

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA FUMIGADORA PARA RIEGO EN CULTIVOS DE
CEBOLLA JUNCA**

**JUAN SEBASTIAN OSSA OSPINA
CAMILO ALFONSO PUERTO SANTAMARIA**

**Proyecto integral de grado para optar al título de
INGENIERO MECÁNICO**

Orientador

Diego Fernando Avendaño

Ing. MSc. PhD(c)

**FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA DE INGENIERIA MECANICA
BOGOTA D.C**

2021

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del director

Firma de presidente Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá D.C Agosto de 2021

DIRECTIVOS DE LA UNIVERSIDAD

Presidente de la universidad y Rector del Claustro

Dr. Mario Posada García Peña

Consejero Institucional

Dr. Luis Jaime osada García Peña

Vicerrectora Académico y de Investigación

Dra. Alexandra Mejía Guzman

Vicerrector Administrativo y Financiero

Dr. Ricardo Alfonso Peñaranda Castro

Secretario General

Dr. José Luis Macías Rodríguez

Decano de la Facultad

Dr. Julio César Fuentes Arismendi

Director de Programa de Ingeniería Mecánica

Dra. María Angelica Acosta

Las directivas de la Universidad de América, los jurados calificadores y el cuerpo docente no son responsables por los criterio e ideas expuestas en el presente documento. Estos corresponden únicamente a los autores.

TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN	19
INTRODUCCION	20
OBJETIVOS	21
Pregunta de investigación	21
1. CULTIVO DE LA CEBOLLA JUNCA	22
1.1 Ciclo biológico de la cebolla	22
1.2 Composición de la cebolla Junca	22
1.3 Cultivo de cebolla junca	24
1.4 Trazado	25
1.5 Cosecha y fumigación	25
1.6 Análisis del cultivo cebolla junca	26
2. FUMIGACIÓN DE LA CEBOLLA JUNCA	27
2.1 Cuidado de las plantaciones	27
2.2 Plagas que controlar	28
2.2.1 Trozadoras – <i>Agrotis ípsilon</i>	28
2.2.2 Minador de las hojas – <i>Liriomyza huidobrensis</i>	28
2.2.3 Trips – <i>Thrips tabacci</i>	28
2.2.4 Pulgones – <i>Pulgón myzus</i>	29
2.3 Control químico para plagas	29
2.4 Enfermedades	29
2.4.1 Mancha negra	29
2.4.2 Mancha purpura	30

2.4.3	<i>Royal de la cebolla</i>	31
2.4.4	<i>Tizona de la hoja</i>	32
2.4.5	<i>Pudrición blanca</i>	32
2.5	Aplicación de plaguicidas	33
2.5.1	<i>Frecuencia de aplicación</i>	33
2.5.2	<i>Velocidad de avance</i>	34
2.5.3	<i>Tamaño de gota</i>	34
2.5.4	<i>Boquillas</i>	35
2.6	Formas de aplicar el agente químico	36
2.7	Análisis de la fumigación de la cebolla Junca	40
3.	DISEÑO CONCEPTUAL	44
3.1	Alternativa de solución	44
3.1.1	<i>Alternativa 1</i>	44
3.1.2	<i>Alternativa 2</i>	46
3.1.3	<i>Alternativa 3</i>	47
3.2	Matriz de viabilidad	49
3.3	Parametrización	51
3.3.1	<i>Variables funcionales</i>	51
3.3.2	<i>Variables de operación</i>	52
3.4	Diseño de la caja negra	52
3.4.1	<i>Sistema estructural</i>	53
3.4.2	<i>Sistema de generación y transmisión de potencia</i>	54
3.4.3	<i>Sistema de aspersión</i>	54
3.4.4	<i>Sistema de bombeo</i>	54
3.4.5	<i>Sistema de almacenamiento</i>	54

3.4.6	<i>Sistema de frenado</i>	55
3.4.7	<i>Sistema de instrumentación</i>	55
3.5	Flujo de proceso	55
3.5.1	<i>Pre – proceso</i>	56
3.5.2	<i>Proceso de fumigación</i>	58
3.5.3	<i>Post – proceso</i>	61
4.	DISEÑO MECANICO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES	64
4.1	Sistema hidráulico	64
4.2	Sistema de bombeo	71
4.3	Sistema de almacenamiento	72
4.4	Sistema de transmisión y generación de potencia	73
4.4.1	<i>Sistema de generación de potencia</i>	73
4.4.2	<i>Sistema de transmisión de potencia</i>	76
4.4.3	<i>Diseño de los ejes</i>	87
4.4.4	<i>Selección de rodamientos</i>	104
4.5	Sistema estructural	111
4.5.1	<i>Diagrama de cuerpo libre</i>	113
4.5.2	<i>Diagrama de cuerpo libre para vigas</i>	116
4.5.3	<i>Análisis por elementos finitos</i>	133
4.5.4	<i>Cálculos soldadura</i>	137
4.5.5	<i>Cálculo de pernos de fijación</i>	142
4.6	Sistema de frenado	143
4.7	Sistema de instrumentos	145
5.	MANUALES PARA EL USUARIO	151
5.1	Manual de ensamble	151

5.2	Manual de operación	173
5.2.1	<i>Antes de usar</i>	173
5.2.2	<i>Manual de la bomba</i>	174
5.2.3	<i>Proceso de fumigación</i>	175
5.2.4	<i>Como regular la velocidad del motor</i>	176
5.2.5	<i>¿Cómo saber cada cuanto debo ingresar gasolina al motor y mezcla al tanque?</i>	176
5.3	Manual de mantenimiento	177
5.3.1	<i>Sistema estructural</i>	178
5.3.2	<i>Sistema de generación y transmisión de potencia</i>	179
5.3.3	<i>Sistema de aspersion</i>	179
5.3.4	<i>Sistema de Bombeo</i>	180
5.3.5	<i>Sistema de almacenamiento</i>	181
5.3.6	<i>Sistema de control</i>	181
5.3.7	<i>Sistema de frenado</i>	182
6.	ANÁLISIS DE COSTOS	185
7.	CONCLUSIONES	1911
	BIBLIOGRAFÍA	1922
	ANEXOS	195

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Partes de la cebolla junca	23
Figura 2. Inflorescencia cebolla junca	24
Figura 3. Clasificación de la gota según su tamaño	35
Figura 4. Fumigadora de motor	37
Figura 5. Fumigadora manual	38
Figura 6. Fumigadora para tractor	39
Figura 7. Máquina fumigadora modelo m-01	40
Figura 8. Alternativa 1	45
Figura 9. Alternativa 2	46
Figura 10. Alternativa 3	48
Figura 11. Diseño de la caja negra	53
Figura 12. Flujo de proceso pre-proceso	56
Figura 13. Continuación pre-proceso	57
Figura 14. Flujo de proceso aplicación del agente químico	58
Figura 15. Continuación del proceso de fumigación	59
Figura 16. Flujo de post proceso	61
Figura 17. Continuación pre-proceso	62
Figura 18. Esquema montaje sistema hidráulico	64
Figura 19. Montaje del sistema hidráulico en la máquina vista lateral	65
Figura 20. Montaje del sistema hidráulico en la zona de boquillas	65
Figura 21. Catálogo bomba eduardoño	71
Figura 22. Catálogo virtual prominent	72
Figura 23. Catálogo de motores honda	75
Figura 24. Esquema del sistema reductor	76
Figura 25. Factor de diseño, intermec	77
Figura 26. Curva de rendimiento del motor	78
Figura 27. Selección de tipo de correas	80
Figura 28. Poleas para correa tipo 3vx	81
Figura 29. Especificaciones de polea de un canal	82

Figura 30.	Nomenclatura para poleas con buje	83
Figura 31.	Dimensiones de buje qd	84
Figura 32.	Pesos estándar de los bujes	84
Figura 33.	Poleas para correa tipo 3v	85
Figura 34.	Distribución de las poleas sobre los ejes	87
Figura 35.	Ejes del sistema reductor	88
Figura 36.	Diagrama de fuerzas sobre las poleas	90
Figura 37.	Diagrama eje x-z	91
Figura 38.	Diagrama de cortantes en el eje	92
Figura 39.	Diagrama de flectores en el eje	92
Figura 40.	Esquema eje x-y	93
Figura 41.	Diagrama de cortante en el eje	94
Figura 42.	Diagrama de flectores en el eje	94
Figura 43.	Factor a-b	96
Figura 44.	Factores de carga según temperatura	97
Figura 45.	Valores de confiabilidad	97
Figura 46.	Dimensiones de cuñeros	99
Figura 47.	Factor de concentrador de esfuerzos k_t para cuñero semi circular	99
Figura 48.	Factor de concentrador de esfuerzo k_{ts} para cuñero semi circular	100
Figura 49.	Cortante de neubere para aceros	101
Figura 50.	Extrapolación para el valor de \sqrt{a}	101
Figura 51.	Tabla de rangos de vida útil	104
Figura 52.	Croquis de soporte y rodamiento	109
Figura 53.	Dimensiones del soporte y rodamiento	110
Figura 54.	Vista isométrica estructura diseñada	111
Figura 55.	Vista lateral	112
Figura 56.	Vista superior	112
Figura 57.	Diagrama de cuerpo libre	115
Figura 58.	Viga analizada.	116
Figura 59.	Diagrama de cuerpo libre viga entre los nodos 3-17 y 4-16	117
Figura 60.	Diagrama de fuerza cortante (3-17) y (4-16)	118

Figura 61.	Diagrama de momento flector (3-17) y (4-16)	119
Figura 62.	Catálogo de perfiles circular	122
Figura 63.	Criterio de deflexión de viga	123
Figura 64.	Caso de cálculo de deflexión máxima por carga	125
Figura 65.	Diagrama de cuerpo libre viga entre los nodos (3-17) y (4-16)	125
Figura 66.	Valor para k	128
Figura 67.	Valores de fuerza critica	129
Figura 68.	Diagrama de cuerpo libre columna 1-30	131
Figura 69.	Diagrama de cuerpo libre columna 2-21	132
Figura 70.	Procedimiento general para el diseño uniones soldadas	137
Figura 71.	Viga entre los nodos 8-11	138
Figura 72.	Factores geométricos para el análisis de soldadura	139
Figura 73.	Diagrama de fuerza viga entre los nodos 8-11	140
Figura 74.	Diagrama cargas en las uniones	141
Figura 75.	Odometro-velocimetro	145
Figura 76.	Kit de acelerador	146
Figura 77.	Kit de frenado.	147
Figura 78.	Montaje del freno - accionador de válvula - acelerador	148
Figura 79.	Montaje del manómetro en la bomba	149
Figura 80.	Montaje velocímetro en la estructura	149
Figura 81.	Estructura base	151
Figura 82.	Ensamble de dirección	152
Figura 83.	Ensamble en detalle rodamiento	153
Figura 84.	Ensamble manubrio dirección	154
Figura 85.	Ensamble manubrio dirección.	155
Figura 86.	Fijación arandela tornillo hexagonal m5 x 20	155
Figura 87.	Ensamble del eje 1 según figura 31.	156
Figura 88.	Ensamble del eje 2 según figura 31.	156
Figura 89.	Montaje chumacera ucf 207-22	157
Figura 90.	Montaje de los ejes en la estructura.	157
Figura 91.	Montaje de la lámina de fijación del eje.	158

Figura 92.	Ubicación arandela de fijación y prisionero.	159
Figura 93.	Montaje del motor con componentes.	160
Figura 94.	Montaje del motor en la estructura.	160
Figura 95.	Ensamble chumacera ucp 205-16.	161
Figura 96.	Ensamble de la bomba en la estructura.	162
Figura 97.	Montaje soporte se11	163
Figura 98.	Ensamble general del eje 3 con sus componentes	163
Figura 99.	Ensamble detallado rodamiento-cello eje 3	164
Figura 100.	Fijación de eje con anillo	164
Figura 101.	Porta boquillas – pasador clevis din 1444b 4x50	165
Figura 102.	Montaje de mangueras para boquillas con tee.	165
Figura 103.	Abrazadera ajustable qj111sq 1-1/2”.	166
Figura 104.	Montaje de la abrazadera en la estructura.	166
Figura 105.	Ensamble de la porta boquillas con la abrazadera.	167
Figura 106.	Conexión manguera 3/8” – porta boquillas por medio de abrazadera.	168
Figura 107.	Conexión entre la manguera de la válvula – tee.	168
Figura 108.	Perno en u para fijar tee	169
Figura 109.	Montaje del freno en la dirección	169
Figura 110.	Montaje rueda trasera	170
Figura 111.	Montaje rueda trasera	171
Figura 112.	Montaje de llanta – eje 3 pasador din 1444b 10x45.	171
Figura 113.	Ubicación mangueras en la bomba	172
Figura 114.	Partes de la bomba	174
Figura 115.	Ubicación del operario en la máquina	175
Figura 116.	Partes manubrio	176
Figura 117.	Nebulizadora móvil swedish husky	190

LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Análisis del cultivo de la cebolla junca	26
Tabla 2. Tabla de productos químicos utilizados	29
Tabla 3. Tabla de químicos.	30
Tabla 4. Tabla de agente químico utilizado en esta enfermedad	31
Tabla 5. Funguicidas utilizados para controlar la enfermedad	31
Tabla 6. Tabla de agentes químicos	32
Tabla 7. Tabla de agentes químicos	33
Tabla 8. Caudal dependiendo de la presión	36
Tabla 9. Tabla concluyente de plagas	41
Tabla 10. Tabla concluyente enfermedades	41
Tabla 11. Tabla de dosis de agente químico	42
Tabla 12. Tabla concluyente equipos de fumigación	42
Tabla 13. Tabla concluyente aplicación	43
Tabla 14. Matriz de viabilidad	50
Tabla 15. Tabla de boquillas teejet	66
Tabla 16. Propiedades sistema	67
Tabla 17. Valores tomador para la variable k	68
Tabla 18. Coeficiente de fricción de rodamiento	73
Tabla 19. Tabla de materiales de poleas	86
Tabla 20. Resumen de resultados de las poleas.	86
Tabla 21. Propiedades del acero4340	88
Tabla 22. Valores para las variables c y co	106
Tabla 23. Ficha técnica rodamiento	107
Tabla 24. Factores x y	108
Tabla 25. Resumen diseño de ejes.	110
Tabla 26. Tabla de centros de gravedad y pesos de los elementos importantes	114
Tabla 27. Cálculos de área (3-17) y (4-16)	118
Tabla 28. Tabla resumen momentos flectores	120
Tabla 29. Tabla de momento torsor de las vigas	121

Tabla 30. Tabla de rangos de deflexión permitidos	124
Tabla 31. Tabla de verificación deflexión por los tres métodos	127
Tabla 32. Restricciones y apoyos programa solidworks	134
Tabla 33. Tabla cargas	135
Tabla 34. Propiedades enmallado	136
Tabla 35. Factor de seguridad según tensión de von mises max.	136
Tabla 36. Listado de actividades de mantenimiento	182
Tabla 37. Continuación tabla 36	183
Tabla 38. Continuación tabla 36	184
Tabla 39. Costo elementos de la máquina.	185
Tabla 40. Continuación tabla 39	186
Tabla 41. Costos fabricación y puesta en marcha	188
Tabla 42. Tabla costos etapas de diseño	189
Tabla 43. Total costo máquina	189

LISTA DE NOMENCLATURA

Sistema de transmisión de potencia

F_s : Factor de diseño

D : Diametro

N : Revoluciones por minuto

ω : Velocidad angular

r : Radio

v : Velocidad

P : Potencia

T : Torque

F : Fuerza

F_n : Fuerza neta

F_s : Fuerza flectora del eje

M : Momento

R_x : Reacciones en x

R_y : Reacciones en y

R_z : Reacciones en z

S_{ut} : Esfuerzo ultimo

S_y : Esfuerzo de fluencia

S_e : Limite de resistencia a la fatiga en la ubicación critica de una parte de máquina en la geometría y condición de uso.

