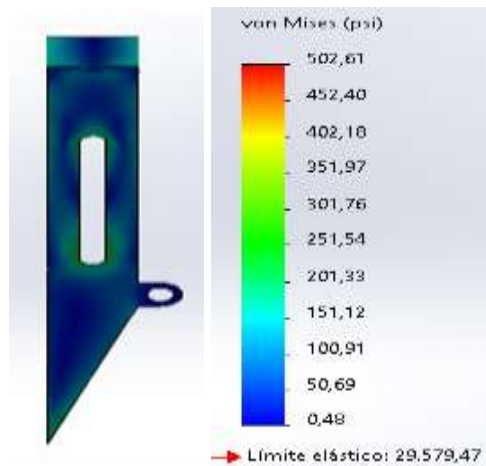
**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

#### **4.1.2.2. Análisis de simulación de punta de penetración.**

La Figura 29 representa de manera clara el efecto del esfuerzo de tensión máxima en la punta de penetración al aplicar una carga de 12 lbf, tomando en cuenta las propiedades del material detalladas en el Anexo 15. La distribución del esfuerzo se evidencia en todas las zonas de penetración, y se puede apreciar que la sección de la corredera presenta una leve coloración, lo que indica un nivel mínimo de deformación. Esto se debe a que la reducción de área en esta zona es susceptible a los esfuerzos generados. Por otro lado, la selección del material es adecuada, ya que la punta de penetración cumple con las condiciones de soporte requeridas.

**Figura 29.** Tensión axial máxima de punta de penetración.

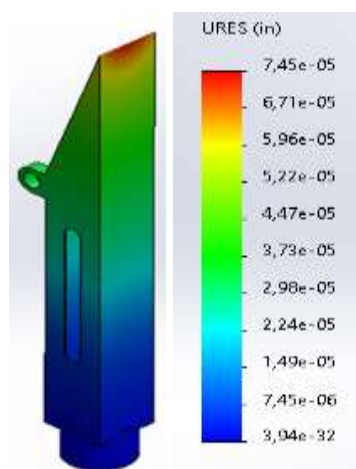


**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

El desplazamiento de la punta de penetración en la Figura 30, al aplicar una fuerza de 12 libras, es de  $7,45 \cdot 10^{-5}$  in. Es importante destacar que este desplazamiento es temporal y sólo ocurre en la zona donde se aplica la fuerza, y por lo tanto no afecta el rendimiento general de la punta de penetración. Es decir, no se esperan inconvenientes en la corredera debido a que es un componente resistente. Además, la Figura 31 muestra que el factor de seguridad de la punta de penetración es de 2, lo que indica que esta es capaz de soportar una carga sin inconvenientes.

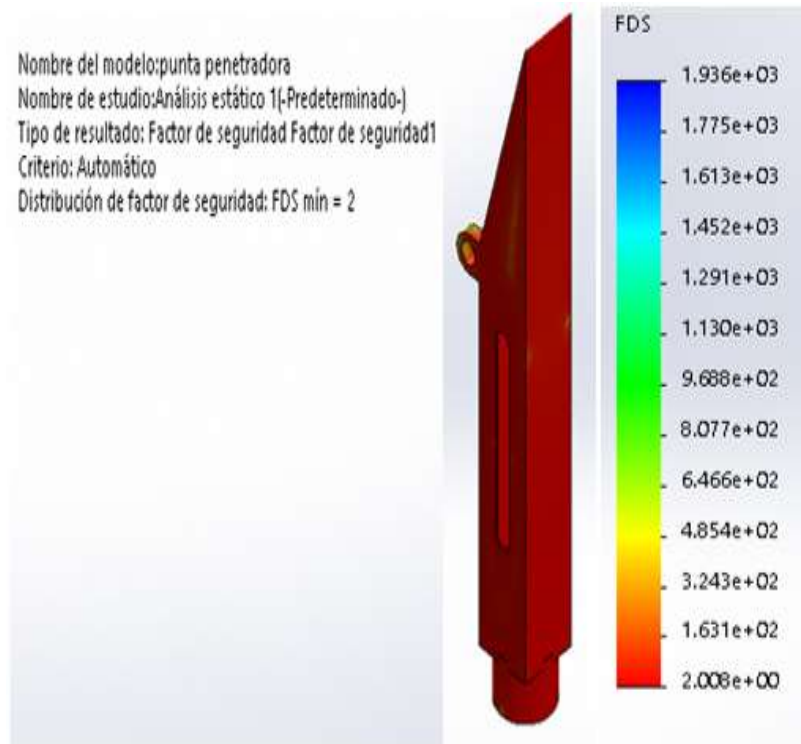
**Figura 30.** Desplazamiento de punta de penetración.



**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

**Figura 31.** Factor de seguridad de punta de penetración.



**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

#### **4.5. Proceso de construcción.**

Para dar inicio al proceso de fabricación de la máquina, se procedió a adquirir las piezas de nylon necesarias. Estas piezas fueron cortadas y llevadas al torno para su refrentado como se muestra en la figura 32, a fin de ajustar sus medidas de dimensionamiento de acuerdo con los planos previamente realizados.

Este proceso fue fundamental para garantizar que cada una de las piezas se ajustara perfectamente a su lugar dentro de la máquina y para asegurar el correcto funcionamiento de esta. Además, la utilización de nylon en la fabricación de las piezas permitió obtener un material resistente y duradero, lo que se traducirá en una máquina de calidad y larga duración.

**Figura 32.** Refrentado de piezas base y selector.



**ELABORADO POR: AUTOR.**

En el proceso de fabricación de la máquina, se llevó a cabo la elaboración artesanal del resorte. Para ello, se contó con la colaboración de una industria especializada en la fabricación de este tipo de componentes, quienes consideraron todas las características del cálculo previamente realizado en el proceso de diseño de la máquina.

El resorte es un componente crucial de la máquina, ya que permite el movimiento de algunas partes de esta y su correcto funcionamiento. Es por ello por lo que se puso especial atención en su fabricación, garantizando que se ajustara perfectamente a las especificaciones del diseño y que fuera de alta calidad como se muestra en la Figura 33.

La elaboración artesanal del resorte permitió obtener un componente duradero y resistente, lo que se traducirá en una máquina de calidad y larga duración. La colaboración con una industria especializada aseguró además un trabajo profesional y de calidad en todo momento.

**Figura 33.** Proceso de fabricación de Resorte.



**ELABORADO POR: AUTOR.**

Con el objetivo de garantizar el abastecimiento de semilla dentro de la máquina, se adquirió un silo para su almacenamiento. Para lograr esto, se utilizó una tubería de aluminio 1060 con un diámetro de 44 mm y un espesor de 1.5 mm, la cual fue perforada según las especificaciones requeridas para adaptar el selector como se ilustra en la Figura 34. Una vez que se dimensionó el sistema de acuerdo con los planos realizados, se procedió con las perforaciones necesarias para la adaptación del selector.

**Figura 34.** Dimensionado de perforaciones para adaptación de selector.



**ELABORADO POR: AUTOR.**

Se realizaron las uniones necesarias utilizando pegamento epoxi, el cual se eligió por sus características de alta adhesividad y resistencia a la tensión. El rodamiento que se adapta al selector, así como las reducciones tipo embudo que se conectan desde el silo de almacenamiento al selector y desde el selector hacia la punta de penetración, fueron unidas utilizando este componente como se muestra en la Figura 35.

**Figura 35.** Unión de componentes.



**ELABORADO POR:** AUTOR.

En la Figura 36 se muestra el proceso de fabricaron las orejas para la base tipo bisagra, las cuales se moldearon según las especificaciones del plano, teniendo en cuenta los diámetros y dimensiones requeridos. La adaptación de estas orejas se llevó a cabo con el propósito de aumentar su resistencia, ya que son las encargadas de sostener la base. Para lograr esto, se utilizaron técnicas de esmerilado y perforación para realizar los agujeros necesarios, los cuales conectan la base con la corredera.

**Figura 36.** Adaptación de orejas para base tipo bisagra.



**Elaborado por:** AUTOR.

La Figura 37 muestra el proceso de fabricación de la punta penetradora se llevó a cabo mediante la adaptación de un negro metálico galvanizado a una tubería cuadrada galvanizada de 20 mm. Para ello, se realizó una zanja en la corredera con una profundidad de 5 cm, ya que esta es la máxima alcanzada por la corredera y de su correcta ejecución depende el funcionamiento de la máquina.

