



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

**“REPOTENCIACIÓN DE UNA MÁQUINA SEMBRADORA DE
MAÍZ DE CUATRO HILERAS CON DOSIFICADOR DE
FERTILIZANTE”**

Trabajo de titulación

Tipo: Propuesta tecnológica

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO MECÁNICO

AUTORES: JUAN PEDRO MAIGUA MENDOZA
DARÍO BLADIMIR PAREDES FIERRO

DIRECTOR: Ing. MSc. JORGE ISAÍAS CAICEDO REYES

Riobamba – Ecuador

2020

©2020, Juan Pedro Maigua Mendoza; & Darío Bladimir Paredes Fierro

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.


Nosotros, Juan Pedro Maigua Mendoza y Darío Bladimir Paredes Fierro, declaramos que el presente trabajo de titulación, es de nuestra autoría, los resultados obtenidos son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

Riobamba, 06 de julio de 2020



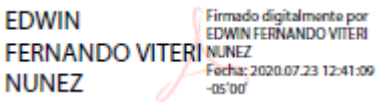


Juan Pedro Maigua Mendoza
050331203-5



Darío Bladimir Paredes Fierro
060412648-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Propuesta Tecnológica, **REPOTENCIACIÓN DE UNA MÁQUINA SEMBRADORA DE MAÍZ DE CUATRO HILERAS CON DOSIFICADOR DE FERTILIZANTE**, realizado por el señor: **JUAN PEDRO MAIGUA MENDOZA Y DARÍO BLADIMIR PAREDES FIERRO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edwin Fernando Viteri Nuñez PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 EDWIN FERNANDO VITERI NUNEZ Firmado digitalmente por EDWIN FERNANDO VITERI NUNEZ Fecha: 2020.07.23 12:41:09 -05'00'	2020-07-06
Ing. Jorge Isaiás Caicedo Reyes DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 JORGE ISAIAS CAICEDO REYES Firmado digitalmente por JORGE ISAIAS CAICEDO REYES Fecha: 2020.07.22 12:32:29 -05'00'	2020-07-06
Ing. Sócrates Miguel Aquino Arroba MIEMBRO DE TRIBUNAL	 firmado electrónicamente por: SOCRATES MIGUEL AQUINO ARROBA	2020-07-06

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios que me ha dado la fuerza para realizarlo, a mis familiares que se han esforzado para que logre adquirir esta profesión y a las personas que han orado por mí para sortear todas las dificultades.

Darío

El presente trabajo de titulación está dedicado a Dios por guiarme en mi camino, a mi familia por ser el pilar fundamental a lo largo de mi vida y mi carrera. Y en especial a la memoria de mi abuelito Vicente que junto con mis padres son mi mayor inspiración, y motivación para desarrollarme como profesional y ser humano.

Juan

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme la fuerza para poder culminar esta carrera, a mis familiares que han sabido ayudarme con su conocimiento y su amor, a mis amigos con los que juntos logramos adquirir la sabiduría y relacionarnos con bromas para apaciguar las adversidades propias de la carrera, y a las personas que me han amado sinceramente.

Darío

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios por guiarme y permitirme culminar con mi objetivo. A mis padres y hermanos que de una u otra manera me apoyaron, pese a las adversidades e inconvenientes presentadas.

Juan

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT.....	xx
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	1
1.3 Formulación del problema	2
1.4 Justificación.....	3
1.4.1 <i>Justificación teórica</i>	3
1.4.2 <i>Justificación metodológica</i>	3
1.4.3 <i>Justificación práctica</i>	3
1.4.4 <i>Alcance</i>	3
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 <i>Objetivo general</i>	4
1.5.2 <i>Objetivos específicos</i>	4
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Marco conceptual.....	5
2.1.1 <i>Repotenciación (Rehabilitación)</i>	5
2.1.2 <i>Máquina</i>	5
2.1.3 <i>Tractor agrícola</i>	5
2.2 Marco Referencial.....	6
2.2.1 <i>El maíz</i>	6
2.2.2 <i>La siembra</i>	6
2.2.3 <i>Preparación del suelo para la siembra</i>	7
2.2.3.1 <i>Picado de los restos de cultivo e incorporación al suelo</i>	7
2.2.3.2 <i>Arado del suelo</i>	8
2.2.4 <i>Siembra de semilla</i>	8

2.2.4.1	<i>Fecha de siembra</i>	8
2.2.5	<i>Programa de fertilización</i>	9
2.2.6	<i>Tipos de siembra</i>	12
2.2.6.1	<i>Siembra Manual</i>	12
2.2.6.2	<i>Siembra Mecanizada</i>	13
2.2.7	<i>Sembradora de granos</i>	13
2.2.8	<i>Tipos de sembradoras según el sistema de siembra</i>	14
2.2.8.1	<i>Sembradoras al voleo</i>	14
2.2.8.2	<i>Sembradoras en línea o a chorrillo</i>	14
2.2.9	<i>Operaciones que realiza una sembradora</i>	16
2.2.9.1	<i>Formación del surco</i>	16
2.2.9.2	<i>Colocación de semilla</i>	16
2.2.9.3	<i>Abonado</i>	16
2.2.9.4	<i>Tapado del surco</i>	16
2.2.10	<i>Partes de una sembradora</i>	17
2.2.10.1	<i>Chasis o bastidor</i>	17
2.2.10.2	<i>Sistema neumático</i>	17
2.2.10.3	<i>Ruedas</i>	17
2.2.10.4	<i>Sistema de accionamiento</i>	18
2.2.10.5	<i>Tolva</i>	18
2.2.10.6	<i>Tubos</i>	19
2.2.10.7	<i>Surcador y tapador</i>	19
2.3	<i>Descripción de los elementos de la sembradora Nodet Gougis</i>	19
2.3.1	<i>Conjunto dosificador de semilla</i>	20
2.3.1.1	<i>Tolva</i>	21
2.3.1.2	<i>Dosificador de semilla</i>	21
2.3.2	<i>Conjunto dosificador de fertilizante</i>	21
2.3.2.1	<i>Tolvas de abono o fertilizante</i>	22
2.3.2.2	<i>Dosificador de fertilizante</i>	23
2.3.2.3	<i>Reja de arado y tubo bajante</i>	23
2.3.3	<i>Sistema de Transmisión</i>	23
2.3.3.1	<i>Transmisión Principal de mando</i>	23
2.3.3.2	<i>Transmisión de semilla</i>	24
2.3.3.3	<i>Transmisión de fertilizante</i>	24
2.3.4	<i>Sistema neumático</i>	25
2.3.5	<i>Conjunto tren de siembra</i>	26
2.3.6	<i>Chasis</i>	27

2.4	Ingeniería inversa	27
2.4.1	Métodos de la ingeniería inversa	27
2.4.1.1	<i>Procedimiento convencional.....</i>	28
2.4.1.2	<i>Procedimiento de ingeniería inversa</i>	28
2.4.2	Descripción del proceso	29
2.4.3	Etapas de la ingeniería inversa.....	29
2.4.4	Aplicaciones y/o soluciones	29
2.5	Ingeniería inversa con CAD	30
2.6	Herramientas de diseño	30
2.6.1	Definición de CAD.....	30
2.6.1.1	<i>SolidWorks.....</i>	31
2.6.2	Definición de CAE.....	32
2.6.2.1	<i>Ansys.....</i>	32
2.6.2.2	<i>Ansys Workbench.....</i>	32
2.6.3	Procedimientos CAD/CAE.....	32
2.6.3.1	<i>Crear un modelo CAD 3D</i>	32
2.6.3.2	<i>Limpiar el modelo CAD 3D</i>	33
2.6.3.3	<i>Guardar la geometría CAD 3D en un formato neutro</i>	33
2.6.3.4	<i>Importar.....</i>	33
2.6.3.5	<i>Definición de las características del material.....</i>	33
2.6.3.6	<i>Mallado.....</i>	33
2.6.3.7	<i>Solución</i>	33
2.6.3.8	<i>Post-procesamiento</i>	34
3.	METODOLOGÍA	
3.1	Situación actual de la sembradora de maíz.....	35
3.1.1	Conjunto dosificador de semilla	35
3.1.1.1	<i>Tolvas</i>	35
3.1.1.2	<i>Dosificador de semilla</i>	36
3.1.1.3	<i>Disco de siembra</i>	36
3.1.1.4	<i>Conjunto de engranajes</i>	37
3.1.1.5	<i>Sello de Nylon.....</i>	38
3.1.2	Conjunto dosificador de fertilizante	38
3.1.2.1	<i>Tolvas de abono o fertilizante.....</i>	38
3.1.2.2	<i>Dosificadores de fertilizante</i>	39
3.1.2.3	<i>Reja de arado para el fertilizante</i>	39

3.1.3	<i>Sistema de transmisión</i>	40
3.1.3.1	<i>Transmisión Principal de mando</i>	40
3.1.3.2	<i>Transmisión de semilla</i>	40
3.1.3.3	<i>Transmisión de fertilizante</i>	41
3.1.4	<i>Sistema neumático (depresor de aire)</i>	41
3.1.4.1	<i>Turbina</i>	41
3.1.4.2	<i>Coraza de la turbina</i>	42
3.1.4.3	<i>Tubos</i>	42
3.1.5	<i>Conjunto de tren de siembra</i>	43
3.1.5.1	<i>Reja abresurcos</i>	43
3.1.5.2	<i>Discos de tapa semilla</i>	43
3.1.6	<i>Estructura</i>	44
3.1.6.1	<i>Base</i>	44
3.1.6.2	<i>Estructura de enganche para el tractor agrícola</i>	44
3.1.6.3	<i>SopORTE horizontal y vertical de la sembradora</i>	45
3.1.6.4	<i>Estructura de los carros de siembra</i>	45
3.1.6.5	<i>Pernos</i>	46
3.2	<i>Proceso de pintado de la sembradora</i>	47
3.3	<i>Matriz de valoración para cada uno de los elementos de la sembradora</i>	50
3.4	<i>Análisis para realizar la repotenciación</i>	50
3.4.1	<i>Análisis de engranajes de polímero de los dosificadores de maíz</i>	51
3.4.2	<i>Fallas en los engranajes de poliamidas</i>	52
3.4.2.1	<i>Desgaste adhesivo</i>	52
3.4.2.2	<i>Desgaste abrasivo</i>	52
3.4.2.3	<i>Picadura</i>	52
3.4.2.4	<i>Flujo plástico</i>	52
3.4.2.5	<i>Fractura</i>	53
4.	GESTIÓN DEL PROYECTO	
4.1	<i>Escaneo del depósito de semilla y tapa de succión</i>	54
4.1.1	<i>Depósito de semilla</i>	55
4.1.2	<i>Tapa de succión</i>	57
4.2	<i>Digitalización de la máquina en SolidWorks</i>	58
4.3	<i>Cálculos del conjunto de engranajes</i>	59
4.3.1	<i>Nomenclatura y fórmulas utilizadas para los engranajes cónicos</i>	59
4.3.1.1	<i>Nomenclatura</i>	60

4.3.2	<i>Engranaje cónico del sistema de distribución de semilla</i>	60
4.3.3	<i>Engranaje cónico del sistema de transmisión de fuerza</i>	62
4.4	Energía consumida por la sembradora	65
4.4.1	Cálculo de la potencia en los neumáticos	65
4.4.1.1	<i>Peso del fertilizante</i>	65
4.4.1.2	<i>Peso del maíz</i>	66
4.4.1.3	<i>Peso de la sembradora</i>	66
4.4.1.4	<i>Nomenclatura para determinar la potencia en los neumáticos</i>	67
4.4.2	Cálculo de potencia de varios elementos de la sembradora	69
4.4.2.1	<i>Cálculo de la potencia en los surcadores de fertilizante</i>	70
4.4.2.2	<i>Cálculo de la potencia en los surcadores de semilla</i>	71
4.4.2.3	<i>Cálculo de la potencia en los tapasurcos</i>	71
4.4.2.4	<i>Cálculo de la potencia en el disco marcador</i>	72
4.4.2.5	<i>Cálculo de la potencia para poner en marcha la sembradora</i>	73
4.5	Velocidad angular de las ruedas dentadas de la transmisión de mando	74
4.6	Potencia consumida por el tornillo sinfín	75
4.6.1	Cálculo de la potencia del tornillo sinfín según la norma ISO 7119	76
4.6.1.1	<i>Cálculo de la potencia para el desplazamiento horizontal del material</i>	79
4.6.1.2	<i>Cálculo de la potencia para el accionamiento del tornillo sinfín en vacío</i>	79
4.6.1.3	<i>Cálculo de la potencia para el caso de un tornillo sinfín inclinado</i>	80
4.6.1.4	<i>Potencia de accionamiento del tornillo sinfín</i>	80
4.6.1.5	<i>Fuerza axial en el tornillo sinfín</i>	81
4.6.1.6	<i>Diseño de la hélice</i>	81
4.7	Selección de los elementos de transmisión de mando	84
4.7.1	Rueda dentada	84
4.7.2	Cadena	85
4.7.2.1	<i>Cálculo de la potencia corregida (P_c)</i>	85
4.7.2.2	<i>Selección de la cadena de transmisión</i>	85
4.7.3	Especificaciones del eje de la sembradora	86
4.7.4	Especificaciones del Aluminio 7075-T6	86
4.8	Análisis de esfuerzos en el chasis de la sembradora	87
4.8.1	Diagrama de fuerzas aplicada en el plano z-y	89
4.8.1.1	<i>Esfuerzos máximos en el plano z-y</i>	91
4.8.2	Diagrama de fuerzas aplicada en el plano x-z	94
4.8.2.1	<i>Esfuerzos máximos en el plano z-x</i>	97
4.8.2.2	<i>Factor de seguridad</i>	100
4.9	Análisis corrosivo en el chasis de la sembradora	101

4.10	Regulación de los dosificadores de maíz.....	102
4.10.1	<i>Evaluación de la sembradora</i>	103
4.10.1.1	<i>Cálculo teórico</i>	103
4.10.1.2	<i>Prueba estática</i>	104
4.10.2	<i>Eficiencia de la sembradora de maíz.....</i>	105
4.11	Manual de Operación	106
4.11.1	<i>Enganche al tractor</i>	106
4.11.2	<i>Preparación para la siembra.....</i>	106
4.11.3	<i>Revisiones Iniciales.....</i>	106
4.11.4	<i>Maniobra de configuración</i>	107
4.11.5	<i>Proceso final para arrancar con la siembra.....</i>	107
4.12	Manual de mantenimiento.....	108
4.12.1	<i>Consideraciones Generales.....</i>	108
4.12.2	<i>Mantenimiento Básico</i>	108
4.12.3	<i>Mantenimiento Preventivo.....</i>	109
4.12.3.1	<i>Plan de mantenimiento preventivo</i>	110
4.12.4	<i>Mantenimiento Correctivo</i>	111
5.	CONCLUSIONES	112
6.	RECOMENDACIONES.....	114

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA 118

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1-2: Matriz de labores agrícolas	10
Tabla 1-3: Descripción proceso de pintado de la sembradora	47
Tabla 2-3: Matriz de valoración de los elementos de la sembradora	50
Tabla 3-3: Propiedades mecánicas de las poliamidas	51
Tabla 1-4: Coeficiente de rodadura	68
Tabla 2-4: Resistencia específica para distintos tipos de suelos	70
Tabla 3-4: Resumen de la potencia calculada en función de la velocidad de trabajo.....	73
Tabla 4-4: Velocidad angular de las ruedas dentadas del sistema de fertilizante.....	76
Tabla 5-4: Coeficiente de relleno según la carga.....	77
Tabla 6-4: Coeficiente de disminución de flujo del material en función del ángulo.....	78
Tabla 7-4: Coeficiente de resistencia del material transportado	79
Tabla 8-4: Especificaciones de la rueda dentada (Ver Anexo C)	84
Tabla 9-4: Especificaciones de la cadena (Ver Anexo D)	85
Tabla 10-4: Especificaciones de las aleaciones del aluminio serie 2xxx y 7xxx	87
Tabla 11-4: Dimensiones del tubo cuadrado de acero ASTM A 500 (Ver Anexo E)	88
Tabla 12-4: Propiedades y características mecánicas	88
Tabla 13-4: Velocidades de trabajo	103
Tabla 14-4: Desplazamiento de la sembradora en una vuelta de la placa de siembra	103
Tabla 15-4: Número de semillas en un metro lineal	103
Tabla 16-4: Densidad de semilla por hectárea de forma teórica	104
Tabla 17-4: Densidad de semilla por hectárea de forma práctica	105
Tabla 18-4: Eficiencia de la sembradora de maíz.....	105
Tabla 19-4: Plan de mantenimiento preventivo.....	110
Tabla 20-4: Plan de mantenimiento correctivo.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1-2. Planta de maíz	6
Figura 2-2. Siembra de maíz	6
Figura 3-2. Campo con rastrojo de maíz	7
Figura 4-2. Arado del terreno	8
Figura 5-2. Siembra manual	12
Figura 6-2. Siembra con maquinaria agrícola.....	13
Figura 7-2. Sembradora de granos	13
Figura 8-2. Máquina de siembra al voleo	14
Figura 9-2. Máquina de siembra en línea	14
Figura 10-2. Siembra a golpes.....	15
Figura 11-2. Siembra a monograno	15
Figura 12-2. Siembra a chorrillo	15
Figura 13-2. Chasis de la sembradora	17
Figura 14-2. Sistema neumático de la sembradora	17
Figura 15-2. Neumáticos de la sembradora	18
Figura 16-2. Sistema de accionamiento de la sembradora.....	18
Figura 17-2. Tolva de semilla y/o fertilizante	18
Figura 18-2. Tubos.....	19
Figura 19-2. Surcadores y tapasurcos.....	19
Figura 20-2. Conjunto dosificador de semilla	20
Figura 21-2. Tolva de semilla	21
Figura 22-2. Dosificador de semilla	21
Figura 23-2. Conjunto dosificador de fertilizante.....	22
Figura 24-2. Tolva de fertilizante.....	22
Figura 25-2. Dosificador de fertilizante	23
Figura 26-2. Transmisión principal de mando.....	24
Figura 27-2. Transmisión para semilla	24
Figura 28-2. Transmisión para fertilizante	25
Figura 29-2. Depresor de aire.....	25
Figura 30-2. Carcasa del depresor	26
Figura 31-2. Soporte del depresor de aire.....	26
Figura 32-2. Carros de siembra	27
Figura 33-2. Chasis de la sembradora	27

Figura 34-2. Diferencias de tipos de ingeniería.....	28
Figura 1-3. Esquema de la sembradora	35
Figura 2-3. Tolva de semillas	36
Figura 3-3. Dosificadores de semilla.....	36
Figura 4-3. Discos de semilla.....	37
Figura 5-3. Piñones de los dosificadores de semilla	37
Figura 6-3. Piñones de eje secundario	38
Figura 7-3. Tapa y sello de nylon.....	38
Figura 8-3. Tolva de fertilizante.....	39
Figura 9-3. Tornillo sinfn.....	39
Figura 10-3. Abresurcos para fertilizante	40
Figura 11-3. Base de la transmisión de mando	40
Figura 12-3. Base de la transmisión de semilla	41
Figura 13-3. Ruedas dentadas de transmisión de fertilizante.....	41
Figura 14-3. Turbina	42
Figura 15-3. Carcaza de la turbina	42
Figura 16-3. Tubos del sistema neumático.....	43
Figura 17-3. Abresurcos para semilla.....	43
Figura 18-3. Discos tapa semillas.....	44
Figura 19-3. Base principal de la sembradora	44
Figura 20-3. Enganche tres puntos de la sembradora	45
Figura 21-3. Soporte horizontal y vertical de la sembradora	45
Figura 22-3. Bases de los conjuntos de siembra.....	46
Figura 23-3. Pernos.....	46
Figura 24-3. Piñón de polímero.....	51
Figura 1-4. Equipo de Escáner – Portafolio	54
Figura 2-4. Equipo de Escáner – 3D Portátiles.....	55
Figura 3-4. Vista frontal.....	55
Figura 4-4. Vista Posterior	55
Figura 5-4. Inicio escaneo	56
Figura 6-4. Depósito de Semilla.....	56
Figura 7-4. Escaneado Vista.....	56
Figura 8-4. Elemento Posterior	56
Figura 9-4. Vista Frontal.....	57
Figura 10-4. Vista Posterior	57
Figura 11-4. Proceso de escaneo	57
Figura 12-4. Depósito de Semilla.....	57

Figura 13-4. Sembradora de cuatro hileras con dosificador de fertilizante	58
Figura 14-4. Despiece de la sembradora	58
Figura 15-4. Repotenciación de la sembradora	59
Figura 16-4. Engranaje cónico con ángulo de intersección de 90 grados	59
Figura 17-4. Piñón cónico del sistema de distribución de semilla	60
Figura 18-4. Piñón del distribuidor de semilla en Gear Trax.....	62
Figura 19-4. Engranaje cónico del eje secundario	62
Figura 20-4. Piñón cónico del eje principal en Gear Trax	64
Figura 21-4. Diagrama de cuerpo libre.....	67
Figura 22-4. Rueda dentada de la transmisión de mando	74
Figura 23-4. Rueda dentada de la transmisión de fertilizante	76
Figura 24-4 Tornillo sinfín.....	84
Figura 25-4. Piñón de Prodax.....	87
Figura 26-4. Fuerza aplicada en el chasis.....	88
Figura 27-4. Fuerza aplicada en el eje y	89
Figura 28-4. Diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano z-y.....	90
Figura 29-4. Sección transversal de la viga cuadrada.....	90
Figura 30-4. Diagrama de esfuerzo a compresión y tracción.....	92
Figura 31-4. Carga aplicada en la dirección y	92
Figura 32-4. Esfuerzo máximo a tracción	93
Figura 33-4. Esfuerzo máximo a compresión.....	93
Figura 34-4. Diagrama de esfuerzo cortante.....	94
Figura 35-4. Fuerza aplicada en el eje x	94
Figura 36-4. Sección transversal de la viga cuadrada.....	96
Figura 37-4. Diagrama de esfuerzo a compresión y tracción.....	97
Figura 38-4. Carga aplicada en la dirección x	98
Figura 39-4. Esfuerzo máximo a tracción	98
Figura 40-4. Esfuerzo máximo a compresión.....	99
Figura 41-4. Diagrama de esfuerzo cortante.....	100
Figura 42-4. Regulación de la tolva de maíz	102

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 1-4. Diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano z-x	95

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: RELACIONES DE ENGRANAJE PIÑÓN PARA DETERMINAR EL MÓDULO
PARA EL CONJUNTO DISTRIBUIDOR DE SEMILLA

ANEXO B: RELACIONES DE ENGRANAJE PIÑÓN PARA DETERMINAR EL MÓDULO
PARA EL SISTEMA DISTRIBUIDOR DE FUERZA

ANEXO C: TABLA PARA LA SELECCIÓN DE LAS RUEDAS DENTADAS

ANEXO D: TABLA PARA LA SELECCIÓN DE LAS CADENAS DE TRANSMISIÓN DE
MANDO

ANEXO E: TABLA PARA LA SELECCIÓN DEL PERFIL CUADRADO

RESUMEN

El propósito del presente trabajo de tipo propuesta tecnología fue repotenciar una máquina sembradora de maíz de 4 hileras con dosificador de fertilizante de la empresa agrícola Guadalupe S.A. con la finalidad de mejorar su producción. Se realizó una matriz de valoración la misma que permitió encontrar muchos hallazgos y por medio de esta se verifico el estado de cada uno de los componentes de la sembradora con un enfoque cualitativo. Mediante el diagnóstico realizado a la máquina se procedió a escanear varios elementos que presentaban daño irreversible y de compleja geometría, por medio del software SolidWorks se digitalizó cada uno de los elementos que conformaban la misma, en donde se estableció la forma de cada uno, previo a un cálculo realizado para la selección y rediseño de varios elementos de la máquina que permita cumplir con la funcionalidad deseada. Mediante la resistencia de materiales se realizó la selección de un perfil cuadrado de acero ASTM A500, el cual soporta todos los elementos de la sembradora, el análisis para la selección se realizó de forma manual y con la ayuda del Software Ansys, finalmente se realizó el protocolo de pruebas obteniendo como resultado una alta eficiencia de los carros de siembra a distintas velocidades de trabajo, y para que la máquina funcione correctamente se ha realizado un plan de mantenimiento y un manual de operación para garantizar que esta funcione con el más alto porcentaje de rendimiento. En conclusión, la máquina repotencia cuenta nuevos elementos mecánicos que fácilmente se pueden encontrar en el mercado nacional, y apto para la siembra de la mayoría de los granos gruesos, se recomienda que se realice un análisis más minucioso al perfil cuadrado considerando la influencia que puede tener si la máquina tuviese un impacto o la vibración causada por el tractor.

Palabras clave: <INGENIERÍA MECÁNICA>, <REPOTENCIACIÓN DE MAQUINARIA>, <SEMBRADORA DE MAÍZ>, <INGENIERÍA INVERSA>, <DIGITALIZACIÓN>, <SOLIDWORKS(SOFTWARE)>, <ANSYS(SOFTWARE)>, <ANÁLISIS DE ESFUERZOS>

ABSTRACT

The purpose of this technology work was to repower a 4-row corn sowing machine with fertilizer dispenser of the agricultural Guadalupe S.A. company to improve its production. A matrix of evaluation was made, which allowed to find many findings and through this one the state of each one of the components of the sowing machine was verified with a qualitative approach. Using the diagnosis made to the machine it was proceeded to scan several elements that presented irreversible damage and complex geometry, using the SolidWorks software it was digitalized each one of the elements that conformed it, where the form of each one was established, previous to a calculation made for the selection and redesign of several elements of the machine that allows to fulfill the desired functionality. Using the resistance of materials, the selection of a square profile of steel ASTM A500 was made, which supports all the elements of the sowing machine, the analysis for the selection was made manually and with the help of the Software Ansys, finally the protocol of tests was made obtaining as a result a high efficiency of the sowing cars at different speeds of work, and so that the machine works correctly a plan of maintenance and an operation manual has been made to guarantee that this one works with the highest percentage of yield. In conclusion, the repowering machine has new mechanical elements that can be easily found in the national market, and suitable for the sowing of most of the coarse grains, it is recommended that a more detailed analysis be made to the square profile considering the influence that it could have if the machine had an impact or the vibration caused by the tractor.