S_e' : Limite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria

K_a : Factor de modificación por la condición superficial

K_b : Factor de modificación por el tamaño

K_c : Factor de modificación por la carga

K_d : Factor de modificación por la temperatura

K_e : Factor de confiabilidad

K_f : Factor de modificación por efectos varios
 C : Distancia entre centros
 L : Longitud de banda necesaria
 B : Longitud estandar
 J : Momento polar de inercia
 θ : Ángulo de deflexión
 G : Modulo de rigidez
 L_p : Longitud primitiva de la correa
 L_{10h} : Vida nominal basica (horas funcionales)
 L_{10} : Vida nominal basica (millones de revoluciones)
 C : Capacidad de carga basica
 P : Carga dinamica equivalente del rodamiento
 p : Exponente de la ecuación de la vida
 C_T : Capacidad de carga dinamica teorica
 P_T : Carga dinamica equivalente teorico
 C_o : Capacidad de carga estatica

Sistema hidráulico

P : Presion
 Z : Altura
 γ : Peso especifico
 v : Velocidad del fluido
 g : Gravedad
 Q : Caudal
 A : Area
 φ : Densidad
 μ : Viscosidad dinamica
 f : Coeficiente de friccion

L: Longitud

h_b : Cabezal de bomba

h_f : Cabezal de fricción

h_l : Cabezal por accesorios

k: factor por accesorio

h_f : Cabezal de flicción

Re: Reynold

h_f : Cabezal de flicción

η_b : eficiencia

Sistema estructural

$\sum Fy$: sumatoria de fuerzas en Y

$+\cup \sum M$: sumatoria de momentos

σ_f : esfuerzo a fluencia

M_{max} : momento flector maximo

S: modulo de seccion

Y_{max} : deflexión maxima

K: factor de longitud efectiva

r: radio de giro

L: longitud de la columna

F_e : fuerza de euler

F_{cr} : fuerza critica

b: logitud del perfil

t: espesor

E: modulo elastico

A_g : area de sección

P_n : resistencia admisible

I: momento inercia

A_w : *area soldadura*

J_w : *modulo soldadura*

τ'_y : *cortante primario*

τ''_x : *cortante secundario*

V_y : *fuerza cortante*

Unidades

m : *Metros*

l : *Litros*

ha : *Hectareas*

hp : *Caballos de fuerza*

Km : *Kilometros*

rpm : *Revoluciones por minuto*

min : *Minutos*

s : *segundos*

h : *horas*

in : *pulgadas*

psi : *Libra por pulgada cuadrada*

rad : *Radianes*

$lb.in$: *Libra por pulgada*

cc : *Centimetro cubico*

g : *Gramo*

kg : *Kilogramo*

N : *Newton*

lb : *libra*

RESUMEN

La fumigación es el método más efectivo que tienen los campesinos para el control y eliminación de plagas e infecciones en los cultivos. Esta técnica se efectúa con equipos especializados que transmiten una mezcla química en forma de pequeñas gotas que se rocían tanto en el tallo como en las hojas de las plantas. El presente trabajo de grado propone una máquina compuesta por siete sistemas que ayudan a resolver uno de los mayores problemas a los que se enfrentan los operarios en el momento de realizar sus labores diarias. La razón principal que inspira el desarrollo de dicho aparato es la prevención de los diferentes tipos de enfermedades y lesiones causadas por las sobrecargas a las cuales están expuestas los trabajadores. En este orden de ideas, se buscó diseñar una fumigadora que requiriera la menor cantidad de esfuerzo físico en el cultivo de la cebolla Junca.

PALABRAS CLAVE:

Fumigación, cebolla junca, pequeños productores, motor, bomba.

INTRODUCCION

En la actualidad, dentro del territorio colombiano los campesinos siguen utilizando equipos insuficientes para realizar labores de fumigación, aunque ya existan alternativas que facilitan dichas tareas. Tales como, técnicas de fumigación por medio de tractores y rocío con avionetas son utilizadas en muchos países, aunque presenten algunas falencias, como el desperdicio de material, costos elevados y la falta de control en los periodos de fumigación. No obstante, pequeños productores, entre ellos cultivadores de cebolla junca, son los más perjudicados puesto que no disponen de estos métodos modernos para realizar su labor.

En este orden de ideas, recobra una gran importancia la optimización del proceso de fumigación para generar una mejoría al sector agrícola que se encuentra en un creciente auge, y de este modo beneficiar la productividad y economía del pequeño agricultor colombiana. En consecuencia, se plantea la necesidad de:

- Analizar en detalle el cultivo de la cebolla junca y su fumigación.
- Diseñar una máquina fumigadora dirigida a los pequeños productores.
- Seleccionar los componentes pertinentes para dicho fin.

OBJETIVOS

Objetivo general

Diseñar una máquina de fumigación para riego de cultivo de cebolla Junca.

Objetivo específico

1. Caracterizar el cultivo de la cebolla junca y su proceso de fumigación.
2. Establecer modo funcional, diseño conceptual y parámetros del equipo, evaluando diferentes alternativas para cada sistema.
3. Diseñar la máquina en detalle.
4. Elaborar los manuales de ensamble, mantenimiento y de operación.
5. Realizar análisis de costos.

Pregunta de investigación

¿Cuál es el diseño óptimo de una máquina fumigadora para riego en cultivos de cebolla junca?

1. CULTIVO DE LA CEBOLLA JUNCA

1.1 Ciclo biológico de la cebolla

El ciclo biológico de la cebolla está conformado por dos etapas: vegetativa y reproductiva. La etapa vegetativa tiene lugar en el primer año de la siembra. En los primeros 2 meses germina la semilla y se desarrolla la raíz primaria, de la cual nace el tallo y, posteriormente, las primeras hojas. Este crecimiento se da a una tasa constante de una hoja por semana, que es determinada por factores como la temperatura del suelo, que oscila entre los 20 y los 25° C, y la disposición de agua. Al finalizar esta primera etapa, la cebolla presenta múltiples hojas y en su interior comienza a crecer el bulbo.

La etapa reproductiva tiene lugar en el segundo año de la siembra, posterior a la formación de bulbos. En esta, la planta puede tener una altura total de 0,5 a 1,5 m, para finalmente producir semillas.[1][2]

1.2 Composición de la cebolla Junca

La cebolla junca es formada por vástagos de hojas que nacen de un mismo sitio. La planta totalmente desarrollada posee cuatro estructuras fundamentales según [1][2]:

Raíz: compuestas de raíces originadas del tallo, se encuentran en la parte inferior de la planta. Posee una raíz principal que puede alcanzar una profundidad de 25 cm, la cual expande su área a 15 cm por medio de otras raíces secundarias conocidas como raicillas. Al nacer una nueva hoja surge una nueva raicilla.

Tallo: está situado en la parte inferior del bulbo en forma de disco. Se sitúa por debajo del nivel del suelo, las hojas y las nuevas raicillas surgen del centro de este disco.

Seudotallo: esta parte de la planta posee una coloración blanca, compuesta de hojas que surgen del tallo. Dicha composición forma una estructura de hojas ajustadas.

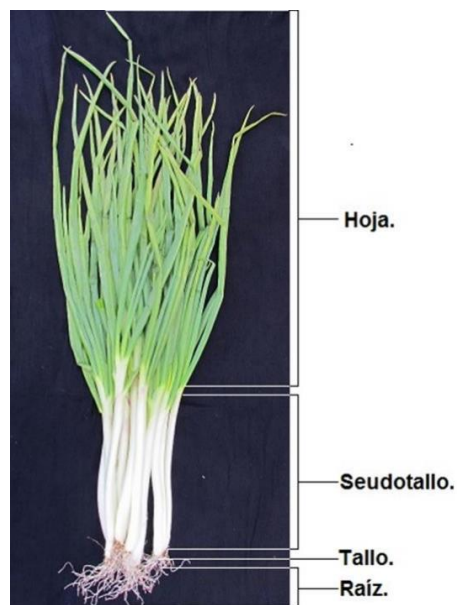
Hojas: es la parte final de la planta con una coloración verdosa. Presenta una forma cónica o cilíndrica hueca que cumple la función de albergar las semillas. Tiene una altura de entre 25 y 35 cm.

Inflorescencia: son vistosa con colores blancos o lila, se reúnen en una inflorescencia del tipo umbrela. Cuando la planta ha pasado su estado juvenil (cuando poseen un diámetro de $\frac{1}{4}$ de pulgada) y se expone a un periodo de temperaturas menores a 10°C comienza el proceso de vernalización en el que se forma la parte superior del tallo. En cada tallo se pueden generar alrededor de 200 a 1000 flores, como se puede ver en la figura 2.

A continuación, se puede observar en la figura 1 las partes anteriormente mencionadas.

Figura 1.

Partes de la cebolla Junca



Nota. Partes de la cebolla junca desarrollada. Tomado de: J. Jaramillo, P. Aguilar, L. Cano, P. Tamayo, G. Franco, and F. Benjumea, *Modelo tecnológico para el cultivo de cebolla de rama en el departamento de Antioquia Allium stulosum*, no. October 2018. 2016.

Figura 2.

Inflorescencia cebolla junca



Nota. Inflorescencia presente en la cebolla junca. Tomado de: "Allium_cepa_002.JPG (1320×1761)." https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cc/Allium_cepa_002.JPG (accessed Sep. 18, 2020).

1.3 Cultivo de cebolla junca

La cebolla Junca es una hortaliza que crece en climas con temperaturas desde los 10 a los 20 grados Celsius. Sin embargo, el desarrollo de esta se da mejor en las zonas media y fría, es decir entre los 1500 y los 3000 metros sobre el nivel del mar, por lo que las mayores producciones del país se encuentran localizadas en Boyacá.

Este tipo de cultivo necesita de 1000 a 1600 mm de agua distribuidos durante todo el año. Es necesario que los suelos retengan ciertos niveles de humedad, en el caso contrario hay que adecuarlos con material orgánico para que cumplan este requisito. Además, deben tener una acidez entre 6 y 6,8 de pH. Es recomendable hacer todo el proceso de corrección del suelo durante el arado para que este se incorpore de manera correcta al terreno trabajado.

1.4 Trazado

Es imperativo respetar la distancia que se debe mantener en el trazado del cultivo a la hora de hacer la siembra de la cebolla junca para que la hortaliza pueda crecer bajo las mejores condiciones posibles. Las medidas para el trazado de los surcos pueden variar dependiendo del tipo de sistema de siembra utilizado. En un sistema de siembra en surcos sencillos se manejan distancias promedio de 0.4 a 0.5 metros entre plantas y de 0.8 a 1 m entre surcos, otra característica de este tipo de siembra es la inexistencia de inclinación en su terreno. En un sistema de siembra al lote caracterizado por presentar una pendiente mayor al 40%, presenta distancias de siembra de 0.25 m entre plantas y de 0.25 m entre surcos. En un sistema de siembra por camas, la distancia entre camas es de 0.4 m en surcos sencillos o de 0.8 m a surcos dobles, ambos tienen una distancia entre plantas de 0.3 m.

Para sembrar las semillas ya preparadas, es necesario hacer agujeros de 0.10 m de diámetro por 0.10 m de profundidad en el cual se colocan cuatro tallos de cebolla que se encuentren en perfecto estado. Después, se procede a incorporar el fertilizante y la tierra que va a recubrir las raíces. Las plantas para su buen crecimiento y desarrollo necesitan de elementos esenciales tales como nitrógeno, fósforo y potasio [2]. Estos nutrientes son propios del suelo donde se encuentra la plantación. Sin embargo, es importante saber que después de cada cosecha es necesario fertilizar el terreno ya que la cebolla empobrece el suelo donde se realizó el cultivo.

1.5 Cosecha y fumigación

El proceso posterior a realizar la siembra del cultivo de cebolla junca es la cosecha. Se debe tener en cuenta las siguientes condiciones para realizar el proceso:

- Número de días según el ciclo (84 días).[3]
- Grosor del Pseudotallo.[3]
- Coloración del Pseudotallo rojiza.[3]

Una vez se cumplan las condiciones anteriormente mencionadas se realiza la cosecha del cultivo cumpliendo los siguientes pasos [3]:

- Aflojar la tierra.

- Retirar la planta a mano.
- Realizar corte de la raíz.
- Empacado.

Por otro lado, la fumigación que se realiza para cuidar el cultivo puede ser de forma preventiva o correctiva dependiendo de las condiciones que se abordarán en el siguiente capítulo

1.6 Análisis del cultivo cebolla junca

A continuación, se presenta una tabla con los datos importantes seleccionados de este capítulo para concretizar de la información más relevante para nuestro trabajo.