A continuación, se desarrolló una reducción corrediza utilizando material galvanizado, a la cual se acoplaron unos pernos soldados para servir como guía en la corredera. Posteriormente, se unió el tubo cuadrado con el tubo circular, y una vez que la corredera se instaló en la parte interna, se realizó el soldado de este, verificando que quedara perpendicular a 90° para evitar posibles fallas futuras.

Se llevó a cabo el adecuado soldado y verificación a través de un pulido adecuado, y finalmente se procedió al corte de la punta penetradora, considerando la compuerta a fabricar.

**Figura 37.** Proceso de fabricación de punta penetradora.



**Elaborado por: AUTOR.**

En la Figura 38 se muestra el proceso de fabricación de la compuerta, es importante tener en cuenta la corredera, ya que cuando ésta baja, debe topar la compuerta de manera que se abra. Esto es una de las variables cruciales a considerar en el momento de la fabricación de la compuerta.

Para lograr este objetivo, se ha considerado una bisagra tipo pasador, para adaptar un resorte de torsión con la finalidad de mantener la compuerta cerrada. Al deslizar la corredera en su punto más bajo, se genera la apertura de la compuerta, vaciando la semilla. De esta forma, la máquina sembradora podrá llevar a cabo su labor con eficacia.

Es importante destacar que la correcta fabricación de la compuerta es esencial para que la máquina sembradora funcione adecuadamente y cumpla su función de manera efectiva. La compuerta debe ser resistente y estar diseñada de tal forma que permita la liberación de la semilla de manera controlada y precisa.

**Figura 38.** Fabricación de compuerta.



**ELABORADO POR:** AUTOR.

Finalmente, se procedió a la fabricación de la leva en base a los cálculos realizados previamente. La leva es un componente fundamental de la máquina sembradora, ya que es la encargada de generar el movimiento rotatorio necesario para que el selector vacíe

la semilla en la punta de penetración. Para lograr esto, se aprovecha el movimiento de la corredera y se transforma de lineal a circular.

Una vez diseñada la leva, se procedió a conectarla a la base mediante otro eslabón como se muestra en la Figura 39. De esta forma, se logra transmitir el movimiento lineal y convertirlo en movimiento circular, lo que genera el accionamiento del selector y permite vaciar la semilla en la punta de penetración para efectuar el sembrado correspondiente.

Es importante destacar que la correcta fabricación de la leva es esencial para el funcionamiento adecuado de la máquina sembradora. La leva debe ser resistente y estar diseñada de tal forma que permita el movimiento rotatorio preciso y controlado. De esta forma, se garantiza que la máquina cumpla su función correctamente y logre una siembra eficiente culminando el proceso de fabricación que se muestra en la Figura 39.

**Figura 39.** Máquina terminada.



**ELABORADO POR: AUTOR.**

#### 4.6. Análisis de costos.

La fabricación de cualquier producto implica una serie de costos asociados, que deben ser considerados para poder determinar el precio final de venta. En el caso de la máquina sembradora de maíz, es necesario analizar los costos involucrados en su fabricación, para poder establecer un precio justo y competitivo en el mercado.

En este sentido, se ha realizado un análisis detallado de los valores generados en el proceso de fabricación de la máquina sembradora de maíz. Estos valores se encuentran detallados en la tabla 6, donde se pueden identificar los costos de cada uno de los componentes utilizados en la fabricación de la máquina.

El objetivo de este análisis de costo es poder determinar el costo total de fabricación de la máquina sembradora de maíz, incluyendo no solo el costo de los componentes utilizados, sino también otros costos asociados, como mano de obra, gastos generales y otros costos indirectos.

**Tabla 6.** Costo de fabricación de máquina sembradora de maíz.

<b>Unidad</b>	<b>Producto</b>	<b>Precio</b>	<b>Total</b>
1	Tubo 1 1/2 in x 1,5 e aluminio 1060	6 \$ x 1m	7.20
2	Reducciones plásticas 1.1/2	1.50	3
1	Tapón galvanizado 1.1/2 in	1.50	1.50
1	Platina 1/2* 1/8 in	3.70	3.70
1	Nailon cilindro de 33x70mm	1.80	1.80
1	Nailon cilindro de 100x11mm	2	2

1	Resorte de compresión	8	8
1	Perno 1/4*2 in	1	1
1	Electrodos	2.80	2.80
1	Broca 1/4 in	0.80	0.80
1	Broca 1/8 in	0.70	0.70
3	Pasadores 1/8 * 1 in	0.25	0.75
1	Tubo cuadrado galvanizado 3/4*5 in x 1.5e	2	2
1	Unión galvanizada 1/2*1 in	1.20	1.20
4	Bocines inoxidables 1/8*1/4 in	1.50	6
1	Platina inoxidable 3/4*3 in x 2 e	1	1
1	Pasta epoxi	2.80	2.80
8	Tornillos autoperforantes 1/2 in	0.05	0.05
1	Disco de corte	1.80	1.80
1	Rodamiento 267	2	2
1	Mano de obra	40	40

---

**Total**

**65 \$**

---

**ELABORADO POR: AUTOR.**

## **4.7. Manual de operación y mantenimiento.**

### **4.7.1. Manual de operación para la máquina sembradora.**

Antes de comenzar a operar la maquina sembradora, es importante seguir los siguientes pasos:

1. Preparación de la Máquina Sembradora
  - Realice una revisión exhaustiva de todos los componentes de la máquina sembradora para asegurarse de que se encuentran en buen estado y funcionando correctamente.
  - Llenar el silo con la cantidad de semillas requeridas para la siembra.
2. Selección del Terreno
  - Seleccione el terreno adecuado para la siembra teniendo en cuenta la pendiente, la calidad del suelo y otros factores que pueden afectar el proceso de siembra.
3. Posicionamiento de la Máquina Sembradora
  - Ubicar la máquina sembradora en la posición adecuada considerando la pendiente del terreno para garantizar un sembrado uniforme y eficiente.
4. Accionamiento de la máquina sembradora
  - Con la máquina sembradora en la posición adecuada, proceder a realizar el sembrado accionando la máquina manualmente, caminando lentamente hacia adelante.
  - Asegurarse de que la semilla se esté depositando correctamente en el suelo.
5. Monitoreo de la Siembra
  - Durante el proceso de siembra, monitoree constantemente la sembradora para asegurarse de que se estén sembrando la cantidad de semillas necesarias en el terreno adecuado.

- Si se detecta alguna falla en la siembra, detener la maquina sembradora y corregir la falla antes de continuar.

#### 6. Finalización del Proceso de Siembra

- Una vez que se ha sembrado toda la cantidad de semillas necesarias en el terreno seleccionado, realiza una revisión final para asegurarse de que no se haya presentado ninguna falla en el proceso.
- Limpiar adecuadamente la máquina sembradora y almacenarla en un lugar seguro y protegido hasta su próximo uso.

### 4.7.2. Manual de mantenimiento.

Para garantizar una larga vida útil de la máquina sembradora, es fundamental realizar un mantenimiento preventivo, especialmente debido a la exposición de la máquina a ambientes corrosivos. Para llevar a cabo este mantenimiento preventivo, se recomienda revisar cada uno de los componentes de la máquina, tal como se indica en la Tabla 7.

Es importante seguir una rutina de mantenimiento adecuada para detectar y corregir cualquier problema en los componentes de la máquina antes de que se conviertan en fallas mayores.

**Tabla 1.** Plan de mantenimiento.

<b>Elemento</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Tiempo</b>
Silo de almacenado.	Limpiar internamente.	Después de cada jornada de trabajo.
Selector.	Limpiar y esterilizar.	Después de cada jornada de trabajo.
Manivela.	Lubricar pernos de uniones.	Después de cada jornada de trabajo.

Base.	Limpiar, esterilizar y lubricar.	Después de cada jornada de trabajo.
Corredera.	Lubricar superficie de contacto.	Después de cada jornada de trabajo.
Punta de penetración.	Limpiar y lubricar unión con base.	Después de cada jornada de trabajo.
Compuerta.	Lubricar pasador de unión con punta penetrante.	Después de cada jornada de trabajo.
Resorte	Reemplazar.	Cada año.

---

**ELABORADO POR: AUTOR.**

#### **4.7.2.1. Aplicación de plan de mantenimiento.**

Es esencial llevar a cabo la limpieza interna del silo, ya que las semillas suelen ser tratadas con insecticidas para protegerlas de plagas, lo que puede resultar en la contaminación del silo. Por esta razón, se recomienda realizar la limpieza después de cada jornada de trabajo para evitar que el silo se contamine con agentes externos y se produzcan errores en la contaminación de las semillas. De esta manera, se asegura la calidad y la pureza de las semillas almacenadas en el silo.