KEYWORDS: <MECHANICAL ENGINEERING>, <MACHINERY REPOWERING>, <CORN PLANTING>, <REVERSE ENGINEERING>, <DIGITALIZATION>, <SOLIDWORKS(SOFTWARE)>, <ANSYS(SOFTWARE)>, <STRESS ANALYSIS>

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La empresa Guadalupe S.A. en la actualidad es una entidad privada dedicada a la producción agrícolas, fabricación de alimentos balanceados a nivel interprovincial y a la comercialización avícola, se ha incorporado a la empresa la debida tecnología a cada uno de los procesos, pero, se ha visto en la necesidad de rehabilitar la maquinaria que se encuentra en malas condiciones, la misma que cumple la función de siembra de maíz, cuyo objetivo es el incremento de la productividad de la granja.

En el Ecuador, el cultivo de maíz – región sierra la mayoría de labores agrícolas no se encuentran tecnificadas, según datos del MAGAP la actividad mayormente tecnificada con el 75% es la preparación del suelo, la siembra se encuentra tecnificada en un 15%, este porcentaje indica que se debe fomentar la mecanización de esta actividad agrícola para reducir tiempo y costo. El bajo porcentaje de mecanización de esta actividad se debe a que la mayoría de máquinas sembradoras se importan, por lo cual su costo es elevado y en pequeñas cantidades se fabrican dentro del país en empresas metalmecánicas, las mismas que no cuentan con información documentada. (MONTEROS, A., 2016).

De tal manera, es de vital importancia realizar la “REPOTENCIACIÓN DE UNA MÁQUINA SEMBRADORA DE MAÍZ DE CUATRO HILERAS CON DOSIFICADOR DE FERTILIZANTE” con el propósito de incrementar la producción de materia prima (maíz) destinado para la alimentación avícola.

La sembradora de maíz es una máquina que está en contacto directo con los operadores, por lo cual, debe prestar la mayor confiabilidad y seguridad para la protección del personal encargado en la ejecución y puesta en marcha de la misma con el fin de garantizar y salvaguardar la integridad de los trabajadores.

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad y con el avance tecnológico en las diferentes áreas de producción se están realizando cambios en forma acelerada, por cuanto, las empresas que ofertan bienes y servicios tratan de ocupar un lugar en el mercado.

La agricultura a lo largo de la historia ha tomado una perspectiva en cuanto a mejorar el proceso de producción, logrando un mayor rendimiento de los cultivos, por ende, mejores ganancias. Aplicando la tecnología en la agricultura y mediante la mecanización de labores agrícolas como: la preparación del suelo, siembra, fertilización, control de malezas, cosecha y postcosecha, la misma que optimiza tiempo y recursos.

El cultivo de maíz, específicamente en la siembra, se ha realizado diversos estudios enfocados a la construcción de máquinas sembradoras de maíz destinadas para áreas pequeñas de terrenos hasta máquinas de gran volumen requeridas en la siembra de varias hectáreas. Estas máquinas se construyen principalmente en países como Alemania, España, Italia, Chile y Argentina, las empresas de estos países producen sembradoras de maíz que son acopladas a un tractor agrícola para su desplazamiento y así lograr la siembra por medio de los pasos requeridos como: abrir el surco, depositar la semilla, colocar el fertilizante y tapar la semilla. (Martin, 2016).

En base a datos proporcionados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería en el Ecuador región - Sierra las labores agrícolas para el cultivo de maíz no se encuentran tecnificadas, ocupando la mecanización en sus extremos, es decir, la preparación del suelo en 75% y la siembra el 15%. El bajo porcentaje de mecanización de esta actividad se debe a que la mayoría de máquinas sembradoras son importadas aun costo elevado y muy pocas empresas metalmecánicas lo realizan de forma empírica. Por lo cual, surge la necesidad de mecanizar el sistema de sembrado de maíz a un costo económico que facilite esta labor y de esta manera optimizar la producción y maximizar utilidades al productor.

1.3 Formulación del problema

Guadalupe S.A. productora de gallinas de postura y proveedores de balanceados para su granja y la comercialización del mismo al resto país, por cuanto el uso de maquinaria agrícola es indispensable para realizar la siembra de maíz en grandes extensiones para elaborar alimento balanceado.

El uso inadecuado y la falta de mantenimiento de la maquinaria de siembra por parte de la empresa, ha provocado que la sembradora presente averías en ciertos componentes impidiendo el funcionamiento adecuado, por cuanto la empresa necesita una mejora en la máquina sembradora para realizar las actividades de siembra y fertilización.

1.4 Justificación

1.4.1 Justificación teórica

Para el desarrollo de este proyecto se utilizará la metodología de diseño de ingeniería inversa, digitalización y simulación en SolidWorks y ANSYS de los elementos que conforman la máquina sembradora, facilitando así la determinación de las dimensiones, materiales y procesos de manufactura más adecuados.

1.4.2 Justificación metodológica

Para la aplicación metodológica se realizará mediante la evaluación de la matriz de valoración, ingeniería inversa, con el fin de repotenciar la sembradora, y poner en funcionamiento la misma, además del uso del diseño asistido por computadora y elementos mecánicos que permitirán optimizar la producción y recursos.

1.4.3 Justificación práctica

La empresa Guadalupe S.A. posee muchas hectáreas de terrenos productivos para la siembra de maíz, por cuanto es la materia prima destinada a la alimentación de las aves de corral, la mano de obra empleada para la siembra de una hectárea es de 6 personas, en un día labor, aplicando la repotenciación de la maquinaria se disminuirá el tiempo a 2 horas de labor con 2 personas.

1.4.4 Alcance

Se realizará la evaluación de todos los componentes que corresponden a la máquina, con el fin de determinar su estado y funcionamiento. Aplicando ingeniería inversa vamos a dimensionar los elementos de la sembradora de maíz, realizar la simulación, obtener los esfuerzos y las deformaciones del chasis de la máquina. Finalmente, mediante el desarrollo de las actividades antes mencionadas se podrá repotenciar la sembradora de maíz con su respectivo manual de operaciones y un plan de mantenimiento.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Repotenciar una máquina sembradora de maíz de cuatro hileras con dosificador de fertilizante.

1.5.2 Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la sembradora de maíz a través de una matriz de valoración para determinar el grado de funcionalidad.
- Digitalizar los elementos de la sembradora de maíz aplicando ingeniería inversa mediante el software SOLIDWORKS para construir los elementos faltantes.
- Realizar el análisis de esfuerzos en el chasis por medio del cálculo manual y el software ANSYS con el fin de validar los resultados obtenidos en los dos métodos.
- Desarrollar el protocolo de pruebas basándose en los resultados obtenidos para verificar el adecuado funcionamiento de la máquina sembradora de maíz.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual

2.1.1 *Repotenciación (Rehabilitación)*

- Bosquejar, graficar o planificar y se lo realiza como acción o trabajo. Concebir... inventar-idear. (NORTON, Robert, 2009)
- Es el proceso de establecer tamaños, formas, composiciones de los materiales y disposiciones de las piezas de tal modo que la máquina resultante desempeñe las tareas prescritas. (SHIGLEY, Joseph; & UICKER, John., 1988)

2.1.2 *Máquina*

- Combinación de cuerpos resistentes acomodados para hacer que las fuerzas mecánicas de la naturaleza realicen trabajo acompañadas por movimientos determinados. (NORTON, Robert, 2009)
- Es una combinación de mecanismos y de otros componentes que trasforma, transmite o emplea energía, carga o movimiento para un propósito específico. (HAMROCK, Bernard; et, al., 2000)
- Fusión de cuerpos resistentes de tal manera que las fuerzas mecánicas y por medio de ellas, se puedan encauzar para realizar un trabajo acompañado de movimientos determinados. (SHIGLEY, Joseph; & UICKER, John., 1988)

2.1.3 *Tractor agrícola*

- Vehículo automotor, cuyas ruedas están provistas de dispositivos de adherencia para terrenos blandos, utilizados principalmente en trabajos agrícolas. (POLANCO, Manuel, 2007)
- Es un vehículo de trabajo que posee motor propio diseñado para desplazarse por sí mismo, arrastrar, accionar y empujar los distintos implementos o equipos utilizados en las labores agrícolas. (PÉREZ, Yuridia, 2014)

2.2 Marco Referencial

2.2.1 *El maíz*

El maíz (*Zea mays*) es un cereal comestible, se conoce que su consumo se dio desde Mesoamérica con los olmecas y teotihuacanos, hasta Sudamérica con los incas y quechuas, los cuales estuvieron acompañados en su desarrollo por esta planta. El maíz es el cereal que más importancia ha tenido, tiene en varios sectores de la economía a escala mundial durante el siglo XX y en los inicios del siglo XXI. (SERRATOS, José, 2012)



Figura 1-2. Planta de maíz

Fuente: (COVEPAL, 2017)

2.2.2 *La siembra*

Es la principal actividad agrícola que consiste en depositar las semillas en el suelo para que a partir de ellas se realicen las diferentes labores agrícolas en el cultivo.



Figura 2-2. Siembra de maíz

Fuente: (ALOIS KOLLER, Adrian, 2013)

2.2.3 Preparación del suelo para la siembra

Antes de realizar la siembra de cualquier semilla es importante preparar el terreno. Con la preparación del terreno garantizamos que la semilla tenga las características idóneas.

El maíz es un cultivo que puede desarrollarse sin problemas prácticamente en cualquier tipo de suelo. Sin embargo, en función de las características de cada suelo, parámetros tales como la fecha de siembra y las labores a desempeñar pueden variar. De ahí la importancia de conocer el suelo dónde se va a trabajar.

Para ello, es necesario hacer un análisis de suelo, además de informarse sobre el comportamiento del mismo en campañas anteriores, la incidencia de enfermedades, la compactación que suele presentar el suelo, etc. Contando con esta información, se podrá llevar a cabo un manejo agronómico más adecuado para el cultivo.

Las labores que se aconsejan a la hora de preparar un suelo para el cultivo de maíz son las siguientes, las cuales deben realizarse previo al período de lluvias. (INFOAGRO, 2016)

2.2.3.1 Picado de los restos de cultivo e incorporación al suelo

La importancia de esta labor reside en la incorporación de materia orgánica al suelo de un modo económico y sencillo. Con esta sencilla acción se consigue aumentar la porosidad del suelo y consiguientemente, la aireación y capacidad de infiltración del mismo.

Se recomienda que el picado y la incorporación se lleven a cabo, justo cuando la cosecha del cultivo anterior ha finalizado, en tanto que, con el paso del tiempo, los restos del cultivo ganarían humedad. (INFOAGRO, 2016)



Figura 3-2. Campo con rastrojo de maíz

Fuente: (ETCHEVERRÍA, Paulina; & BARAHORA, Viviana., 2018)

2.2.3.2 *Arado del suelo*

Para la realización de esta labor se puede utilizar un subsolador o un arado de vertedera. Se recomienda principalmente la utilización del subsolador porque favorece la no compactación del suelo. (INFOAGRO, 2016)



Figura 4-2. Arado del terreno

Fuente: (LOBATO, Antonio; et, al, 2017)

2.2.4 *Siembra de semilla*

Una vez que ya se ha efectuado la preparación del terreno se realiza la siembra, el uso de maquinaria agrícola facilita el proceso.

2.2.4.1 *Fecha de siembra*

La fecha de siembra es un factor clave a determinar para conseguir el rendimiento productivo esperado, ya que influye directamente sobre el crecimiento y desarrollo de la planta y, por tanto, sobre la producción resultante. El momento de la siembra depende de la temperatura del suelo, tipo de suelo y la variedad a sembrar, teniendo en cuenta que las mayores producciones de maíz se consiguen cuando la planta es capaz de aprovechar al máximo su período de crecimiento y captar la mayor radiación solar posible durante el llenado del grano. (INFOAGRO, 2016)

La fecha de siembra influye directamente sobre:

- Humedad del grano: Si la fecha de siembra se retrasa, la humedad del grano aumenta.
- Velocidad del ciclo: Si la fecha de siembra se retrasa, se aceleran las etapas de desarrollo del cultivo. Por el contrario, si la fecha de siembra se adelanta, la emergencia puede ser dificultosa debido a las bajas temperaturas que presenta el suelo.

- Altura de la planta: Si la fecha de siembra se retrasa, el crecimiento de las plantas es mayor y la producción de biomasa también.
- Densidad de plantación: Si la fecha de siembra se adelanta, las densidades de plantación deben ser mayores, debido a que el porcentaje de plantas que no emerjan aumenta.
- Por otro lado, se requiere de precisión en cuanto a la dosis de semilla a utilizar. Para ello, es necesario contar con una sembradora bien calibrada.
- La densidad de plantación que suele recomendar, oscila entre 93000-110000 plantas/ha, consiguiendo rendimientos hasta 200 kg/ha (el rendimiento promedio se sitúa en torno a 130 kg/ha). Para ello, la distancia entre hileras puede ser de 70-75 cm, para que exista unas 7,5-9 semillas por metro lineal, las cuales deben encontrarse a una profundidad de 4-5 cm. (INFOAGRO, 2016)

2.2.5 Programa de fertilización

Con el fin de determinar cuál es el programa de fertilización adecuado para una explotación en concreto, es importante contar con los resultados del análisis de suelo. De esta forma, se conocerá el balance de elementos nutritivos con el que cuenta el suelo y se podrán establecer las aportaciones a realizar. Por tanto, el programa de fertilización que debe seguir cada agricultor es diferente en función del suelo, entre otros factores.

La fertilización se llevará a cabo en gran parte cuando se realice la siembra. Se aconseja que la fertilización se realice con la misma máquina de siembra, en tanto que existe la posibilidad de depositar el fertilizante prácticamente al lado de la semilla. (INFOAGRO, 2016).

Tabla 1-2: Matriz de labores agrícolas

Preparación del suelo	Siembra de semilla	Fertilización
<p>Para ello, es necesario hacer un análisis de suelo, además de informarse sobre el comportamiento del mismo en campañas anteriores, la incidencia de enfermedades, la compactación que suele presentar el suelo, etc. Contando con esta información, se podrá llevar a cabo un manejo agronómico más adecuado para el cultivo.</p> <p>Las labores que se aconsejan a la hora de preparar un suelo para el cultivo de maíz son las siguientes, las cuales deben realizarse previo al período de lluvias. (INFOAGRO, 2016)</p>	<p>El uso de maquinaria agrícola facilita el proceso.</p> <p>La fecha de siembra es un factor clave a determinar para conseguir el rendimiento productivo esperado, ya que influye directamente sobre el crecimiento y desarrollo de la planta y, por tanto, sobre la producción resultante.</p> <p>El momento de la siembra depende de la temperatura del suelo, tipo de suelo y la variedad a sembrar, teniendo en cuenta que las mayores producciones de maíz se consiguen cuando la planta es capaz de aprovechar al máximo su período de crecimiento y captar la mayor radiación solar posible durante el llenado del grano. (INFOAGRO, 2016)</p> <p>Para la siembra influyen los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Humedad del grano (adelanta o retrasa la siembra). • Velocidad del ciclo: (el tiempo del proceso en el desarrollo de la planta.) • Altura de la planta: Depende de los factores climáticos y fertilización. 	<p>Con el fin de determinar cuál es el programa de fertilización adecuado para una explotación en concreto, es importante contar con los resultados del análisis de suelo.</p> <p>De esta forma, se conocerá el balance de elementos nutritivos con el que cuenta el suelo y se podrán establecer las aportaciones a realizar. Por tanto, el programa de fertilización que debe seguir cada agricultor es diferente en función del suelo, entre otros factores.</p> <p>La fertilización se llevará a cabo</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Densidad de plantación: depende en las estaciones de siembra invierno y verano. Se recomienda entre 93000-110000 plantas/ha, Para ello, la distancia entre hileras puede ser de 70-75 cm, para que exista unas 7,5-9 semillas por metro lineal, las cuales deben encontrarse a una profundidad de 4-5 cm. • Precisión en cuanto a la dosis de semilla a utilizar. Para ello, es necesario contar con una sembradora bien calibrada, según el tipo de terreno. (INFOAGRO, 2016) 	<p>en gran parte cuando se realice la siembra. Se aconseja que la fertilización se realice con la misma máquina de siembra, en tanto que existe la posibilidad de depositar el fertilizante prácticamente al lado de la semilla. (INFOAGRO, 2016)</p>
Picado	Arado	Tipos de siembra	
La importancia de esta labor reside en la incorporación de materia orgánica al suelo de un modo económico y sencillo. Con esta sencilla acción se consigue aumentar la porosidad del suelo y consiguientemente, la aireación y capacidad de infiltración del mismo.	Para la realización de esta labor se puede utilizar un subsolador o un arado de vertedera. Se recomienda principalmente la utilización del subsolador porque favorece la no compactación del suelo. Un suelo compacto es un	Manual	Mecanizada
		Utiliza azadones, arados o acanaladores para formar los surcos, el fertilizante se deposita en el fondo del surco para a continuación sembrar las semillas de los cereales y cubrirlos con tierra.	La siembra mecanizada ya sea automática o semiautomática, al mismo tiempo prepara el surco, coloca las semillas y en ciertos casos el fertilizante y por último los cubre. Las sembradoras semiautomáticas son menos costosas y

<p>Se recomienda que el picado y la incorporación se lleven a cabo, justo cuando la cosecha del cultivo anterior ha finalizado, en tanto que, con el paso del tiempo, los restos del cultivo ganarían humedad. (INFOAGRO, 2016)</p>	<p>suelo poco poroso y carente de aireación, que no permite el flujo adecuado de agua, al mismo tiempo que el desarrollo del sistema radicular será insuficiente, dando lugar a bajos rendimientos productivos. (INFOAGRO, 2016)</p>	<p>(CORTBAQUI, Roger, 1988)</p>	<p>complicadas que las completamente automáticas y pueden ser buena alternativa para la siembra a mano donde se requiera algún grado de tecnificación. (CORTBAQUI, Roger, 1988)</p>	
---	--	---------------------------------	---	--

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

2.2.6 Tipos de siembra

2.2.6.1 Siembra Manual

Utiliza azadones, arados o acanaladores para formar los surcos, el fertilizante se deposita en el fondo del surco para a continuación sembrar las semillas de los cereales y cubrirlos con tierra. (CORTBAQUI, Roger, 1988)



Figura 5-2. Siembra manual

Fuente: (QUEVEDO, Duver C;& CERVANTES, Joel S, 2017)

2.2.6.2 *Siembra Mecanizada*

La siembra mecanizada ya sea automática o semiautomática, al mismo tiempo prepara el surco, coloca las semillas y en ciertos casos el fertilizante y por último los cubre. Las sembradoras semiautomáticas son menos costosas y complicadas que las completamente automáticas y pueden ser buena alternativa para la siembra a mano donde se requiera algún grado de tecnificación. (CORTBAQUI, Roger, 1988)



Figura 6-2. Siembra con maquinaria agrícola

Fuente: (MAGRAMA, 2016)

2.2.7 *Sembradora de granos*

Máquina destinada a sembrar, la misma que es alimentada por la potencia de un tractor. La mayoría de estas máquinas llevan unas rejas delante de los tubos por los cuales se distribuyen los granos, las mismas que van abriendo el surco donde se depositan, continuando con el proceso del tapado de semilla con la tierra. (CEPYME ARAGÓN, 2016)

Es una máquina que permite la siembra regular, bien sobre toda la superficie o bien en líneas equidistantes y a una profundidad uniforme.



Figura 7-2. Sembradora de granos

Fuente: (JOHN DEERE, 2020)

2.2.8 Tipos de sembradoras según el sistema de siembra

2.2.8.1 Sembradoras al voleo

Para la siembra al voleo se utiliza máquinas espaciadoras centrifugas, consiste en esparcir al azar la semilla por toda la superficie del terreno, la distribución no es buena y se necesita de otro elemento agrícola para cubrir la semilla.

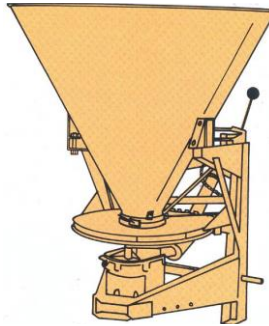


Figura 8-2. Máquina de siembra al voleo

Fuente: (RAMÍREZ GUTIERREZ, Miguel Ángel, 2004)

2.2.8.2 Sembradoras en línea o a chorrillo

Este tipo de maquinaria agrícola es utilizada en mayor medida para la siembra de cereales, por lo que se les conoce con el nombre de: sembradora de cereales.

La sembradora en línea o a chorrillo es una máquina que deposita la semilla en la tierra, sobre líneas paralelas. Esta sembradora en línea se clasifica según la forma de siembra. (CAÑAVATE, Jaime; & HERNÁNDEZ, José., 1989)



Figura 9-2. Máquina de siembra en línea

Fuente: (JOHN DEERE, 2020)

- **A golpes:** Consiste en colocar un grupo semillas a una determinada distancia.

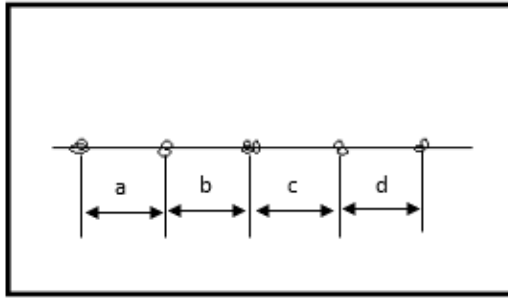


Figura 10-2. Siembra a golpes

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

- **Monograno:** Sembradora que coloca semillas individuales a una determinada distancia.

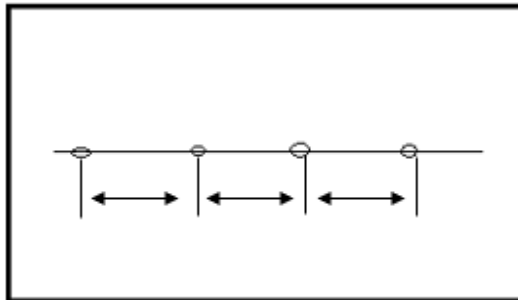


Figura 11-2. Siembra a monograno

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

- **A chorrillo:** Depositán la semilla en forma continua.

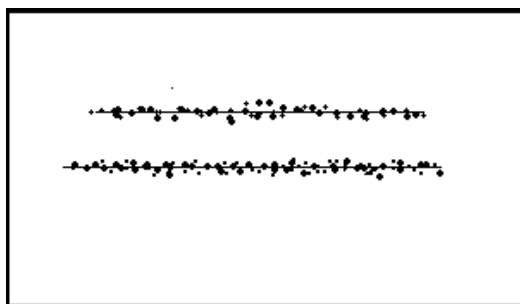


Figura 12-2. Siembra a chorrillo

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

2.2.9 Operaciones que realiza una sembradora

En la actualidad la mayoría de las maquinarias utilizadas para la siembra realizan cuatro operaciones fundamentales: Formación del surco, Colocación de semillas, Abonado y Tapado.

2.2.9.1 Formación del surco

La formación del surco se lo hace con un mecanismo de apertura, El abresurcos o reja es el mecanismo encargado de hacer el surco a una profundidad adecuada para la semilla.

La sembradora abre un surco en el campo a una profundidad precisa, con el fin de que la semilla logre adecuarse y germinar en el momento óptimo. (GANZEL, Bill, 2009)

2.2.9.2 Colocación de semilla

Las semillas deben seleccionarse de una tolva y entregarse en el surco a distancias precisas entre sí. Este es el sistema de medición, y cada fabricante alardea de su precisión. (GANZEL, Bill, 2009)

2.2.9.3 Abonado

Es el aporte de nutrientes para el desarrollo de la semilla. Se realiza con un conjunto de elementos que transportan el fertilizante hasta el suelo.

La mayoría de las sembradoras modernas ofrecen sistemas para aplicar fertilizantes líquidos o granulares al mismo tiempo que las semillas. Estos sistemas requieren sus propios sistemas de medición. (GANZEL, Bill, 2009)

2.2.9.4 Tapado del surco

La sembradora está equipada con un conjunto de cuchillas, discos tapa surcos, o rodillos. El tapado de semilla es el proceso final que realiza la sembradora, dejando la semilla cubierta con cierta cantidad de tierra para su germinación.

2.2.10 Partes de una sembradora

2.2.10.1 Chasis o bastidor

Es la estructura metálica que soporta los elementos y órganos de trabajo, de enganche y accionamiento.

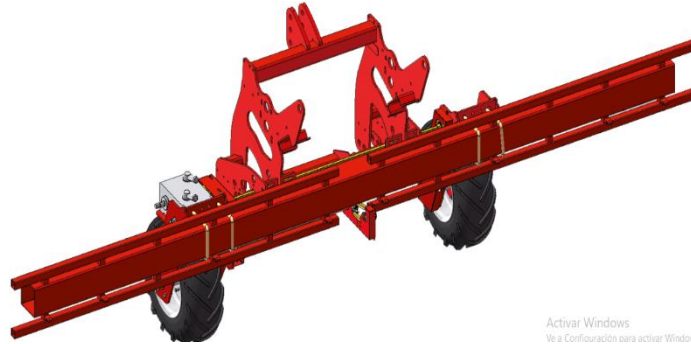


Figura 13-2. Chasis de la sembradora

Fuente: (POETTINGER, 2019)

2.2.10.2 Sistema neumático

Es el encargado de crear depresión en el interior de los dosificadores de semilla con el propósito de cargar la materia prima en los discos para la siembra.



Figura 14-2. Sistema neumático de la sembradora

Fuente: (POETTINGER, 2019)

2.2.10.3 Ruedas

Mantienen la posición, la estabilidad sobre el terreno y da movimiento al sistema de accionamiento.