Tabla 1

Análisis del cultivo de la cebolla Junca

Cultivo					
Altura máxima de la cebolla (cm)	Altura mínima (cm)	Distancia entre surcos (m)	Tipo de terreno	Clima de la zona	Inclinación del terreno
35	15	0.8	Franco arcilloso	Lluvioso	Sin inclinación
		1			

Nota. Tabla de datos tomados de la investigación realiza en el primer capítulo.

2. FUMIGACIÓN DE LA CEBOLLA JUNCA

2.1 Cuidado de las plantaciones

El proceso de quitar la maleza se hace manualmente. Un mes después de empezar la siembra se realiza el aporque (proceso que consiste en acumular tierra en la base del tronco) para controlar el crecimiento de maleza y poder airear el suelo. En caso de tener una sobrepoblación de matorrales es necesario utilizar herbicidas especializados. También es importante fumigar 2 o 4 veces al mes con fungicidas para proteger los cultivos de hongos, y con insecticidas para controlar las plagas. Se debe tener en cuenta la observación de la población de insectos en el cultivo y las plantas afectadas como otros factores para determinar la frecuencia de aplicación de los agentes químicos de acuerdo con lo que se desee controlar.

Como ya se mencionó anteriormente, es necesario utilizar productos químicos especializados para el cuidado de las plantaciones, por lo cual es importante contar con almacenes diseñados bajo las siguientes condiciones:

- Buena iluminación con el fin de poder leer las etiquetas del producto.
- La menor manipulación posible para evitar pérdidas por derrame.
- Las instalaciones eléctricas de los sitios de almacenamiento deben estar completamente aisladas, ya que al tratarse de productos altamente inflamables una chispa puede provocar un incendio.
- La oficina del jefe de almacén debe estar separada del espacio de almacenamiento.
- Los herbicidas no deben almacenarse en el mismo lugar que los insecticidas u otros plaguicidas, por ejemplo, rodenticidas y funguicidas [4], esto con el fin de evitar contaminación entre los químicos.
- No conservar en temperaturas elevadas ya que esto puede reducir el tiempo de conservación de los plaguicidas.

2.2 Plagas que controlar

Las plagas que atacan el cultivo de cebolla junca son las Trozadoras (*Agrotis ipsilon*), minadores de hojas (*Liriomyza huidobrensis*), Thrips (*Thrips tabacci*), chizas (*mojojoy – marceños*) y pulgones (*pulgón myzus*) según [4].

2.2.1 Trozadoras – *Agrotis ipsilon*

Son unas pequeñas larvas que se alimentan del follaje de la planta, esta puede llegar a dejarla hasta ras de suelo. Durante el día, que es su etapa de inactividad, permanecen dentro del suelo.

En la etapa de larva el insecto se alimenta de las hojas y del tallo para posteriormente enterrarse en la tierra y comenzar su etapa de pupa. Se ven comúnmente a las dos semanas posteriores al trasplante de las matas. La presencia de este tipo de plaga es más común en las temporadas secas.

2.2.2 Minador de las hojas – *Liriomyza huidobrensis*

Los principales daños ocasionados por esta planta son la necrosis y muerte de tejido, interfiriendo con la fotosíntesis y la transpiración de las plantas.

Esta plaga ataca el cultivo durante su etapa de adultos y durante su etapa de larva. La hembra causa daños a la planta al realizar la deposición de los huevos debajo de la epidermis de la hoja y al succionar el contenido celular de las hojas, mientras que los machos al alimentarse afectan el cultivo. Las larvas crean minas o galerías en el tejido foliar, al comienzo siendo pequeñas, pero a medida que crece la plaga se aumenta el diámetro de estas.

2.2.3 Trips – *Thrips tabacci*

Son insectos de pequeños, su tamaño oscila entre 1 y 2 mm, las mayores poblaciones se encuentran en condiciones de verano. Este tipo de plagas causan secamiento desde la punta de la hoja hacia la base.

Durante la etapa de larva tanto inmadura como desarrollada y la etapa de adulto se alimentan de las hojas de las plantas.

2.2.4 Pulgones – Pulgón myzus

Este tipo de plaga reduce el rendimiento, marchita las hojas, reduce el grosor del tallo al succionar la sábila de la hoja. Sin embargo, el efecto más crítico de este tipo de plagas es la transmisión de virus a la planta.

El foco más crítico de la aparición de esta plaga es posterior a la siembra, aunque se pueden observar durante todo el ciclo de cultivo, tanto las ninfas como los adultos causan daños en el cultivo.

2.3 Control químico para plagas

A continuación, se presenta una tabla donde se puede observar los químicos utilizados para realizar el control de las diferentes plagas, tomado de la investigación realizada anteriormente.

Tabla 2.
Tabla de productos químicos utilizados

Agentes químicos	
Plagas	Agente químico
Trozadoras (Agritas ípsilon)	KARATE ZEON CS
Minadoras (Liriomyza huidobrensis)	EXALT
Thrips (Thrips tabacci)	EXALT, KARATE ZEON CS
Pulgones (pulgón myzus)	COFIDOR SC 350, ROXION 40 EC, EL MALATION

Nota. Productos químicos utilizados para las plagas con sus correspondientes dosis.

2.4 Enfermedades

2.4.1 Mancha negra

Se produce por el hongo Peronospora destructor, el ciclo de la enfermedad se caracteriza por periodos largos de latencia de 9 a 16 días y periodos cortos de infección de uno a

dos días, para realizar la fumigación del cultivo se recomienda los químicos presentes en la siguiente tabla.

Tabla 3.
Tabla de químicos.

Ingrediente activo	Dosis
Metalaxil+Mancozeb	3 g/l
Cymoxanil+Mancozeb	2,5 g/l
Cymoxanil+Folpet	4 g/l
Propamocarb	2,5 cc/l
Clorotalonil	2,5 cc/l
Mancozeb	3-4 g/l
Fosfito	5 cc/l
Fenamidone+Propamocarb	1,5 cc/l
Mandipropamid	0,6 cc/l
Azoxystrobin	0,4 g/l
Propamocarb+Metalaxil	0,5 cc/l

Nota. Químicos utilizados para la fumigación del cultivo, junto con su dosis. Tomado de: J. Jaramillo, P. Aguilar, L. Cano, P. Tamayo, G. Franco, y F. Benjumea. *Modelo tecnológico para el cultivo de cebolla de rama en el departamento de Antioquia Allium stulosum*, no. October 2016. 2018.

2.4.2 Mancha purpura

Este patógeno se desarrolla cuando la hoja de la cebolla junca pasa más de 12 horas húmeda, para realizar el control por medio de funguicidas recomendados en la siguiente tabla.

Tabla 4.*Tabla de agente químico utilizado en esta enfermedad*

Ingrediente activo	Dosis
Clorotalonil	1 cc/l
Tebuconazole+Trifloxystrobin	0,5 cc/l
Difenoconazole	0,5 cc/l
Mancozeb	3 g/l
Iprodione	0,5-1 cc/l
Pyraclostrobin+Metiran	2 g/l
Difenoconazole 250	0,5 cc/l
Azoxystrobin	0,2 g/l

Nota. Funguicidas utilizados con su correspondiente dosis. Tomado de: J. Jaramillo, P. Aguilar, L. Cano, P. Tamayo, G. Franco, and F. Benjumea, *Modelo tecnológico para el cultivo de cebolla de rama en el departamento de Antioquia Allium stulosum*, no. Octubre 2018. 2016.

2.4.3 Royal de la cebolla

Se desarrolla en las hojas de las plantas, posee un desarrollo acelerado, los primeros síntomas aparecen entre los 7 y 8 días de la infección, su ciclo dura entre 12 y 18 días, para el control químico de la enfermedad se realiza por medio de los químicos presentes en la siguiente tabla.

Tabla 5.*Funguicidas utilizados para controlar la enfermedad*

Ingrediente activo	Dosis
Mancozeb	4 g/l
Azoxystrobin+Difenoconazole	1 cc/l
Trifloxystrobin+Tebuconazole	0,5 cc/l
Propiconazole	1 cc/l
Triadimefon	1 cc/l
Flutriafol	0,5 cc/l

Nota. Funguicidas y dosis recomendadas para el control químico. Tomado de: J. Jaramillo, P. Aguilar, L. Cano, P. Tamayo, G. Franco, and F. Benjumea, *Modelo tecnológico para el cultivo de cebolla de rama en el departamento de Antioquia Allium stulosum*, no. Octubre 2018. 2016.

2.4.4 Tizona de la hoja

La infección se inicia en las hojas más viejas, el hongo puede entrar por daños causados por insectos o mecánicos, por mal drenaje, exceso de riego, para el control de estas se recomienda utilizar los químicos presentados en la siguiente tabla.

Tabla 6.
Tabla de agentes químicos

Ingrediente activo	Dosis
Clorotalonil	1cc/l
Tebuconazole+Trifloxystrobin	0,5cc/l
Difenoconazole	0,5cc/l
Mancozeb	3g/l
Iprodione	0,5-1 cc/l
Pyraclostrobin+Metiran	2g/l
Difenoconazole 250	0,5cc/l
Azoxystrobin	0,2g/l

Nota. Tabla de fungicidas y dosis recomendadas. Tomado de: J. Jaramillo, P. Aguilar, L. Cano, P. Tamayo, G. Franco, and F. Benjumea, *Modelo tecnológico para el cultivo de cebolla de rama en el departamento de Antioquia Allium stulosum*, no. October 2018. 2016.

2.4.5 Pudrición blanca

La manifestación más visible de este tipo de enfermedad es el marchitamiento, las hojas toman un color amarillo desde la punta hasta la parte inferior, para el control químico de esta enfermedad se utilizan fungicidas a base de ingrediente activo Ipro12dione se recomiendan los siguientes productos mostrando en la tabla 7.

Tabla 7.
Tabla de agentes químicos

Ingrediente activo	Dosis
Benomil	0,5 g/l
Thiabendazole	1 cc/l
Carbendazim	1 cc/l
Carbendazim+Iprodione	1 cc/l
Fludioxonil+Ciprodinil	0,5 g/l
Iprodione	0,5-1 cc/l
Pirimetanil	1 cc/l

Nota. Agentes químicos y dosis recomendadas para la pudrición blanca. Tomado de: J. Jaramillo, P. Aguilar, L. Cano, P. Tamayo, G. Franco, and F. Benjumea, *Modelo tecnológico para el cultivo de cebolla de rama en el departamento de Antioquia Allium stulosum*, no. Octubre 2018. 2016.

2.5 Aplicación de plaguicidas

La aplicación de plaguicidas se realiza para proteger el cultivo de daños que se pueden ocasionar plagas y enfermedades, por medio de la pulverización de agentes químicos especializados. Para preservar la salud del operario es necesario el uso de protecciones en el momento de su aplicación.

Factores tales como el tamaño de la gota, la velocidad de avance, las condiciones ambientales, el tipo de boquilla y la frecuencia de aplicación pueden afectar la calidad de la aplicación del plaguicida.

2.5.1 Frecuencia de aplicación

En el municipio de Pasto los agricultores de la zona realizan la fumigación con una frecuencia quincenal en tiempos secos y semanal en tiempos de lluvia [5], mostrando resultados positivos en la protección del cultivo y minimizando la exposición del operario a los productos químicos utilizados.

2.5.2 Velocidad de avance

La velocidad de avance juega un papel importante ya que es la variable más sencilla de modificar y que altera el volumen de aplicación. Se recomienda realizar la fumigación de mochila a una velocidad de avance de 2 a 6,4 km/h para garantizar una cobertura óptima del cultivo y una aplicación del agente químico en la mayoría del cultivo según [13].

2.5.3 Tamaño de gota

El equipo de pulverización debe ofrecer un tamaño de gota homogénea y una distribución uniforme sobre la hoja. Tamaños pequeños de gota representan una mayor adherencia y una disminución de pérdidas por goteo, aunque debido a su tamaño se pueden evaporar antes de llegar a su destino. Por otro lado, gotas gruesas pueden escurrirse generando pérdidas por goteo. Por esto, según la norma S-572 de ASAE se recomienda manejar un tamaño de gota de entre 150 a 400 micrones. En la siguiente figura se puede visualizar la denominación de la gota según su tamaño.

Figura 3.
Clasificación de la gota según su tamaño

CLASIFICACIÓN	TAMAÑO (micrones)	COLOR
MUY FINA (VF)	MENOR A 100	
FINA (F)	100-175	
MEDIANA (M)	175-250	
GRANDE (C)	250-375	
MUY GRANDE (VC)	375-450	
EXTREMADAMENTE GRANDE (XC)	MAYOR A 450	

Nota. Representación gráfica de cobertura dependiendo del tamaño de gota. Tomado de: H. M, “Pulverizadores y atomizadores: las máquinas para tratamientos fitosanitarios – Grandes cultivos,” Julio. 08, 2016.

2.5.4 Boquillas

Las boquillas se pueden dividir según varios factores entre los cuales están:

- Patrón de roció.
- Según el ángulo.
- Según caudal.

2.5.5.a Patrón de roció (forma en la se distribuye las gotas en el cultivo).

Abanico: este tipo de boquilla realiza una distribución en forma de abanico, concentrando las gotas en el centro y minimizándolas en los extremos, por lo que una sola boquilla de este tipo puede realizar una cobertura uniforme en el centro. Se manejan en rangos pequeños de presión que va de los 1.5 a los 7 bares, se puede encontrar con ángulos de entre 80° y 110° y producen gotas de tamaño medios entre 100 a 200 micrones.

Cono o turbulencia: Son de dos tipos huecas o llenas. Las primeras generan un patrón cónico hueco en el centro, mientras que las segundas no poseen esta característica y su patrón es constante. Ambas generan gotas finas entre 50 a 100 micrones, trabajan a presiones de entre los 3 y los 5 bares.

Espejo o impacto: este patrón se genera por el choque de las gotas contra una pared inclinada convirtiéndolo en un abanico con un ángulo de apertura grande. Sin embargo, esta imagen es irregular, genera gotas gruesas de 650 micrones y trabaja a presiones bajas de entre 0.5 y 2.5 bares.