Es crucial llevar a cabo la limpieza y esterilización del selector de semillas para garantizar su durabilidad. Dado que el selector se expone a insecticidas, puede contaminarse y afectar la calidad de las semillas para futuros sembríos. Para controlar una limpieza adecuada, se recomienda realizar la esterilización del selector con alcohol etílico. De esta forma, se asegura la calidad de las semillas seleccionadas y se prolonga la vida útil del equipo.

Para garantizar un correcto funcionamiento y prolongar la durabilidad de las piezas móviles, es fundamental aplicar lubricante, ya que este ayuda a prevenir el desgaste que se produce debido a la constante fricción. Por ello, se recomienda aplicar una capa superficial de lubricante en las piezas móviles, como la manivela, corredera, compuerta y base.

Para esta tarea, es recomendable utilizar un aceite adecuado, como un lubricante multiuso o un aceite penetrante, dependiendo del tipo de pieza. Estos lubricantes ofrecen una excelente protección contra el desgaste, la oxidación y la corrosión, además de que pueden penetrar.

Para determinar si se requiere el reemplazo del resorte, es necesario considerar su rango de operación. Si el resorte se utiliza continuamente durante un rango de trabajo de 8 horas al día durante un año, es probable que pierda sus características de compresión y elasticidad, lo que podría hacer necesario su reemplazo.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## 5.1. Conclusiones.

- Después de analizar los requerimientos de diseño para el proceso de siembra de maíz en pendientes, se puede concluir que la profundidad de perforación óptima para lograr un buen desarrollo del cultivo es de 5 cm, lo que resulta fundamental para lograr un proceso de siembra exitoso. Además, es importante considerar el tipo de variedad de semilla a utilizar y el tipo de terreno, ya que esto permitirá dimensionar el mecanismo de distribución de semilla de manera adecuada. Por otro lado, la pendiente de inclinación del terreno también es un factor crucial para considerar, ya que el diseño de la máquina debe adaptarse a estas características. Se ha comprobado que el cultivo de maíz puede desarrollarse en pendientes de hasta 40°. Teniendo en cuenta estas variables, se puede realizar un diseño de máquina de siembra que permita una siembra eficiente y efectiva.
- Después de realizar el proceso de diseño y simulación para la sembradora, se han obtenido resultados satisfactorios. En primer lugar, se ha determinado que el diámetro del silo de almacenamiento de semillas debe ser de 44 mm y su longitud de 1,2 m para garantizar una alimentación continua de las semillas. Además, se ha calculado que la longitud de la manivela debe ser de 2,5 cm para permitir el giro del mecanismo selector de semillas y la descarga constante de las semillas. En cuanto al componente crucial del mecanismo de accionamiento, el resorte al ser fabricado con una aleación de acero (18CrMoS4), los resultados de la simulación muestran que tiene una resistencia adecuada de 5418,33 psi lo que le permite soportar una fuerza de 12 lbf sin sufrir daños, ya que produce un esfuerzo cortante de 40420 psi y tiene un factor de seguridad de 3,5. En cuanto al silo de almacenamiento, la simulación demuestra que es resistente a la carga con una deformación de solo  $8.17 \cdot 10^{-4}$  in y un factor de seguridad de 13 al estar diseñado en una aleación de aluminio (1060). Por último, la punta de penetración también ha demostrado ser resistente al tener un desplazamiento de solo  $7.45 \cdot 10^{-5}$  in y un factor de seguridad de 2 al estar diseñado con acero galvanizado. En conjunto, los resultados de la simulación confirman que el diseño de la sembradora es resistente y cumple con los requisitos necesarios para una operación eficiente y confiable.

- El objetivo de realizar planos constructivos de los componentes de la maquina sembradora de maíz se ha cumplido de manera exitosa. Estos planos han permitido llevar a cabo el proceso de diseño y construcción de manera precisa y cuidadosa, lo que ha resultado en una máquina sembradora que cumple con todas las condiciones necesarias para lograr un sembrado eficiente. La inclusión de sistemas de almacenamiento y dosificación garantiza una alimentación continua y precisa de las semillas, mientras que la punta de penetración, el resorte y la manivela funcionan de manera coordinada para generar agujeros en el suelo y permitir la rotación del selector. La corredera ha demostrado ser eficiente al abrir la compuerta de la punta de penetración para lograr un sembrado efectivo, y la base tipo bisagra se adapta a distintas inclinaciones de terrenos.
- La elaboración de un manual detallado y de fácil entendimiento permitirá una adecuada utilización de la máquina, lo que a su vez reducirá el riesgo de fallas mecánicas y aumentará la productividad en la siembra de maíz en pendiente. El manual proporcionará a los usuarios una idea clara y precisa de cómo operar la máquina, así como de cómo llevar a cabo su mantenimiento preventivo, lo que contribuirá a su correcto funcionamiento a lo largo del tiempo. Además, el manual de operación y mantenimiento facilitará el manejo adecuado de la máquina, lo que es especialmente importante si se desea garantizar una operación segura y una larga vida útil del equipo.

## **5.2. Recomendaciones.**

- Se recomienda que, para lograr un proceso de siembra de maíz efectivo, se debe considerar la importancia del suelo y su composición. Es importante realizar un análisis previo de las propiedades del suelo, seleccionar suelos aptos para el cultivo de maíz, evitar sembrar en suelos con problemas de drenaje o compactación y aplicar un abono adecuado 4 semanas antes del proceso de siembra. Con lo que se puede conseguir una adecuada nutrición de las plantas, optimización en el rendimiento del cultivo y aseguramiento de la calidad de la producción.

- Se sugiere que en futuras investigaciones se considere el diseño de un selector más innovador y versátil que permita una selección más precisa y eficiente de la semilla, lo que podría mejorar la calidad del proceso de siembra y aumentar la productividad. Además, se podría evaluar la posibilidad de incorporar un sistema automatizado o la automatización para mejorar la precisión y eficiencia en la selección de semillas.
- Se recomienda frecuentemente realizar revisiones periódicas de la maquinaria, limpieza, lubricación y ajustes necesarios para prevenir fallos y prolongar la vida útil de la maquinaria. Además, se podría considerar el uso de tecnologías de monitoreo y diagnóstico para detectar problemas temprano y evitar fallos inesperados. El establecimiento de un plan de mantenimiento efectivo podría ayudar a maximizar la eficiencia y la productividad de la maquinaria de siembra y reducir los costos de reparación.

### 5.3. Bibliografía.

- [1] L. y. Perez, «Informe de maíz amarillo duro( Periodo 2014 - 2019),» Chiclayo, 2019.
- [2] F. Llive, «Informe de rendimientos objetivos de maíz amarillo duro,» Ministerio de Agricultura y Ganadería., Quito, Ecuador, 2019.
- [3] D. V. Cabezas, «Guía de buenas prácticas agrícolas.,» Quito, 2014.
- [4] G. Cepeda, «Producción de semilla de maíz en el Ecuador: retos y oportunidades,» Universidad San Francisco de Quito, pp. <https://orcid.org/0000-0002-0450-4017>, 2019.
- [5] Zamora, «Crecimiento y producción del maíz,» Journal of Science and Research: Revista Ciencia e Investigación, vol. N° 4, n° ISSN 2528-8083, pp. 3-7, 2018.
- [6] P. G. Cruz, «Germinación y vigor de semillas de población de maíz.,» Chilean journal of agricultural & animal sciences, vol. N° 34, n° <http://dx.doi.org/10.4067/S0719-38902018005000304>, p. 196, 2018.
- [7] J. Sesquile, «Evaluación de la calidad de aplicación de plaguicidas en un cultivo de maiz,» Universidad Nacional de Colombia, 2018.
- [8] F. R. T. Louis M. Thompson, Los suelos y su fertilidad, New York: REVERTE, 2021.
- [9] U. S., «Equipos de aplicación y su calibración.,» Departamento de Parasitología

Agrícola, UACH, Chapingo, México, vol. 1, n° 1, p. 56, 1989.