Figura 15-2. Neumáticos de la sembradora

Fuente: (JOHN DEERE, 2020)

2.2.10.4 Sistema de accionamiento

Conjunto de elementos que mueven los órganos distribuidores de las semillas, es accionado por el movimiento de las ruedas.



Figura 16-2. Sistema de accionamiento de la sembradora

Fuente: (JOHN DEERE, 2020)

2.2.10.5 Tolva

Recipiente donde se almacena la semilla y/o fertilizante.



Figura 17-2. Tolva de semilla y/o fertilizante

Fuente: (POETTINGER, 2019)

2.2.10.6 Tubos

Son elementos de la máquina que están conectados al sistema neumático de la sembradora y otros a las tolvas de fertilizante.



Figura 18-2. Tubos

Fuente: (POETTINGER, 2019)

2.2.10.7 Surcador y tapador

Mecanismos que abren un pequeño surco u hoyo y donde caen las semillas y posteriormente se tapa.

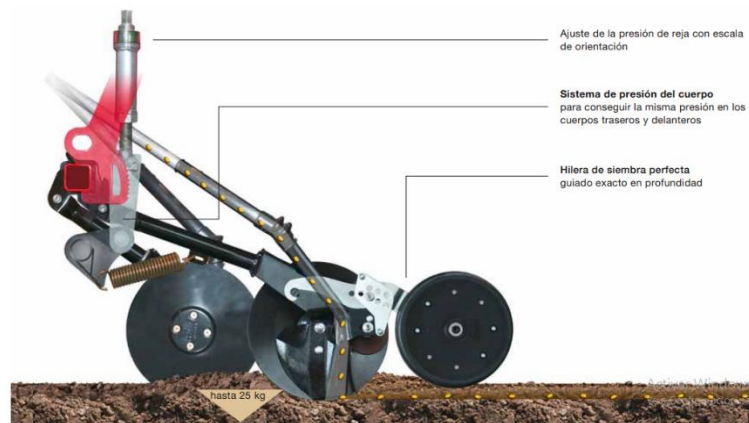


Figura 19-2. Surcadores y tapasurcos

Fuente: (POETTINGER, 2019)

2.3 Descripción de los elementos de la sembradora Nodet Gougis

Los elementos de la sembradora Nodet Gougis se puede dividir en 6 grupos que se describen a continuación:

- Conjunto dosificador de semilla

- Conjunto dosificador de fertilizante
- Sistema de transmisión
- Sistema neumático (depresor de aire)
- Conjunto tren de siembra
- Chasis

2.3.1 *Conjunto dosificador de semilla*

Para un correcto funcionamiento del sistema dosificador, se debe realizar: mantener limpio los discos de semilla y todos sus componentes, lave con agua ya que las semillas vienen impregnadas de químicos nocivos.

El sistema dosificador de semilla Nodet Gougis es neumático, permite una siembra controlada, mantiene una distribución uniforme de semilla. Está compuesta de un conjunto de engranajes acoplados al eje de transmisión por medio de un brazo y cadenas, los mismos que son encargados de transmitir el movimiento de la rueda por medio de cadenas, ejes y piñones a los discos de semilla.



Figura 20-2. Conjunto dosificador de semilla

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

El sistema dosificador de semilla está compuesto de las siguientes partes:

- Tolva
- Dosificador de semilla
- Disco de siembra
- Conjunto de engranes

- Sello de Nylon
- Orificio de conexión al tubo de succión de aire

2.3.1.1 Tolva

Recipiente donde se deposita la semilla para la siembra.



Figura 21-2. Tolva de semilla

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

2.3.1.2 Dosificador de semilla

Está compuesto de dos partes que forman una cámara para la succión de aire y donde están alojados el disco de siembra, conjunto de piñones, sello de nylon, orificio de conexión al tubo de succión de aire, orificio de descarga de semilla.



Figura 22-2. Dosificador de semilla

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

2.3.2 Conjunto dosificador de fertilizante

El fertilizante es una sustancia que favorece el crecimiento de la planta y mejora la condición de la tierra.

El conjunto dosificador de fertilizante es el encargado de suministrar abono previo a la siembra.



Figura 23-2. Conjunto dosificador de fertilizante

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

El conjunto cuenta con las siguientes partes:

- Tolvas de abono o fertilizante
- Dosificadores de fertilizante
- Sistema de transmisión de fertilizante
- Reja de arado y tubo bajante

2.3.2.1 *Tolvas de abono o fertilizante*

La tolva está construida de fibra de vidrio, las mismas que se sujetan a dos barras horizontales que son parte del chasis.



Figura 24-2. Tolva de fertilizante

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

2.3.2.2 *Dosificador de fertilizante*

Los dosificadores están en los extremos de las tolvas acoplado a un tornillo sin fin, el mismo que es el encargado de transportar el abono a los extremos y expulsar a los tubos.



Figura 25-2. Dosificador de fertilizante

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

2.3.2.3 *Reja de arado y tubo bajante*

Este conjunto es el encargado de depositar el abono en la tierra. Está compuesto de un soporte fijo que está junto al chasis, abresurcos para el depósito de fertilizante y de tubos para transportar el abono de las tolvas al terreno.

2.3.3 *Sistema de Transmisión*

El sistema de transmisión de la sembradora está dividido en los siguientes subsistemas:

- Transmisión Principal de mando
- Transmisión de semilla
- Transmisión de fertilizante

2.3.3.1 *Transmisión Principal de mando*

El sistema principal de mando está compuesto por dos ruedas apoyadas al suelo, las ruedas son las encargadas de dar movimiento por medio de cadenas al eje principal, que a su vez dan movimiento a los sistemas dosificadores de semilla y abono.



Figura 26-2. Transmisión principal de mando

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

2.3.3.2 *Transmisión de semilla*

El sistema de transmisión de semilla, compuesto por un eje cuadrado, piñones y cadenas las mismas que están conectadas a la transmisión de mando.



Figura 27-2. Transmisión para semilla

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

2.3.3.3 *Transmisión de fertilizante*

La transmisión principal de mando por medio de un eje cuadrado da movimiento a un conjunto de piñones conectados a un eje circular que pasa a través de los dosificadores de abono.



Figura 28-2. Transmisión para fertilizante

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

2.3.4 *Sistema neumático*

Es un depresor neumático, el encargado de succionar y crear un vacío en el interior de la carcasa del dosificador de semilla por medio de tubos conectados entre sí. En el interior de los dosificadores están situadas las placas de semillas (discos con agujeros), cada una de ellas carga la semilla en el orificio por la acción del depresor. El disco está en constante movimiento giratorio, gracias al sistema de transmisión que hace posible el transporte de la semilla al orificio de descarga para depositar en el suelo.



Figura 29-2. Depresor de aire

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

El depresor está compuesto de dos carcasas unidas con pernos, y en su interior está una turbina generadora del vacío.



Figura 30-2. Carcasa del depresor

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

La parte exterior del sistema está compuesto de un soporte que lo mantiene fijo al chasis. Y es accionado por las revoluciones de la toma fuerza del tractor por medio de un cardan conectado al eje del depresor.



Figura 31-2. Soporte del depresor de aire

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

2.3.5 *Conjunto tren de siembra*

El conjunto tren de siembra está compuesto por cuatro carros, los mismos que están integrados por el conjunto de dosificación de semilla y discos tapa surco.



Figura 32-2. Carros de siembra

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

2.3.6 *Chasis*

Es la estructura que soporta los demás elementos de la sembradora.



Figura 33-2. Chasis de la sembradora

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

2.4 **Ingeniería inversa**

Es el método utilizado para la recreación de un nuevo elemento a partir de uno existente y en ciertos casos ya obsoletos.

2.4.1 *Métodos de la ingeniería inversa*

La ingeniería inversa es una metodología utilizada como complemento en el diseño y manufactura de productos y artefactos, especialmente cuando estos elementos están compuestos por superficies libres o complejas. (BETANCUR, Mario, 2011)

La ingeniería inversa como su nombre lo indica, es el inverso de los métodos convencionales de diseño. En la Figura 34-2 se muestran las diferencias de los dos tipos de ingeniería. (BETANCUR, Mario, 2011)

2.4.1.1 Procedimiento convencional

Se realiza por métodos de ingeniería concurrente, donde se desarrolla un producto a partir de especificaciones y exigencias previas (1), permitirá generar un diseño inicial (2), plasmar el concepto del producto y así fabricar lo buscado (3), Debido a que la característica del proceso es lenta, el desarrollo requiere de estudios especializados y con la posibilidad de no cumplir con las expectativas del consumidor. (BETANCUR, Mario, 2011)



Figura 34-2. Diferencias de tipos de ingeniería

Fuente: (OSPINA, Cristian; & RAMÍREZ, Bryan., 2015)

2.4.1.2 Procedimiento de ingeniería inversa

Parte del producto final (3) y mediante la obtención de datos con equipos de alta tecnología y de manufactura avanzada, se consigue el diseño del producto (2) que será modificado según las exigencias y especificaciones del nuevo concepto para producirlo con éxito (3), con la característica de ser un proceso rápido (ya que parte de una solución), podrá introducir formas y geometrías libres que combinan precisión, disminución del tiempo de diseño y manufactura, reducción de costos de fabricación y desperdicios en proceso de diseño, lo cual ayuda a que las empresas manufactureras sean más eficientes en sus nuevos desarrollos en busca de una mayor competitividad. (BETANCUR, Mario, 2011)

En resumen, cuando analizamos el método de diseño con ingeniería inversa, no se habla de una nueva forma de hacer las cosas, sino al conjunto de herramientas, conocimiento y tecnología, los mismos que permiten complementar el proceso de diseño en ingeniería, enmarcados bajo

herramientas computacionales, equipos de medición y sistemas de manufactura avanzada. (BETANCUR, Mario, 2011)

2.4.2 Descripción del proceso

La ingeniería inversa permite la captura, representación y reproducción de modelos de productos a partir de la manipulación de información tridimensional en un computador. El proceso de ingeniería inversa implica la medición de un objeto físico para describir su geometría con una precisión requerida y así lograr una reproducción del objeto que mantenga en todo momento sus características funcionales. (BETANCUR, Mario, 2011)

Es posible aplicar la ingeniería inversa usando calibradores y galgas de medición si la geometría no es muy compleja. Sin embargo, la reproducción de un objeto de geometría compleja necesita la aplicación de técnicas de un carácter más avanzado. (BETANCUR, Mario, 2011)

2.4.3 Etapas de la ingeniería inversa

El proceso de la ingeniería inversa se compone de dos etapas:

La digitalización 3D del objeto físico, y la reconstrucción de superficies mediante la aplicación de sistemas CAD/CAM/CAE especializados para la ingeniería inversa.

El proceso de ingeniería inversa definido desde la digitalización hasta la reproducción del objeto permite finalmente, un desarrollo óptimo del producto acompañado de la reducción de costos. (BETANCUR, Mario, 2011)

2.4.4 Aplicaciones y/o soluciones

La ingeniería inversa en la actualidad tiene diferentes aplicaciones y soluciones en todo ámbito tecnológico; a continuación, se describe algunos de sus usos principales:

- Investigar, analizar y comprender la tecnología utilizada por otras naciones u otras empresas.
- Analizar los productos que ofrecen otras empresas, y descubrir si infringen algún tipo de violación a patentes o derechos de autor.

- Desarrollar productos que sean compatibles con otros productos, sin tener acceso a los detalles técnicos y planos de diseño del primero.
- Desarrollar mejoras a un dispositivo viejo, del cual no se cuenta con información técnica. (MARTÍNEZ, Juan, 2017)

2.5 Ingeniería inversa con CAD

La ingeniería inversa necesita generar modelos CAD (Diseño Asistido por Computadora) en 3D a partir de objetos existentes (según construcción), ya sea para determinar la intención del diseño original, modernizar los procesos de fabricación, diseñar una nueva pieza que se adapte a una pieza anterior o para otros fines. Como, por ejemplo: (CREAFORM, 2019)

- Modelado en 3D paramétrico en formatos genéricos y originales.
- Modelado híbrido (datos digitalizados en 2D y 3D).
- Reconstrucción a partir de datos digitalizados en 3D, sondeos, dibujos en 2D, bocetos, etc.
- Modificación del diseño de objetos existentes.
- Preparación de datos para la simulación digital.
- Modelado en 3D de objetos de todos los tamaños. (CREAFORM, 2019)

2.6 Herramientas de diseño

Para realizar la repotenciación de la sembradora utilizaremos la herramienta tradicional de CAD e Ingeniería Asistida por Computadora, debido a que nos facilitara a modelar y a obtener los esfuerzos y deformaciones de la maquinaria.

2.6.1 Definición de CAD

El diseño asistido por ordenador (CAD) consiste en el uso de programas de ordenador para crear, modificar, analizar y documentar representaciones gráficas bidimensionales o tridimensionales (2D o 3D) de objetos físicos como una alternativa a los borradores manuales y a los prototipos de producto. El CAD se utiliza mucho en los efectos especiales en los medios y en la animación por ordenador, así como en el diseño industrial y de productos. (SIEMENS, 2019)

En un sentido amplio, podemos entender el Diseño Asistido por Computador (CAD) como la "aplicación de la informática al proceso de diseño". Puntualizando la definición,

entenderemos por Sistema CAD, una herramienta software que aborda la automatización global del proceso de diseño de un determinado tipo de ente, para descartar, como sistemas CAD las aplicaciones que incidan tan solo en algún aspecto concreto del proceso de diseño.

El desarrollo de un sistema CAD se basa en la representación computacional del modelo. Esto permite realizar automáticamente el dibujo de detalle y la documentación del diseño, y posibilita la utilización de métodos, como una alternativa a la construcción de prototipos.

El ciclo de diseño utilizando un sistema CAD se ve afectado, tan solo, por la inclusión de una etapa de simulación entre la creación del modelo y la generación de bocetos. Esta simple modificación supone un ahorro importante en la duración del proceso de diseño, ya que permite adelantar el momento en que se detectan algunos errores. (SALAMANCA, Carlos, 2015)

El CAD se utiliza a lo largo de todo el proceso de ingeniería, desde el diseño de productos conceptual y la estructura pasando por el análisis de ensamblajes hasta la definición del método de fabricación. El CAD permite a los ingenieros probar de forma interactiva las variantes de diseño con el número mínimo de prototipos físicos, con el objetivo de:

- Reducir los costes de desarrollo de productos
- Ganar velocidad
- Mejorar la productividad
- Asegurar la calidad
- Reducir el tiempo de lanzamiento al mercado (SIEMENS, 2019)

2.6.1.1 *SolidWorks*

Es un software de diseño CAD 3D que realiza el modelado de piezas, planos, ensamblajes en 3D, con el fin de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño.

2.6.2 Definición de CAE

CAE (Ingeniería Asistida por Computadora) es utilizada con el objetivo de analizar el modelo trabajado en CAD, con la finalidad de analizar, calcular y ver el comportamiento de la pieza o la estructura en la realidad.

2.6.2.1 Ansys

ANSYS es un ecosistema de programas CAE para diseño, análisis y simulación de partes por elementos finitos FEA, incluye las fases de preparación de meshing o malleo, ejecución y post proceso, el programa ejecuta análisis de piezas sometidas a fenómenos físicos usadas en ingeniería y diseño mecánico, puede resolver problemas físicos sometidos a esfuerzos térmicos, fluidos, vibración y aplicaciones específicas. (3D CAD PORTAL, 2019)

2.6.2.2 Ansys Workbench

Plataforma de software donde se crean proyectos de análisis CAE en diferentes disciplinas, Workbench despliega gráficamente el intento de la simulación en ingeniería y se establecen las relaciones entre fenómenos físicos y sus módulos incluyendo multifísico. La plataforma ANSYS Workbench incluye software y componentes para diferentes fenómenos. (3D CAD PORTAL, 2019)

2.6.3 Procedimientos CAD/CAE

Se muestra el procedimiento que debe seguir un usuario, para la realización de un análisis de elementos finitos. Que a continuación se describen:

2.6.3.1 Crear un modelo CAD 3D

Se utiliza cualquiera de las herramientas de modelado CAD 3D como: ProE, Catia, y Solid Edge, etc., para crear la geometría 3D de la pieza y/o ensamblaje de los cuales se desea realizar el análisis por elementos finitos. (CIFUENTES, Michael; & VARÓN, Johan., 2016)

2.6.3.2 *Limpiar el modelo CAD 3D*

Algunas características de la geometría CAD 3D pueden no ser tan importantes para el análisis por elementos finitos, y aumentan la complejidad de mallado drásticamente; así pues, se quitan esas características del modelo CAD. (CIFUENTES, Michael; & VARÓN, Johan., 2016)

2.6.3.3 *Guardar la geometría CAD 3D en un formato neutro*

Se guarda la geometría CAD 3D en un formato neutral como IGES, STEP, etc. Aunque, algunos de los paquetes de análisis por elementos finitos permiten importar la geometría directamente desde algunos paquetes CAD. (CIFUENTES, Michael; & VARÓN, Johan., 2016)

2.6.3.4 *Importar*

Importar la geometría CAD 3D al paquete de análisis por elementos finitos.

2.6.3.5 *Definición de las características del material*

Se necesita configurar en el paquete de análisis por elementos finitos qué el material es utilizado en las piezas. Para este proceso debe establecerse características como: el módulo de elasticidad, el coeficiente de Poisson y todas las demás propiedades necesarias y requeridas para el análisis por elementos finitos. (CIFUENTES, Michael; & VARÓN, Johan., 2016)

2.6.3.6 *Mallado*

Es una operación fundamental para el análisis por elementos finitos. En esta operación, la geometría de CAD se divide en muchos trozos pequeños. Las piezas pequeñas se denominan elementos. La precisión del análisis y su duración, dependen del tamaño de malla. (CIFUENTES, Michael; & VARÓN, Johan., 2016)

2.6.3.7 *Solución*

En este paso se menciona al paquete de elementos finitos que resuelva el problema, con las propiedades de los materiales, condiciones de contorno y tamaño de malla, definidos anteriormente. (CIFUENTES, Michael; & VARÓN, Johan., 2016)

2.6.3.8 *Post-procesamiento*

Se identifican los resultados de la solución en este paso. Los resultados pueden verse en varios formatos, tales como: gráficas, valores, animaciones, etc. (CIFUENTES, Michael; & VARÓN, Johan., 2016)

3. METODOLOGÍA

3.1 Situación actual de la sembradora de maíz

La sembradora de maíz de cuatro hileras marca Nodet Gougis se encontró desarmada en su totalidad, la misma que presentaba daño estructural, algunos de los elementos que lo componen son inservibles y otros ya no constaban en la máquina.



Figura 1-3. Esquema de la sembradora

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Se procedió a dar el respectivo mantenimiento de la sembradora: lijado, pintado, reemplazo, fabricación y se modificó las piezas según el estado y requerimiento de cada una de ellas.

A continuación, vamos a realizar el análisis situacional el mismo que se lo divide de la siguiente manera:

3.1.1 *Conjunto dosificador de semilla*

3.1.1.1 *Tolvas*

Las tolvas presentaban un estado regular con zonas oxidadas.



Figura 2-3. Tolva de semillas

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.1.2 *Dosificador de semilla*

Después de la limpieza, se pudo observar que los dosificadores tenían un buen aspecto y uno de ellos con un impacto grave, y la mayoría de pernos de sujeción completamente aislados y otros fracturados.



Figura 3-3. Dosificadores de semilla

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.1.3 *Disco de siembra*

Los discos de siembra se encontraban en buenas condiciones, únicamente se realizó una limpieza.



Figura 4-3. Discos de semilla

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.1.4 *Conjunto de engranajes*

- **Engranajes de la caja dosificadora de semilla**

Este conjunto presentaba piñones partidos, otros con alto grado de desgaste y algunos de otros materiales diferentes a los originales, los cuales no resistieron al movimiento.



Figura 5-3. Piñones de los dosificadores de semilla

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Engranajes acoplados al eje distribuidor secundario

Este grupo presentaba los piñones con un grado de desgaste y rotura en varios de los mismos.

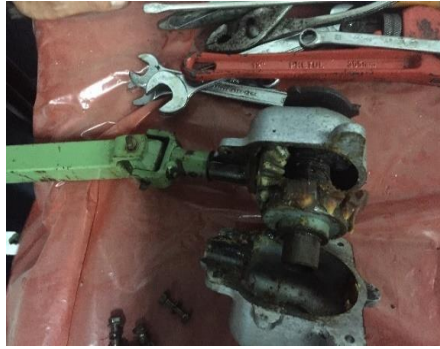


Figura 6-3. Piñones de eje secundario

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.1.5 *Sello de Nylon*

Todos los sellos se presentaban en buen estado, solo se realizó una limpieza en su totalidad.



Figura 7-3. Tapa y sello de nylon

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.2 *Conjunto dosificador de fertilizante*

3.1.2.1 *Tolvas de abono o fertilizante*

Las tolvas fabricadas con fibra de vidrio se encontraban en un estado regular.



Figura 8-3. Tolva de fertilizante

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.2.2 Dosificadores de fertilizante

De este conjunto la mayoría de sus partes estaban inservibles, así como los dosificadores presentaban daños por corrosión en su totalidad, además fracturados y los tornillos sinfín de cada tolva destruidos por corrosión.



Figura 9-3. Tornillo sinfín

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.2.3 Reja de arado para el fertilizante

Rejas en mal estado, es decir fracturadas y corroídas.



Figura 10-3. Abresurcos para fertilizante

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.3 *Sistema de transmisión*

3.1.3.1 *Transmisión Principal de mando*

El sistema de transmisión se encontraba en mal estado, es decir, las dos cadenas, catalinas, pernos y la base de las llantas totalmente obsoletas por el alto nivel de corrosión.



Figura 11-3. Base de la transmisión de mando

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.3.2 *Transmisión de semilla*

El sistema de transmisión de semilla se hallaba en mal estado, es decir, la cadena, piñones, así como los ejes presentaban corrosión y fracturas.



Figura 12-3. Base de la transmisión de semilla

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.3.3 *Transmisión de fertilizante*

El sistema de transmisión de fertilizantes se hallaba en mal estado. Es decir, los engranajes de este conjunto presentaban desgaste y el eje que conecta al acople del tornillo sinfín con corrosión y fractura.



Figura 13-3. Ruedas dentadas de transmisión de fertilizante

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.4 *Sistema neumático (depresor de aire)*

3.1.4.1 *Turbina*

La turbina parte del sistema neumático en buen estado, previa a realizar una limpieza antes de pintarlas.



Figura 14-3. Turbina

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.4.2 *Coraza de la turbina*

La coraza se encontró en un estado regular. Es decir, ciertas zonas tenían presencia de oxido y corrosión, pernos y tornillos aislados. Además, los rodamientos y el eje deteriorados.



Figura 15-3. Carcaza de la turbina

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.4.3 *Tubos*

Los tubos del sistema neumático y de fertilización se encontró completamente obsoletas. En general los tubos de la sembradora están en mal estado.



Figura 16-3. Tubos del sistema neumático

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.5 *Conjunto de tren de siembra*

3.1.5.1 *Reja abresurcos*

Las rejas en general se hallaban en un estado regular, con desgaste, corrosión y fractura y a su vez los pernos dañados.



Figura 17-3. Abresurcos para semilla

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.5.2 *Discos de tapa semilla*

Este conjunto presentaba partes incompletas, los discos en buen estado y los bocines en mal estado.



Figura 18-3. Discos tapa semillas

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.6 *Estructura*

3.1.6.1 *Base*

La base principal de la sembradora totalmente destruida, corroída. Mal estado.



Figura 19-3. Base principal de la sembradora

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.6.2 *Estructura de enganche para el tractor agrícola*

Los pernos de sujeción totalmente corroídos, aislados y deterioro de pintura.



Figura 20-3. Enganche tres puntos de la sembradora

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.6.3 *Soporte horizontal y vertical de la sembradora*

Pintura en mal estado, presentaba un bajo grado de corrosión en ciertas zonas y con pernos totalmente dañados.



Figura 21-3. Soporte horizontal y vertical de la sembradora

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.6.4 *Estructura de los carros de siembra*

Las bases de los dosificadores no presentaban fracturas, sin embargo, tiene corrosión en las placas bases de sujeción, también los pernos completamente corroídos y bocines atascados. En cuanto a la pintura está deteriorada.



Figura 22-3. Bases de los conjuntos de siembra

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.1.6.5 Pernos

Todos los pernos de la sembradora presentaban corrosión en alto grado, fracturas, y otros aislados.