2.5.5.b Según ángulo. El ángulo de pulverización para determinar la abertura del chorro puede oscilar entre 80° y 110 °.

2.5.5.c Según caudal. El caudal de la boquilla puede variar dependiendo de la presión a la que se esté trabajando. Dependiendo del catálogo se puede realizar una selección por colores como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 8.
Caudal dependiendo de la presión

COLOR BOQUILLA	REFERENCIA	FILTRO	DESCARGAS BOQUILLAS DE ABANICO cc/min						
			29 psi	43,5 psi	58 psi	72,5 psi	87psi	101,5 psi	116 psi
NARANJA	01	100	320	390	450	500	550	600	640
VERDE	015	100	480	590	680	760	830	900	960
AMARILLA	02	50	650	790	910	1020	1120	1210	1290
AZUL	03	50	960	1180	1360	1520	1670	1800	1930
ROJO	04	50	1290	1580	1820	2040	2230	2410	2580
CAFÉ	05	50	1610	1970	2270	2540	2790	3010	3220
GRIS	06	50	1940	2370	2740	3060	3350	3620	3870
BLANCA	08	50	2580	3160	3650	4080	4470	4830	5160

Nota. Tabla de caudales recomendada dependiendo del tipo de boquilla abanico y de presión de trabajo. Tomado de: Royal Condor, "Seleccionador de boquillas / Tabla de Aplicación," vol. 011, p. 4380, 2017, [Online]. Available: https://docs.wixstatic.com/ugd/c538a9_59d9878603ca42f4bd26f14b61a451b5.pdf

2.6 Formas de aplicar el agente químico

Existen varias formas de realizar la fumigación de cultivos, que se caracterizan por la máquina utilizada. Las tres primeras máquinas para explicar son unipersonales, es decir,

el operario debe cargar en su totalidad el equipo y no posee un sistema de soporte que le ayude a desplazar y sostener en equipo durante el proceso.

La fumigadora de motor, ilustrada en la figura 4, es un tipo de máquina compuesta de cinco partes: un motor de entre 1 y dos caballos de fuerza conectado al embolo para generar la presión dentro del tanque, la bomba de embolo, parte fundamental del equipo conectado al motor y al marco, el tanque químico diseñado para almacenar el agente químico con un bajo centro de gravedad, el marco que es la parte estructural del equipo y que se encarga de soportar la máquina y por último el sistema de pulverizado que es todo lo que hace parte del sistema de aspersión entre el que se encuentra las válvulas, boquillas, tubos, accionadores.

Figura 4.
Fumigadora de motor



Nota. Fumigadora de motor Hyundai modelo Hyd2530V. Tomado de: G. Para, I. Blackberry, and D. Software, "Manual De Usuario.

La fumigadora manual es una de las más populares en los pequeños productores del agro colombiano, como podemos ver en la figura 5 esta máquina es muy sencilla y funciona con el movimiento de manivela producido por el operario.

Figura 5.
Fumigadora manual



Nota. Pulverizadora manual que realiza el bombeo por un sistema mecánico. Tomado de: Eduardoño S.A, “Nuestra Empresa,” *Video Inst. eduardoño 2014, 2016,* [Online]. Available: <http://www.eduardono.com/site/Nuestraempresa.aspx>.

El equipo mostrado en la figura 5 cuenta usualmente con un tanque de 20 litros. Una bomba de pistón accionada por medio de una palanca ubicada en el lateral del equipo, manipulada por el operario, está unida a un agitador que evita la sedimentación del producto. El sistema de aspersión está compuesto por una varilla de cromada y un accionador en el mango. Por último, el marco ofrece el soporte de la máquina siendo ergonómico para el operario.

Para realizar el proceso de fumigación en terrenos más amplios, cuando se cuenta con los recursos necesarios para suplir dicha necesidad, se utilizan equipos más grandes y con mayor capacidad de almacenamiento, entre los cuales se pueden mencionar los equipos acoplados a tractores y la fumigación aérea.

La mayoría de los equipos para acoplar a un tractor cuentan con partes parecidas a los equipos anteriormente mencionados, pero con dimensiones mayores, como se puede observar en la figura 6.

Figura 6.
Fumigadora para tractor



Nota. Fumigadora famaco modelo AR 413 HE. Tomado de: "Famaco S.A. ." http://famacosa.com.ar/maq_pulve_001.html (accessed Sep. 18, 2020).

Cuenta con un chasis diseñado para soportar el equipo y ser acoplado al tractor. La bomba de pistón tiene mayor capacidad con caudales de entre 30 a 45 litros/minuto. Sus tanques rondan entre los 300 a 400 litros con agitación hidráulica. El sistema de aspersión, al igual que en los ya mencionados, cuentan con todos los accesorios para distribuir el agente químico y con una barra donde se montan varias boquillas, para cubrir una mayor área.

Figura 7.
Máquina fumigadora Modelo M-01



Nota. Máquina fumigación Modelo M-01 de la compañía IRC importadora RC. Tomado de: “Máquinas fumigación Modelo M-01 / fumigar / fumigación | Importadora RC | Las mejores marcas a los mejores precios.” <https://www.importadorarc.cl/productos/máquina-fumigacion-m01> (accessed Sep. 18, 2020).

El equipo mostrado en la figura 7 dispone de un tanque de 280 litros, un motor de 6.3 KW para transmitir el movimiento a la rueda y al compresor para generar la presión en el tanque. Gracias a su barra porta boquillas, se puede ajustar a una altura de 500-1500mm, y a la disposición de sus boquillas posee un rango de pulverización de 6 metros. Como se puede observar en la figura 7 este equipo realiza la pulverización del agente químico sin generar ningún esfuerzo en el operario. En cuanto al sistema de aspersion posee similitudes con los equipos anteriormente mencionados.

2.7 Análisis de la fumigación de la cebolla Junca

En las siguientes tablas se presenta la información obtenida en este capítulo.

Tabla 9.
Tabla concluyente de plagas

PLAGAS Y ENFERMEDADES							
Plagas	Agente químico	Etapas de protección	Duración de la plaga (Días)	Formulación	Compatibilidad	Propiedades químicas	fuentes
Trozadoras (Agrotis ípsilon)	KARATE ZEON CS	Larva	14 – 22	Capsula en suspensión	Se recomienda realizar prueba de compatibilidad	No es explosiva – No es comburentes	[6] [7]
Minadoras (Liriomyza huidobrensis)	EXALT	Adultos	9	Suspensión concentrada	Se recomienda realizar prueba de compatibilidad	No es explosiva – No es comburentes	[8] [9]
		Larva	9	Suspensión concentrada	Se recomienda realizar prueba de compatibilidad	No es explosiva – No es comburentes	[8] [9]
Thrips (Thrips tabacci)	EXALT, KARATE ZEON CS	Adultos	8 a 10	Suspensión concentrada	Se recomienda realizar prueba de compatibilidad	No es explosiva – No es comburentes	[6] [7] [8] [9]
		Larvas	12 a 14	Capsula en suspensión	Se recomienda realizar prueba de compatibilidad	No es explosiva – No es comburentes	[6] [7] [8] [9]
Pulgones (pulgón myzus)	COFIDOR SC 350, ROXION 40 EC, EL MALATION	Ninfas	7 a 14	Concentrado dispersable	Es compatible con la mayoría de los insecticidas y funguicidas	No es explosiva – No es comburentes	[10]
		Adultos	vario días	Concentrado emulsionable	Es compatible con la mayoría de los insecticidas y funguicidas	No es explosiva – No es comburentes	[10]

Nota. Tabla concluyente plagas capítulo 2.

Tabla 10.
Tabla concluyente enfermedades

ENFERMEDADES MÁS COMUNES DEL CULTIVO					
Enfermedades	Agente químico	Formulación	Compatibilidad	Propiedades químicas	fuentes
Mancha negra	Amistar (AZOXYSTROBIN)	Granulo dispersable	Es compatible con la mayoría de los insecticidas y funguicidas	No es explosiva – No es comburentes	[11] [12]
Mancha purpura	Amistar (AZOXYSTROBIN)	Granulo dispersable	Es compatible con la mayoría de los insecticidas y funguicidas	No es explosiva – No es comburentes	[11] [12]
Royal de la cebolla	Amistar TOP + (AZOXYSTROBIN DIFENOCONAZOLE)	Suspensión concentrada	Es compatible con la mayoría de los insecticidas y funguicidas	No es explosiva – No es comburentes	[13] [14]
Tizona de hoja	Amistar (AZOXYSTROBIN)	Suspensión concentrada	Es compatible con la mayoría de los insecticidas y funguicidas	No es explosiva – No es comburentes	[11] [12]
Pudrición blanca	MERTEC	Suspensión concentrada	Es compatible con la mayoría de los insecticidas y funguicidas	No es explosiva – No es comburentes	[15] [16]

Nota. Tabla concluyente enfermedades capítulo 2.

Tabla 11.
Tabla de dosis de agente químico

Plagas y enfermedades del cultivo			
Plagas	Agente químico	Dosis	Fuente
Trozadoras (Agrotis ípsilon)	KARATE ZEON CS	0,3 – 0,36 L/ha	[6]
Minadoras (Liriomyza huidobrensis)	EXALT	500 – 600 mL/ha	[8]
Thrips (Thrips tabacci)	EXALT, KARATE ZEON CS	0,3 – 0,36 L/ha	[6]
Pulgones (pulgón myzus)	COFIDOR Forten 200 SL, ROXION 40 EC, EL MALATION	50cc/100Lagua	[17]
Mancha negra	Amistar (AZOXYSTROBIN)	75 – 100 g/ha	[11]
Mancha púrpura	Amistar (AZOXYSTROBIN)	75 – 100 g/ha	[11]
Royal de la cebolla	Amistar TOP (AZOXYSTROBIN + DIFENOCONAZOLE)	0,3 L/ha	[13]
Tizona de hoja	Amistar (AZOXYSTROBIN)	75 – 100 g/ha	[11]
Pudrición blanca	MERTEC	200-250 mL/200 L	[15]

Nota. Tabla de dosis para cada uno de los agentes químicos.

Tabla 12.
Tabla concluyente equipos de fumigación

Máquinas					
Tipo de máquinas	Accionamiento	Forma de desplazamiento	Forma de bombeo	Materiales del tanque	Materiales del sistema de distribución del líquido
Motor	Manual	Ser humano/ Motor	Motor	Plástico	Polietileno de alta densidad
Nebulizador	Manual	Ser humano	Motor	Plástico	Polietileno de alta densidad
Manual	Manual	Ser humano	Ser humano	Plástico	Polietileno de alta densidad
Acople a tractor	Manual	Tractor	Tractor	Plástico	Polietileno de alta densidad
Aérea	Manual	Avioneta	N/A	N/A	Acero inoxidable
Personalizada	Manual	Motor	Motor	Plástico	Polietileno de alta densidad

Nota. Tabla concluyente equipos de fumigación capítulo 2.

Tabla 13.*Tabla concluyente aplicación*

Variables de aplicación de agente químico					
Altura de aspersión (m)	Distancia entre boquillas (m)	Numero de boquillas	Tamaño de gota (micras)	Velocidad de avance (km/h)	Frecuencia de aplicación (días)
0,5	0,5	2	150	2	15
		4	400	6,4	8

Nota. Tabla concluyente variables de aplicación capítulo 2.

3. DISEÑO CONCEPTUAL

A continuación, se procede a explicar los parámetros necesarios para el diseño de la máquina fumigadora. Para esto fue necesario recopilar la información de los requerimientos de la máquina y los componentes necesarios para el diseño de esta.

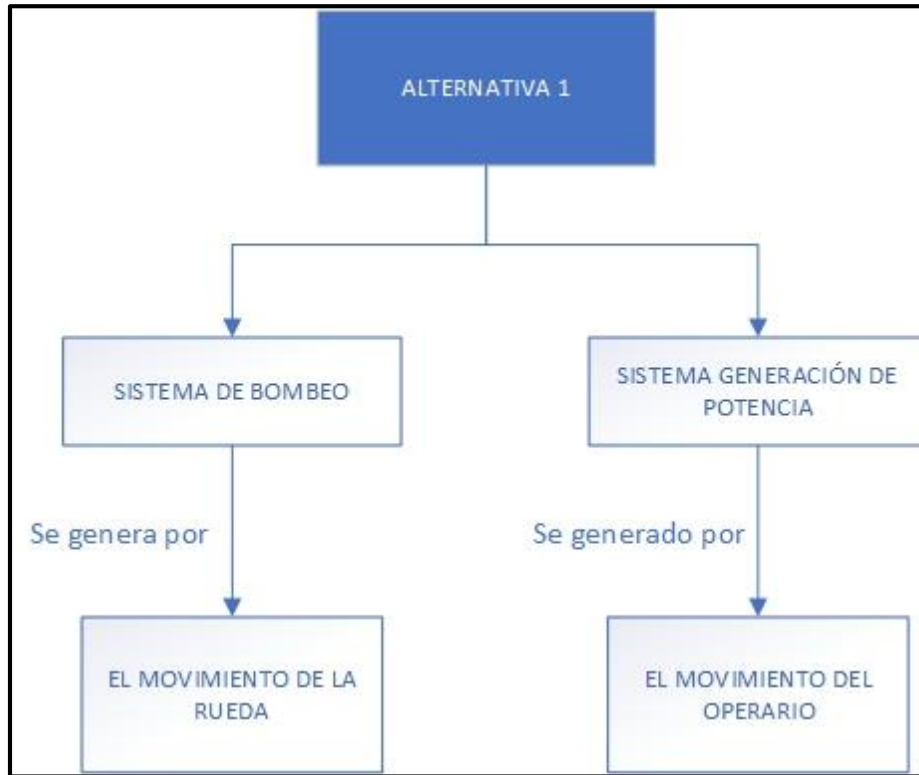
3.1 Alternativa de solución

Las siguientes tres alternativas de solución propuestas toman como diseño base el mismo sistema de almacenamiento y aspersion para el desarrollo de la máquina. El análisis que se va a llevar a cabo depende de las variantes en los sistemas restantes para el desarrollo de la mejor alternativa en este proyecto.