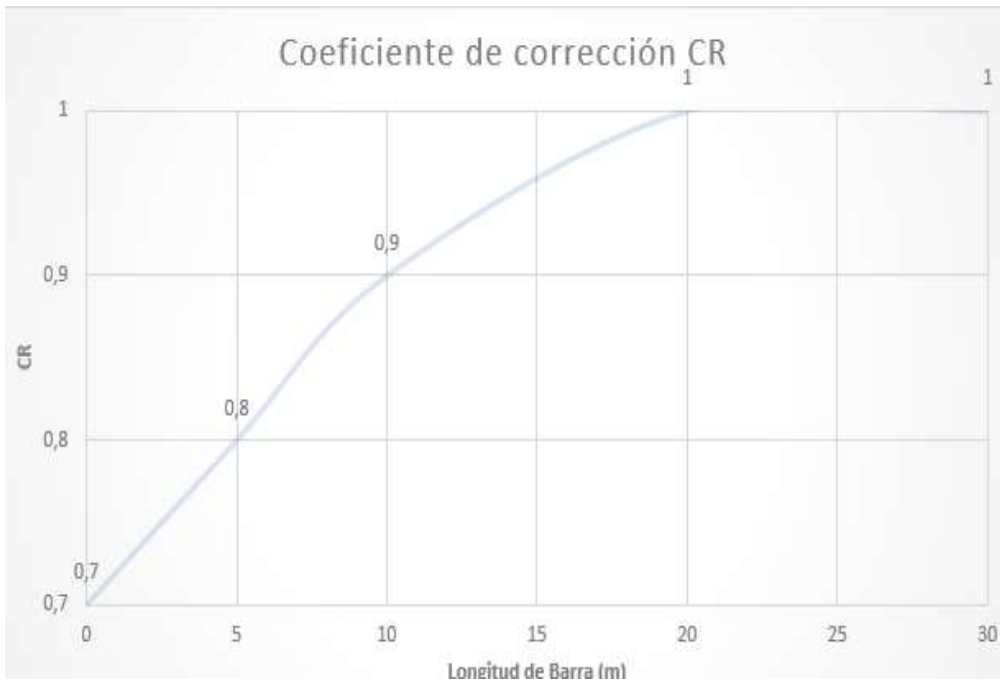
- [10] P. Felix, «WWW.SANZHERMANOS.COM,» 14 Marzo 2019. [En línea]. Available: WWW.SANZHERMANOS.COM. [Último acceso: Agosto 2022].
- [11] Agrofácil, «Sembradora Rotativa,» PQRS, Medellín, Colombia, 2018.
- [12] modregohogar, «PLANTADORA PUNTA REFORZADA KAMIKAZE PULMIPLANT,» modregohogar, Barcelona, 2021.
- [13] J. Navas, «Top 3 online,» 16 Mayo 2021. [En línea]. Available: <https://toponline3.com/las-mejores-5-sembradoras-manuales-del-2021/>.
- [14] B. y. K. Richard, Diseño en Ingeniería mecánica de Shigley, México, D.F.: MCGRAW-HILL, 2012.
- [15] R. C. J. y. Kurt, Diseño de elementos de máquinas, Mexico: Limusa Wiley, 2013.
- [16] C. Valdiviezo, Diseño y construcción construcción de una desgranadora de fruto de balsa, Quevedo: UTEQ, 2016.
- [17] C. Romeva, Selección de Materiales en el diseño de máquinas, Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, 2013.
- [18] TecnoTanques, «Tolva o Silo,» Mexico, 2020.
- [19] C. C. Fredy, «Diseño Estructural de Silos.,» Pontificia Univesidad Católica del Perú, Perú, 2011.

- [20] M. Luis, Silos de almacenamiento y tolvas de fangos, Mexico: HIDROMETALICA, 2008.
- [21] N. Luis, Silos- Consideraciones Generales, Barcelona: inesaTECH, 2023.
- [22] R. C., «Dosificador de semillas Precision Planting mSet,» GuiaMaquina, Buenos Aires, 2020.
- [23] L. J. Rodríguez González, «Agricultura de precisión en el mundo y en Colombia : revisión bibliográfica.,» Colombia., 2022.
- [24] A. Kinloch, Adhesión y Adhesivos: Ciencia y Tecnología., Springer: Science & Business Media, 2015.
- [25] X. V. G. y. F. Y. Moya., Guía práctica para ejecución de estudios técnicos y trabajos de cimentación de conformidad con la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 2015, Quito: NEC, 2017.
- [26] D. H. Myszka, Maquinas y macanismos., México: 2012, 2012.
- [27] M. S. Amorós, Diseño de silos y tolvas de almacenamiento de materiales., España: AICE, 2019.

## **CAPÍTULO VI**

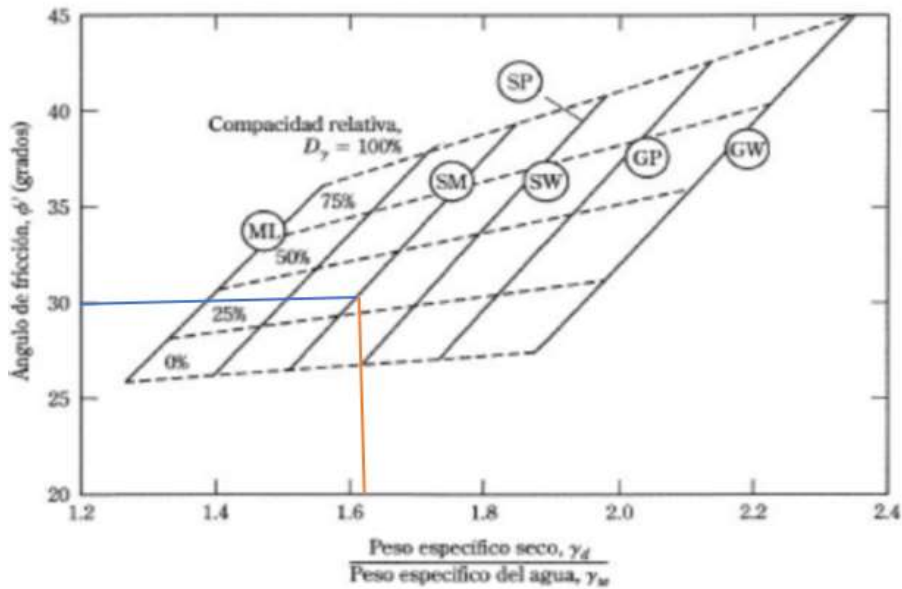
### **ANEXOS**

**Anexo 1.** Coeficiente de corrección de longitud de barra ( $C_R$ ).



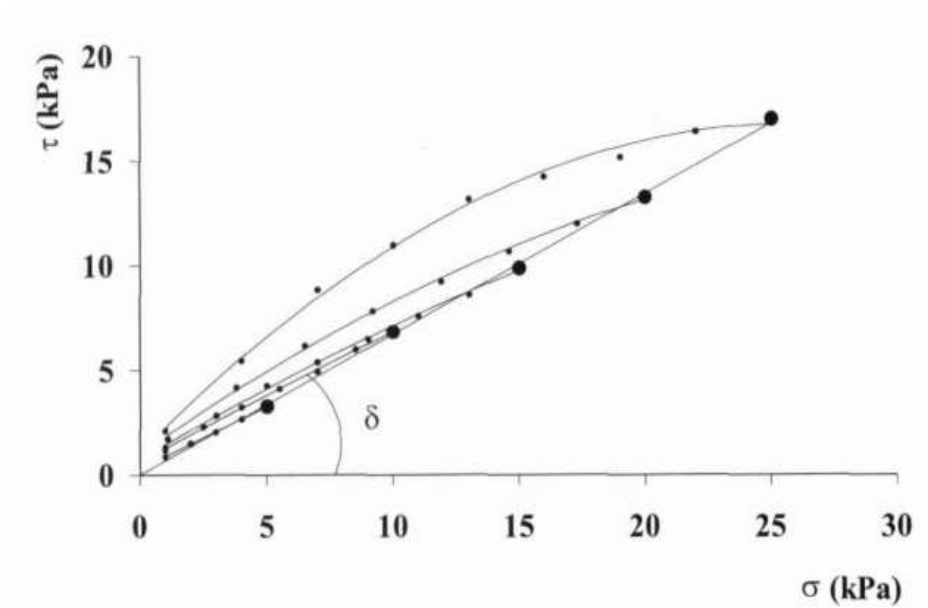
**FUENTE:** XAVIER VERA GRUNAUER Y FABRICIO YÉPEZ, 2017 [25].

**Anexo 2.** Relación entre el ángulo de fricción interna efectivo y el peso unitario seco para suelos granulares.



**FUENTE:** XAVIER VERA GRUNAUER Y FABRICIO YÉPEZ, 2017 [25].

**Anexo 3.** Curva de fluencia para silos de flujo masivo.



**FUENTE:** AMORÓS, MALLOL, SÁNCHEZ, 2019 [27].

**Anexo 4.** Constantes A y m de  $S_{ut} = \frac{A}{d^m}$  para estimar la resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes.