Figura 23-3. Pernos

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.2 Proceso de pintado de la sembradora

Tabla 1-3: Descripción proceso de pintado de la sembradora

	Actividad	Descripción	Especificación Técnica	Control	Responsable
1	<p>Revisar las normas técnicas para la preparación de superficies.</p> <p>El personal técnico efectuará el preparativo superficial iniciando con la limpieza total de la maquinaria.</p>	<p>Mediante el uso de disolventes que es un método para eliminar todo lo visible: aceite, grasa, y otros contaminantes que se presentan en las superficies de acero.</p> <p>Posteriormente, se aplica el método de preparación de superficies metálicas con chorro de grado casi blanco, removiendo en su totalidad la cascarilla de laminado y luego pintarla.</p>	<p>Aplicando la norma: Grado SSPC-SP1.</p> <p>Se realiza:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Limpieza mediante: Solventes. Limpieza con vapor. <p>Aplicando la norma: Grado SSPC-SP10.</p> <p>Se realiza:</p> <p>Limpieza mediante: El uso de un abrasivo impulsado a través de tobera o por ruedas centrífugas.</p>	<p>Verificación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Presencia de aceite. • Identificación de productos de corrosión y herrumbre. <p>Comparación de grado de limpieza alcanzado</p>	Egresados y Técnicos
2	<p>Aplicación de la primera capa.</p> <p>Recubrimiento externo.</p>	<p>La capa de recubrimiento inorgánico, abundante en zinc que es parte fundamental para adherencia a la base, las mismas que</p>	Catálogo de pintura	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación Ambiental. 	Egresados y Técnicos

		contiene elementos retardantes del metal que dependen de los pigmentos que contiene.	<ul style="list-style-type: none"> • La temperatura oscila entre 4 y 35°C. • Humedad de trabajo oscila entre 40 y 90%. • Manguera: D.I. 3/8” • Diámetro de boquilla: entre 0,019 hasta 0,023”. • Presión de salida de 1500 a 2000 psi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Control de aplicación: medición de espesores en húmedo. • Nivelación y medición de espesores en seco. • Evaluación de adherencia. 	
3	Aplicación de la segunda capa. Recubrimiento externo.	Capa de recubrimiento epóxico: se emplean pinturas de altos sólidos, el objetivo es alcanzar los espesores especificados con un número óptimo de manos.	<p>Catálogo de pintura</p> <ul style="list-style-type: none"> • La temperatura oscila entre 10 y 32°C. • Manguera: D.I. 3/8” • Diámetro boquilla: entre 0,017 hasta 0,021”. • Presión de salida de 2100 a 2300 psi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación Ambiental. • Control de aplicación: medición de espesores en húmedo. • Nivelación y medición de espesores en seco. • Evaluación de adherencia 	Egresados y Técnicos

4	<p>Aplicación de la tercera capa. Recubrimiento externo.</p>	<p>Capa de recubrimiento poliuretano alifático: sellan totalmente el sistema, obteniendo el color final y las cualidades estéticas deseadas. Con un acabado de película delgada y alto brillo, excepcionales características de desempeño en la intemperie.</p>	<p>Catálogo de pintura</p> <ul style="list-style-type: none"> • La temperatura oscila entre 10 y 38°C. • Humedad de trabajo oscila entre 10 y 85%. • Manguera: D.I. 3/8" • Diámetro boquilla: entre 0,015 hasta 0,017". • Presión de salida de 2100 a 2400 psi. 	<ul style="list-style-type: none"> • Verificación Ambiental. • Control de aplicación: medición de espesores en seco. • Nivelación y medición de espesores en seco. • Evaluación de adherencia. 	<p>Egresados y Técnicos</p>
5	<p>Detección y discontinuidad en la aplicación de pintura.</p>	<p>Se verifica la apropiada adherencia del sistema total de recubrimiento aplicado y fallas detectadas por inadecuada pulverización, sin solapar eficazmente; la misma que se producen en lugares con acceso dificultoso para la aplicación del recubrimiento.</p>	<p>Norma NACE RP 0188</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esponja da baja tensión la misma que es alimentada por una batería independiente con tensión de 5 a 90 v de CD. • Aplicando en los recubrimientos menores a 500 um. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se aplica una prueba de continuidad en la película de pintura. 	<p>Egresados y Técnicos</p>

Fuente: (DELGADO JUCA, Rafael Fernando; & LEMA CONGACHA, Víctor Hugo, 2017)

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.3 Matriz de valoración para cada uno de los elementos de la sembradora

Tabla 2-3: Matriz de valoración de los elementos de la sembradora

Criterios	Parámetros de Valoración			Acciones de repotenciación
	Bueno	Regular	Malo	
Chasis			X	Reemplazar
Tolvas de semillas	X			Lijar y pintar
Tolvas de fertilizantes y sus componentes			X	Reemplazar el tornillo sinfín, y dosificadores. Lijar y pintar la tolva
Conjunto dosificador de semilla y sus elementos		X		Limpieza de todos sus elementos y cambio de pernos
Conjunto de sistema neumático	X			Se cambia la polea, la banda, los rodamientos, se realizó una limpieza y se pintó
Transmisión principal de mando y llantas			X	Reemplazar
Transmisión de semilla			X	Modificar
Transmisión de fertilizante			X	Modificar
Tren de siembra			X	Reemplazar
Pernos			X	Reemplazar

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.4 Análisis para realizar la repotenciación

La mayor parte de elementos originales de la sembradora se encontraban en mal estado, algunos componentes del mismo ya no existían, durante el proceso de inspección del equipo se encontró

por partes, debido a la necesidad que tienen en la empresa por economizar el tiempo de mano de obra y por el costo tan elevado de adquirir un nuevo equipo, se plantea la alternativa de realizar la mejora de la máquina sembradora.

3.4.1 *Análisis de engranajes de polímero de los dosificadores de maíz*

El conjunto de los dosificadores tenía engranajes de polímeros, los cuales son usados en mecanismos de precisión donde se transmite potencia, también usados por su bajo costo, el bajo peso, y por la reducción de ruido.



Figura 24-3. Piñón de polímero

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Es uno de los polímeros más comunes en su uso. Se denomina técnicamente poliamidas por los grupos amida en su cadena principal. Sus nombres comerciales más comunes son: Grilón, Nylon, Ertalón, Sustamid, Duralón etc. (IVAN BOHMAN C.A., 2018)

La poliamida conocida ampliamente como Nylon-6 con buenas propiedades mecánicas, se utiliza para elaboración de piñones, poleas.

Tabla 3-3: Propiedades mecánicas de las poliamidas

Propiedades mecánicas de algunas Poliamidas						
Propiedad	Unidades	Nylon 6,6	Nylon 6	Nylon 6,9	Nylon 6,12	Nylon 12
Resistencia a la tracción	Kpsi	12	11,8	10,2	8,8	8,5
Alargamiento a la rotura	%	73	200	50	150	300
Módulo de flexión	Kpsi	400	395	335	290	165
Impacto Izod, muesca	Ft-lb/in	1	1,1	0,7	1	2-5,5
Dureza	Rockwell R	120	120	61	114	105

Fuente: (MARGOLIS, J., 1985)

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

3.4.2 Fallas en los engranajes de poliamidas

A continuación, se presenta los diferentes fallos que puede existir en los engranajes.

3.4.2.1 Desgaste adhesivo

Este desgaste se produce debido a las soldaduras intermitentes de pequeñas áreas de un diente en el otro diente conjugado, pudiendo en ocasiones desprenderse algunas partículas. Si esta falla ocurre a un nivel microscópico el resultado es un desgaste pequeño y uniforme. En los plásticos, al igual que en los engranajes metálicos materiales disímiles se comportan mejor al desgaste que materiales similares. Inclusive en muchas ocasiones es conveniente poner a engranar una rueda plástica con una metálica. Como se sabe, la lubricación juega en el desgaste un papel importante, pues mantiene las superficies separadas e inhibe el contacto entre ellas. (MOYA, J; & VELÁSQUEZ, J., 2007)

3.4.2.2 Desgaste abrasivo

Este desgaste tiene lugar cuando partículas de un engranaje o suciedades entran dentro de las superficies de contacto. Este también puede ocurrir si uno de las ruedas dentadas (usualmente metálica) tiene una superficie más rugosa que el otro. Las partículas de la superficie más dura penetran en la superficie de la más blanda y arrancan pedazos de material de la superficie. (MOYA, J; & VELÁSQUEZ, J., 2007)

3.4.2.3 Picadura

La picadura es una falla superficial que ocurre cuando se excede el límite de fatiga del material. Si las cargas son lo suficientemente altas y los ciclos de tensiones se repiten frecuentemente se fatigan porciones de la superficie que posteriormente se desprenden. La zona del polo recibe la mayor tensión y es la más propensa a la picadura. Esta falla a pesar de ser rara en los engranajes plásticos puede ocurrir en ocasiones, especialmente sí la transmisión está bien lubricada. (MOYA, J; & VELÁSQUEZ, J., 2007)

3.4.2.4 Flujo plástico

La fluencia plástica se produce debido a las altas tensiones de contacto y a la acción de rodadura y deslizamiento que se produce durante el engranaje. De hecho, es una deformación de la

superficie debido a la fluencia del material de la superficie y de la subsuperficie. Debido a que los plásticos son buenos aislantes y tienen relativamente baja temperatura de fusión tienden a fundirse y fluir en situaciones donde los engranajes metálicos se comportan bien. El flujo plástico indica que las condiciones de operación son demasiado severas y la falla es inminente. La auto-lubricación y la lubricación externa pueden ayudar a prevenir el flujo plástico, disminuyendo la cantidad de calor generado por la fricción. (MOYA, J; & VELÁSQUEZ, J., 2007)

3.4.2.5 *Fractura*

La fractura es la falla más común de los engranajes plásticos y se produce por sobrecargas en los ciclos de tensiones aplicados al diente, las cuales sobrepasan el límite de fatiga del material. Estos tipos de fractura generalmente ocurren en el radio de redondeo de la raíz del diente y se propaga a lo largo de la base del mismo. Las fracturas en sistemas no lubricados se deben generalmente a sobrecargas. Fracturas en otras zonas superiores del diente están generalmente relacionadas con el desgaste. (MOYA, J; & VELÁSQUEZ, J., 2007)

4. GESTIÓN DEL PROYECTO

En el presente capítulo se procedió a realizar la digitalización de componentes y el cálculo para la elaboración de engranajes, del tornillo sinfín y selección de varios elementos, como cadenas, catalinas, ejes, etc., que conforman la sembradora. Posteriormente, se efectuó la realización del análisis de esfuerzos que puede soportar el chasis de la sembradora, identificando así las fuerzas principales sobre este. Por último, se elaboró el manual de Operación y Mantenimiento.

4.1 Escaneo del depósito de semilla y tapa de succión

El escaneo de elementos irregulares ya sean estos mecánicos o miembros del cuerpo humano se ha convertido en una ventaja, por medio de la cual, se logra despejar incertidumbres ya sean medidas o formas imposibles de realizarlas. Claro está, que la resolución del elemento escaneado depende del tipo de escáner 3D y la configuración del elemento a escanear, ya que puede presentar superficies irregulares, las cuales, no pueden ser plasmadas debido a encontrarse dentro de otra, por lo que se trata de tomar otro punto de vista del elemento.

Para ejecutar el escaneo de los elementos más complejos de la máquina sembradora de maíz se ha utilizado el escáner Go!SCAN 20, marca Creaform, el mismo que permite escanear de manera completa el elemento, que representa máxima resolución, además, este se utiliza para escanear pequeños elementos que poseen características propias, siendo este un equipo ideal para solucionar problemas de dibujo de piezas pequeñas.



Figura 1-4. Equipo de Escáner – Portafolio

Fuente: (CREAFORM., 2019)

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020



Figura 2-4. Equipo de Escáner – 3D Portátiles

Fuente: (CREAFORM., 2019)

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

A continuación, se presenta los elementos escaneados de la máquina sembradora de maíz, que son: el depósito de semilla y la tapa de succión, los cuales para llegar al objetivo se utilizan parámetros y tamaño de caras del elemento.

4.1.1 *Depósito de semilla*



Figura 3-4. Vista frontal

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020



Figura 4-4. Vista Posterior

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020



Figura 5-4. Inicio escaneo

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Proceso
de
Escaneado



Figura 6-4. Depósito de Semilla

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Una vez escaneado el elemento se exportar al Software Geomagic Desing X. Al aplicar las actividades de las herramientitas de Global Remesh & Healing Wizard obteniendo el resultado los elementos suavizados y de esta manera trasladamos al software SolidWorks para así alcanzar los elementos requeridos.

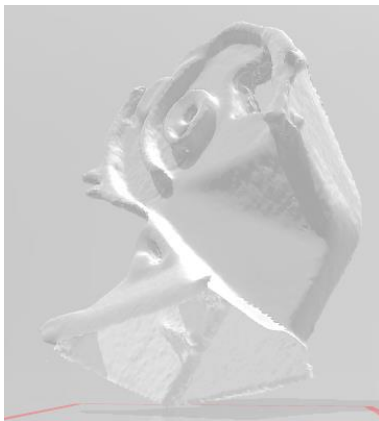


Figura 7-4. Escaneado Vista

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Diseño
Elemento
SolidWorks

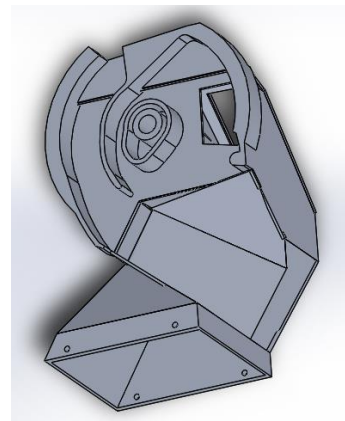


Figura 8-4. Elemento Posterior

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

4.1.2 Tapa de succión



Figura 9-4. Vista Frontal

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020



Figura 10-4. Vista Posterior

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Para determinar los elementos requeridos de la tapa de succión se procede a seguir los pasos anteriormente descritos.



Figura 11-4. Proceso de escaneo

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Proceso
de
Escaneado

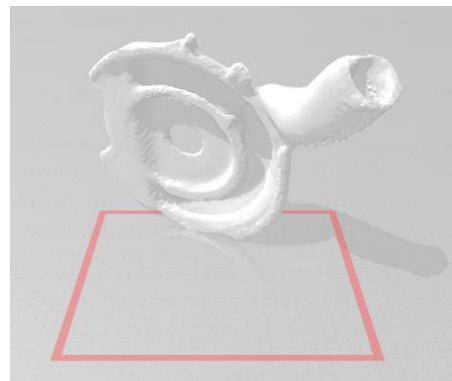


Figura 12-4. Depósito de Semilla

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

4.2 Digitalización de la máquina en SolidWorks

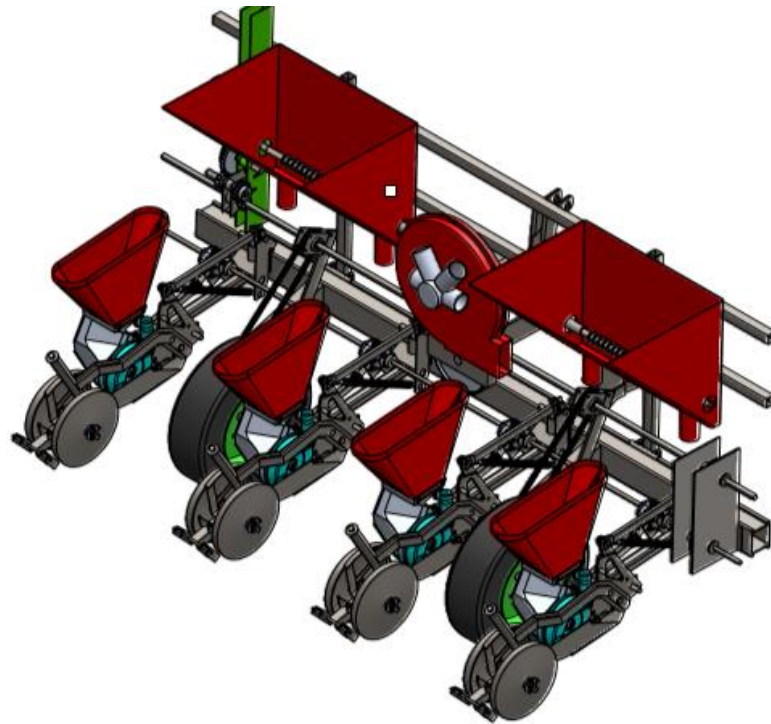


Figura 13-4. Sembradora de cuatro hileras con dosificador de fertilizante

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

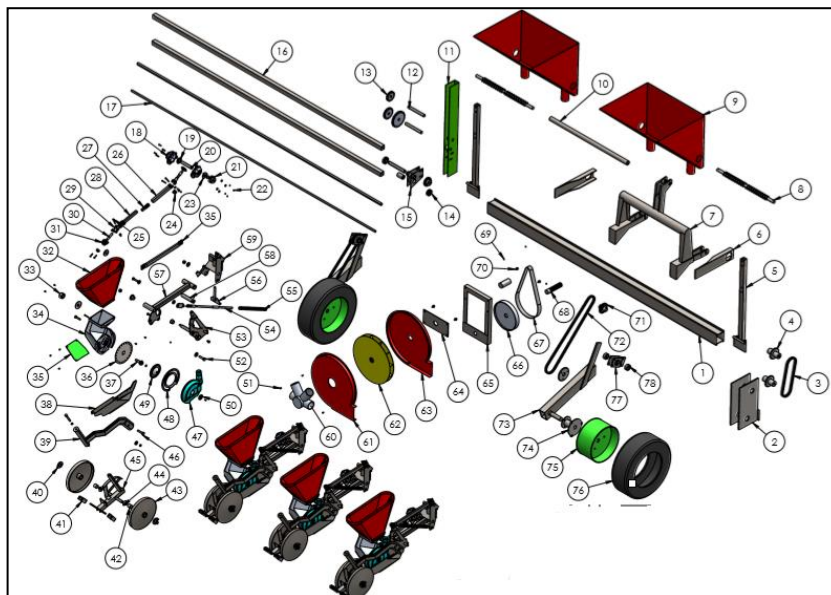


Figura 14-4. Despiece de la sembradora

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020



Figura 15-4. Repotenciación de la sembradora

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

4.3 Cálculos del conjunto de engranajes

4.3.1 Nomenclatura y fórmulas utilizadas para los engranajes cónicos

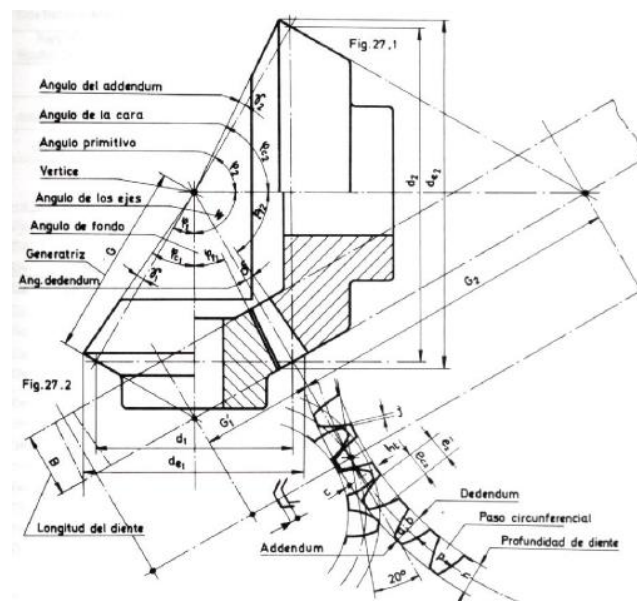


Figura 16-4. Engranaje cónico con ángulo de intersección de 90 grados

Fuente: (LARBURU, Nicolás, 2008)

4.3.1.1 Nomenclatura

h_t = Profundidad de trabajo

m = Módulo

a_1 = Adendum

φ_1 = Ángulo primitivo

Z = Número de dientes

d_e = Diámetro exterior

h_t = Profundidad de trabajo

d_1 = Diámetro primitivo

4.3.2 Engranaje cónico del sistema de distribución de semilla

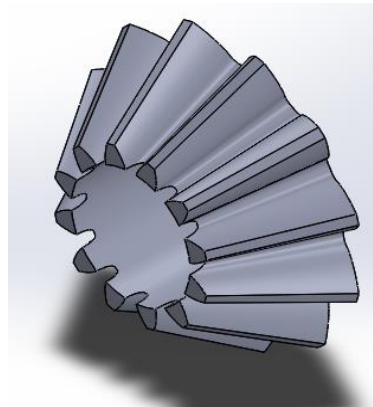


Figura 17-4. Piñón cónico del sistema de distribución de semilla

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Datos:

$$Z_1 = 12$$

$$Z_2 = 24$$

$$d_e = 60 \text{ mm} \quad (Z_2)$$

$$d_e = 32 \text{ mm} \quad (Z_1)$$

$$m = ?$$

$$a_1 = h_t - a_2 \quad (1)$$

$$h_t = 2 * m \quad (2)$$

$$a_2 = m * A \quad (3) \quad (\text{Ver Anexo A})$$

$$d_e = d_1 + 2a_1 \cos \varphi_1 \quad (4)$$

$$d_1 = m * z_1 \quad (5)$$

(1) Y (2)

$$a_1 = 2 * m - a_2$$

$$a_1 = m (2 - A) \quad (6)$$

$$\varphi_1 = \text{arc.tg} \frac{12}{24}$$

$$\varphi_1 = 26.56$$

$$A = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$A = \frac{24}{12}$$

$$A = 2$$

(4) = (5) y (6)

$$d_e = m * z_1 + 2 * [m (2 - A)] * \cos \varphi_1$$

$$d_e = m[z_1 + 4 * \cos \varphi_1 - 2 * A * \cos \varphi_1]$$

$$m = \frac{d_e}{[z_1 + 4 * \cos \varphi_1 - 2 * A * \cos \varphi_1]}$$

$$m = \frac{32}{[12 + 4 * \cos(26.56) - 2 * 0.65 * \cos(26.56)]}$$

$$m = 2.2199$$

- Utilización de software Gear Trax para modelado de engranajes en SolidWorks
 Para modelar los piñones cónicos en Gear Trax entramos con el número de dientes de los piñones y el módulo.

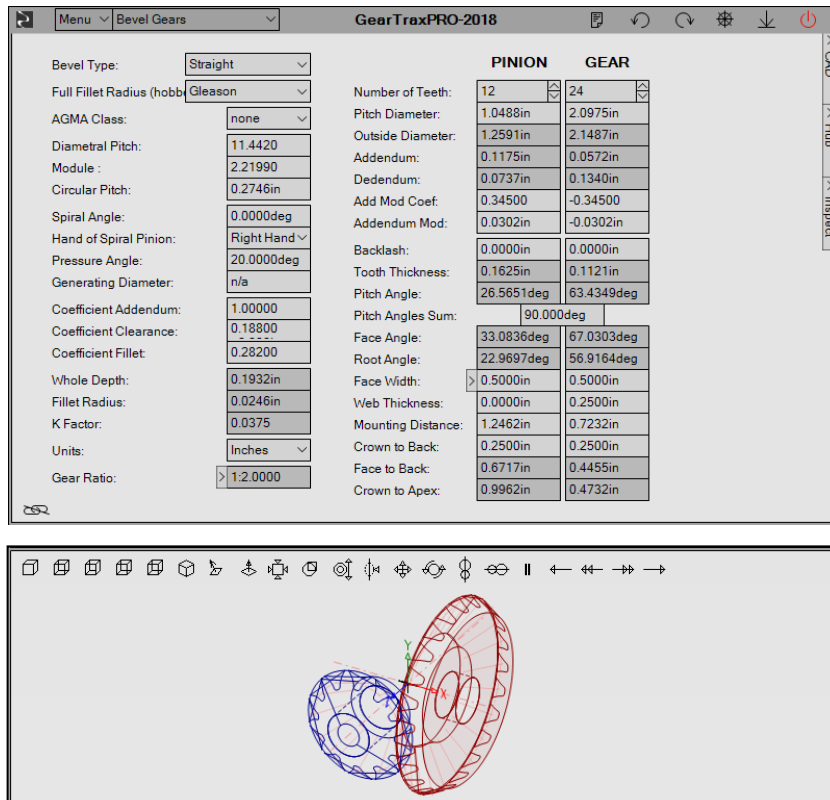


Figura 18-4. Piñón del distribuidor de semilla en Gear Trax

Fuente: Software Gear Trax para modelado de engranajes en SolidWorks

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

4.3.3 Engranaje cónico del sistema de transmisión de fuerza

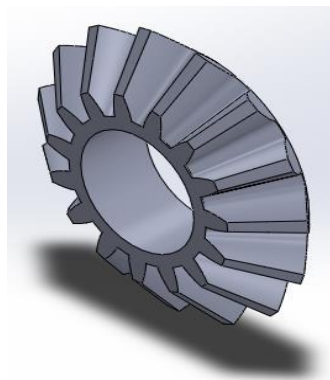


Figura 19-4. Engranaje cónico del eje secundario

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Datos

$$Z_1 = 15$$

$$Z_2 = 15$$

$$d_e = 60 \text{ mm} \quad (Z_2)$$

$$d_e = 60 \text{ mm} \quad (Z_1)$$

$$m = ?$$

$$a_1 = h_t - a_2 \quad (7)$$

$$h_t = 2 * m \quad (8)$$

$$a_2 = m * A \quad (9) \quad (\text{Ver Anexo B})$$

$$d_e = d_1 + 2a_1 \cos \varphi_1 \quad (10)$$

$$d_1 = m * z_1 \quad (11)$$

(7) y (8)

$$a_1 = 2 * m - a_2$$

$$a_1 = m (2 - A) \quad (12)$$

$$\varphi_1 = \text{arc.tg} \frac{15}{15}$$

$$\varphi_1 = 45$$

$$A = \frac{Z_2}{Z_1}$$

$$A = \frac{15}{15}$$

$$A = 1$$

(10) = (11) y (12)

$$d_e = m * z_1 + 2 * [m (2 - A)] * \cos \varphi_1$$

$$d_e = m[z_1 + 4 * \cos \varphi_1 - 2 * A * \cos \varphi_1]$$

$$m = \frac{d_e}{[z_1 + 4 * \cos \varphi_1 - 2 * A * \cos \varphi_1]}$$

$$m = \frac{60}{[15 + 4 * \cos(45) - 2 * 1 * \cos(45)]}$$

$$m = 3.6553$$

- Utilización de software Gear Trax para modelado de engranajes en SolidWorks
Para modelar los piñones cónicos en Gear Trax entramos con el número de dientes de los piñones y el módulo.