3.1.1 Alternativa 1

La primera alternativa está compuesta por un sistema de bombeo accionado por el movimiento de las llantas a través de biela manivela. El sistema de generación de potencia se realizará por medio del empuje generado por el operario. Para lo cual se presentan las siguientes ventajas y desventajas.

Figura 8.
Alternativa 1



Nota. Descripción alternativa 1.

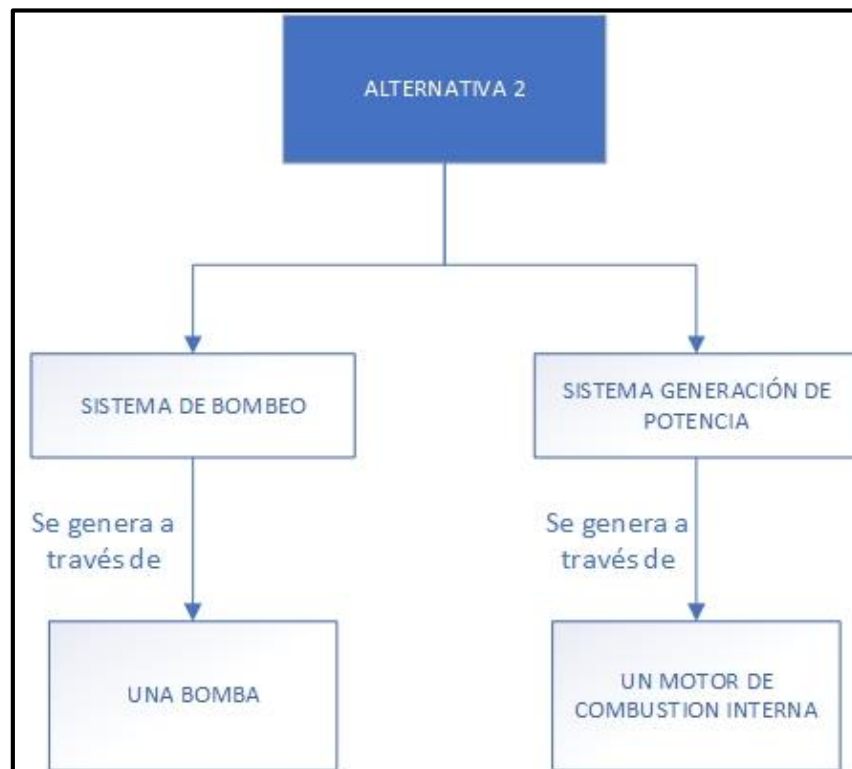
3.1.1.a Ventajas. Esta propuesta de solución no cuenta con elementos que requieran un mantenimiento especial o riguroso, por lo cual este se puede realizar por los mismos agricultores sin requerir de intervenciones externas y sin generar grandes costos de mantenimiento. Los requerimientos de uso de esta máquina son reducidos por lo que los costos también, generando pocos gastos asociados a la máquina tanto en la parte de mantenimiento como en la parte de uso. La simplicidad de esta alternativa conlleva una elevada seguridad al operario ya que, no debe interactuar con sistemas de uso complejo.

3.1.1.b Desventajas. Al no contar con un sistema de apoyo que facilite el movimiento de la máquina, el operario debe desplazarla al sitio de operación empujando la máquina. Esto afecta la ergonomía y la facilidad de manejo, e indirectamente afectada la salud del operario al tener que utilizar la máquina por un largo periodo de tiempo.

3.1.2 Alternativa 2

Esta alternativa cuenta con un sistema de motor el cual es el encargado de generar la potencia para desplazar el vehículo y alimentar la bomba responsable de la succión de la mezcla. Reemplazando la generación de potencia por medio del operador y la compresión del sistema por medio del giro de la rueda. Sin embargo, aún se requiere del operario para guiar a la máquina.

Figura 9.
Alternativa 2



Nota. Descripción alternativa 2

3.1.2.a Ventajas. Esta máquina cuenta con un acelerador tipo motocicleta para controlar el motor, el cual facilita el manejo del equipo y no se requiere tener un gran conocimiento para la operación de esta alternativa. Al contar con un sistema de apoyo impulsado por un motor se reduce el tiempo de riego, el esfuerzo y desgaste del operario al no tener que generar la potencia para desplazar el vehículo, aumentando la ergonomía de este.

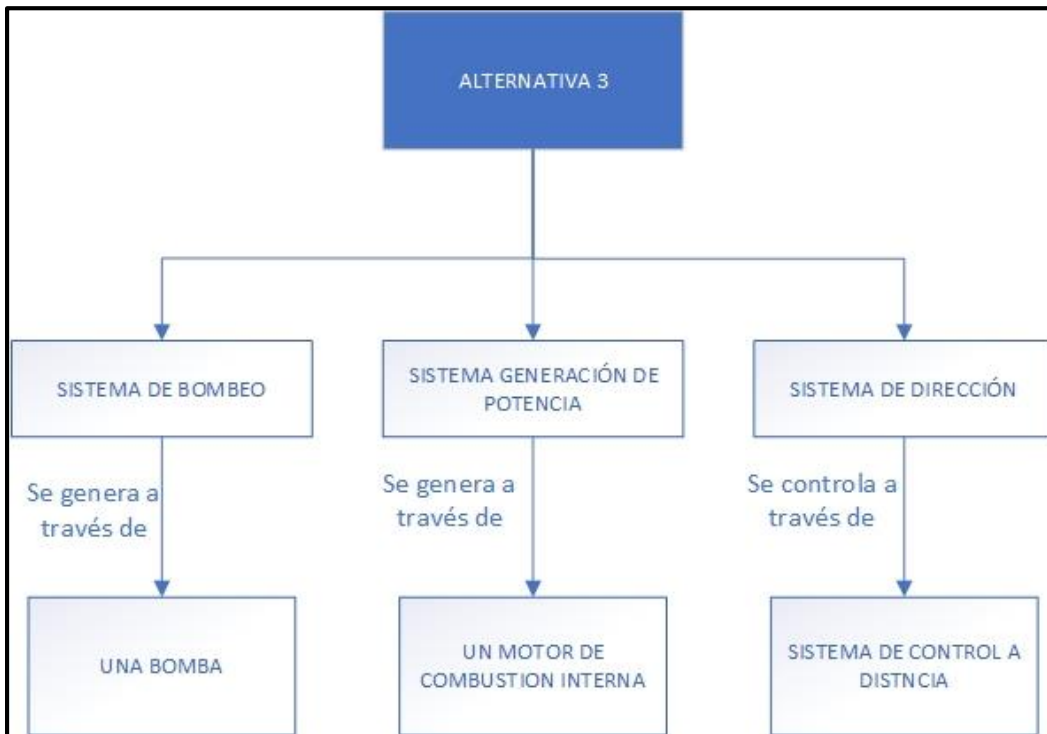
La relación entre costos y beneficio de esta alternativa es óptima ya que cuenta con la capacidad de transportar una mayor cantidad de agente químico, con lo que se puede cubrir una mayor cantidad de cultivo.

3.1.2.b Desventajas. Al aumentar la tecnificación de la máquina se incrementa el costo y complejidad del mantenimiento, ya que se requiere una intervención externa para un óptimo mantenimiento. Al contar con mayor cantidad de sistemas se aumenta el peso del equipo y los casos donde el operario pueda sufrir un accidente por una mala manipulación o falta de mantenimiento, lo que hace que este sea un factor importante para tener en cuenta para el óptimo funcionamiento de la alternativa.

3.1.3 Alternativa 3

Esta alternativa al igual que la anterior cuenta con un sistema de generación de potencia a cargo de un motor el cual genera el desplazamiento del equipo y alimenta el compresor para generar la presión en el tanque. Tiene la particularidad de que el control y manejo de este se realiza inalámbricamente, lo que representa una ausencia del operario con el equipo durante su funcionamiento.

Figura 10.
Alternativa 3



Nota. Descripción alternativa 3

3.1.3.a Ventajas. Al suprimir la interacción directa del operario con la máquina se aumenta la seguridad y la ergonomía. Puesto que el control se genera inalámbricamente el operario puede manejarlo a una distancia prudente evitando posibles complicaciones por contacto con el agente químico. El peso se mantiene constante entre la alternativa número dos y la número tres.

3.1.3.b Desventajas. Al realizar este tipo de control se aumentan los costos de los requerimientos de la máquina y del mantenimiento del equipo, debido a que requiere una mayor tecnificación del encargado del mantenimiento, obligando al agricultor a contratar mano de obra más costosa y por lo tanto aumentando los costos de producción.

3.2 Matriz de viabilidad

Para realizar la selección de alternativas se tomaron en consideración de manera ponderada con un peso de facilidad de manejo (0.05), costos (0.1), mantenimiento (0.1), costo de uso (0.05), peso (0.1), tiempo de riego (0.3), seguridad (0.2) y ergonomía (0.1). Los datos se obtuvieron multiplicando el peso por la calificación para luego sumar los diferentes valores como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 14.
Matriz de viabilidad

Numero	Alternativa	Pregunta	Peso	Bajo	Medio	Alto
				(1)	(2)	(3)
1	Máquina con empuje manual y sistema de bombeo activado por el movimiento de las llantas a través de biela manivela.	Facilidad de manejo	0,05	1		
		Costo	0,1		2	
		Mantenimiento	0,1			3
		Costo de uso	0,05			3
		Peso	0,1			3
		Tiempo de riego	0,3	1		
		Seguridad	0,2			3
		Ergonomía	0,1	1		
	Total			2		
2	Máquina motorizada con bomba de embolo para succión manejada por operario a pie.	Facilidad de manejo	0,05			3
		Costo	0,1		2	
		Mantenimiento	0,1		2	
		Costo de uso	0,05		2	
		Peso	0,1		2	
		Tiempo de riego	0,3			3
		Seguridad	0,2		2	
		Ergonomía	0,1			3
	Total			2,45		
3	Máquina motorizada con sistema de presión por compresor y manejada por control remoto.	Facilidad de manejo	0,05		2	
		Costo	0,1	1		
		Mantenimiento	0,1	1		
		Costo de uso	0,05		2	
		Peso	0,1		2	
		Tiempo de riego	0,3			3
		Seguridad	0,2			3
		Ergonomía	0,1			3
	Total			2,4		

Nota. Matriz de viabilidad.

Según los datos mostrados en la tabla anterior la primera alternativa obtuvo un acumulado de 2 con valoraciones bajas en cuanto a facilidad de manejo, tiempo de riego y ergonomía, valoraciones medias en costo y valoraciones altas en mantenimiento, costo de uso, peso y seguridad. La segunda alternativa obtuvo un total de 2.45, con valoraciones altas en facilidad de manejo, tiempo de riego y ergonomía, valoraciones

medias en costo, mantenimiento, costo de uso, peso y seguridad, ninguna calificación baja. La tercera alternativa obtuvo un total de 2.4 con calificaciones bajas en costos y mantenimientos, valoraciones medias en facilidad de manejo, costo de usos y peso, y valoraciones altas en tiempo de riego, seguridad y ergonomía. Acorde con las ventajas y desventajas anteriormente mencionadas.

Se seleccionó la alternativa número dos al obtener el ponderado total más alto de las tres alternativas de solución para continuar con el diseño. Siendo esta la más viable según los criterios evaluados y sus correspondientes pesos. Como primer acercamiento al diseño se propone el diseño de una máquina con tres llantas, dos delanteras y una trasera, donde el operario estará ubicado en la parte trasera del equipo donde se encargará de dirigirla y accionar los diferentes accesorios instalados en el manubrio, es importante recalcar que el operario se encontrará caminando durante toda la jornada de trabajo sin realizar mayor esfuerzo que el de controlar la máquina.

3.3 Parametrización

Al realizar la investigación sobre el cultivo, las formas de realizar la fumigación y los requerimientos para realizar el proceso, se seleccionaron las siguientes variables de funcionamiento y de operación.

3.3.1 Variables funcionales

- Altura máxima de las hojas de cebolla: 0.35 m.
- Altura mínima de las hojas de la cebolla: 0.15 m.
- Distancia entre surcos: 1 m.
- Dosis de aplicación: depende del tipo de plaguicida.
- Número de boquillas: 2 boquillas.
- Tamaño de gota: 150 – 400 micras.
- Distancia entre boquillas: 1 m.
- Altura máxima de aspersión: 0.8 m.
- Tipo de terreno: franco arcilloso.
- Volumen de aplicación por hectárea: 150 l/ha según etiqueta de agente químico (Amistar) con mayor volumen requerido.
- Velocidad del vehículo: 2-6.4 Km/h, según recomendaciones para fumigar.

3.3.2 Variables de operación

El caudal de salida de cada boquilla se expresa con la siguiente fórmula tomada del catálogo TeeJet technologies[18].

$$\begin{aligned} \text{Caudal } x \text{ boquilla} &= \frac{\frac{l}{ha} * \frac{Km}{h} * \text{distancia entre boquillas}}{60000} = \frac{150 \frac{l}{ha} * 4.9 \frac{Km}{h} * 50cm}{60000} \\ &= 0.61 \frac{l}{min} \end{aligned}$$

En la fórmula anterior se utilizó una velocidad de avance menor a la recomendada esto se va a explicar en la memoria de cálculo del sistema de transmisión de potencia en el capítulo 4.

- Presión en la boquilla: presión mayor a 2.8 bares, según etiqueta de agente químico (amistar).
- Según catálogo de motores Honda [19] seleccionado en el capítulo 4:
- Litros de gasolina: 2 l.
- Potencia del motor: 4.8 hp.
- Revoluciones por minuto del motor: 3600 rpm.
- Frecuencia de aplicación: cada 15 o 8 días ver capítulo 2.
- Velocidad de avance: 2 – 6.4 km/h ver capítulo 2.

3.4 Diseño de la caja negra

Para realizar el diseño de caja negra se tomaron en cuenta las siguientes variables de salida y entrada, para determinar los diferentes sistemas a utilizar para transformar las variables.

Variable de entrada

- Revoluciones por minuto del motor: 3600 rpm.
- Potencia del motor: 4.8 hp.
- Mezcla de agente químico: 60 l.
- Litros de gasolina: 2 l.
- Aceite: 1 l.
- Aire.