Material	ASTM núm.	Exponente m	Diámetro, pulg	A, kpsi · pulg <sup>m</sup>	Diámetro, mm	A, Mpa · mm <sup>m</sup>	Costo relativo del alambre
Alambre de piano*	A228	0.145	0.004-0.256	201	0.10-6.5	2 211	2.6
Alambre T y R en aceite <sup>†</sup>	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.3
Alambre estirado duro <sup>‡</sup>	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo-vanadio <sup>§</sup>	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.1
Alambre al cromo-silicio <sup>  </sup>	A401	0.108	0.063-0.375	202	1.6-9.5	1 974	4.0
Alambre inoxidable 302 <sup>¶</sup>	A313	0.146	0.013-0.10	169	0.3-2.5	1 867	7.6-11
		0.263	0.10-0.20	128	2.5-5	2 065	
		0.478	0.20-0.40	90	5-10	2 911	
Alambre de bronce fosforado <sup>**</sup>	B159	0	0.004-0.022	145	0.1-0.6	1 000	8.0
		0.028	0.022-0.075	121	0.6-2	913	
		0.064	0.075-0.30	110	2-7.5	932	

**FUENTE:** SHIGLEY, 2012 [14].

**Anexo 5.** Equivalentes decimales de calibres de alambre y lámina de metal.

Nombre del calibre:	Americano o Brown & Sharpe	Birmingham o Stubs Iron Wire Tubos, tira alambre plano ferrosos, y acero para resortes	Norma de Estados Unidos <sup>†</sup>	Alambre de acero o				
				Norma de fabricantes	Washburn & Moen	Alambre de piano	Stubs Steel Wire	Broca común
Uso principal:	Lámina, alambre y varilla no ferrosos		Lámina y placa ferrosas, 480 lbf/F <sup>2</sup>	Lámina de acero	Alambre ferroso, excepto para alambre de piano	Alambre de piano	Barrena de acero	Brocas comunes y acero para brocas
7/0			0.500		0.490			
6/0	0.580 0		0.468 75		0.461 5	0.004		
5/0	0.516 5		0.437 5		0.430 5	0.005		
4/0	0.460 0	0.454	0.406 25		0.393 8	0.006		
3/0	0.409 6	0.425	0.375		0.362 5	0.007		
2/0	0.364 8	0.380	0.343 75		0.331 0	0.008		
0	0.324 9	0.340	0.312 5		0.306 5	0.009		
1	0.289 3	0.300	0.281 25		0.283 0	0.010	0.227	0.228 0
2	0.257 6	0.284	0.265 625		0.262 5	0.011	0.219	0.221 0
3	0.229 4	0.259	0.25	0.239 1	0.243 7	0.012	0.212	0.213 0
4	0.204 3	0.238	0.234 375	0.224 2	0.225 3	0.013	0.207	0.209 0
5	0.181 9	0.220	0.218 75	0.209 2	0.207 0	0.014	0.204	0.205 5
6	0.162 0	0.203	0.203 125	0.194 3	0.192 0	0.016	0.201	0.204 0
7	0.144 3	0.180	0.187 5	0.179 3	0.177 0	0.018	0.199	0.201 0
8	0.128 5	0.165	0.171 875	0.164 4	0.162 0	0.020	0.197	0.199 0
9	0.114 4	0.148	0.156 25	0.149 5	0.148 3	0.022	0.194	0.196 0
10	0.101 9	0.134	0.140 625	0.134 5	0.135 0	0.024	0.191	0.193 5
11	0.090 74	0.120	0.125	0.119 6	0.120 5	0.026	0.188	0.191 0
12	0.080 81	0.109	0.109 357	0.104 6	0.105 5	0.029	0.185	0.189 0
13	0.071 96	0.095	0.093 75	0.089 7	0.091 5	0.031	0.182	0.185 0
14	0.064 08	0.083	0.078 125	0.074 7	0.080 0	0.033	0.180	0.182 0
15	0.057 07	0.072	0.070 312 5	0.067 3	0.072 0	0.035	0.178	0.180 0
16	0.050 82	0.065	0.062 5	0.059 8	0.062 5	0.037	0.175	0.177 0

FUENTE: SHIGLEY, 2012 [14].

**Anexo 6.** Propiedades mecánicas de algunos alambres para resorte.

Material	Limite elástico, porcentaje de $S_{utr}$ , tensión, torsión		Diámetro $d$ , pulg	$E$		$G$	
				Mpsi	GPa	Mpsi	GPa
Templado en aceite A239	85-90	45-50		28.5	196.5	11.2	77.2
Resorte de válvula A230	85-90	50-60		29.5	203.4	11.2	77.2
Cromo-vanadio A231	88-93	65-75		29.5	203.4	11.2	77.2
A232	88-93			29.5	203.4	11.2	77.2
Cromo-silicio A401	85-93	65-75		29.5	203.4	11.2	77.2

FUENTE: SHIGLEY, 2012 [14]

**Anexo 7.** Constantes de las condiciones de extremos  $\alpha$  de resortes.

Condición de extremo	Constante $\alpha$
Resorte apoyado entre superficies planas paralelas (extremos fijos)	0.5
Un extremo apoyado por una superficie plana perpendicular al eje del resorte (fijo); el otro extremo con pivote (articulado)	0.707
Ambos extremos con pivote (articulados)	1
Un extremo sujeto; el otro libre	2

**Fuente:** SHIGLEY, 2012 [14]

**Anexo 8.** Factor de aplicación  $K_a$ .

Tipo de aplicación	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
Carga uniforme sin impacto	1.0	1.0
Engranajes	1.0-1.3	1.0
Impacto ligero	1.2-1.5	1.0-1.1
Impacto moderado	1.5-2.0	1.1-1.5
Impacto grande	2.0-3.0	1.5-2.0

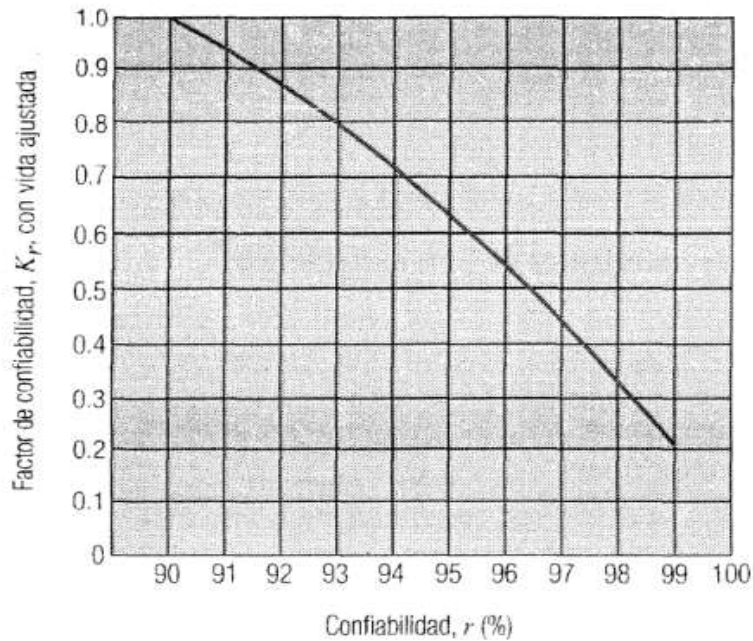
**Fuente:** JUVINALL Y MARSHEK, 2013 [15]

**Anexo 9.** Vidas representativas de diseño del rodamiento.

Tipo de aplicación	Vida de diseño (miles de horas)
Instrumentos y aparatos de uso poco frecuente	0.1-0.5
Máquinas de uso intermitente, donde la interrupción del servicio es de poca importancia	4-8
Máquinas de uso intermitente, donde la confiabilidad es de suma importancia	8-14
Máquinas en servicio 8 horas, pero no diario	14-20
Máquinas en servicio 8 horas todos los días de trabajo	20-30
Máquinas para servicio continuo las 24 horas	50-60
Máquinas para servicio continuo las 24 horas, donde la confiabilidad es de extrema importancia	100-200

**Fuente:** JUVINALL Y MARSHEK, 2013 [15]

**Anexo 10.** Factor de confiabilidad  $K_r$ .



**Fuente:** JUVINALL Y MARSHEK, 2013 [15]

**Anexo 11.** Selección de rodamiento.

**TABLA 14.2** Capacidades nominales de cojinetes,  $C$ , para una vida de  $90 \times 10^6$  revoluciones con 90% de confiabilidad