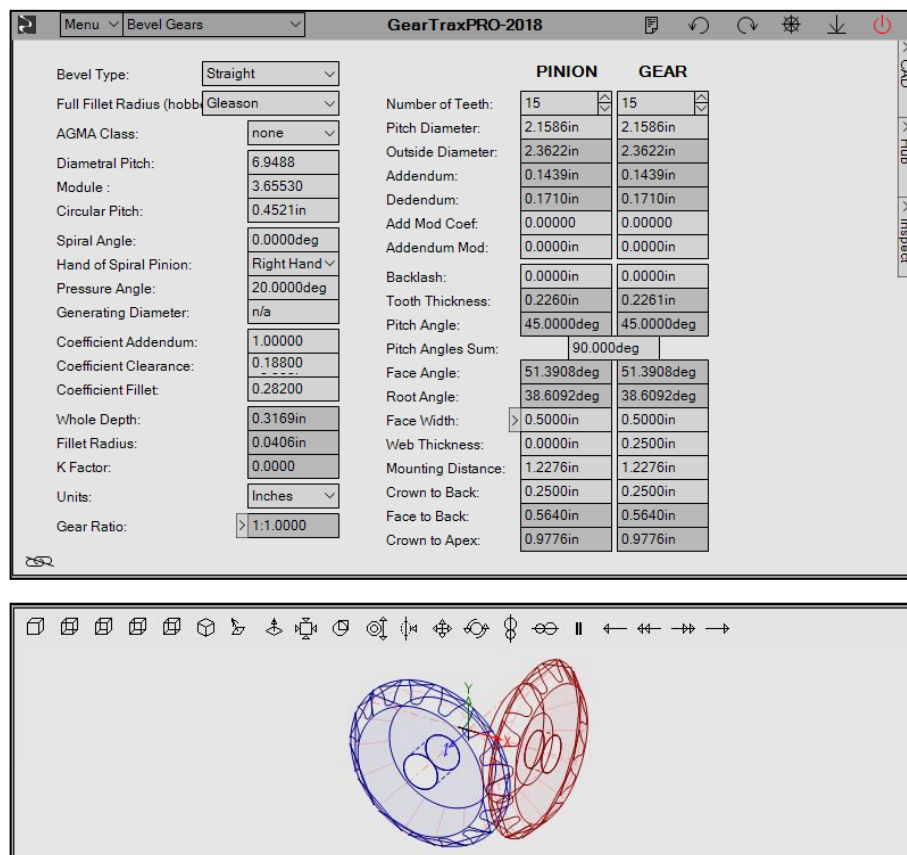


Figura 20-4. Piñón cónico del eje principal en Gear Trax

Fuente: Software Gear Trax para modelado de engranajes en SolidWorks

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

4.4 Energía consumida por la sembradora

La energía consumida por la sembradora a la hora de laborar está dada por la potencia en los neumáticos, surcadores, tapasurcos y del disco marcador.

4.4.1 Cálculo de la potencia en los neumáticos

Para obtener la potencia se considera la fuerza de tiro (F) y la velocidad de trabajo (v), la fuerza de tiro, está en función del peso total de la sembradora, más el peso del maíz y el fertilizante. Según (TRACK TRACTOR SENIOR SPECIALIST, 2005) expresa que la velocidad de trabajo recomendada es de 5 a 8 km/h. Para realizar los cálculos tomamos un valor de 6 km/h (1,6 m/s).

4.4.1.1 Peso del fertilizante

La densidad del fertilizante es de $1010 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ y el volumen de la tolva es de $0,1128 \text{ m}^3$.

- La masa del fertilizante está dada por la siguiente ecuación.

$$m_{\text{fertilizante}} = \rho_{\text{fertilizante}} \times V_{\text{tolva}} \quad (13)$$

$$m_{\text{fertilizante}} = 113 \text{ kg}$$

- El peso del fertilizante está dado por la siguiente ecuación:

$$P_{\text{fertilizante}} = m_{\text{fertilizante}} \times g \quad (14)$$

$$P_{\text{fertilizante}} = 113 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$P_{\text{fertilizante}} = 1107 \text{ N}$$

- Peso considerando las dos tolvas llenas de fertilizante es:

$$P_{\text{fertilizante}} = 2214 \text{ N}$$

4.4.1.2 *Peso del maíz*

El volumen de la tolva de maíz es de $0,02 \text{ m}^3$ y la densidad de 820 kg/m^3 .

- La masa del maíz está dada por la siguiente ecuación:

$$m_{\text{maíz}} = \rho_{\text{maíz}} \times V_{\text{tolva}} \quad (15)$$

$$m_{\text{maíz}} = \mathbf{16,4 \text{ kg}}$$

- El peso del maíz está dado por la siguiente ecuación:

$$P_{\text{maíz}} = m_{\text{maíz}} \times g \quad (16)$$

$$P_{\text{maíz}} = 16,4 \text{ kg} \times 9,8 \text{ m/s}^2$$

$$P_{\text{maíz}} = \mathbf{160 \text{ N}}$$

- Si se considera las cuatro tolvas llenas de maíz, se tiene: 640 N

4.4.1.3 *Peso de la sembradora*

La sembradora tiene una masa de: 1000 kg

$$P_{\text{sembradora}} = m_{\text{sembradora}} \times g \quad (17)$$

$$P_{\text{sembradora}} = \mathbf{9800 \text{ N}}$$

Como se mencionó anteriormente se necesita considerar el peso total de la sembradora que está dada por la siguiente ecuación:

$$W = P_{\text{sembradora}} + P_{\text{semilla}} + P_{\text{fertilizante}} \quad (18)$$

$$W = 9800 \text{ N} + 640 \text{ N} + 2214 \text{ N}$$

$$W = \mathbf{12654 \text{ N}}$$

- El Peso total dividimos para las dos ruedas:

$$W = 6327 \text{ N}$$

La potencia se obtiene por el movimiento de las llantas de apoyo, al ser arrastrada la sembradora por un tractor.

4.4.1.4 Nomenclatura para determinar la potencia en los neumáticos

W = Peso total que gravita sobre la rueda motriz [N]

N = Reacción normal del plano [N]

f_s = Resistencia a la rodadura [N]

F = Fuerza de empuje [N]

d = Distancia a la cual se aplica la reacción normal del plano [m]

r = Radio bajo carga [m]

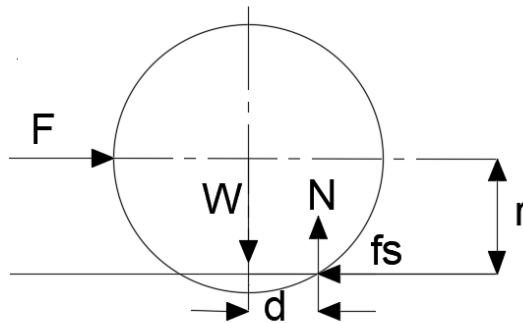


Figura 21-4. Diagrama de cuerpo libre

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

En el diagrama de cuerpo libre se aprecia las fuerzas que actúan sobre un disco que se deforma junto a su plano horizontal. En el diagrama se tiene dos resultantes, una vertical N y una horizontal f_s . Por la deformación del disco la componente vertical no siempre pasa por el centro de masa, es decir que la componente N está a una pequeña distancia d del centro de masa.

Las ecuaciones de movimiento de acuerdo al diagrama de cuerpo libre, para la llanta son:

$$F - f_s = 0 \quad (19)$$

$$N - W = 0 \quad (20)$$

$$N \times d - f_s \times r = 0 \quad (21)$$

- Resolviendo las ecuaciones se tiene:

$$W \times d = F \times r$$

$$F = W \times \frac{d}{r} \quad (22)$$

El coeficiente de rodadura está representado por d , cabe recalcar que d no es un coeficiente adimensional, puesto que representa una distancia.

- El coeficiente de rodadura C_r se define por:

$$C_r = \frac{d}{r} \quad (23)$$

- El coeficiente de rodadura C_r se reemplaza en la ecuación (22)

$$F = W \times C_r \quad (24)$$

Es importante conocer que el coeficiente de rodadura C_r es inferior al coeficiente de rozamiento.

Tabla 1-4: Coeficiente de rodadura

Naturaleza y tipo de suelo	Coeficiente de rodadura C_r
Arena y suelo muy suelto	0,15 a 0,30
Tierra labrada	0,10 a 0,20
Rastrojo seco	0,08 a 0,10

Fuente: (RODRÍGUEZ, Hermenegildo, 2019)

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

- $C_r = 0,20$ para tierra labrada.
- La fuerza de empuje se obtiene de la ecuación (24)

$$F = 6327 \text{ N} \times 0,2$$

$$F = 1266 \text{ N}$$

- Cálculo de la potencia que está dada por la siguiente ecuación:

$$Pot_{rueda} = F \times v \quad (25)$$

Donde:

Pot_{rueda} = Potencia de la rueda [W]

v = velocidad [m/s]

- De la ecuación (25) se obtiene la potencia

$$Pot_{rueda} = 1266 \text{ N} \times 1,6 \text{ m/s}$$

$$**Pot_{rueda} = 2026 \text{ W} = 3 \text{ Hp}**$$

En base a los datos y cálculos obtenidos de la sembradora se tiene una potencia de 3 hp por rueda.

4.4.2 Cálculo de potencia de varios elementos de la sembradora

La energía consumida para la labranza, depende de la energía específica del terreno (μ) y de la sección de labor (R).

$$F = \mu \times R \quad (26)$$

Donde:

F= Fuerza de tiro [N]

μ = Energía específica del terreno [N/cm²]

R= Sección de la labor [cm²]

- La sección de labor está dada por la siguiente formula:

$$R = n \times a \times p \quad (27)$$

Donde:

n= Número de cuerpos del arado

a= Anchura de cada cuerpo [cm]

p= Profundidad de la labor [cm]

Según (CAÑAVATE, Jaime, 2012) la resistencia específica depende de la velocidad de labor y el tipo de suelo. Donde (μ) esta dada en N/cm^2 y la velocidad expresada en km/h .

Tabla 2-4: Resistencia específica para distintos tipos de suelos

Tipo de suelo	Resistencia Específica (μ) en N/cm^2
Arcillo limoso	$7 + 0,049 x v^2$
Franco arcilloso	$6 + 0,053 x v^2$
Franco arcillo limoso	$4,8 + 0,024 x v^2$
Franco	$3 + 0,020 x v^2$
Limoso arenoso	$3 + 0,032 x v^2$
Franco arenoso	$2,8 + 0,013 x v^2$
Arenoso	$2 + 0,013 x v^2$

Fuente: (CAÑAVATE, Jaime, 2012)

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

- La ecuación de la resistencia específica para el tipo de suelo franco es:

$$\mu = 3 + 0,020 x v^2 \quad (28)$$

$$\mu = 3 + 0,020 x \left(6 \frac{km}{h}\right)^2$$

$$\mu = 3,72 \frac{N}{cm^2}$$

4.4.2.1 Cálculo de la potencia en los surcadores de fertilizante

La sección de labor del surcador de tiene un ancho de 7 cm y una profundidad de 15 cm.

$$R = 1 x 7 cm x 15 cm$$

$$R = 105 cm^2$$

- Fuerza de tiro:

$$F = 3,72 \frac{N}{cm^2} x 105 cm^2$$

$$F = 391 N$$

Potencia:

$$Pot_{sur.fert.} = F \times v \quad (29)$$

$$Pot_{sur.fert} = 391 \text{ N} \times 1,6 \text{ m/s}$$

$$Pot_{sur.fert} = 626 \text{ W} = 0,9 \text{ hp}$$

La sembradora está compuesta de cuatro surcadores para fertilizante dando un total de 3,6 hp.

4.4.2.2 Cálculo de la potencia en los surcadores de semilla

La sección de labor del surcador que está dada por un ancho de surco de 7 cm y una profundidad de 5 cm.

$$R = 1 \times 7 \text{ cm} \times 7 \text{ cm}$$

$$R = 49 \text{ cm}^2$$

- Fuerza de tiro:

$$F = 3,72 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2} \times 49 \text{ cm}^2$$

$$F = 183 \text{ N}$$

- Potencia:

$$Pot_{surcador} = F \times v \quad (30)$$

$$Pot_{vsurcador} = 183 \text{ N} \times 1,6 \text{ m/s}$$

$$Pot_{surcador} = 293 \text{ W} = 0,4 \text{ hp}$$

La sembradora está compuesta de cuatro surcadores dando un total de 1,6 hp.

4.4.2.3 Cálculo de la potencia en los tapasurcos

La sección de labor del tapasurcos tiene un ancho de surco de 10 cm y una profundidad de 5 cm.

$$R = 1 \times 10 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$$

$$R = 50 \text{ cm}^2$$

- Fuerza de tiro:

$$F = 3,72 \frac{N}{\text{cm}^2} \times 50 \text{ cm}^2$$

$$F = 186 \text{ N}$$

- Potencia:

$$Pot_{\text{tapasurco}} = F \times v \quad (31)$$

$$Pot_{\text{tapasurco}} = 186 \text{ N} \times 1,6 \text{ m/s}$$

$$Pot_{\text{tapasurco}} = 300 \text{ W} = 0,4 \text{ hp}$$

La sembradora está compuesta de cuatro tapasurcos dando un total de 1,6 hp.

4.4.2.4 Cálculo de la potencia en el disco marcador

La sección de labor del disco marcador tiene un ancho de surco de 10 cm y una profundidad de 15 cm.

$$R = 1 \times 10 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$$

$$R = 150 \text{ cm}^2$$

- Fuerza de tiro:

$$F = 3,72 \frac{N}{\text{cm}^2} \times 150 \text{ cm}^2$$

$$F = 558 \text{ N}$$

- Potencia:

$$Pot_{tapasurco} = F \times v \quad (32)$$

$$Pot_{tapasurco} = 558 \text{ N} \times 1,6 \text{ m/s}$$

$$Pot_{tapasurco} = 893 \text{ W} = 1,2 \text{ hp}$$

4.4.2.5 Cálculo de la potencia para poner en marcha la sembradora

$$Pot_{total} = Pot_{neum.} + Pot_{sur.fer.} + Pot_{sur.sem.} + Pot_{tapasurco} + Pot_{marcador} \quad (33)$$

$$Pot_{total} = 6 \text{ hp} + 3,6 \text{ hp} + 1,6 \text{ hp} + 1,6 \text{ hp} + 1,2 \text{ hp}$$

$$Pot_{total} = 14 \text{ hp}$$

El tractor necesita 14 hp de potencia para tirar de la sembradora, considerando que el cálculo se lo realizo con una velocidad de trabajo de 6 km/h.

A continuación, se presenta un resumen en donde se determina la potencia en función de las velocidades de trabajo recomendadas.

Tabla 3-4: Resumen de la potencia calculada en función de la velocidad de trabajo

Velocidad de trabajo (km/h)	Velocidad de trabajo (m/s)	Potencia (W)	Potencia (hp)
5	1,3	7691	10,26
6	1,6	9821	14
7	1,9	12118	16,14
8	2,2	14674	19,98

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

La velocidad es un factor influyente para la potencia, en la tabla presentada anteriormente se puede observar la variación de la potencia para tirar de la sembradora. Esto significa que la energía que necesita el tractor para tirar de la maquinaria no es constante, siempre será variable en función de la velocidad y de las condiciones en que se encuentre la sembradora.

Tomando las condiciones de trabajo a la que va estar sometido y la potencia que necesita el sistema neumático, se consideró un factor de seguridad de 5, es decir que se necesita un tractor de 90 hp para tirar de la sembradora.

4.5 Velocidad angular de las ruedas dentadas de la transmisión de mando

Para determinar la velocidad angular se considera la velocidad de trabajo de 1,6 m/s y el diámetro del neumático de 620 mm.

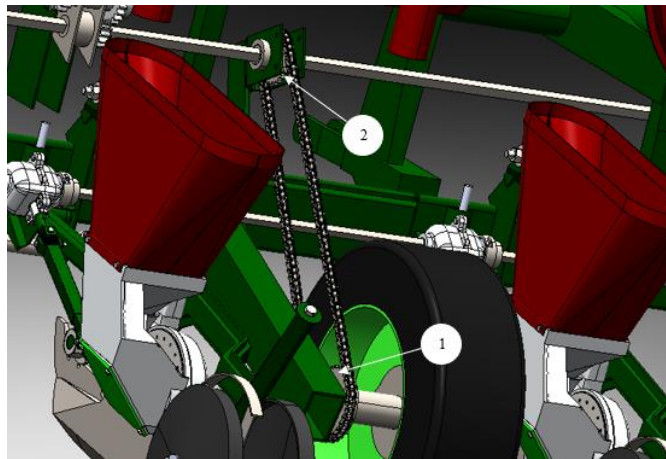


Figura 22-4. Rueda dentada de la transmisión de mando

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

- Relación de transmisión de la rueda dentada

$$i = \frac{z_1}{z_2} \quad (34)$$

Donde:

z_1 = Número de dientes del piñón motriz

z_2 = Número de dientes del piñón conducido

$$i = \frac{32}{24}$$

$$i = 1,33$$

- Ecuación de la velocidad angular

$$n_n = \frac{v \times 60}{\pi \times d} \quad (35)$$

Donde:

n_n = Velocidad angular del neumático [rpm]

v = Velocidad lineal [m/s]

d = Diámetro del neumático [m]

$$n_n = \frac{1,6 \frac{m}{s} \times 60}{\pi \times 0,62 m}$$

$$\mathbf{n_n = 49 rpm}$$

- Velocidad angular del piñón motriz

$$\mathbf{n_1 = 49 rpm}$$

- Velocidad angular del piñón del eje distribuidor

$$n_2 = n_1 \times i \quad (36)$$

$$n_2 = 49 rpm \times 1,33$$

$$\mathbf{n_2 = 65 rpm}$$

4.6 Potencia consumida por el tornillo sinfín

Para conocer la potencia que consume el tornillo sinfín, primero se determinó la velocidad angular de las ruedas dentadas de la transmisión fertilizante.

- El eje principal y la rueda dentada 3 tienen una velocidad angular de 65 rpm.

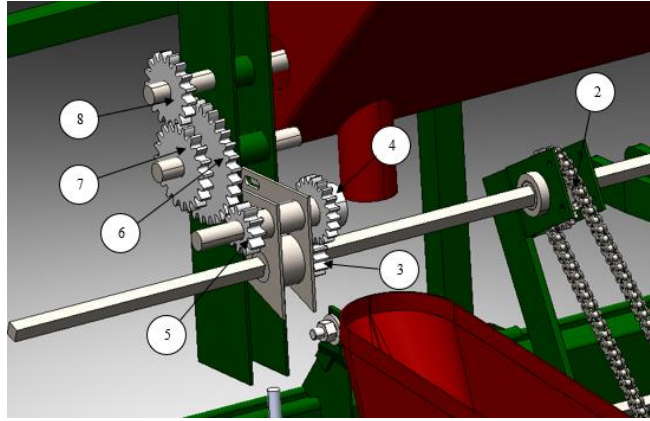


Figura 23-4. Rueda dentada de la transmisión de fertilizante

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Tabla 4-4: Velocidad angular de las ruedas dentadas del sistema de fertilizante

Rueda dentada	3	4	5	6	7	8
Número de dientes (z)	13	20	11	30	20	17
Ecuación de la relación de transmisión (i)	$i = \frac{z_3}{z_4}$		$i = \frac{z_5}{z_6}$		$i = \frac{z_7}{z_8}$	
Relación de transmisión	0,65		0,37		1,18	
Ecuación de la velocidad angular	$n_4 = n_3 * i$		$n_6 = n_5 * i$		$n_8 = n_7 * i$	
Velocidad angular	65 rpm	42 rpm	42 rpm	16 rpm	16 rpm	19 rpm

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

4.6.1 Cálculo de la potencia del tornillo sinfín según la norma ISO 7119

Para calcular la potencia del tornillo sinfín primero determinamos el área de relleno y el flujo del material transportado.

Datos del tornillo sinfín:

El diámetro del canalón es de 7 cm

Velocidad angular del tornillo sinfín es de 19 rpm

Fórmula de área de relleno (S) del tornillo sinfín

$$S = \lambda x \frac{\pi x D^2}{4} \quad (37)$$

Donde:

S= Área de relleno del tornillo sinfín [m²]

D= Diámetro del canalón del tornillo sinfín [m]

λ= Coeficiente de relleno de la sección

Tabla 5-4: Coeficiente de relleno según la carga

Tipo de carga	Coeficiente de relleno
Pesada y abrasiva	0,125
Pesada y poco abrasiva	0,25
Ligera y poco abrasiva	0,32
Ligera y no abrasiva	0,4

Fuente: (OSORIO ORELLANA, Diego Ezequiel, 2018)

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Determinamos el área (S), tomando en cuenta un coeficiente de relleno de 0,4 para carga ligera y no abrasiva.

$$S = 0,4 \times \frac{\pi \times (0,07 \text{ m})^2}{4}$$

$$S = 0,0015 \text{ m}^2$$

Para calcular la velocidad de desplazamiento que tiene el tornillo sinfín partimos de la siguiente ecuación:

$$v = \frac{p \times n}{60} \quad (38)$$

Donde:

v = Velocidad de desplazamiento del tornillo sinfín [m/s]

p = Paso del tornillo o paso de hélice [m]

n = velocidad de giro del tornillo [rpm]

$$v = \frac{0,0254 \text{ m} \times 19 \text{ rpm}}{60}$$

$$v = 0,008 \text{ m/s}$$

La capacidad de flujo del material que transporta un tornillo sinfín, está determinada por la siguiente ecuación:

$$Q = 3600 \times S \times v \times \rho \times i \quad (39)$$

Donde:

Q = Flujo de material transportado [t/h]

S = Área de relleno del transportador [m²]

v = Velocidad de desplazamiento del transportador [m/s]

ρ = Densidad del material transportado [t/m³]

i = Coeficiente de disminución de flujo de material debido a la inclinación del tornillo sinfín.

Tabla 6-4: Coeficiente de disminución de flujo del material en función del ángulo

Inclinación del transportador en grados	0°	5°	10°	15°	20°
I	1	0,9	0,8	0,7	0,65

Fuente: (OSORIO ORELLANA, Diego Ezequiel, 2018)

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

La inclinación del canalón es de 0° por lo que el coeficiente de disminución de flujo del material toma un valor de 1.

La densidad del fertilizante 1010 kgm³ o 1,01 t/m³

Con los datos ya conocidos se puede calcular el flujo por medio de la ecuación (39)

$$Q = 3600 \times 0,0015 \text{ m}^2 \times 0,008 \frac{\text{m}}{\text{s}} \times 1,01 \text{ t/m}^3 \times 1$$

$$Q = 0,044 \frac{\text{t}}{\text{h}} = 44 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

$$Q = 88 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

Los 88 kg/h de fertilizante es descargada por los dos dosificadores de cada tolva.

Para obtener la potencia (P) de accionamiento del tornillo sinfín se suma tres potencias, según indica la siguiente ecuación.

$$P = P_H + P_N + P_i \quad (40)$$

Donde:

P_H = Potencia necesaria para el desplazamiento horizontal del material [kw]

P_N = Potencia necesaria para el accionamiento del tornillo en vacío [kw]

P_i = Potencia necesaria para el caso de un tornillo sinfín inclinado [kw]

4.6.1.1 Cálculo de la potencia para el desplazamiento horizontal del material

$$P_H = C_0 \times \frac{Q \times L}{367} \quad (41)$$

Donde:

Q= Flujo del material transportado [t/h]

L= Longitud del tornillo sinfín [m]

C_0 = Coeficiente de resistencia del material transportado

Tabla 7-4: Coeficiente de resistencia del material transportado

Tipo de material	Valor de C_0
Harina, serrín, productos granulosos	1,2
Turba, sosa, polvo de carbón	1,6
Antracita, carbón, sal de roca	2,5
Yeso, arcilla seca, tierra fina, cemento, cal, arena	4

Fuente: (RODRÍGUEZ., Hermenegildo, 2019)

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Con la ecuación (41) determinamos la potencia para el desplazamiento vertical, tomando en cuenta que el tornillo sinfín tiene una longitud de 80 cm, y el coeficiente de resistencia de 1,2 para material granulado.

$$P_H = 1,2 \times \frac{0,088 \frac{t}{h} \times 0,8 m}{367}$$

$$P_H = 0,00023 kw$$

4.6.1.2 Cálculo de la potencia para el accionamiento del tornillo sinfín en vacío

$$P_N = \frac{D \times L}{20} \quad (42)$$

Donde:

D = Diámetro del canalón [m]

L = Longitud del tornillo sinfín [m]

Cálculo de P_N :

$$P_N = \frac{0,07 \text{ m} \times 0,8 \text{ m}}{20}$$

$$P_N = 0,0028 \text{ kw}$$

4.6.1.3 *Cálculo de la potencia para el caso de un tornillo sinfín inclinado*

$$P_i = \frac{Q \times H}{367} \quad (43)$$

Donde:

Q= Flujo del material transportado [t/h]

H= Altura de la instalación [m]

La tolva de fertilizante no tiene ninguna inclinación. Por lo tanto:

$$P_i = 0 \text{ kw}$$

4.6.1.4 *Potencia de accionamiento del tornillo sinfín*

Determinamos la potencia de accionamiento mediante la ecuación (40)

$$P = 0,00023 \text{ kw} + 0,0028 \text{ kw} + 0 \text{ kw}$$

$$P = 0,003 \text{ kw} = 0,004 \text{ hp}$$

La potencia que se necesita para trabajar con las dos tolvas es:

$$P = 0,008 \text{ hp}$$

4.6.1.5 Fuerza axial en el tornillo sinfín

Mediante la siguiente ecuación se puede determinar la fuerza axial.

$$F_a = 120 \times \frac{Pot_t}{\pi \times D \times n} \quad (44)$$

Donde:

Pot_t = Potencia [kw]

F_a = Fuerza axial [kN]

n = Velocidad angular [rpm]

D = Diámetro de la hélice [m]

$$F_a = 120 \times \frac{0,003 \text{ kw}}{\pi \times 0,07 \text{ m} \times 19 \text{ rpm}}$$

$$F_a = 0,086 \text{ kN} = 86 \text{ N}$$

4.6.1.6 Diseño de la hélice

Para realizar el diseño de la hélice a flexión y a corte determinamos la fuerza cortante, el momento flector. Que está en función de la siguiente ecuación de carga distribuida.