Variable de Salida

- Caudal de aspersión: 1.22 l/min, este valor se obtuvo multiplicando el caudal obtenido anteriormente por el número de boquillas a utilizar.
- Presión de trabajo: mayor a 2.8 bares.

- Aspersión en forma de gota de tamaño de 150 – 400 micras
- Velocidad de avance: 2 – 6.4 km/h

Figura 11.
Diseño de la caja negra



Nota. Diseño de la caja negra relación entre variables de entrada y salida.

Con la información obtenida en la caja negra se determina que se realizara el proceso de conversión de variables de entrada a las de salida, por medio de los siguientes sistemas:

3.4.1 *Sistema estructural*

Este cuenta con un chasis que va a sostener e integrar los otros sistemas de la máquina. La máquina va a ser direccionada por un volante ubicado en la parte trasera de esta donde van a estar integrados los accionadores para el freno, el acelerador y las boquillas de fumigación.

3.4.2 Sistema de generación y transmisión de potencia

El principal elemento del sistema de transmisión y generación de potencia va a ser un motor de 4.5 Caballos de potencia. Este va a trabajar a 3600 rpm (ver capítulo 4) que van a ser reducidas gracias a una caja de reducción que funciona por medio de poleas y correas garantizando que el operario pueda manejar la máquina a una velocidad de entre 2 y 6.4 km/h.

3.4.3 Sistema de aspersión

Este cuenta con un juego de mangueras que van a dirigir la mezcla presurizada a las boquillas. Como ya se mencionó anteriormente el accionador de este sistema va a estar ubicado en el manubrio de la máquina, el operario va a poder ser libre de elegir cuando activar es sistema a su conveniencia.

3.4.4 Sistema de bombeo

El sistema de bombeo de la máquina se va a manejar por medio de una bomba, este va a ser alimentado por el motor ya antes mencionado. Al encenderse la bomba empezará a succionar la mezcla del tanque de almacenamiento para dirigirla hacia las boquillas, esta bomba cuenta con el sistema de control de fábrica que entrega el proveedor (este se encuentra en el manual de la bomba). Esta bomba además se asegura de retornar al tanque el fluido no dirigido hacia los aspersores, de esta manera evitar alzas de presión en el momento que el operario no esté activando el accionador.

3.4.5 Sistema de almacenamiento

El sistema de almacenamiento va a estar compuesto simplemente por un tanque de polietileno que se va a encargar de contener la mezcla de agua con el agente químico necesario para la fumigación.

3.4.6 Sistema de frenado

Este sistema es muy sencillo, es el mismo sistema de frenado que utilizan las bicicletas con freno de disco, se va a adaptar y va a funcionar de la misma manera.

3.4.7 Sistema de instrumentación

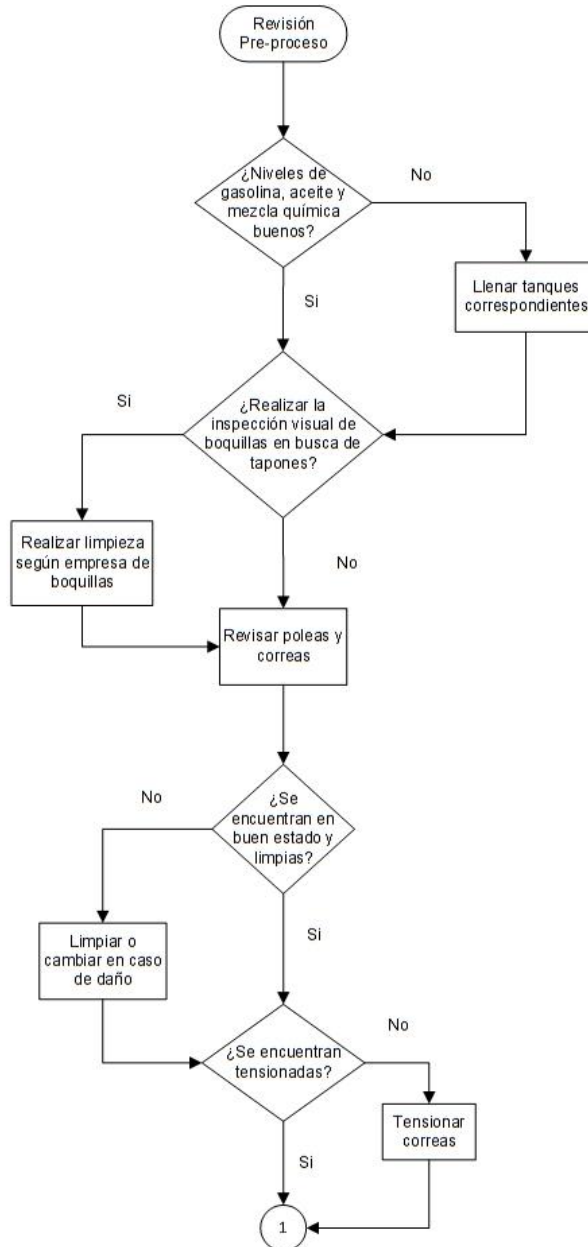
Compuesto por un velocímetro y un manómetro. Este sistema va a servir para que el operario pueda tener control y seguridad de los sistemas ya anteriormente mencionados. El velocímetro va a ser un velocímetro inalámbrico y odómetro para bicicleta, este va a ser instalado en el manubrio y el sensor va a ir directamente en la llanta de la máquina para poder medir la velocidad a la cual debe ir el aparato y de igual manera poder medir los kilómetros recorridos, de esta manera el operario va a tener un control de cuándo debe volver a llenar el tanque de líquido y de gasolina de la máquina. El manómetro va a estar en el manubrio de la máquina.

3.5 Flujo de proceso

Se elabora un flujo de proceso contemplando el pre – proceso, proceso y el post – proceso. Como se muestra continuación.

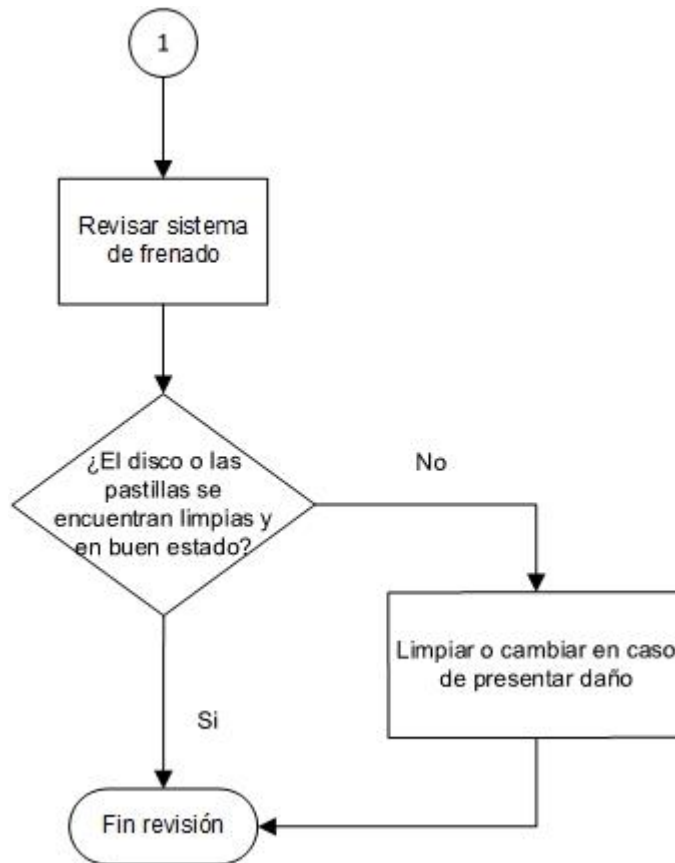
3.5.1 Pre – proceso

Figura 12.
Flujo de proceso pre-proceso



Nota. Flujo de pre-proceso. Tomado de: draw.io – Diagrams for Confluence and Jira – draw.io.” <https://drawio-app.com/> (accessed Apr. 02, 2021)

Figura 13.
Continuación Pre-proceso

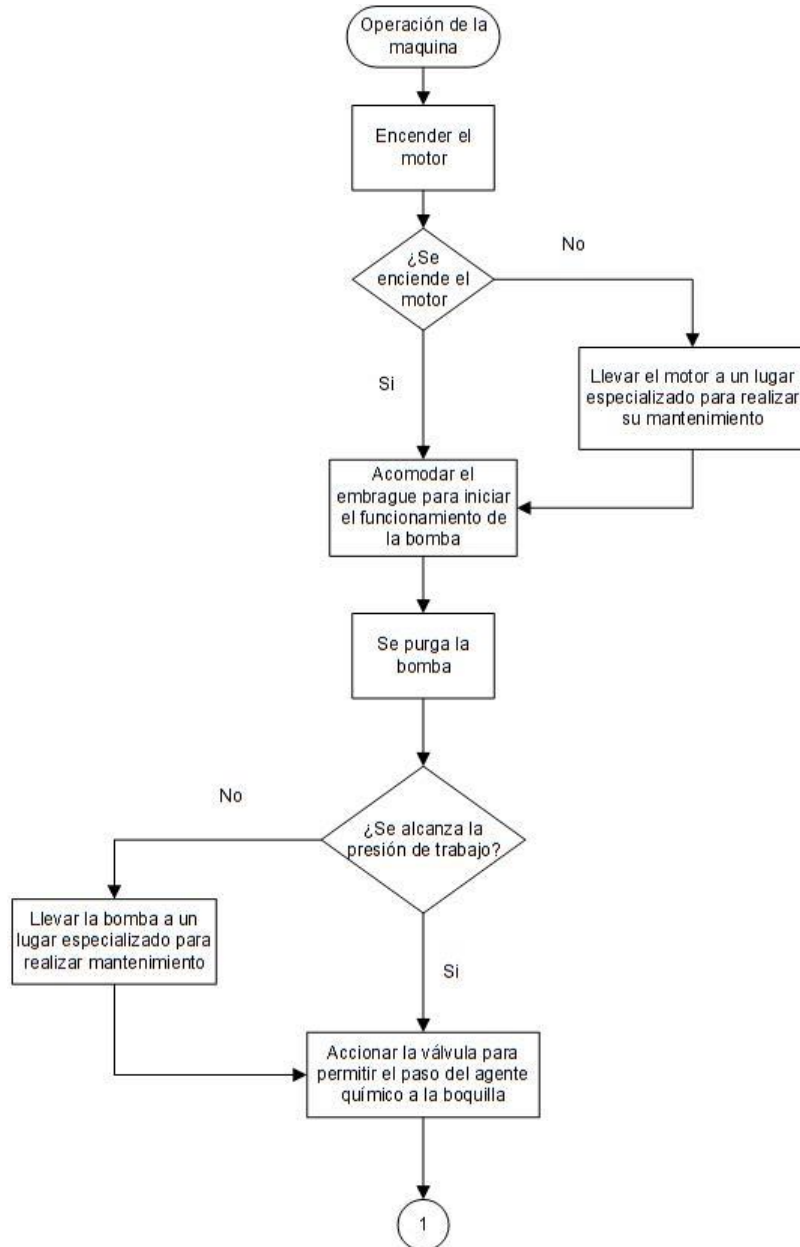


Nota. Continuación pre-proceso. Tomado de: draw.io – Diagrams for Confluence and Jira – draw.io.” <https://drawio-app.com/> (accessed Apr. 02, 2021) [20].

En este flujo se presenta los diferentes pasos a cumplir para poder iniciar a utilizar el equipo diseñado, teniendo en cuenta una revisión de las diferentes partes que pueden verse afectadas por el uso. Esto permite evitar fallas por la falta de atención a las partes que no requieren de una persona especializada para su mantenimiento, prolongando la vida útil de la máquina y su correcto funcionamiento durante la aplicación del agente químico.

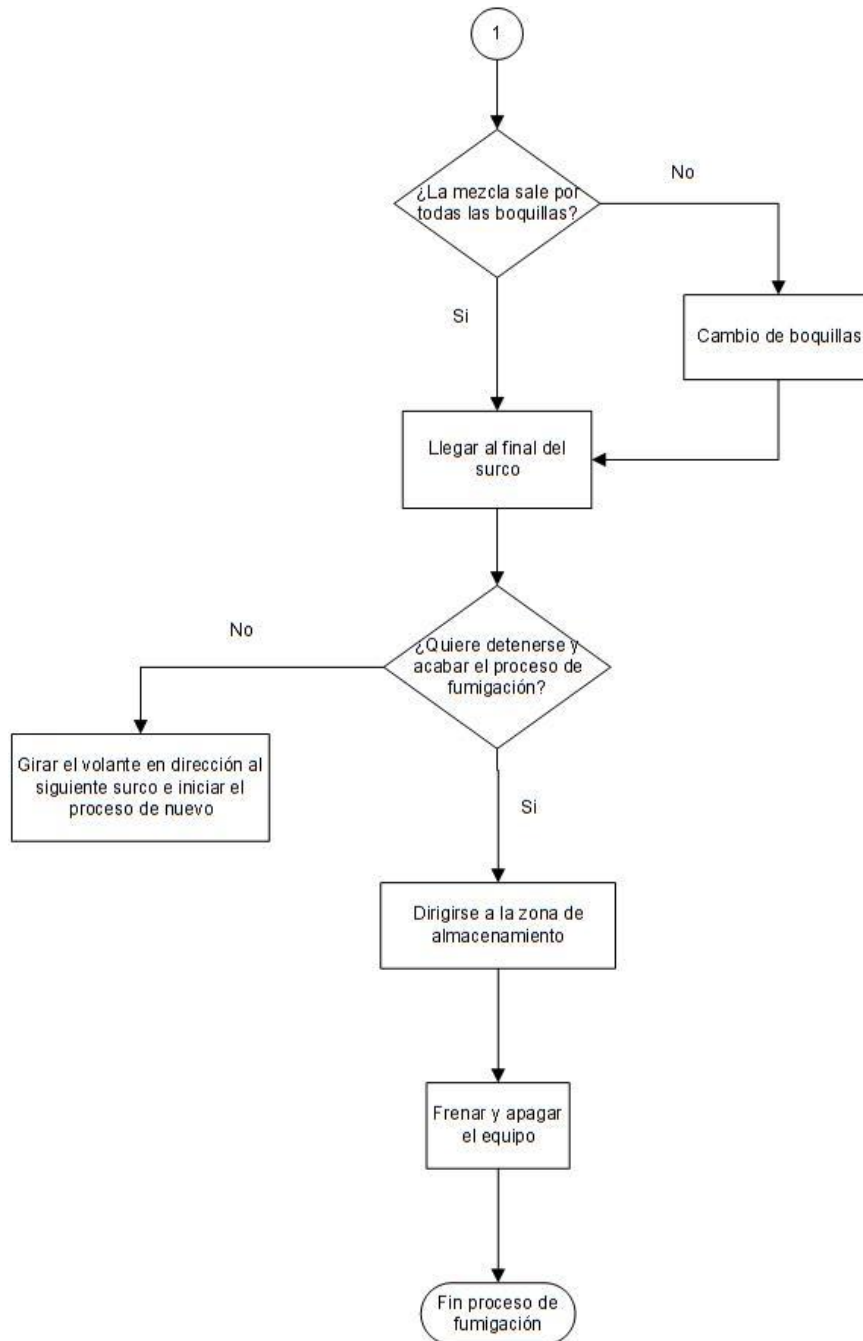
3.5.2 Proceso de fumigación

Figura 14.
Flujo de proceso aplicación del agente químico



Nota. Flujo de proceso aplicación del agente químico. Tomado de: draw.io – Diagrams for Confluence and Jira – draw.io.” <https://drawio-app.com/> (accessed Apr. 02, 2021)

Figura 15.
Continuación del proceso de fumigación



Nota. Flujo de proceso aplicación del agente químico. Tomado de: draw.io – Diagrams for Confluence and Jira – draw.io.” <https://drawio-app.com/> (accessed Apr. 02, 2021)

El anterior flujo muestra la ruta de operación de nuestra máquina, junto con las diferentes interacciones del operario con el equipo para cumplir ciertos pasos necesarios para llegar a la presentación final del agente químico y los diferentes problemas que se pueden presentar durante este proceso. Se tiene en cuenta que las fallas durante la fumigación se asocian a fallas de los equipos esenciales dependiendo del sistema, por lo que, cuando suceden, se deben realizar mantenimiento.