Diám. interior (mm)	Bolas radiales, $\alpha = 0^\circ$			Bolas angulares, $\alpha = 25^\circ$			Rodillos		
	L00 Xlt (kN)	200 lt (kN)	300 med (kN)	L00 Xlt (kN)	200 lt (kN)	300 med (kN)	1000 Xlt (kN)	1200 lt (kN)	1300 med (kN)
10	1.02	1.42	1.90	1.02	1.10	1.88			
12	1.12	1.42	2.46	1.10	1.54	2.05			
15	1.22	1.56	3.05	1.28	1.66	2.85			
17	1.32	2.70	3.75	1.36	2.20	3.55	2.12	3.80	4.90
20	2.25	3.35	5.30	2.20	3.05	5.80	3.30	4.40	6.20
25	2.45	3.65	5.90	2.65	3.25	7.20	3.70	5.50	8.50


**Fuente:** JUVINALL Y MARSHEK, 2013 [15]

**Anexo 12.** Dimensiones de rodamiento.

Número básico del rodamiento	Diám. interior (mm)	Rodamientos de bolas				
		DE (mm)	w (mm)	r <sup>a</sup> (mm)	d <sub>S</sub> (mm)	d <sub>H</sub> (mm)
L00	10	26	8	0.30	12.7	23.4
200	10	30	9	0.64	13.8	26.7
300	10	35	11	0.64	14.8	31.2
L01	12	28	8	0.30	14.5	25.4
201	12	32	10	0.64	16.2	28.4
301	12	37	12	1.02	17.7	32.0

**Fuente:** JUVINALL Y MARSHEK, 2013 [15]


**Anexo 13.** Propiedades de material de silo.

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: <b>Aleación 1060</b>                      Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b></p> <p>Límite elástico: <b>2.75742e+07 N/m<sup>2</sup></b>                      Límite de tracción: <b>6.89356e+07 N/m<sup>2</sup></b>                      Módulo elástico: <b>6.9e+10 N/m<sup>2</sup></b>                      Coeficiente de Poisson: <b>0.33</b>                      Densidad: <b>2700 kg/m<sup>3</sup></b>                      Módulo cortante: <b>2.7e+10 N/m<sup>2</sup></b>                      Coeficiente de dilatación térmica: <b>2.4e-05 /Kelvin</b></p>

**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.


**Anexo 14.** Propiedades de material del resorte.

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: <b>1.7244 (18CrMoS4)</b>                      Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b></p> <p>Límite elástico: <b>2.95594e+08 N/m<sup>2</sup></b>                      Límite de tracción: <b>5.5e+08 N/m<sup>2</sup></b>                      Módulo elástico: <b>2.1e+11 N/m<sup>2</sup></b>                      Coeficiente de Poisson: <b>0.28</b>                      Densidad: <b>7800 kg/m<sup>3</sup></b>                      Módulo cortante: <b>7.9e+10 N/m<sup>2</sup></b>                      Coeficiente de dilatación                      térmica: <b>1.1e-05 /Kelvin</b></p>

**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

**Anexo 15.** Propiedades de material de punta de penetración.

Referencia de modelo	Propiedades
	<p>Nombre: <b>Acero galvanizado</b>                      Tipo de modelo: <b>Isotrópico elástico lineal</b></p> <p>Límite elástico: <b>2.03943e+08 N/m<sup>2</sup></b>                      Límite de tracción: <b>3.56901e+08 N/m<sup>2</sup></b>                      Módulo elástico: <b>2e+11 N/m<sup>2</sup></b>                      Coeficiente de Poisson: <b>0.29</b>                      Densidad: <b>7870 kg/m<sup>3</sup></b></p>

**FUENTE:** SOLIDWORKS 2018.

**ELABORADO POR:** AUTOR.

Anexo 16. Hojas de cálculo realizados en el programa Mathcad.

**FORMULA PARA ENSAYO DE PENETRACIÓN DE TIERRA**

$$N_{60} = N_{campo} \cdot C_E \cdot C_R \cdot C_B \cdot C_S$$

Norma E 050 "Suelo y Cimentación"

$N_{60}$  = medida de resistencia a la penetración estándar del suelo.

$N_{campo}$  = Medida de resistencia.

$C_E$  = corrección por energía.

$C_R$  = corrección corta por longitud de barra.

$C_B$  = corrección por diámetro de penetración.

$C_S$  = corrección de mostrado estándar.

$N_{campo}$  = 5 cm profundidad máxima de penetración de sembrado

$$N_{campo} := 5$$

$$C_E = \frac{E - R}{60\%} \quad \begin{array}{l} E = \text{Eficiencia} \\ R = \text{Pérdida de fallo} \end{array}$$

$$C_E := \frac{100\% - 40\%}{60\%} = 1$$

$C_R$  = 2m de longitud de barra.

$$C_R := 0.75$$



$C_B$  = La punta de la maquina sembradora tiene un diámetro de 20mm

$$C_B := 0.79$$

Factor de corrección de punta (CB)	20-55 mm	0.79
	65-115 mm	1
	150 mm	1.05
	200 mm	1.15

$$C_S := 1$$

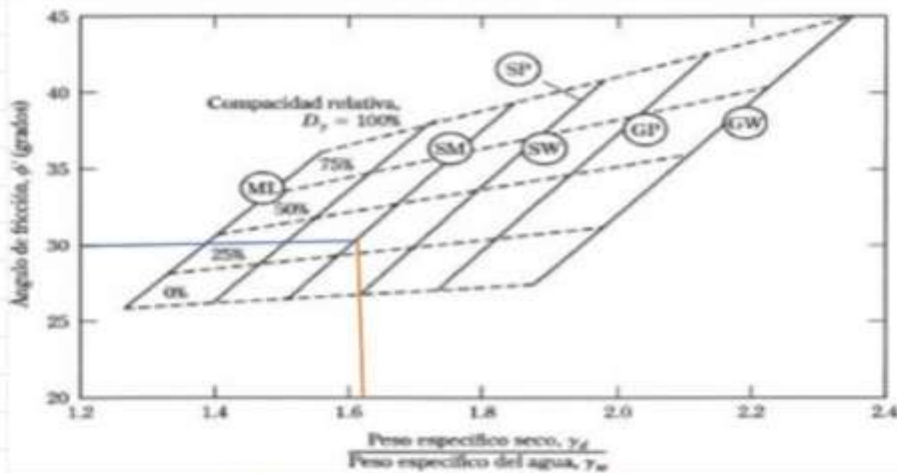
$$N_{60} := N_{campo} \cdot C_E \cdot C_R \cdot C_B \cdot C_S$$

$$N_{60} = 2.963$$

$$\phi := 27.1 + 0.30 \cdot N_{60} - 0.00054 \cdot (N_{60})^2$$

$$\phi = 27.984$$

Se considera el tipo de suelo arcilla(SM).



$$\gamma_d := 1.65 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \text{peso especifico seco}$$

$$w := 24\% \quad \text{humedad del suelo}$$

$$\gamma := \gamma_d \cdot (w + 1) \quad \text{peso especifico}$$

$$\gamma = 2.046 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$H := 5 \text{ cm} \quad \text{profundidad promedio de sembrado}$$

$$\sigma_0 := \gamma \cdot H$$

$$\sigma_0 = 0.102 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \quad \text{El esfuerzo efectivo será igual al esfuerzo total al no existir presión de poro.}$$

$$\sigma_0 = 102.3 \text{ Pa}$$

$$A_{\text{rea}} := 4 \text{ cm}^2$$

$$F_{\text{requerido}} := \sigma_0 \cdot A_{\text{rea}}$$

$$F_{\text{requerido}} = 0.041 \text{ N}$$

$$F_{\text{requerido}} = 0.009 \text{ lbf}$$

### Esfuerzo admisible del suelo (método de barra)

$D := 2 \text{ cm}$                       Diámetro de barra  
 $W := 5.5 \text{ kgf}$                       Peso de la barra  
 $H := 30 \text{ cm}$                       altura se deja caer la barra  
 $h := 5 \text{ cm}$                       Profundidad de penetración en el suelo

$$\sigma_{ADM} := \frac{4}{25} \cdot \frac{W \cdot H}{\pi \cdot D^2 \cdot h}$$
$$\sigma_{ADM} = 41.205 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$A_{area} := 4 \text{ cm}^2$$

$$F_{barra} := \sigma_{ADM} \cdot A_{area}$$

$$F_{barra} = 0.016 \text{ kN}$$

$$F_{barra} = 3.705 \text{ lbf}$$

Fuerza requerida para penetración de suelo.