Diseño a Flexión

- Carga distribuida (q)

$$q = \frac{F_a}{D - d} \quad (45)$$

Donde:

q = Carga distribuida [N/m]

D = Diámetro de la hélice [m]

d = Diámetro del eje del tornillo sinfín [m]

$$q = \frac{86 \text{ N}}{0,07 \text{ m} - 0,0254 \text{ m}}$$
$$q = 1928 \text{ N/m}$$

- Fuerza cortante (V)

$$V = q \times (D - d) \quad (46)$$

Donde:

V = Fuerza cortante [N]

q = Carga distribuida [N/m]

D = Diámetro de la hélice [m]

d = Diámetro del eje del tornillo sinfín [m]

$$V = \frac{1928 \text{ N}}{m} \times (0,07 \text{ m} - 0,0254 \text{ m})$$

$$V = 86 \text{ N}$$

- Momento flector (Mf)

$$M_f = \frac{q}{2} \times \left(\frac{D - d}{2}\right)^2 \quad (47)$$

Donde:

M_f = Momento flector [N m]

q = Carga distribuida [N/m]

D = Diámetro de la hélice [m]

d = Diámetro del eje del tornillo sinfín [m]

$$M_f = \frac{1928 \text{ N}}{2} \times \left(\frac{0,07 \text{ m} - 0,0254 \text{ m}}{2}\right)^2$$

$$M_f = 0,48 \text{ N m}$$

- Espesor de la hélice (e)

El espesor de la hélice está dado por la siguiente ecuación:

$$e = \left(\frac{12 \times M_f \times n}{\pi \times D \times S_y}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (48)$$

Donde:

e = Espesor de la hélice [mm]

M_f = Momento flector [N m]

D = Diámetro de la hélice [m]

S_y = Resistencia a la fluencia [Pa]

$S_y = 177$ Mpa para acero inoxidable AISI 304

n = Factor de seguridad

$$e = \left(\frac{12 \times 0,48 \text{ N m} \times 3}{\pi \times 0,07 \text{ m} \times 177 \times 10^6 \text{ Pa}} \right)^{1/2}$$

$$e = 0,66 \text{ mm}$$

Diseño a Corte

- Espesor

El espesor está en función del esfuerzo cortante y de la resistencia a la fluencia.

$$e = \frac{3 \times V \times n}{0,577 \times \pi \times d \times S_y}$$

Donde:

e = Espesor de la hélice [mm]

V = Fuerza cortante [N]

d = Diámetro del eje del tornillo sinfín [m]

S_y = Resistencia a la fluencia [Pa]

$S_y = 177$ Mpa para acero inoxidable AISI 304

n = Factor de seguridad

$$e = \frac{3 \times 86 \text{ N} \times 3}{0,577 \times \pi \times 0,0254 \text{ m} \times 177 \times 10^6 \text{ Pa}}$$

$$e = 0,094 \text{ mm}$$

El espesor calculado basado en diseño a flexión y a corte es menor a 1 milímetro, utilizando un factor de seguridad de 3. La hélice va soldado al tubo, por lo que se tomó la decisión de escoger una chapa metálica de 2 mm de espesor para poder soldar de una manera adecuada. Con la selección de la placa se aumentó el factor de seguridad.

Mediante ingeniería inversa, y con la ayuda del software SolidWorks se logró modelar el tornillo sinfín. El mismo que será utilizado para transportar el fertilizante hacia los extremos de las tolvas. El tornillo sinfín se divide en dos partes con sentido a izquierda y a derecha con 11 hélices por lado, de 2mm de espesor y que recibe una potencia total de 0,008 hp.



Figura 24-4 Tornillo sinfín

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

4.7 Selección de los elementos de transmisión de mando

4.7.1 Rueda dentada

Las ruedas dentadas pueden fabricarse de una extensa variedad de materiales para obtener las propiedades adecuadas según el uso que se le va dar. Desde el punto de vista de diseño mecánico, la resistencia y la durabilidad, es decir la resistencia al desgaste, son las propiedades más importantes. Otras consideraciones que deben tenerse en cuenta son: peso, resistencia a la corrosión, ruido y costo. (COUOH, Russel, 2019)

Se consideró los aspectos importantes como lo es el diámetro de la catalina, números de dientes y el ancho de cara. Se utilizó ruedas dentadas métricas de acero de las siguientes características:

Tabla 8-4: Especificaciones de la rueda dentada (Ver Anexo C)

Piñones	Cantidad de dientes	Diámetro primitivo (mm)	Espesor (mm)	Tipo	Designación
Paso: 19,05 mm					
Eje distribuidor o eje principal	24	145,94	11,1	A	PHS 12B - 1A24
Rueda motriz	32	194,36	11,1	A	PHS 12B - 1A32

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

4.7.2 Cadena

Para determinar las especificaciones de la cadena partimos de los siguientes datos:

Potencia del neumático = 2026 W

Número de dientes de la rueda mayor (z_1) = 32

Número de dientes de la rueda menor (z_2) = 24

4.7.2.1 Cálculo de la potencia corregida (P_c)

$$P_c = f_s * P \quad (49)$$

Donde:

f_s = Factor de servicio

P = Potencia

$$P_c = 1,2 \times 2026 \text{ W}$$

$$P_c = 2,4 \text{ kw}$$

4.7.2.2 Selección de la cadena de transmisión

Datos de entrada para la selección de cadena:

- Potencia corregida = 2,4 kw
- Cadena simple
- Velocidad angular del piñón = 49 rpm

Con estos datos resulta una cadena de las siguientes especificaciones técnicas:

Tabla 9-4: Especificaciones de la cadena (Ver Anexo D)

Cadena ANSI N°	Cadena BS/ISO N°	Paso(mm)	Designación
60 – 1	12 A – 1	19,05	PHC 60 - 1X10 FT

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

4.7.3 Especificaciones del eje de la sembradora

El acero AISI – SAE 1045 es uno de los aceros utilizados en partes de maquinarias y herramientas agrícolas, sus principales aplicaciones están en ejes, piñones, cuñas, pernos, remaches y chavetas. (IVAN BOHMAN C.A., 2018) Expresa que el acero AISI 1045 es un acero al carbono sin alear de esmerada manufactura, con buena tenacidad. Con características en su alta uniformidad y rendimiento. Aplicable a partes relativamente simples de máquinas.

En la sembradora los ejes están soportando cargas de torsión, es decir que transmiten un par de torsión de una rueda dentada a otra por medio de los ejes. Para la sembradora se utilizó dos ejes cuadrados de acero AISI 1045 de las siguientes dimensiones: 20 x 20 mm, 16 x 16 mm de 3,2 m de longitud.

4.7.4 Especificaciones del Aluminio 7075-T6

Las ruedas dentadas pueden fabricarse de una extensa variedad de materiales para obtener las propiedades adecuadas según el uso que se les va a dar. Desde el punto de vista de diseño mecánico, la resistencia y la durabilidad, es decir la resistencia al desgaste, son las propiedades más importantes. Otras consideraciones que deben tenerse en cuenta son: peso, resistencia a la corrosión, ruido y costo. (COUOH, Russel, 2019)

La aleación de aluminio 7075 – T6 conocido dentro de la industria metalmecánica como aluminio (Prodax) se caracteriza por su bajo peso el cual es ideal para el mecanizado a altas velocidades. Dentro de la industria, hoy en día, la aleación de aluminio se ha implementado intensamente las aleaciones 2xxx, 6xxx y 7xxx, en dichas aleaciones se ha sustituido el acero, así como las fundiciones de hierro. La aleación de aluminio 7075-T6 de manera general se aplica para la elaboración de ejes, piñones con diámetros menores a 3 pulgadas que son para maquinarias estándar, así como para aplicaciones de micro maquinado. (NICOLALDE SUBIA, Freddy Sebastián;& TUTILLO OÑA, Mario Amador, 2019)

Tabla 10-4: Especificaciones de las aleaciones del aluminio serie 2xxx y 7xxx

Aleación	Carga Rotura	Limite Elástico	Alargamiento	Dureza Brinell
Normas A.A.	Rm - N/mm ²	Rp 0,2 - N/mm ²	A 5,65 %	HB
7075 - T7351	440	360	6	140
7075 - T6/T651	470	400	5	130
2024 - T6	425	315	5	125
7020 - T6/T651	350	290	10	120

Fuente: (RODRÍGUEZ, Hermenegildo., 2018)

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Prodax posee un excelente par tribológico y un sinnúmero de propiedades favorables para la construcción de los engranajes. Con una dureza Brinell de 130, se podría decir que es comparable con la dureza de los aceros 1045/4140 y algunas otras propiedades de las mismas, por su bajo peso que es 60% menor a la del acero y con buena resistencia al desgaste. Prodax por sus buenas características y aplicaciones mencionadas se ha seleccionado para la construcción de los piñones de los dosificadores.



Figura 25-4. Piñón de Prodax

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

4.8 Análisis de esfuerzos en el chasis de la sembradora

En el presente apartado, se realizará el estudio del comportamiento de la viga de perfil cuadrado de 100 x 100 mm y de 3 mm de espesor, que es la base principal de apoyo de todos los elementos de la sembradora Nodet Gougis, se utilizará dos métodos de análisis, el primero de ellos será de forma manual y el segundo por elementos finitos, para determinar y corroborar los resultados.

Tabla 11-4: Dimensiones del tubo cuadrado de acero ASTM A 500 (Ver Anexo E)

Dimensiones	
Longitud	3 m
Lado A	100 mm
Lado B	100 mm
Espesor	5 mm
Peso	14,4 kg/m

Fuente: (DIPAC, 2019)

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

En la Figura 23-4 se puede apreciar todas las fuerzas puntuales, horizontales y verticales que están, distribuidas a lo largo de la viga, simplemente apoyada, y que actúan sobre el elemento estructural.

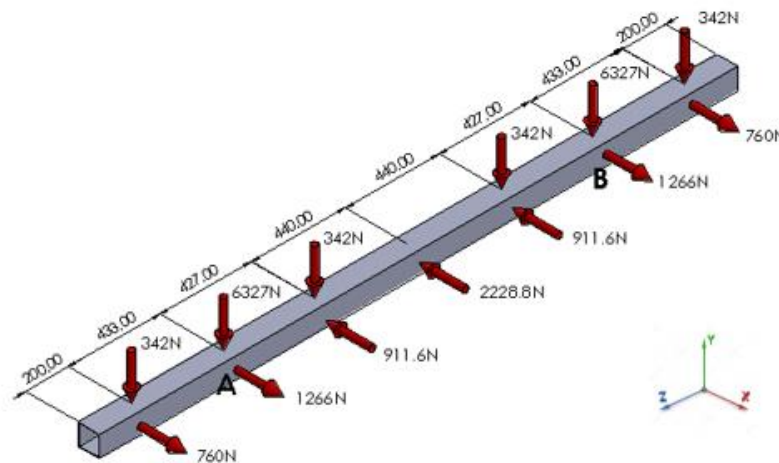


Figura 26-4. Fuerza aplicada en el chasis

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

El perfil en estudio es de acero ASTM A 500, es un acero estructural comúnmente utilizado. En la Tabla 12-4 se muestra las propiedades y características de este perfil.

Tabla 12-4: Propiedades y características mecánicas

Propiedades y características mecánicas del Acero ASTM A500	
Módulo de Young	200 Gpa
Coefficiente de Poisson	0,3
Densidad	7850 kg/m ³
Momento de inercia	1827092 mm ⁴
Resistencia a la fluencia	320 Mpa

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

4.8.1 Diagrama de fuerzas aplicada en el plano z-y

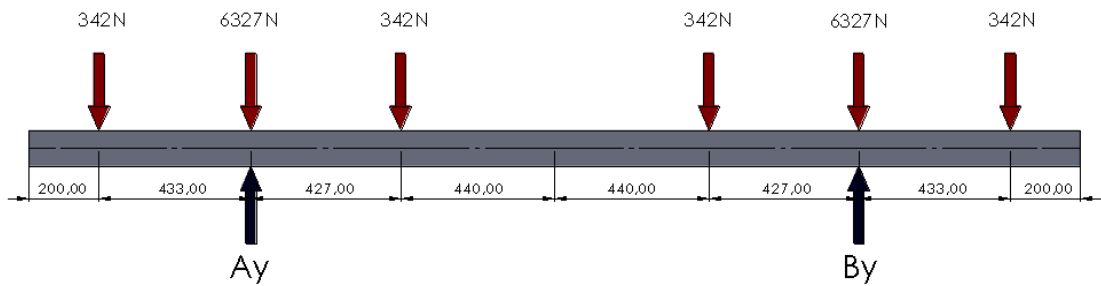


Figura 27-4. Fuerza aplicada en el eje y

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

- Cálculo de reacciones de apoyos en A y B en el plano z-y

$$\sum M_A = 0$$

$$-433 \text{ mm} \times 342 \text{ N} + 427 \text{ mm} \times 342 \text{ N} + 1307 \text{ mm} \times 342 \text{ N}$$

$$+1734 \text{ mm} \times 6327 \text{ N} - 1734 \text{ mm} \times B_y + 2167 \text{ mm} \times 342 \text{ N} = 0$$

$$1734 \text{ mm} \times B_y = 12157074 \text{ N mm}$$

$$B_y = 7011 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$-4 \times 342 \text{ N} + B_y - 2 \times 6327 \text{ N} + 7011 \text{ N} = 0$$

$$A_y = 7011 \text{ N}$$

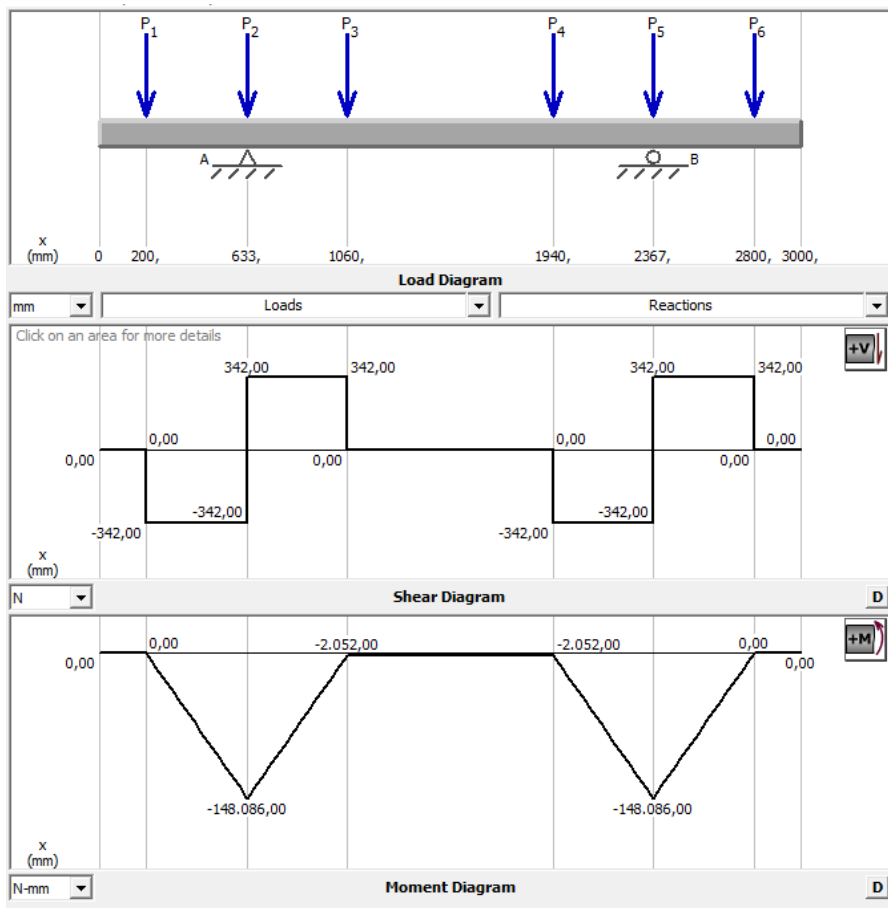


Figura 28-4. Diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano z-y
 Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

- Momento estático

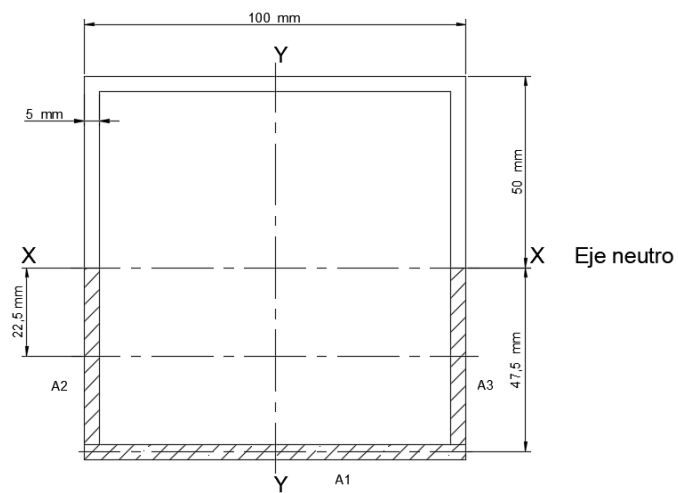


Figura 29-4. Sección transversal de la viga cuadrada
 Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

$$S = \sum A x \bar{y} \quad (50)$$

$$S = 500 \text{ mm}^2 x 47,5 \text{ mm} + 2 x (225 \text{ mm}^2 x 22,5 \text{ mm})$$

$$S = 33875 \text{ mm}^3$$

- Momento de inercia

$$I_x = \frac{b x h^3}{12} - \frac{b_1 x h_1^3}{12} \quad (51)$$

$$I_x = \frac{100 \text{ mm} x 100^3 \text{ mm}^3}{12} - \frac{90 \text{ mm} x 90^3 \text{ mm}^3}{12}$$

$$I_x = 2865833 \text{ mm}^4$$

4.8.1.1 Esfuerzos máximos en el plano z-y

- Esfuerzo de compresión y tracción máxima

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{Mf_{m\acute{a}x} x y}{I} \quad (52)$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{148086 \text{ N mm} x 50 \text{ mm}}{2865833 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma_{trac.m\acute{a}x} = 2,5 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{comp.m\acute{a}x} = 2,5 \text{ Mpa}$$

El esfuerzo máximo a compresión y tracción está en los puntos de apoyo en L= 633 mm y L=2367 mm, donde tiene un momento flector máximo de 148086 N mm.

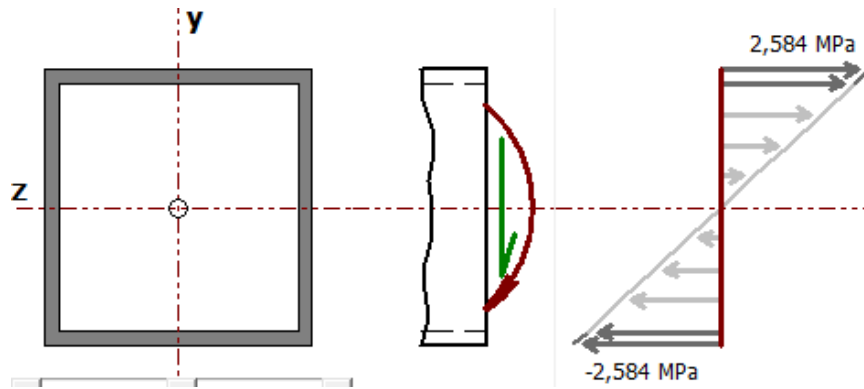


Figura 30-4. Diagrama de esfuerzo a compresión y tracción

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Para sustentar los resultados obtenidos de forma manual se emplea el método de elementos finitos.

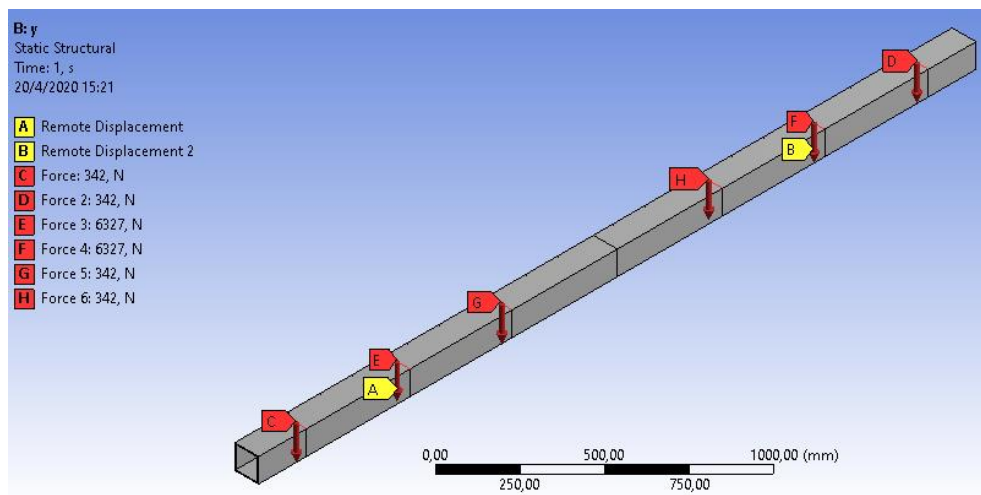


Figura 31-4. Carga aplicada en la dirección y

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Esfuerzo máximo a tracción

$$\sigma_{trac.m\acute{a}x} = 2,5836 \text{ Mpa}$$

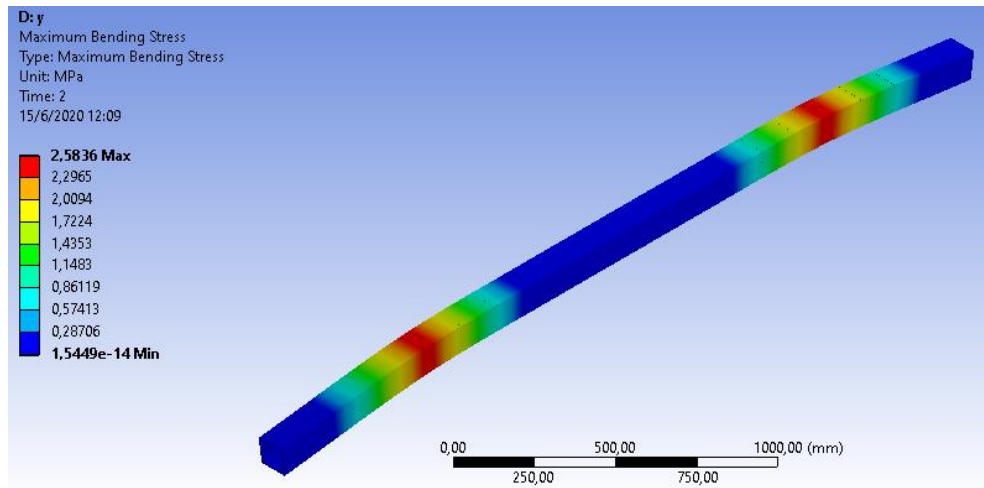


Figura 32-4. Esfuerzo máximo a tracción

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Esfuerzo máximo a compresión

$$\sigma_{comp.m\acute{a}x} = 2,5836 \text{ Mpa}$$

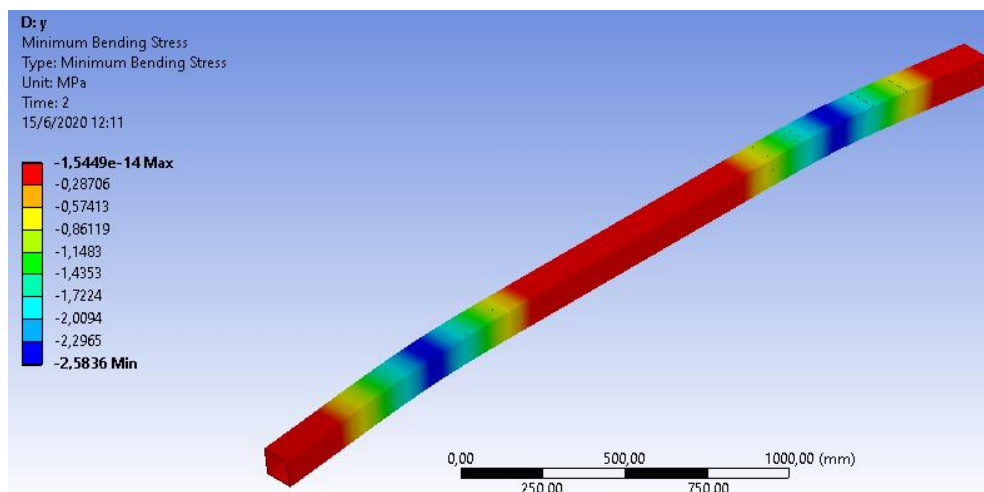


Figura 33-4. Esfuerzo máximo a compresión

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

- Esfuerzo cortante máximo

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{V \times S}{I \times b} \quad (53)$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{342 \text{ N} \times 33875 \text{ mm}^3}{2865833 \text{ mm}^4 \times 10 \text{ mm}}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = 0,40 \text{ Mpa}$$