3.5.3 Post – proceso

Figura 16.
Flujo de post proceso



Nota. Flujo de post proceso y limpieza. Tomado de: draw.io – Diagrams for Confluence and Jira – draw.io.” <https://drawio-app.com/> (accessed Apr. 02, 2021)

Figura 17.
Continuación pre-proceso



Nota. Flujo de post proceso y limpieza. Tomado de: draw.io – Diagrams for Confluence and Jira – draw.io.” <https://drawio-app.com/> (accessed Apr. 02, 2021).

Según las recomendaciones realizadas por los fabricantes de este tipo de equipos la limpieza posterior al uso de estos se realiza para remover los residuos que quedan en el tanque, mangueras y boquillas, por medio del enjuague del tanque siguiendo el flujo anterior. Se tiene en cuenta que en este no se muestra el proceso que el operario debe realizar posterior al uso del equipo y que debe contar con un espacio dispuesto para realizar la limpieza externa del equipo, es decir el enjuague de las llantas.

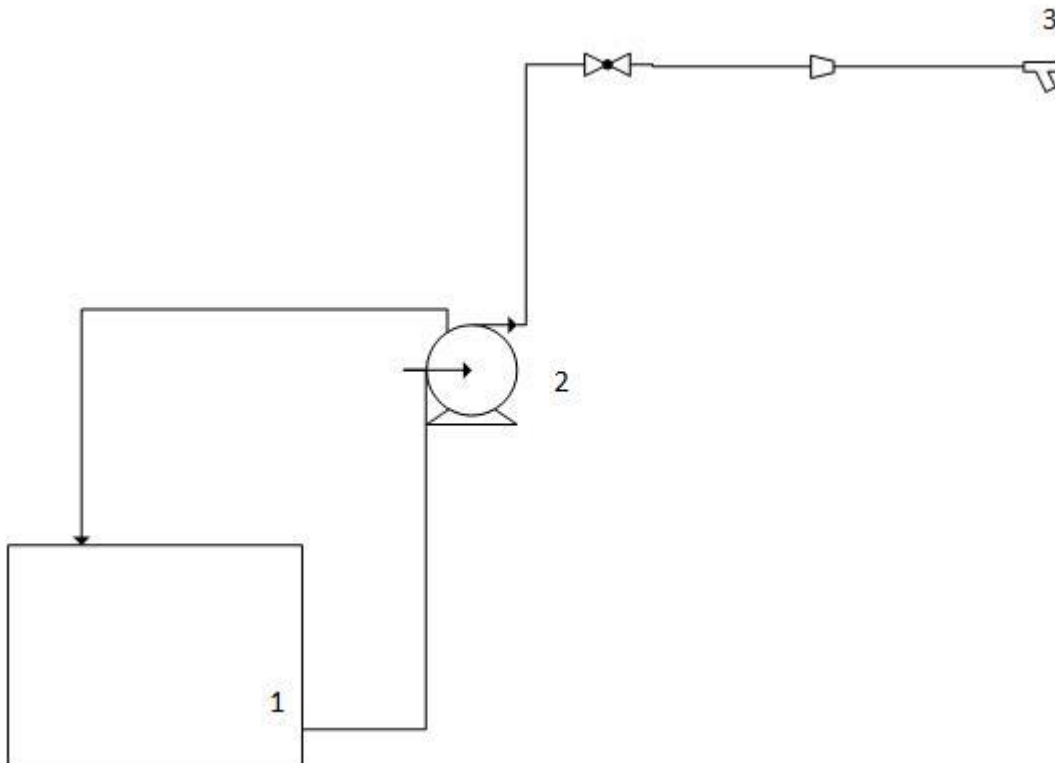
4. DISEÑO MECANICO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Esta etapa reúne la información que se ya explicó anteriormente y se explican los cálculos y los parámetros de diseño que tuvieron relevancia en la selección de los componentes que integran la fumigadora. Para la selección en general de los diferentes sistemas se optó por seleccionar catálogos de empresas que tuvieran representación nacional y que ofrecieran productos de calidad.

4.1 Sistema hidráulico

Para el cálculo del sistema hidráulico se propone el siguiente esquema, donde se observan los componentes con los que cuenta.

Figura 18.
Esquema montaje sistema hidráulico

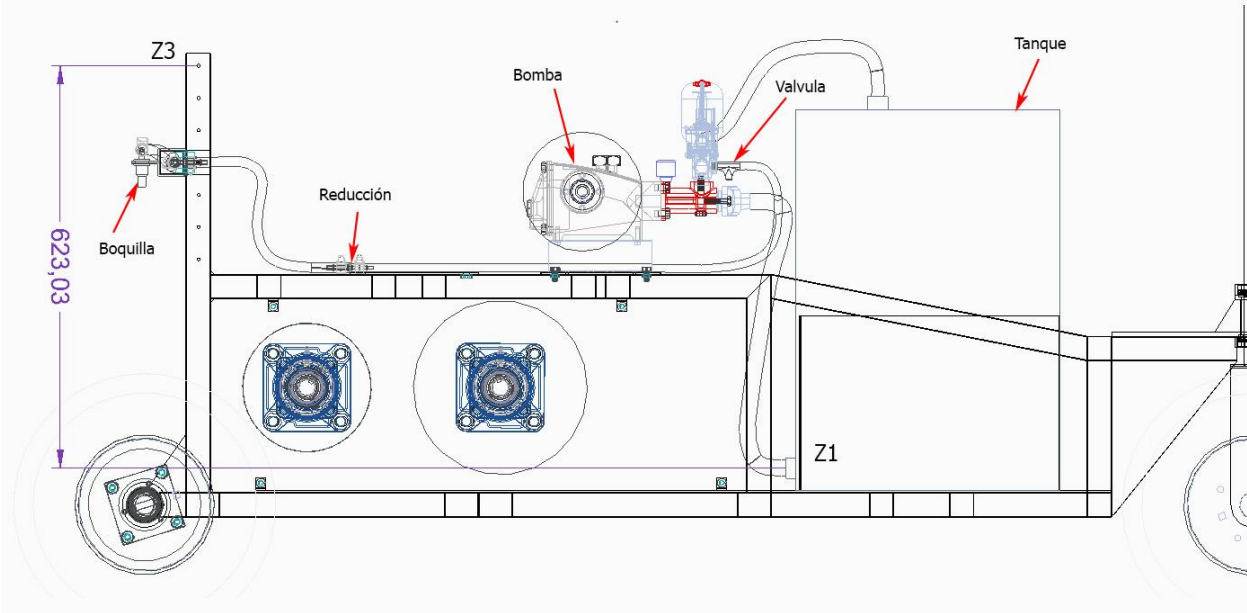


Nota. Propuesta esquema sistema hidráulico, los símbolos utilizados se tomaron de la norma ISO 1219-1.

Para dar mayor claridad del sistema se realizó un montaje mostrando diferentes vistas donde se puede observar las conexiones que se propusieron en el esquema anterior.

Figura 19.

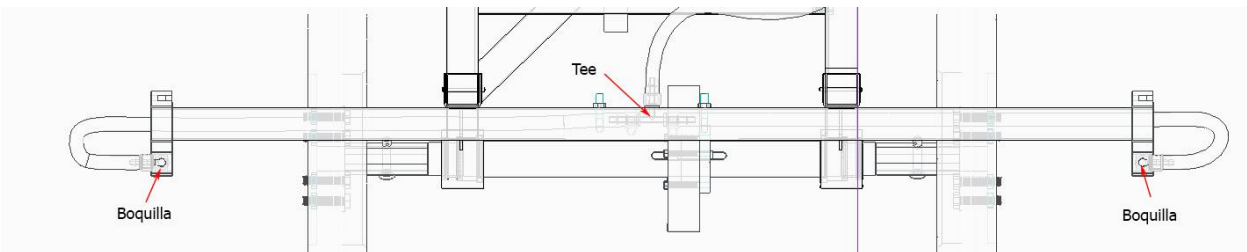
Montaje del sistema hidráulico en la máquina vista lateral



Nota. Montaje del sistema en la máquina con sus correspondientes partes.

Figura 20.

Montaje del sistema hidráulico en la zona de boquillas





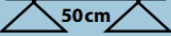
Nota. Montaje del sistema en la máquina con sus correspondientes partes.

En las figuras 16 y 17 se plantea el montaje final del sistema en la máquina, junto con los dos puntos a analizar Z1 y Z3 (siendo la altura máxima de la porta boquillas) y la distancia entre los dos.

Para comenzar con los cálculos y teniendo en cuenta las características de presión mayor a 2.8 bares y caudal por boquilla de 0.61 L/min explicados en el capítulo anterior, se seleccionó una boquilla del catálogo de la compañía TeeJet Technologies [18].

Tabla 15.

Tabla de boquillas TeeJet

	 bar	TAMAÑO DE GOTA	CAPACIDAD DE UNA BOQUILLA EN l/min	l/ha 													
				4 km/h	5 km/h	6 km/h	7 km/h	8 km/h	10 km/h	12 km/h	16 km/h	18 km/h	20 km/h	25 km/h	30 km/h	35 km/h	
TT11001 (100)	1,0	C	0,23	69,0	55,2	46,0	39,4	34,5	27,6	23,0	17,3	15,3	13,8	11,0	9,2	7,9	
	2,0	M	0,32	96,0	76,8	64,0	54,9	48,0	38,4	32,0	24,0	21,3	19,2	15,4	12,8	11,0	
	3,0	M	0,39	117	93,6	78,0	66,9	58,5	46,8	39,0	29,3	26,0	23,4	18,7	15,6	13,4	
	4,0	F	0,45	135	108	90,0	77,1	67,5	54,0	45,0	33,8	30,0	27,0	21,6	18,0	15,4	
	5,0	F	0,50	150	120	100	85,7	75,0	60,0	50,0	37,5	33,3	30,0	24,0	20,0	17,1	
	6,0	F	0,55	165	132	110	94,3	82,5	66,0	55,0	41,3	36,7	33,0	26,4	22,0	18,9	
TT110015 (100)	1,0	VC	0,34	102	81,6	68,0	58,3	51,0	40,8	34,0	25,5	22,7	20,4	16,3	13,6	11,7	
	2,0	M	0,48	144	115	96,0	82,3	72,0	57,6	48,0	36,0	32,0	28,8	23,0	19,2	16,5	
	3,0	M	0,59	177	142	118	101	88,5	70,8	59,0	44,3	39,3	35,4	28,3	23,6	20,2	
	4,0	F	0,68	204	163	136	117	102	81,6	68,0	51,0	45,3	40,8	32,6	27,2	23,3	
	5,0	F	0,76	228	182	152	130	114	91,2	76,0	57,0	50,7	45,6	36,5	30,4	26,1	
	6,0	F	0,83	249	199	166	142	125	99,6	83,0	62,3	55,3	49,8	39,8	33,2	28,5	

Nota. Tabla de boquillas para seleccionar. Tomado de: Teejet Co., “Catálogo 51^a-ES,” Teejet, vol. Catálogo 5, p. 160, 2014.

Se escogió la boquilla TT110015 ya que trabajando a una presión de 4 bares produce un tamaño de gota fino, un caudal de 0.68 l/min y a una velocidad de 4.9 km/h (ver memoria de cálculo transmisión de potencia) se pulveriza 163 l/ha, cumpliendo con las variables expuestas en el diagrama de caja negra para caudal, presión y gasto de litros por hectárea.

Se procede a realizar los cálculos hidráulicos para determinar la potencia requerida para la bomba y poder obtener otro factor para su selección.

Para desarrollar el cálculo se hace uso de la ecuación de Bernoulli tomado de [21]:

$$z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_l - h_b$$

Se realiza el despeje del cabezal de la bomba en la ecuación de Bernoulli teniendo en cuenta que Z1 toma un valor de cero como se puede observar en la figura 16, P1 también tiene un valor de cero ya que el tanque no se encuentra presurizado y por último el valor de V1 no se toma en cuenta debido a que en este punto se inicia el proceso de succión del agente químico, se obtiene la siguiente ecuación.

$$\text{Cabezal de la bomba } h_b = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_l + Z2$$

Como se puede observar en la figura 16 el montaje cuenta con tres diferentes mangueras una de 1" que conecta el tanque con la bomba, otra de 1/4" que conecta la bomba con la reducción y por último una de 3/8" que conecta la reducción con las boquillas.