$$F_{total} := F_{requerido} + F_{barra}$$

$$F_{total} = 16.523 \text{ N} \quad F_{total} = 3.714 \text{ lbf}$$



calculo de deposito de almacenado

$$\theta := 0$$

$$CAS := 150 \text{ Pa}$$

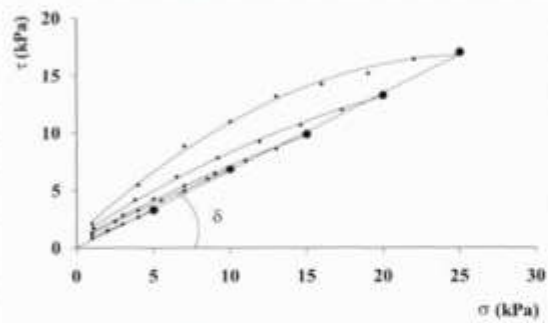
$$\rho := 700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$g := 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$D := \left(2 + \frac{\theta}{60}\right) \cdot \frac{CAS}{\rho \cdot g}$$

$$D = 0.044 \text{ m}$$

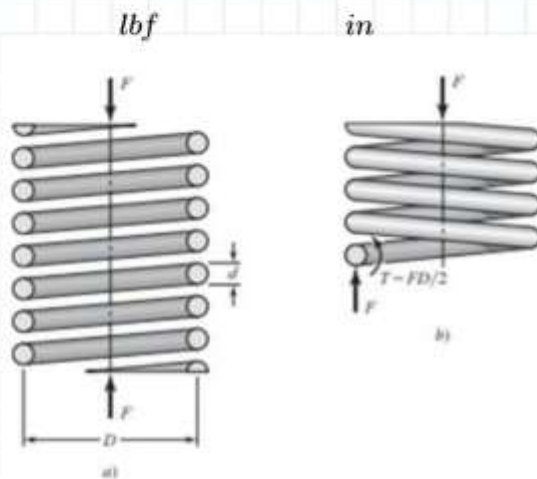
$$D = 1.72 \text{ in}$$



## Diseño de resorte

Se requiere diseñar un resorte de compresión el cual tenga extremos planos para mayor eficiencia, la deflexión debe ser de 2 pulg cuando se aplique una fuerza de 12 lbf deberá cerrarse sólidamente. Para una mayor eficiencia se utilizará un factor de diseño de 1.2 como protección contra la fluencia

$$F := 12 \text{ lbf} \quad y := 2 \text{ in}$$



- Se estima un índice de resorte  $C = 13.5$

$$C := 13.5$$

### Ecuación 1

$$K_B := \frac{4C + 2}{4C - 3} \quad \text{Factor Bergstrasser}$$

$$K_B = 1.098$$

- Se selecciona un material de alambre que se adapte a las condiciones de trajo, extraemos los valores de  $m$  y  $A$ .

**Tabla 10-4**

Constantes  $A$  y  $m$  de  $S_w = A/d^m$  para estimar la resistencia de tensión mínima de alambres para fabricar resortes comunes.  
(Fuente: *De Design Handbook*, 1987, p. 19. Cortesía de Associated Spring.)

Material	ASTM núm.	Exponente $m$	Diámetro, pulg	$A$ , kpsi · pulg <sup><math>m</math></sup>	Diámetro, mm	$A$ , Mpa · mm <sup><math>m</math></sup>	Costo relativo del alambre
Alambre de piano <sup>7</sup>	A228	0.145	0.004-0.256	201	0.10-6.5	2 211	2.6
Alambre T y R en aceite <sup>7</sup>	A229	0.187	0.020-0.500	147	0.5-12.7	1 855	1.3
Alambre estirado duro <sup>8</sup>	A227	0.190	0.028-0.500	140	0.7-12.7	1 783	1.0
Alambre al cromo-	A232	0.168	0.032-0.437	169	0.8-11.1	2 005	3.1

vanadio <sup>3</sup>							
Alambre al cromo-silicio <sup>1</sup>	A401	0.108	0.063-0.375	202	1.6-9.5	1 974	4.0
Alambre inoxidable 302 <sup>4</sup>	A313	0.146	0.013-0.10	169	0.3-2.5	1 867	7.6-11
Alambre de bronce fosforado <sup>5</sup>	B159	0.263	0.10-0.20	128	2.5-5	2 065	
		0.478	0.20-0.40	90	5-10	2 911	
		0	0.004-0.022	145	0.1-0.6	1 000	8.0
		0.028	0.022-0.075	121	0.6-2	913	
		0.064	0.075-0.30	110	2-7.5	932	

$$m := 0.187 \quad A := 147 \text{ ksi} \cdot \text{in}^m = 146.996 \frac{1}{100} \cdot \text{ksi} \cdot \text{in}^m$$

- Remplazamos en la ecuación para obtener el diámetro de alambre requerido (d)

Ecuación 2

$$d := \left( 0.163 \text{ ksi} \cdot \frac{K_B \cdot C}{A} \right)^{\frac{1}{(2-m)}}$$

$$d = 0.104 \frac{1}{385} \cdot \text{in} \quad \bar{d} := d \cdot \text{in}^{\frac{385}{349}} = 0.104 \text{ in}$$

- Atreves<sup>in</sup> de la tabla se selecciona un diámetro comercial de alambre determinando el número de calibre

Nombre del calibre:	Americana o Brown & Sharpe	Birmingham o Stubbs Iron Wire	Norma de Estados Unidos <sup>1</sup>	Alambre de acero				
				Norma de fabricantes	Washburn & Moen	Alambre de piano	Stubbs Steel Wire	Broca común
Uso principal:	Lámina, alambre y varilla no ferrosas	Tubos, tira alambre plana ferrosas, y acero para resortes	Lámina y placa ferrosas, 480 lb/f <sup>2</sup>	Lámina de acero	Alambre ferroso, excepto para alambre de piano	Alambre de piano	Barrena de acero	Brocas comunes y acero para brocas
7/0			0.500		0.490			
6/0	0.580 0		0.468 75		0.461 5	0.004		
5/0	0.516 5		0.437 5		0.430 5	0.005		
4/0	0.460 0	0.454	0.406 25		0.393 8	0.006		
3/0	0.409 6	0.425	0.375		0.362 5	0.007		
2/0	0.364 8	0.380	0.343 75		0.331 0	0.008		
0	0.324 9	0.340	0.312 5		0.306 5	0.009		
1	0.289 3	0.300	0.281 25		0.283 0	0.010	0.227	0.228 0
2	0.257 6	0.284	0.265 625		0.262 5	0.011	0.219	0.221 0
3	0.229 4	0.259	0.25	0.239 1	0.243 7	0.012	0.212	0.213 0
4	0.204 3	0.238	0.234 375	0.224 2	0.225 3	0.013	0.207	0.209 0
5	0.181 9	0.220	0.218 75	0.209 2	0.207 0	0.014	0.204	0.205 5
6	0.162 0	0.203	0.203 125	0.194 3	0.192 0	0.016	0.201	0.204 0
7	0.144 3	0.180	0.187 5	0.179 3	0.177 0	0.018	0.199	0.201 0
8	0.128 5	0.165	0.171 875	0.164 4	0.162 0	0.020	0.197	0.199 0
9	0.114 4	0.148	0.156 25	0.149 5	0.148 3	0.022	0.194	0.196 0
10	0.101 9	0.134	0.140 625	0.134 5	0.135 0	0.024	0.191	0.193 5
11	0.090 74	0.120	0.125	0.119 6	0.120 5	0.026	0.188	0.191 0
12	0.080 81	0.109	0.109 357	0.104 6	0.105 5	0.029	0.185	0.189 0
13	0.071 96	0.095	0.093 75	0.089 7	0.091 5	0.031	0.182	0.185 0
14	0.064 08	0.083	0.078 125	0.074 7	0.080 0	0.033	0.180	0.182 0
15	0.057 07	0.072	0.070 312 5	0.067 3	0.072 0	0.035	0.178	0.180 0
16	0.050 82	0.065	0.062 5	0.059 8	0.062 5	0.037	0.175	0.177 0

- Se selecciona un alambre W&M de calibre 12,  $d = 0.1055$  in

$$d_c := 0.1055 \text{ in} \quad \text{in}$$

- Para comprobar el factor de seguridad resultante, a partir de la ecuación.