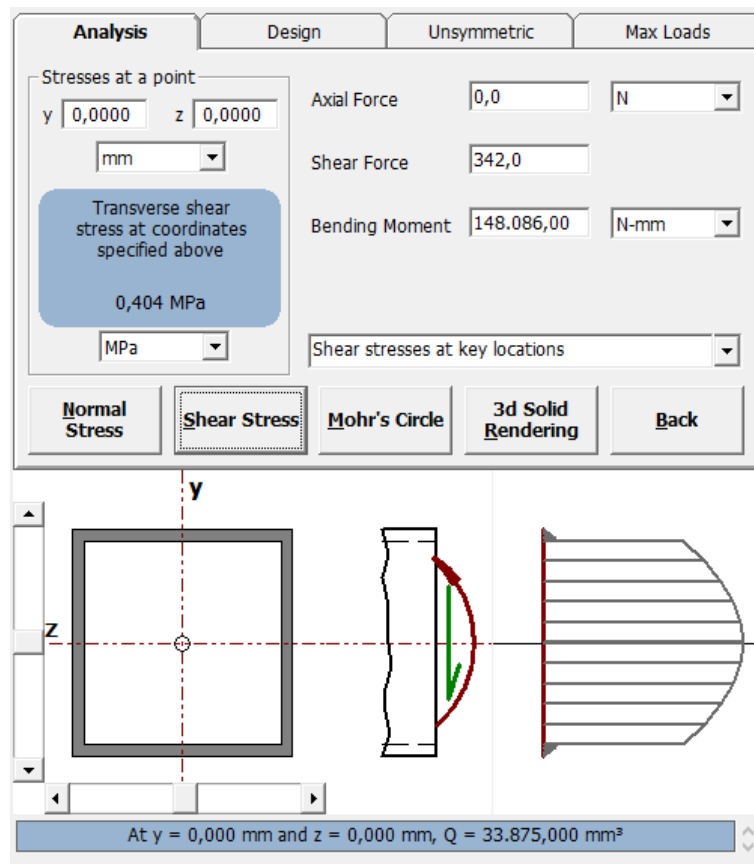


Figura 34-4. Diagrama de esfuerzo cortante

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

4.8.2 Diagrama de fuerzas aplicada en el plano x-z

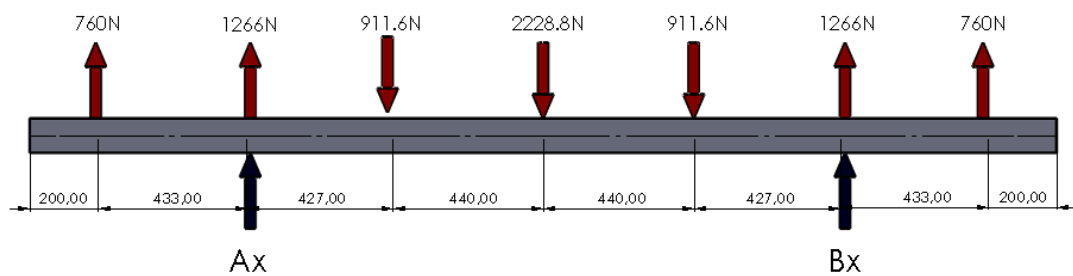


Figura 35-4. Fuerza aplicada en el eje x

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

- Cálculo de reacciones en los apoyos A y B en el plano z- x

$$\sum M_A = 0$$

$$433 \text{ mm} \times 760 \text{ N} + 427 \text{ mm} \times 911,6 \text{ N} + 867 \text{ mm} \times 2228,8 \text{ N}$$

$$+1307 \text{ mm} \times 911,6 \text{ N} - 1734 \text{ mm} \times 1266 \text{ N} - 1734 \text{ mm} \times B_x$$

$$-2167 \text{ mm} \times 760 = 0$$

$$1734 \text{ mm} \times B_y = 0 \text{ N mm}$$

$$B_x = 0 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$2 \times 760 \text{ N} + 2 \times 1266 \text{ N} + A_x - 2 \times 911,6 \text{ N} - 2228,8 + 0 = 0$$

$$B_x = 0 \text{ N}$$

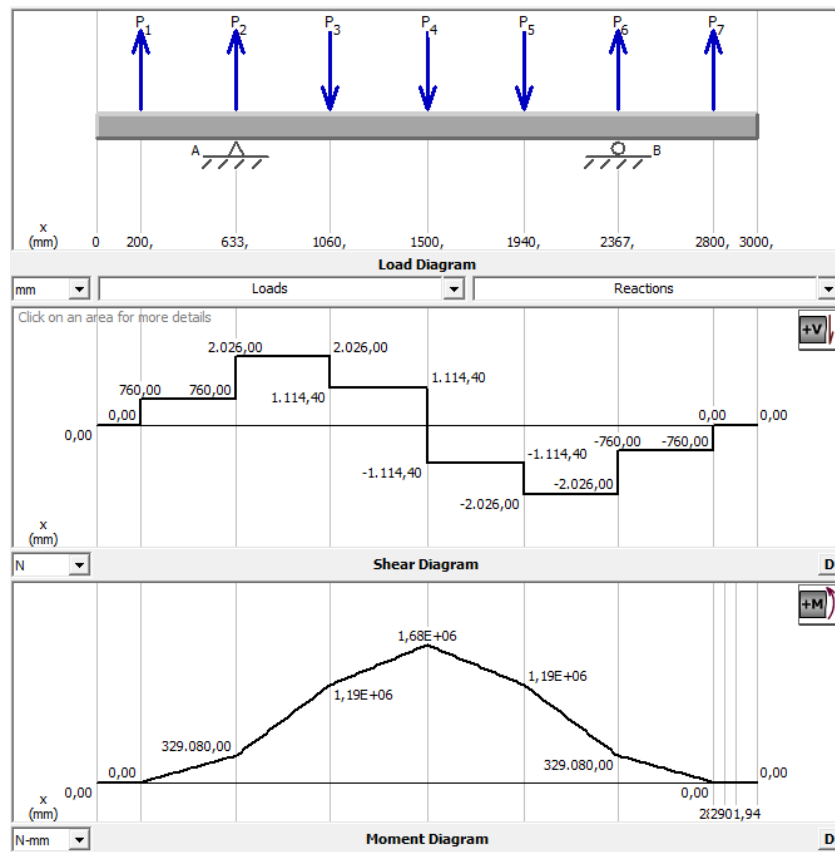


Gráfico 1-4. Diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano z-x

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

- Momento estático

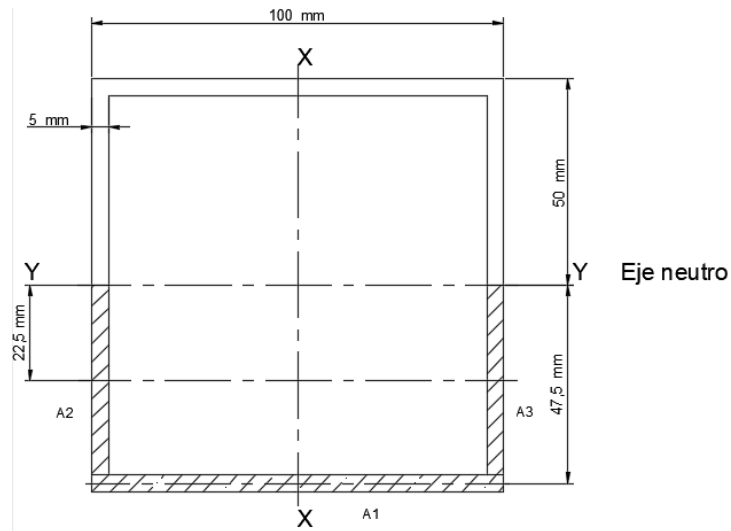


Figura 36-4. Sección transversal de la viga cuadrada

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

$$S = \sum A x \bar{x} \quad (54)$$

$$S = 500 \text{ mm}^2 x 47,5 \text{ mm} + 2 x (225 \text{ mm}^2 x 22,5 \text{ mm})$$

$$S = 33875 \text{ mm}^3$$

- Momento de inercia

$$I_y = \frac{h x b^3}{12} - \frac{h_1 x b_1^3}{12} \quad (55)$$

$$I_y = \frac{100 \text{ mm} x 100^3 \text{ mm}^3}{12} - \frac{90 \text{ mm} x 90^3 \text{ mm}^3}{12}$$

$$I_y = 2865833 \text{ mm}^4$$

4.8.2.1 Esfuerzos máximos en el plano z-x

- Esfuerzo de compresión y tracción máxima

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{Mf_{m\acute{a}x} \times x}{I} \quad (56)$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = \frac{1684518 \text{ N mm} \times 50 \text{ mm}}{2865833 \text{ mm}^4}$$

$$\sigma_{trac.m\acute{a}x} = 29,3 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{comp.m\acute{a}x} = 29,3 \text{ Mpa}$$

El esfuerzo máximo a compresión y tracción está en L=1,5 m, donde tiene un momento flector máximo de 1684518 N mm.

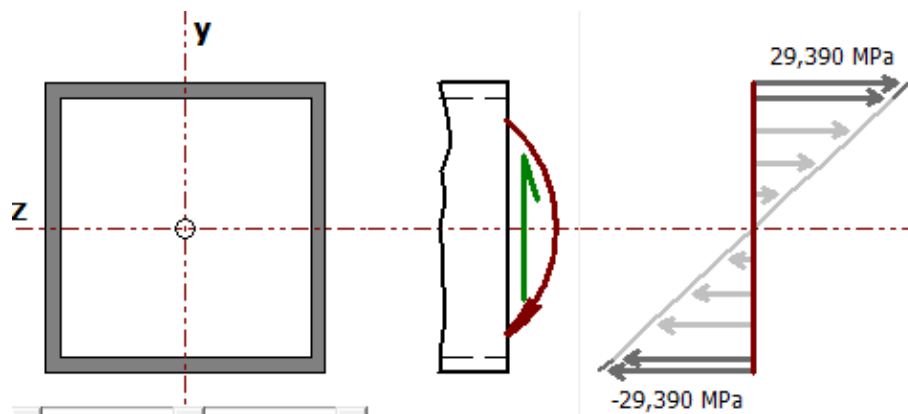


Figura 37-4. Diagrama de esfuerzo a compresión y tracción

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

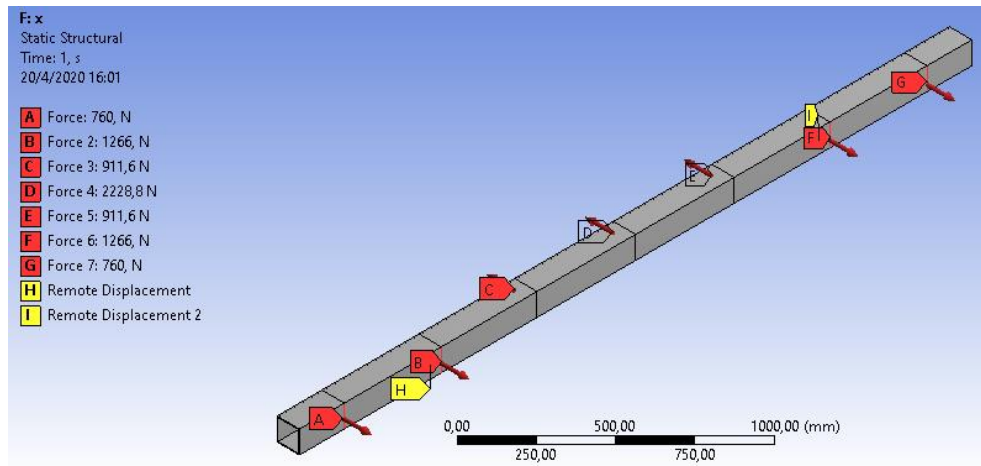


Figura 38-4. Carga aplicada en la dirección x

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Esfuerzo máximo a tracción

$$\sigma_{trac.m\acute{a}x} = 29,39 \text{ Mpa}$$

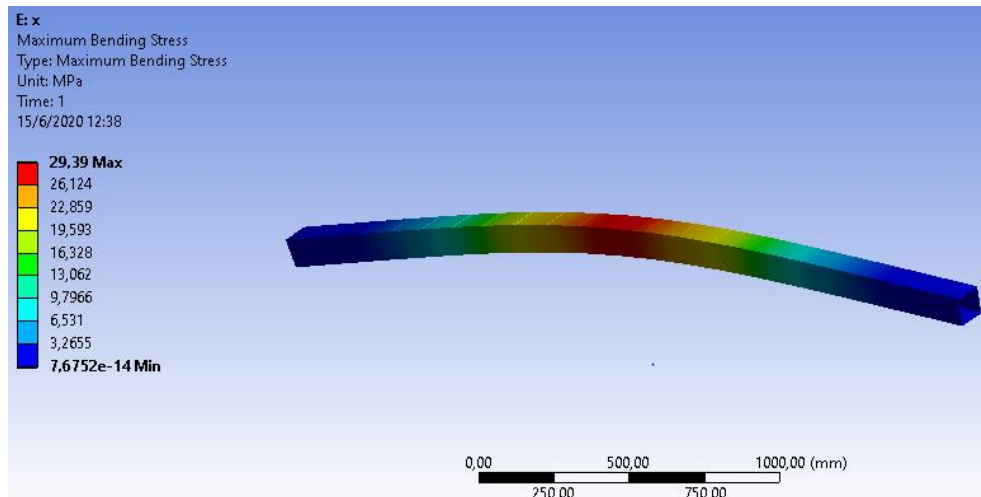


Figura 39-4. Esfuerzo máximo a tracción

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Esfuerzo máximo a compresión

$$\sigma_{comp.m\acute{a}x} = 29,39 \text{ Mpa}$$

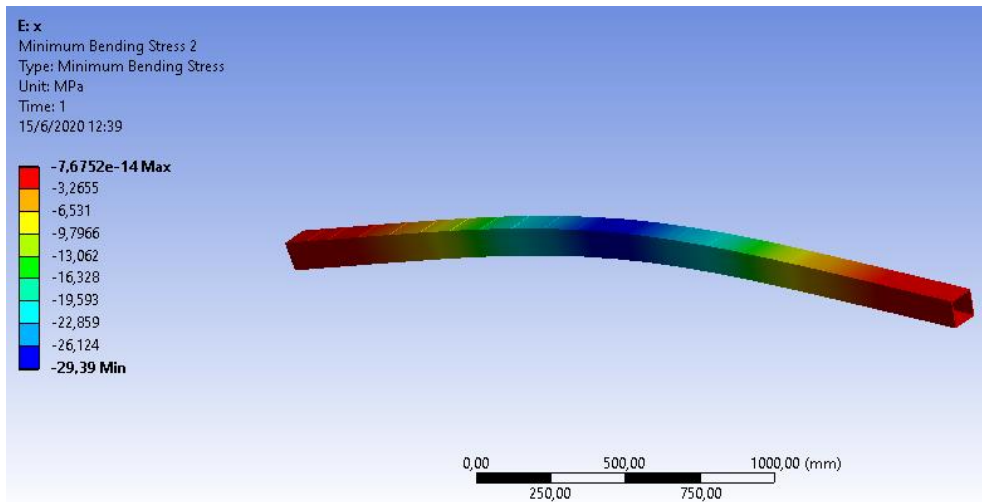


Figura 40-4. Esfuerzo máximo a compresión

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

- Esfuerzo cortante máximo

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{V \times S}{I \times b} \quad (57)$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{2026N \times 33875 \text{ mm}^3}{2865833 \text{ mm}^4 \times 10 \text{ mm}}$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = 2,39 \text{ Mpa}$$

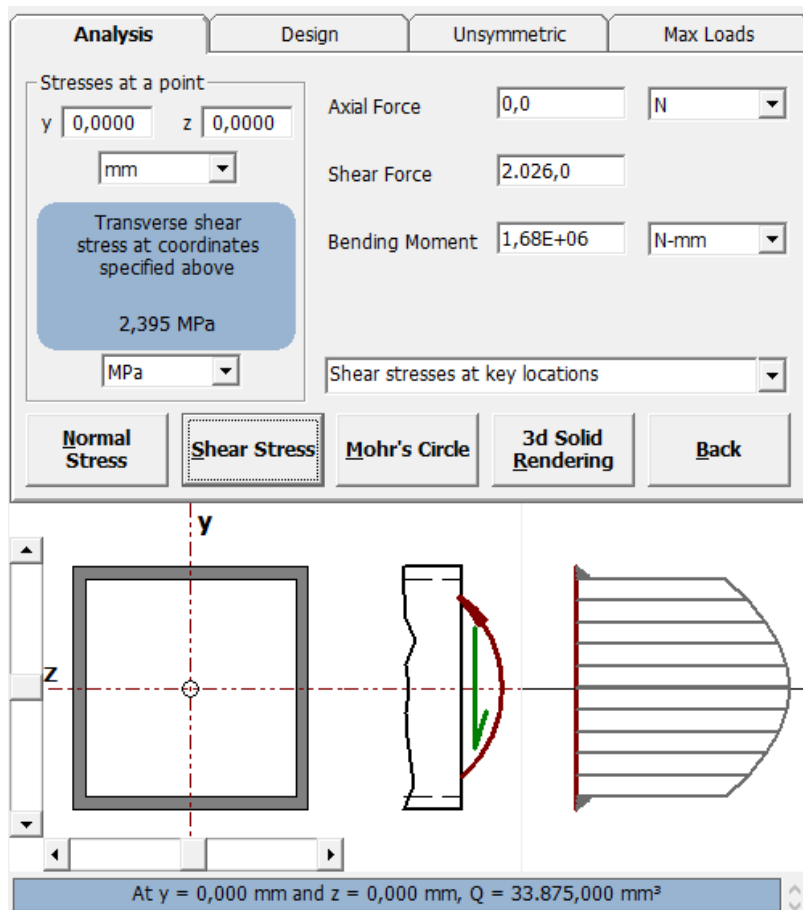


Figura 41-4. Diagrama de esfuerzo cortante

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

4.8.2.2 Factor de seguridad

El factor de seguridad para diseño de estructuras estáticas, elementos de máquinas a cargas dinámicas, esta entre 3 a 6.

Para determinar el factor de seguridad se tomó el punto crítico donde el esfuerzo es máximo.

El perfil cuadrado presenta un punto crítico en $L=1,5$ m, donde presenta un esfuerzo $\sigma_x = 29,38$ Mpa y $\sigma_y = 0,03$ Mpa. Con un momento flector 1684518 N mm y 2052 N mm respectivamente.

$$n = \frac{\text{Resistencia de fluencia}}{\text{Esfuerzo de trabajo}}$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma_{m\acute{a}x}} \quad (58)$$

Donde:

S_y = Resistencia de fluencia [Pa]

$S_y = 320 \text{ Mpa}$ para acero ASTM A 500

$\sigma_{\text{máx}}$ = Esfuerzo máximo

n = Factor de seguridad

$$n = \frac{320 \text{ Mpa}}{29,38 \text{ Mpa}}$$

$$n = 10$$

Para la carga máxima aplicada a la sembradora se obtiene un factor de seguridad $n=10$. Las dimensiones y el material seleccionado es el adecuado y soportan satisfactoriamente las cargas.

4.9 Análisis corrosivo en el chasis de la sembradora

Por medio de los datos recolectados acerca del material que se ha utilizado para el chasis se puede realizar un cálculo de la degradación del material por corrosión para lo cual hemos utilizado datos que nos proporcionan la pérdida de masa que sufre durante un año una superficie de 1 metro cuadrado en el caso extremo del acero expuesto a una velocidad de corrosión de 30 mdd.

$$m = \frac{300 \text{ mg}}{\text{dm}^2 \text{ dia}} * \frac{10^{-3} \text{ g}}{1 \text{ mg}} * \frac{1 \text{ dm}^2}{10^{-2} \text{ m}^2} * \frac{365 \text{ días}}{1 \text{ año}}$$

$$m = 1.095 \text{ g} = 1.09 \text{ kg}$$

En donde el volumen de esta masa será:

$$V = \frac{m}{d} \quad (59)$$

$$V = \frac{1.09 \text{ kg}}{7850 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V = 1.38 * 10^{-4} \text{ m}^3$$

El espesor perdido durante un año:

$$e = \frac{V}{S} \quad (60)$$

$$e = \frac{1.38 * 10^{-4} m^3}{m^2}$$

$$e = 1.38 * 10^{-4} m = 0.138 \frac{mm}{año}$$

4.10 Regulación de los dosificadores de maíz

Para determinar la regulación de siembra, se comprobó el correcto funcionamiento de cada uno de los dosificadores.



Figura 42-4. Regulación de la tolva de maíz

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

- Pasos para la calibración de los dosificadores
 - Cargar semilla en cada una de las tolvas
 - Colocar el selector de siembra en un valor intermedio de 5 entre 6.
 - Encender el tractor y conectado la toma de fuerza, alcanzar la velocidad angular de 540 rpm.
 - Girar la rueda motriz de forma manual, con el objetivo de mover las placas dosificadoras de semilla, hasta que carguen una semilla.

4.10.1 Evaluación de la sembradora

4.10.1.1 Cálculo teórico

Sino no se cuenta con un manual para conocer y calibrar la sembradora en función de la semilla, se puede determinar mediante cálculo teórico como se presenta a continuación:

Se consideró las velocidades de trabajo, recomendadas para la siembra de maíz.

Tabla 13-4: Velocidades de trabajo

Velocidad de la rueda motriz			Velocidad de la placa de siembra	
Velocidad (km/h)	Velocidad (m/s)	RPM de la rueda	RPM de la placa	Velocidad (m/s)
5	1,3	40	19	0,13
6	1,6	49	23	0,17
7	1,9	58	27	0,20
8	2,2	67	31	0,23

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Conociendo las velocidades de la placa de siembra se determinó el desplazamiento de la sembradora.

Tabla 14-4: Desplazamiento de la sembradora en una vuelta de la placa de siembra

RPM de la placa	1 vuelta de la placa en:	Desplazamiento de la sembradora (m)
19	3,15 Seg	4,104
23	2,60 Seg	4,152
27	2,22 Seg	4,20
31	1,93 Seg	4,248

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

Por ejemplo, tomando la velocidad intermedia de trabajo se conoce que la placa de siembra gira a 23 rpm. Expresado de otra forma resulta que la placa da 1 vuelta en 2,6 segundos. Y la sembradora a recorrido 4,1 m en ese mismo tiempo.

Tabla 15-4: Número de semillas en un metro lineal

Distancia entre semillas (cm)	Número de semillas por metro
17,1	5,8
17,3	5,7
17,5	5,6
17,7	5,6

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

A una velocidad angular de 23 rpm, se tiene 17,3 cm entre semillas. Lo que quiere decir que en 1 metro se tendrá aproximadamente 5,7 semillas de maíz.

$$d = \frac{4,152 \text{ m}}{24}$$

$$d = 0,173 \text{ m}$$

$$n = \frac{100 \text{ cm}}{17,3 \text{ cm}}$$

$$n = 5,7 \text{ semillas}$$

Si se conoce que el ancho entre surcadores es de 70 cm, la sembradora debe recorrer 14,3 m, para calcular el número de granos que cae en 10 m².

$$n = \frac{1430 \text{ cm}}{17,3 \text{ cm}}$$

$$n = 82,65 \text{ semillas}$$

De forma teórica se conoce que en 10 m² contiene 82,6 semillas, y mediante una regla de tres se obtiene que en 1 hectárea hay aproximadamente 82650 semillas de maíz.

Tabla 16-4: Densidad de semilla por hectárea de forma teórica

Velocidad de trabajo (km/h)	Velocidad de trabajo (m/s)	Número de semillas por hectárea	Densidad de semilla (kg/h)
5	1,3	83620	25,92
6	1,6	82650	25,62
7	1,9	81710	25,33
8	2,2	80790	25,04

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

4.10.1.2 Prueba estática

La prueba estática se realizó manteniendo elevada y accionado el depresor con una calibración para dejar caer de 5 a 6 granos por 1 metro de surco. Se hizo con el objetivo de comparar el resultado teórico con lo práctico.

Se evaluó la sembradora en 20 metros de recorrido de la siguiente manera:

Tomando como ejemplo la velocidad de 23 rpm se debe dar 10 vueltas completas a la rueda motriz en aproximadamente 13 segundos para simular un desplazamiento de 20 metros a la sembradora.

Considerando el disco 240 mm de diámetro de 24 perforaciones de 5,5 mm de diámetro que es usado para la siembra de la mayoría de granos, incluido el maíz, cae un promedio de 113 semillas en 20 metros por cada carro de siembra. Lo que significa que en un metro lineal caen 5,65 semillas y en una hectárea abarca 81795 semillas de maíz.

Tabla 17-4: Densidad de semilla por hectárea de forma práctica

Velocidad de trabajo (km/h)	Velocidad de trabajo (m/s)	Número de semillas por hectárea	Peso (kg)
5	1,3	82368	25,53408
6	1,6	81795	25,35645
7	1,9	79936	24,78016
8	2,2	78650	24,3815

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

4.10.2 Eficiencia de la sembradora de maíz

Tomando los valores calculados anteriormente de forma teórica y práctica se determinó la eficiencia de la sembradora, como ejemplo para la velocidad de 23 rpm.

$$e = \frac{N^{\circ} \text{ de granos de maíz por hectárea, práctica}}{N^{\circ} \text{ de granos de maíz por hectárea, teórica}} \times 100\% \quad (61)$$

$$e = \frac{81795}{82650} \times 100\%$$

$$e = 98,9\%$$

Tabla 18-4: Eficiencia de la sembradora de maíz

Velocidad de trabajo (km/h)	Velocidad de trabajo (m/s)	Eficiencia (%)
5	1,3	98,5
6	1,6	98,9
7	1,9	97,8
8	2,2	97,3

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

La densidad de la siembra de maíz está dentro del rango sugerido que es de 75000 a 87000 plantas por hectárea, el valor de la eficiencia es buena en el rango de velocidades de trabajo.

4.11 Manual de Operación

Para que la maquinaria agrícola funcione de una manera adecuada se debe seguir los siguientes pasos que se detalla a continuación:

4.11.1 Enganche al tractor

- Para realizar esta operación se debe tener la sembradora firme en una superficie plana. Es necesario aproximar el tractor hasta que los brazos hidráulicos del mismo queden lo más cerca posible a los soportes de sujeción de la sembradora de maíz, para poder hacer coincidir manualmente o utilizando el mando hidráulico del tractor y finalmente enganchar y asegurar.
- Conectar el cardan a la toma fuerza del tractor y de la sembradora.

4.11.2 Preparación para la siembra

Antes de iniciar con la labor, realizar una revisión de las partes del tractor:

- Sistema hidráulico funcional.
- El motor en óptimas condiciones.
- Mantener en buen estado la barra tercer punto.
- Mantener en óptimas condiciones la toma fuerza del tractor.

4.11.3 Revisiones Iniciales

- Revise el sistema neumático de la sembradora, que la correa tenga una tensión adecuada y las mangueras que van conectados a los dosificadores de maíz no tengan fugas.
- Revise el sistema de transmisión de la sembradora, las cadenas y catalinas que tenga alineación entre ellas, y siempre mantener limpios.
- Revise los abresurcos y tapadores de semillas, limpiar, retirar todo obstáculo que contenga.

- Revise la tolva, el tornillo sinfín, y los tubos bajantes del sistema dosificador de fertilizante, siempre mantener limpio y libre de abono acumulado.
- Revise el sistema dosificador de semilla, que toda parte móvil esté libre de obstáculos.
- Revise que las llantas de la sembradora de maíz tengan una presión adecuada, la presión recomendada oscila entre 30 a 35 Psi.

4.11.4 Maniobra de configuración

- Equilibre la sembradora.
- Seleccione la profundidad de siembra mediante la palanca de control.
- Retire la tapa del dosificador de maíz para evaluar el estado de los sellos de nylon y si es necesario remplazarlo por uno nuevo.
- Coloque los discos de siembra del maíz.
- Regule la profundidad de las ruedas tapa semillas.

4.11.5 Proceso final para arrancar con la siembra

- Abastecer de semilla y/o fertilizante a cada una de las tolvas.
- Encienda el motor del tractor y verifique que el cardar esté funcionando correctamente.
- Mediante el sistema hidráulico del tractor levantar la sembradora, y girar los discos de siembra de forma manual para corroborar que todos carguen semilla.
- Colocar todos los selectores de semilla en la misma posición, una vez verificado que todos carguen una sola semilla.
- Extienda los brazos del disco marcador

4.12 Manual de mantenimiento

El mantenimiento en la sembradora es importante para minimizar fallos de elementos que lo constituyen, y asegurar la vida útil de la misma. La necesidad de aplicar un manual de mantenimiento es para asegurar la capacidad máxima de trabajo.

4.12.1 Consideraciones Generales

Tome en cuenta las siguientes consideraciones antes de realizar cualquier operación de mantenimiento.

- Para realizar cualquier operación de mantenimiento, ubique la sembradora en una superficie plana y apague el motor del tractor.
- Desenganche la sembradora del tractor.
- Utilice los elementos de protección personal.

4.12.2 Mantenimiento Básico

Para un correcto funcionamiento de la sembradora es importante seguir un manual de mantenimiento.

- El sistema de transmisión de la sembradora periódicamente necesita una limpieza y engrasada. Aplique grasa a los elementos de transmisión como a: cadenas, engranajes, bocines, chumaceras.
- Retire la tapa protectora de la cadena de transmisión y revise que funcionen correctamente libre de elementos que ocasionen daños.
- Lave la toda sembradora con agua por lo menos una vez a la semana si está en constante funcionamiento, retire todo elemento que pueda ser perjudicial para la máquina. Las tolvas de fertilizante lave una vez culminada el trabajo diario, ya que el abono químico es bastante agresivo.

- Revise que no quede abono en el tornillo sinfín, dosificadores, tubos bajantes ya que podrían presentar un problema en un futuro con atascamiento en el sistema.
- Limpie los discos marcadores una vez terminada la jornada de trabajo y engrase periódicamente.
- Limpie los abresurcos de semilla después de cada jornada de trabajo, retire cualquier objeto extraño que se presente para evitar daños de los mismos.
- Limpie los abresurcos de fertilizante después de cada jornada de trabajo y retire el abono o cualquier objeto extraño que se haya pegado.
- Limpie las ruedas tapa semillas después de cada labor, retire todo objeto extraño y mantenga engrasada.
- Periódicamente realice una revisión en la parte interna de los dosificadores de semilla, retire cualquier objeto extraño y revise el estado de los sellos de nylon de ser necesario sustitúyala por uno nuevo.
- Revise que no exista fugas de aire por las mangueras conectadas entre el depresor y el dosificador de semilla.
- Periódicamente retire la tapa del depresor neumático y retire cualquier impureza que este en la turbina.
- La mayor parte de la estructura y elementos de la sembrada está sujeta con pernos y tornillos, revise periódicamente que se encuentre en óptimas condiciones y ajustadas.

4.12.3 *Mantenimiento Preventivo*

El mantenimiento preventivo es conservar en buenas condiciones de funcionamiento al equipo, mediante la acción de revisiones y limpieza para garantizar su buen funcionamiento y prevenir las actividades de reparaciones por imprevisto.

4.12.3.1 Plan de mantenimiento preventivo

Tabla 19-4: Plan de mantenimiento preventivo

Frecuencia		Semanal	Mensual	Trimestral	Anual	Trabajo a realizarse	
Partes de la sembradora	Sistema dosificador de fertilizante	Tolva	X			Limpieza	
		Dosificador de fertilizante	X			Limpieza	
		Tornillo Sinfn	X			Limpieza	
		Tubos bajantes				X	Cambio
		Chumaceras		X			Limpieza, Lubricación
		Piñones				X	Limpieza y Lubricación
		Ejes	X				Limpieza
	Sistema dosificador de semilla	Tolva	X				Limpieza
		Dosificador de semilla	X				Limpieza
		Conjunto de engranajes		X			Limpieza y Lubricación
		Sello de nylon				X	Cambio
		Discos de semilla	X				Limpieza
		Ejes	X				Limpieza
	Sistema neumático	Carcasa del depresor	X				Limpieza
		Turbina				X	Limpieza
		Banda		X			Ajuste
	Sistema de transmisión	Llantas			X		Verificación de presión
		Cadenas			X		Verificación de funcionamiento
		Conjunto de catalinas			X		Verificación de funcionamiento
		Ejes	X				Limpieza
	Conjunto tren de siembra	Rejas Abresurcos	X				Limpieza
		Discos tapasurcos	X				Limpieza
	Estructura	Chasis	X				Limpieza

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

4.12.4 *Mantenimiento Correctivo*

El mantenimiento correctivo se realiza cuando existen fallas o averías en partes de un elemento o máquina, con el fin de corregir los defectos.

Tabla 20-4: Plan de mantenimiento correctivo

Cambio de pernos y tornillos	Cuando presente movimiento o rotura
Cambio de tubos bajantes de fertilizante	Cuando presente desgaste o rotura
Cambio de seguros y pasadores	Cuando presente desgaste
Cambio de chumaceras y bocines	Cuando presente desgaste
Cambio de discos de semilla	Cuando presente desgaste
Cambio de sellos de nylon	Cuando presente desgaste o rotura
Cambio de cadenas	Cuando presente deformaciones o rotura
Cambio de tubos de succión de aire	Cuando presente desgaste o rotura
Cambio de llantas	Cuando presente desgaste
Cambio de la banda del sistema depresor de aire	Cuando presente rotura

Elaborado por: Maigua Juan, Paredes Darío. 2020

5. CONCLUSIONES

- Por medio de la matriz de valoración se logró determinar la funcionalidad de la sembradora de maíz, donde se determinó que el conjunto del sistema neumático se encontraba en buenas condiciones motivo por el cual se procedió al mantenimiento. El chasis se encontró en condiciones no aptas para el trabajo, debido a que este presentaba degradación por oxidación y corrosión ya que el mismo se encontraba expuesto a la intemperie que degradaron la parte superficial del chasis y la pintura. Provocando así que el chasis quedase obsoleto. Otros elementos como pernos, tornillos sinfín, cadenas de transmisión de movimiento principal y secundario, se encontraron en mal estado debido a la degradación por condiciones anteriormente mencionadas, y fueron reemplazados.
- En el conjunto dosificador de semilla y sus elementos se realizó el mantenimiento respectivo. En el caso de la transmisión de semilla algunos piñones se encontraron obsoletos debido a que las condiciones del par tribológico no fueron adecuadas. Cuando se realizó el cambio por primera vez los piñones de polímero por unos de acero, provocó el desgaste prematuro y la rotura de los primeros, debido a que no se consideró las características técnicas. En base al presente estudio se determinó que el Prodax cumple con las características físicas y de par tribológico, procediendo a la construcción de los mismos.
- Mediante ingeniería inversa se recuperó varios elementos del depósito de semilla entre otros, que se averiaron al momento que la máquina sufrió un impacto. Dichos elementos se digitalizaron en el software SolidWorks mejorando las características originales. En cuanto al depósito de semilla y la tapa de succión tenían varios detalles complejos, los cuales se obviaron al nuevo modelo ya que no afectaban al momento de cumplir su función que es la de distribuir la semilla de manera uniforme.
- El chasis original, cuyas dimensiones son 95 x 95 mm, con cejas circulares y 3 mm de espesor, se utilizó ingeniería inversa y la digitalización en el software SolidWorks, empleando los elementos existentes en el mercado actual obteniendo las mejoras y la configuración deseada para sustituir al anterior, se obtuvo un factor de seguridad 6 con un espesor de 3 mm en base a los estudios de esfuerzos, prudente para que la máquina opere de manera segura y correcta. La corrosión y oxidación son factores que aceleraron de manera agresiva la degradación, por ende, se procedió a aumentar el espesor del nuevo chasis a 5 mm por precautelar negligencias en operación y mantenimiento, además de considerar los factores externos que contribuyen a la pérdida de espesor del chasis con lo que se obtiene un factor de seguridad de 10 realizando

el estudio de esfuerzos. De esta manera obtener el chasis con las dimensiones 100 x 100 mm y 5 mm de espesor y varillas de acero de 12 mm reemplazando estas a las cejas originales.

- El análisis de esfuerzo efectuado en el chasis de la sembradora se lo hizo determinando todas las cargas que intervienen, tales como el peso propio de la sembradora, la carga de maíz y fertilizante aplicada a cada una de las tolvas, los resultados obtenidos de forma manual y mediante Ansys son parecidos, arrojando un error de 0,4% entre los dos métodos utilizados, es importante mencionar que se utilizó el método de análisis de elementos lineales, en el cual, se hizo el diseño desde punto de vista de la resistencia de materiales, que es un método conservador, el análisis permitió seleccionar un perfil adecuado que cumpla con las expectativas de trabajo al que será sometida.
- La potencia que necesita el tractor para tirar de la sembradora es variable, ya que está directamente relacionada con la velocidad de trabajo y la carga aplicada, en nuestro caso para poder determinar la potencia, se hizo con la mayor carga posible que puede existir en la sembradora, de ahí los resultados variables de 10 a 20 hp en función de la velocidad de avance. Tomando en cuenta las condiciones de trabajo a la que va estar sometido y la potencia que necesita el sistema neumático, se consideró un factor de seguridad de 5.
- Las pruebas realizadas a los carros de siembra fueron optimas, los resultados teóricos comparados con las pruebas estáticas, son similares, están dentro del rango establecido para la siembra de maíz. En estas pruebas se pudo conocer que en conjunto los cuatro discos de siembra entregan un promedio de 81000 semillas por hectárea.

6. RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar la ingeniería inversa a la par con la tecnología ya que facilita la investigación en los diferentes campos como la manufactura, diseño y análisis para la reconstrucción de nuevos modelos, por cuanto este método permite un desarrollo más rápido de un producto y en la optimización de recursos y costos.
- Se recomienda realizar un estudio minucioso del par tribológico, ya que este afecta directamente a los engranajes en el desgaste y la lubricación, por lo cual, sino se realiza una buena selección de materiales que sean compatibles, se generarán complicaciones ya sean en roturas o desgastes prematuros y afectarán en la tracción del movimiento de los discos de siembra.
- Se recomienda que se haga un diseño con un estudio más exhaustivo tomando en cuenta las condiciones de degradación por oxidación y corrosión en cuanto el estudio que se realice es elemental y se consideró aumentar el espesor del material seleccionado debido que la degradación es el factor agresivo que afecto al chasis.
- El cálculo realizado para determinar los esfuerzos y la eficiencia se lo realizo de forma manual y con la ayuda del software ANSYS, tomando las cargas a las que está sometida la sembradora, pero no se tomó en cuenta la influencia que puede tener si la máquina tuviese un impacto o la vibración causada por el tractor. Por lo que se recomienda realizar un análisis de esos temas los cuales contribuyan directamente al estudio del chasis.
- En base al factor de seguridad de 5, se recomienda utilizar un tractor de 90 hp para tirar de la sembradora y que cumpla con las demás funciones por cuanto se optimizaría la vida útil de la maquinaria.
- Se sugiere calibrar correctamente la sembradora antes de la siembra en el rango recomendado de 5 a 6 semillas por metro en cuanto corresponde al maíz, y para mantener una uniformidad de distancia entre semilla no rebasar el límite de la velocidad de trabajo.
- Se recomienda hacer las pruebas de los carros de siembra en campo ya que el estudio elaborado se lo hizo en estático motivo por el cual las eficiencias obtenidas no reflejan de

manera exacta cuan eficiente es la máquina al momento de trabajar en distintos tipos de topografías y con distintas velocidades.

- Se sugiere calibrar correctamente la sembradora antes de la siembra en el rango recomendado de 5 a 6 semillas por metro en cuanto corresponde al maíz, y para mantener una uniformidad de distancia entre semilla no rebasar el límite de la velocidad de avance.
- Es importante mantener una velocidad de trabajo dentro del rango sugerido ya que a velocidades superiores de lo normal disminuye el número de granos por metro, provocando que la eficiencia disminuya considerablemente afectando la densidad de siembra.

GLOSARIO

Ingeniería mecánica. – Es una de las ramas más antiguas e importantes de la ingeniería, ella estudia y perfecciona específicamente los principios de la termodinámica, transferencia de calor, mecánica, mecánica clásica, mecánica cuántica, mecánica de fluidos y otras ciencias. Teoría de control y ciencia de materiales para el diseño y análisis de diversos elementos usados en la actualidad. (HAMROCK, Bernard; et, al., 2000)

Repotenciación de maquinaria. – Es la modificación o adaptación del diseño existente del equipo de acuerdo a los nuevos requerimientos del cliente al minimizar los cambios en el diseño original y maximizar el uso de los equipos y dispositivos existentes. Para así mejorar la disponibilidad y aumentar la productividad además de facilitar el manejo del equipo, mejorar la precisión. (HAMROCK, Bernard; et, al., 2000)

Sembradora de maíz. – La sembradora de maíz es una herramienta agrícola diseñada para sembrar y fertilizar la tierra, la cual se utiliza en el mundo con todo tipo de semillas. Esta adecuada para realizar la siembra habiendo arado previamente la tierra. sembradoras para siembra directa. (JOHN DEERE, 2020)

Ingeniería inversa. – La ingeniería inversa o retroingeniería es el proceso llevado a cabo con el objetivo de obtener información o un diseño a partir de un producto, con el fin de determinar cuáles son sus componentes y de qué manera interactúan entre sí y cuál fue el proceso de fabricación. (CREAFORM, 2019)

Digitalización. – La digitalización corresponde al proceso de captura de la información geométrica de un objeto físico mediante herramientas tecnológicas de adquisición de datos en masa como escáneres laser, digitalizadores ópticos, brazos de contacto, palpadores, mesas de medición de coordenadas y tomógrafos axiales computarizado. (CREAFORM, 2019)

SolidWorks (software). – El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. (3D CAD PORTAL, 2019)

Ansys (software). – Es un ecosistema de programas CAE para diseño, análisis y simulación de partes por elementos finitos FEA, incluye las fases de preparación de meshing o malleo, ejecución y post proceso, el programa ejecuta análisis de piezas sometidas a fenómenos físicos usadas

en ingeniería y diseño mecánico, puede resolver problemas físicos sometidos a esfuerzos térmicos, fluidos, vibración y aplicaciones específicas, brevemente se describen sus módulos principales por disciplina. (3D CAD PORTAL, 2019)

Análisis de esfuerzos. – Nos permite y guía en la ingeniería de procesos predictiva, predecir el comportamiento de equipos y sus materiales al ser sometidos a diferentes tipos de carga. (SHIGLEY, Joseph; & UICKER, John., 1988)

BIBLIOGRAFÍA

3D CAD PORTAL. *Ansys.* [en línea] 2019. [Consulta: 3 abril 2020]. Disponible en: <http://www.3dcadportal.com/ansys.html>.

BETANCUR, Mario. *Ingeniería Inversa Aplicada Metodología y Aplicaciones Industriales.* Medellín-Colombia, 2011, pp. 123-126.

CAÑAVATE, Jaime. *Las máquinas agrícolas y su aplicación.* Madrid-España: Mundi Prensa, 2012, pp. 200-201.

CAÑAVATE, Jaime; & HERNÁNDEZ, José. *Técnica de la mecanización agraria.* Madrid-España: Mundi Prensa, 1989, pp. 151-154. 9788471142153.

CEPYME ARAGÓN. *Cepyme Aragón.* [en línea] 9 de Junio de 2016. [Citado el: 22 de Octubre de 2019.] <http://www.conectapyme.com/documentacion/2010Agricola.pdf>.

CIFUENTES, Michael; & VARÓN, Johan. *Estudio de la Influencia de la Generación de Geometría CAD en los Resultados de Simulación en CAE.* Bogotá-Colombia: Universidad Distrital Francisco José de Caldas, 2016, pp. 58-59.

CORTBAQUI, Roger. *Siembra de papa.* 2ª ed. Lima-Perú: CIP, 1988, pp. 15-16.

COUOH, Russel. *Laminas y Aceros.* [En línea] 23 de Julio de 2019. [Citado el: 4 de Marzo de 2020.] <https://blog.laminasyaceros.com/blog/aceros-utilizados-para-la-fabricaci%C3%B3n-de-engranes>.

COVEPAL. *Redagrícola. Expertos abordan los grandes desafíos para el cultivo del maíz.* [En línea] Julio de 2017. [Citado el: 2 de Febrero de 2020.] <http://www.redagricola.com/cl/expertos-abordan-los-grandes-desafios-cultivo-del-maiz/>.

CREAFORM. *Servicios de Ingeniería Inversa.* [En línea] 09 de Septiembre de 2019. [Citado el: 19 de Enero de 2020.] <https://www.creaform3d.com/es/servicios-de-ingenieria-en-3d/servicio-de-ingenieria-inversa>.

CREAFORM. *Creaform lanza la nueva generación de escáneres 3d portátiles GO!SCAN 3D.* [En línea] 09 de Abril de 2019. [Citado el: 14 de Noviembre de 2019.] <https://www.creaform3d.com/es/acerca-de-creaform/sala-de-prensa/comunicados-de-prensa/creaform-lanza-la-nueva-generacion-de#gref>.

DELGADO JUCA, Rafael Fernando; & LEMA CONGACHA, Víctor Hugo. Desarrollo del procedimiento de control de calidad de proceso de pintura para un autotanque de 800 gl de capacidad de gas licuado de petróleo bajo normas nace [En línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ingeniería Mecánica. Riobamba-Ecuador. 2017. pp. 87-89. [Consulta: 2020-02-16]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/7001/1/65T00233.pdf>

DIPAC. *Dipac productores de acero.* [En línea] 2019. [Citado el: 3 de Abril de 2020.] <http://www.dipacmanta.com/tubos/tubos-estructurales/tubo-estructural-cuadrado-negro>.

MARTÍN CAMPOS, Javier. *EcuRed* [blog]. 2014. [Consulta: 29 Enero 2020]. Disponible en: https://www.ecured.cu/Tub%C3%A9rculo#El_ma.C3.ADz.

ETCHEVERRÍA TOIRKENS, Paulina.; & BARAHORA LEIVA, Viviana. "El secuestro de carbono en los suelos". *Redagícola*, [en línea], (2018), (Chile), pp. 1-2. [Consulta: 20 marzo 2020]. ISSN 0718- 0802. Disponible en: <https://www.redagricola.com/cl/el-secuestro-de-carbono-en-los-suelos/>

GANZEL, Bill. "Planter Technology". *Living History Farm*, [en línea], (2009), (EE.UU), pp. 1-2. [Consulta: 12 febrero 2020]. ISSN 0718- 0802. Disponible en: https://livinghistoryfarm.org/farminginthe70s/machines_08.html.

HAMROCK, Bernard; et, al. *Elementos de Máquinas.* México DF-México: McGraw-Hill, 2000, pp. 3-4. 0-256-19069-09.

INFOAGRO. *Factores clave para la eficiente siembra de granos.* [En línea] 31 de Agosto de 2016. [Citado el: 2 de Febrero de 2020.] <https://mexico.infoagro.com/factores-clave-para-la-eficiente-siembra-de-granos/>.

IVAN BOHMAN C.A. Catálogos de productos. [En línea] 2018. [Citado el: 12 de Febrero de 2020.] www.ivanbohman.com.ec.

JOHN DEERE. *Sembradoras*. [En línea] 2020. [Citado el: 2 de Febrero de 2020.] <https://www.deere.com/latin-america/es/plantaci%C3%B3n-y-siembra/1035/>.

ALOIS KOLLER, Adrian. Design, Performance Prediction and Validation of a Seed Orienting Corn Planter. 24 de Julio de 2013. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Doctor) Oklahoma State University, Biosystems Engineering. Oklahoma-EE.UU. 2013. pp. 74-75. [Consulta: 2020-04-07]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/215279767.pdf>

LARBURU, Nicolás. *Máquinas Prontuario. Técnicas, Máquinas, Herramientas*. 13ª ed. Madrid-España: Paraninfo, 2008, pp. 321-325

LOBATO, Antonio; et, al. "El secuestro de carbono en los suelos". *Redagícola*, [en línea], (2017), (Chile), pp. 1-2. [Consulta: 25 febrero 2020]. ISSN 0718- 0802. Disponible en: <http://www.redagricola.com/cl/>

MAGRAMA. Boletín agrario. [En línea] 2016. <https://boletinagrario.com/f798,sembradoras-chorrillo.html>.

MARGOLIS, J. *Engineering Thermoplastics*. New York-EE.UU: Marcel Dekker, 1985, pp. 403-405.

MARTÍNEZ, Juan. *Implementación de la Ingeniería Inversa para el Desarrollo de Piezas de Uso Mecánico en las Atracciones del parque del café*. Pereira-Colombia: s.n., 2017, pp. 98-100.

MONTEROS, A. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca - Ecuador. [En línea] 17 de Agosto de 2016. [Citado el: 1 de Junio de 2016.] http://sinagap.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimiento_papa.pdf.

MOYA, J; & VELÁSQUEZ, J. *Cálculo de engranajes plásticos*. Xalapa-México: Ingeniería Mecánica, 2007, Vol. 6, pp. 212-215.

NICOLÁLDE SUBIA, Freddy Sebastián;& TUTILLO OÑA, Mario Amador. Análisis comparativo del acabado superficial en aleación de aluminio 7075-t6 para un proceso de mecanizado CNC entre un sistema de lubricación de mínima cantidad hasta 50 ml/h y un sistema de lubricación por inundación. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad Politécnica Salesiana, Carrera de Ingeniería Mecánica. Quito-Ecuador. 2019. pp. 47-48. [Consulta: 2020-03-14]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17724>

NORTON, Robert. *Diseño de Máquinas*. 4ª ed. México DF-México: McGraw-Hill, 2009, pp. 7-9. 978-970-10-6884-7.

OSORIO ORELLANA, Diego Ezequiel. Estudio Puesta en marcha y Proposición de Ensayos para un Transportador de Tornillo de Laboratorio. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Eléctrica. Valparaíso-Chile. 2018. pp. 25-26. [Consulta: 2020-03-28]. Disponible en: http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-4500/UCC4538_01.pdf

OSPINA, Cristian; & RAMÍREZ, Bryan. *Aplicación de la Ingeniería Inversa en la Reproducción de una pieza plástica Inyectada*. Pereira-Colombia: s.n., 2015, pp. 57-58.

PÉREZ, Yuridia. Scribd. *Tractor Agrícola Definición*. [En línea] 17 de Junio de 2014. [Citado el: 14 de Octubre de 2019.] <https://es.scribd.com/doc/90437475/Tractor-Agricola-Definicion>.

POETTINGER. *Sembradoras*. [En línea] 2019. [Citado el: 4 de Febrero de 2020.] https://www.poettinger.at/es_es.

POLANCO, Manuel. *Maquinaria y Mecanización Agrícola*. Bogotá-Colombia: Centro Nacional de Medios para el Aprendizaje, 2007, pp. 208-209.

QUEVEDO, Duver C.; & CERVANTES, Joel S. "Maíz: Sustento de vida en la cultura Teenek". *Revista de Geografía Agrícola*, n° 58 (2017), (México) pp. 11-12.

RAMÍREZ GUTIERREZ, Miguel Ángel. Calibración y Ajuste de Sembradoras Motrices. [En línea] (Trabajo de Titulación). (Pregrado) Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, División de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Mecánica Agraria. Coahuila-México. 2004. pp. 71-72. [Consulta: 2020-02-27]. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5725/58384%20RAM%c3%8dREZ%20GUTI%c3%89RREZ%2c%20MIGUEL%20ANGEL%20%20%20MONOG.%20%20T14509.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

RODRÍGUEZ, Hermenegildo. *Capacidad de Tiro en los Tractores Agrícolas*. [En línea] 2019. [Citado el: 4 de Marzo de 2020.] <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn303.html>.

RODRÍGUEZ, Hermenegildo. *Propiedades Mecánico-Químicas del Aluminio.* [En línea] 2018. [Citado el: 4 de Marzo de 2020.] <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn110.html>.

RODRÍGUEZ., Hermenegildo. *Cálculo de Transportadores de Tornillo sinfín.* [En línea] 2019. [Citado el: 1 de Abril de 2020.] <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn143.html>.

SALAMANCA, Carlos. Diseño asistido por computador, una poderosa herramienta incorporada a la formación de Suboficiales FAC. s.l. : TecnoESUFA: revista de tecnología aeronáutica, 2015, Vol. V.

SERRATOS, José. *El origen y la diversidad del maíz en el continente americano.* 2ª ed. México DF-México: Greenpeace, 2012, pp. 22-28.

SHIGLEY, Joseph; & UICKER, John. *Teoría de Maquinas y Mecanismos.* 1ª ed. México DF-México:: McGraw-Hill, 1988, pp. 5-7. 968-451-297-X.

SIEMENS. Siemens Ingenuity for life. [En línea] 2019. [Citado el: 2 de Febrero de 2020.] <https://www.plm.automation.siemens.com/global/es/>.

TRACK TRACTOR SENIOR SPECIALIST. *Manual Challenger Espanhol.* [En línea] 2005. [Citado el: 18 de Marzo de 2020.] <https://es.scribd.com/document/45815414/Manual-Challenger-Espanhol>.



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: Día / Mes / Año

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Juan Pedro Maigua Mendoza Darío Bladimir Paredes Fierro
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Mecánica
Carrera: Ingeniería Mecánica
Título a optar: Ingeniero Mecánico
f. Analista de Biblioteca responsable: Jhonatan Rodrigo Parreño Uquillas. MBA