Ecuación 3

$$n := 7.363 \cdot \frac{A \cdot d_c^{2-m}}{K_B \cdot C \cdot 1000 \text{ lbf}}$$

$$n = 1.238$$

- La razón del resorte  $k$  está dada a través de la fuerza sobre la deflexión.

Ecuación 4

$$K := \frac{F}{y}$$

$$K = 6 \frac{\text{lbf}}{\text{in}}$$

- Se determina el número de espiras activas mediante la siguiente ecuación, para obtener la constante  $G$  se extrae de la tabla .

**Tabla 10-5**

Propiedades mecánicas de algunos alambres para resorte (continuación)

Material	Límite elástico, porcentaje de $S_{ut}$		Diámetro $d$ , pulg	$E$		$G$	
	tensión, torsión			Mpsi	GPa	Mpsi	GPa
Templado en aceite A239	85-90	45-50		28.5	196.5	11.2	77.2
Resorte de válvula A230	85-90	50-60		29.5	203.4	11.2	77.2
Cromo-vanadio A231	88-93	65-75		29.5	203.4	11.2	77.2
A232	88-93			29.5	203.4	11.2	77.2
Cromo-silicio A401	85-93	65-75		29.5	203.4	11.2	77.2

$$Mpsi := 1000000 \text{ psi}$$

$$G := 11.2 \text{ Mpsi} = (1.12 \cdot 10^7) \text{ psi} \quad \text{psi}$$

Ecuación 5

$$N_a = \frac{d^4 \cdot G}{8 K \cdot D^3}$$

$$N_a := \frac{d \cdot G}{8 K \cdot C^3}$$

$$N_a = 9.837 \quad = 10 \text{ vueltas}$$

Esta cifra se encuentra dentro del rango recomendado de  $3 \leq N_a \leq 15$  siendo aceptable el número total de espiras es  $N_t = N_a = 10$  vueltas.

$$N_t := 10$$

- La deflexión desde la longitud libre hasta la longitud sólida del resorte está dada por.

Ecuación 6

$$y_s := \frac{F}{K} \quad in$$

$$y_s = 2 \text{ in}$$

- A partir de la siguiente ecuación se determina la longitud sólida.

Ecuación 7

$$L_s := d_c \cdot (N_t + 1)$$

$$L_s = 1.161 \text{ in} \quad in$$

- Entonces, la longitud libre del resorte es:

Ecuación 8

$$L_0 := L_s + y_s$$

$$L_0 = 3.161 \text{ in} \quad in$$

- El diámetro medio de espira en el resorte es:

Ecuación 9

$$D := C \cdot d_c \quad in$$

$$D = 1.424 \text{ in}$$

- El diámetro externo de espira en el resorte es:

Ecuación 10

$$D_E := D + d$$

$$D_E = 1.528 \text{ in} \quad in$$

- Para evitar el pandeo, la ecuación determinada es:

Ecuación 11

$$\alpha := 2.63 \cdot \frac{D}{L_0}$$

$$\alpha = 1.185$$

- Para determinar la torsión del resorte

$$T := \frac{F \cdot D}{2}$$

$$T = 8.546 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

$$r := \frac{d}{2}$$

$$r = 0.052 \text{ in}$$

$$J := \frac{\pi \cdot d^4}{32}$$

$$J = (1.136 \cdot 10^{-5}) \text{ in}^4$$

$$A_{rea} := \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$A_{rea} = 0.008 \text{ in}^2$$

Esfuerzo Máximo

$$\tau_{m\acute{a}x} := \frac{T \cdot r}{J} + \frac{F}{A_{rea}}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = (4.042 \cdot 10^4) \text{ psi}$$

$$\tau := \frac{8 \cdot F \cdot D}{\pi \cdot d^3} + \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2}$$

$$\tau = (4.042 \cdot 10^4) \text{ psi}$$

## Selección de Rodamiento

Para la selección de rodamiento de la máquina sembradora de maíz el cual debe facilitar el giro del selector se estima que estará operando a 100 rpm considerando el número de accionamientos efectuados en este lapso teniendo una fuerza de empuje de 53.37 N con un impacto ligero a moderado de la manivela, teniendo una carga radial de 4.44 N y un ángulo de 0.

$$F_t := 53.37 \text{ N}$$

$$F_r := 4.44 \text{ N}$$

$$F_a := F_r \left( 1 + 1.115 \left( \frac{F_t}{F_r} - 0.35 \right) \right)$$

$$F_a = 0.062 \text{ kN}$$

Tabla 11.3 Factores de aplicación  $K_a$

Tipo de aplicación	Rodamientos de bolas	Rodamientos de rodillos
Carga uniforme sin impacto	1.0	1.0
Engranajes	1.0-1.3	1.0
Impacto ligero	1.2-1.5	1.0-1.1
Impacto moderado	1.5-2.0	1.1-1.5
Impacto grande	2.0-3.0	1.5-2.0

Tabla 11.4 Vidas representativas de diseño del rodamiento

Tipo de aplicación	Vida de diseño (miles de horas)
Instrumentos y aparatos de uso poco frecuente	0.1-0.5
Máquinas de uso intermitente, donde la interrupción del servicio es de poca importancia	4-8
Máquinas de uso intermitente, donde la confiabilidad es de suma importancia	8-14
Máquinas en servicio 8 horas, pero no diario	14-20
Máquinas en servicio 8 horas todos los días de trabajo	20-30
Máquinas para servicio continuo las 24 horas	50-60
Máquinas para servicio continuo las 24 horas, donde la confiabilidad es de extrema importancia	100-200

$$K_a := 1.5$$

$$L := 100 \text{ rpm} \cdot 1800000 \text{ min}$$

$$L = (1.8 \cdot 10^8) \text{ rev}$$

para una confiabilidad del 90%

$$K_r := 1$$

$$L_R := 90 \cdot 10^6 \text{ rev}$$

$$C_{req} := F_c \cdot K_a \cdot \left( \frac{L}{K_r \cdot L_R} \right)^{0.3}$$

$$C_{req} = 0.115 \text{ kN}$$

TABLA 11.1 Dimensiones de rodamientos

Número básico del rodamiento	Diam. interior (mm)	Rodamientos de bolas					Rodamientos de rodillos				
		DE (mm)	w (mm)	r' (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	d <sub>2</sub> (mm)	DE (mm)	w (mm)	r' (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	d <sub>2</sub> (mm)
100	10	26	8	0.30	12.7	23.4					
200	10	30	9	0.04	13.1	26.7					
300	10	35	11	0.04	14.1	31.2					
104	12	28	8	0.30	14.1	25.4					

TABLA 11.2 Capacidades nominales de cojinetes, C, para una vida de  $90 \times 10^6$  revoluciones con 90% de confiabilidad

Diam. interior (mm)	Bolas radiales, $\alpha = 0^\circ$			Bolas angulares, $\alpha = 25^\circ$			Rodillos		
	100 XH (kN)	200 H (kN)	300 med (kN)	100 XH (kN)	200 H (kN)	300 med (kN)	1000 XH (kN)	1200 H (kN)	1300 med (kN)
10	1.02	1.42	1.90	1.02	1.10	1.88			
12	1.12	1.42	2.46	1.10	1.54	2.05			
15	1.22	1.56	3.05	1.20	1.66	2.85			
17	1.32	2.70	3.75	1.36	2.20	3.55	2.12	3.80	4.90
20	2.25	3.35	5.30	2.20	3.05	5.80	3.20	4.40	6.20
25	2.45	3.65	5.90	2.65	3.25	7.20	3.70	5.50	8.50

Las elecciones apropiadas serían los rodamientos L 00, 200 y 300.

Se selecciona el rodamiento de contacto radial 200 para la aplicación del selector.

$$C_1 := 1.42 \text{ kN}$$

$$L_r := K_r \cdot L_R \cdot \left( \frac{C_1}{F_c \cdot K_a} \right)^{3.33}$$

$$L_r = (7.786 \cdot 10^{11}) \text{ rev}$$

$$L_{\text{rot}} := \frac{L_r}{6000 \frac{\text{rev}}{\text{hr}}}$$

$$L_{\text{rot}} = (1.298 \cdot 10^8) \text{ hr}$$

$$Kr := \frac{L}{L_{\text{rot}} \cdot \left( \frac{C_1}{F_a \cdot K_a} \right)^{1.25}}$$

$$Kr = 2.312 \cdot 10^{-4}$$

el coeficiente de confiabilidad del rodamiento seleccionado es menor a 0 lo que garantiza que es 100% confiable.

## **PLANOS DE MÁQUINA SEMBRADORA DE MAÍZ**