A continuación, se mostrará los diferentes valores para ser reemplazados en la ecuación del cabezal de la bomba.

Tabla 16.
Propiedades sistema

Variable	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	Fuente
Presión inicial (P_1)	0	Psi	0	Pa	
Presión final (P_2)	72,51	Psi	499869,9	Pa	Tabla TeeJet
Caudal (Q)	1,22	l/min	$2,03 \times 10^{-5}$	m^3/s	Caja negra figura 8
Diámetro (D_1)	0,0254	m			Diámetro de manguera entre tanque y bomba
Área (A_1)	0,00050671	m^2			Área sección manguera entre tanque y bomba
Velocidad del fluido (v_1)	0,04	m/s			Formula: Q/A_n
Diámetro (D_2)	0,00635	m			Diámetro de manguera entre bomba y reducción
Área (A_2)	$3,166 \times 10^{-5}$	m^2			Área sección manguera entre bomba y reducción
Velocidad del fluido (v_2)	0,6420	m/s			Formula: Q/A_n
Diámetro (D_3)	0,009525	m			Diámetro de manguera entre reducción y boquillas
Área (A_3)	$7,125 \times 10^{-5}$	m^2			Área sección manguera entre reducción y boquillas
Velocidad del fluido (v_3)	0,2853	m/s			Formula: Q/A
Gravedad (g)	9,81	m/s^2			
Densidad (ρ)	999,9749	kg/m^3			Propiedades del fluido
Altura inicial (Z_1)	0	mm			
Altura final (Z_2)	623,03	mm			Esquema maquinaria figura 16
Peso específico (γ)	9809,75377	N/m^3			Propiedades del fluido [21]
Viscosidad dinámica μ	0,003	$N \cdot s/m^2$			Propiedades del fluido [21]

Nota. Tabla propiedades sistema hidráulico. Tomado de: M. C. Potter, D. C. Wiggert, B. Ramadan, T. I.-P. Shih, J. H. Romo Muñoz, and J. León Cárdenas, *Mecánica de fluidos*. 2015. [39]

Se procede a calcular los cabezales correspondientes:

$$\text{Cabezal de fricción } h_f = \sum_{i=0}^n f_n \times \frac{L_n \times v_n^2}{D_n \times 2g}$$

$$\text{Cabezal por pérdidas accesorios } h_l = \sum_{i=0}^n k_n \times \frac{v_n^2}{2g}$$

Para hallar h_l es necesario saber cuántos accesorios hay en la tubería, en nuestra máquina se cuenta con 2 boquillas, una Tee, una válvula de globo y una reducción, en la siguiente tabla se mostrará el k de cada uno de los accesorios.

Tabla 17.
Valores tomados para la variable K

Pieza, conexión o dispositivo	K_f
Rejilla de entrada	0.80
Válvula de pie	3.00
Entrada cuadrada	0.50
Entrada abocinada	0.10
Entrada de borda o reentrada	1.00
Ampliación gradual	0.30
Ampliación brusca	0.20
Reducción gradual	0.25
Reducción brusca	0.35
Codo corto de 90°	0.90
Codo corto de 45°	0.40
Codo largo de 90°	0.40
Codo largo de 45°	0.20
Codo largo de 22° 30'	0.10
Tee con flujo en línea recta	0.10
Tee con flujo en ángulo	1.50
Tee con salida bilateral	1.80
Válvula de compuerta abierta	5.00
Válvula de ángulo abierta	5.00
Válvula de globo abierta	10.0
Válvula alfalfera	2.00
Válvula de retención	2.50
Boquillas	2.75

Nota. Valores tomados para k . tomado de: Pérdidas de carga localizadas o en accesorios.

<https://www.hidraulicafacil.com/2017/07/perdida-de-carga-localizada-o-en.html> (accessed Apr. 02, 2021).

Se toma el factor k para la boquilla de 2.75, la reducción brusca de 0.35, la Tee de 1.8 y para la válvula de 10.

Se debe tener en cuenta que para el factor de la boquilla se multiplica por dos, una por cada boquilla, tomando los datos de la tabla 16 por ende:

$$Cabezal \text{ por pérdidas accesorios } h_l = \sum_{i=0}^n k_n \times \frac{v_n^2}{2g}$$

$$h_l = 2 \times \left(2.75 \times \frac{(0.2853 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}} \right) + 1.8 \times \frac{(0.2853 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}} + 10 \times \frac{(0.04 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}} + 0.35$$

$$\times \frac{(0.642 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.03m$$

Para el cálculo del h_f es necesario conocer el número de Reynolds, para cada tipo de manguera utilizada y tomando los datos de la tabla 16.

$$Re = \frac{\rho \times v \times D}{\mu}$$

En el primer caso se evalúa el tramo de manguera entre el tanque y la bomba.

$$Re_1 = \frac{\rho \times v_1 \times D_1}{\mu} = \frac{999.9749 \frac{kg}{m^3} \times 0.04 \frac{m}{s} \times 0.0254m}{0.003N \times \frac{s}{m^2}} = 339.75$$

En el segundo el tramo entre la bomba y la reducción.

$$Re_2 = \frac{\rho \times v_2 \times D_2}{\mu} = \frac{999.9749 \frac{kg}{m^3} \times 0.642 \frac{m}{s} \times 0.00635m}{0.003N \times \frac{s}{m^2}} = 1359.01$$

Y por último el tramo entre la reducción y las boquillas.

$$Re_3 = \frac{\rho \times v_3 \times D_3}{\mu} = \frac{999.9749 \frac{kg}{m^3} \times 0.2853 \frac{m}{s} \times 0.009525m}{0.003N \times \frac{s}{m^2}} = 906$$

Como Re de todas las mangueras es inferior a 2000 el flujo que pasa por las mangueras es laminar, por lo tanto, se utiliza la siguiente ecuación para cada uno de los Re:

$$f = \frac{64}{Re}$$

$$f_1 = \frac{64}{Re_1} = \frac{64}{339.75} = 0.19$$

$$f_2 = \frac{64}{Re_2} = \frac{64}{1359.01} = 0.05$$

$$f_3 = \frac{64}{Re_3} = \frac{64}{906} = 0.07$$

Teniendo los valores para f se puede calcular el valor de $h_{f \text{ total}}$ sumando las h_f para cada manguera junto con los datos de la tabla 16:

$$\begin{aligned} \text{Cabezal de fricción } h_f &= \sum f_n \times \frac{L_n \times v_n^2}{D_n \times 2g} \\ h_f &= 0.19 \times \frac{0.5m \times (0.04 \frac{m}{s})^2}{0.0254m \times 2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}} + 0.05 \times \frac{0.84m \times (0.642 \frac{m}{s})^2}{0.00635m \times 2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}} + 0.07 \\ &\quad \times \frac{1.25m \times (0.285 \frac{m}{s})^2}{0.0009525m \times 2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}} = 0.169 \text{ m} \end{aligned}$$

Para finalizar el cálculo del cabezal de la bomba se utiliza el valor anterior junto con los valores de la tabla 16:

$$\begin{aligned} \text{Cabezal de la bomba } h_b &= \frac{P_3}{\gamma} + \frac{V_3^2}{2g} + h_f + h_l + Z_2 \\ h_b &= \frac{499869.9Pa}{9.8 \frac{kN}{m^3}} + \frac{(0.285 \frac{m}{s})^2}{2 \times 9.81 \frac{m}{s^2}} + 0.17 \text{ m} + 0.03 \text{ m} + 0.62303 \text{ m} \\ h_b &= 51.7 \text{ m} \end{aligned}$$

Se cálculo la potencia de la bomba, para realizar la selección de esta en la siguiente parte del capítulo, tomando una eficiencia del 85%.

$$\begin{aligned} \text{Potencia bomba} &= \frac{h_b \times Q \times \gamma}{\eta_b} = \frac{51.7m \times 2.03 \times 10^{-5} \frac{m^3}{s} \times 9.8 \frac{kN}{m^3}}{85\%} = 12.15 \text{ Watts} \\ &= 0.02 \text{ hp} \end{aligned}$$

4.2 Sistema de bombeo

La bomba debe cumplir con las especificaciones ya explicadas en el capítulo anterior y de los cálculos requeridos según el sistema hidráulico planteado. Después de realizar una búsqueda para identificar una bomba que cumpliera con los requisitos se identificó una empresa colombiana llamada Eduardoño que ofrece una bomba de émbolo pistón que cumple con las necesidades de la máquina y cuya ficha técnica se muestra a continuación.

Figura 21.
Catálogo bomba Eduardoño

Especificaciones técnicas

Marca	Sokan
Tipo	Pistón
Material	Acero endurecido
Presión	300 - 580 PSI
Caudal máximo descarga	17 Lts/Min.
Polea	7 1/2"
Dimensiones (L x An x Al mm.)	370 x 280 x 320
Peso	9,2 Kg

Nota. Catálogo de Eduardoño. Tomado de: "Bomba de embolo SK-FE25." <https://www.eduardono.com/agricola/fichas/fumigadoras-estacionarias/sk-fe25.pdf?ver=2016-11-11-041822-130> (accessed May 15, 2021). [22]

La bomba seleccionada es la SK-FE25 que como se puede identificar en la figura 18 es una bomba de succión con un caudal máximo de 17 litros por minuto y una potencia de 3 hp. La fumigadora requiriere un caudal de 1.22 litros por minutos sin embargo después de una asesoría con los vendedores de la marca se aclaró que este tipo de bombas no tienen problema con bajar el caudal de salida de la máquina, ya que cuentan con una válvula reguladora de caudal que distribuye el fluido, una parte para la salida de la bomba donde se va a ubicar las boquillas y el resto retorna al tanque, de esta manera se controla el caudal para ajustarlo al requerido. Otra ventaja que tiene este tipo de bombas es que el fluido que no sale por los aspersores retorna al tanque de almacenamiento, de esta manera se protege la manguera contra subidas de presión y sobrecargas en la bomba

ya que esta va a seguir con su funcionamiento de manera normal dejando que el fluido fluya por el tanque y la bomba hasta que se activen los aspersores.

4.3 Sistema de almacenamiento

Para el almacenamiento de la mezcla es necesario buscar un material que soporte la presencia de químicos y que cuente con las instalaciones requeridas como se puede observar en la figura 19. Es por esta razón que se eligió un depósito dosificador de la empresa ProMinent, este tipo de tanques ofrecen un producto resistente en PE con estabilización radiación UV (Polietileno).

Figura 22.
Catálogo virtual ProMinent



Depósitos de dosificación

Capacidad útil de 35 – 1.000 litros

Recipientes de PE fabricados por moldeo rotacional. Se pueden complementar con bombas de dosificación, lanzas de aspiración y agitadores de ProMinent. Disponemos de bandejas colectoras apilables de PE en varios tamaños para cada necesidad.

Descripción del producto

Vista general | Aplicación | Datos técnicos | Descargas

Depósitos de dosificación de PE, de color natural / transparente

Volumen	D	H	Preparado para rosca las bombas	Peso	N.º de referencia
l	mm	mm		kg	
35	350	485	sin agujeros con rosca	3,5	791993
60	410	590	gamma/X, Beta®	5,0	791994

Nota. Catálogo virtual compañía ProMinent. Tomado de: Depósitos de dosificación - ProMinent.” <https://www.prominent.es/es/Productos/Productos/Recipientes/p-dosing-tanks.html> (accessed Apr. 09, 2021).

El tanque que se eligió es un tanque con capacidad para 60 litros.

4.4 Sistema de transmisión y generación de potencia

4.4.1 Sistema de generación de potencia

Después de elegir la bomba es necesario elegir un motor que pueda suplir las necesidades de esta y que además permita el movimiento de la máquina en el terreno. Es importante tener en cuenta que la máquina va a pasar por un terreno que en sus peores condiciones va a ser de barro por lo cual es importante tener en cuenta la fuerza que necesita el motor para que la transmisión de potencia pueda trabajar en un ambiente hostil sin tener problemas.

Tabla 18.
Coefficiente de fricción de rodamiento

SUPERFICIE	p	SUPERFICIE	p
Hormigón defectuoso	0,01	Macadam sinuoso	0,037
Hormigón plano	0,015	Nieve - 5 cm	0,025
Hormigón sinuoso	0,02	Nieve - 10 cm	0,037
Asfalto defectuoso	0,012	Superficie lisa	0,025
Asfalto plano	0,017	Superficie arenosa	0,04
Asfalto sinuoso	0,022	Barro	0,037 + 0,150
Macadam defectuoso (*)	0,015	Arena	0,060 + 0,150
Macadam plano	0,022	Arena suelta	0,160 + 0,300

Nota. Coeficiente de rodamiento en diferentes superficies. Tomado de: Oleohidráulica VEREON, "Aplicaciones para motores hidráulicos," vol. 0044, no. 011, p. 7167.

De la anterior tabla se toma el coeficiente de 0.21 para realizar un sobredimensionamiento y de esta manera poder validar que la máquina pueda transitar en condiciones peores a las del barro, en este caso sería arena.

Se calcula la fuerza requerida para mover el vehículo, considerando la masa total de este tomando la fórmula [23].

$$F = \text{masa total máquina} \times \text{gravedad} \times P$$

$$F = 187.05 \text{kg} \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0.21 = 385.34 \text{ N}$$

Como la máquina va a transitar sobre terrenos lodosos es necesario seleccionar una llanta con un labrado de cuatro ángulos especial para trabajar bajo estas condiciones,

debido a que este tipo de labrado ofrece una buen agarre generando mínima compactación del terreno, en este caso se van a utilizar unas llantas K-MZR2 importadas por la empresa Kapotha que ofrece productos para el sector agro [24] , posee el labrado requerido, se monta sobre un buje especial para ser ensamblado sobre cualquier eje y finalmente tiene un diámetro de 0.4 m.

Para obtener el torque necesario:

$$T = F \times r_{llanta} = 385.34N \times 0.20m$$

$$T = 77.07 N \times m$$

Se debe calcular la velocidad angular dividiendo la velocidad de avance de la máquina de 1.36 m/s (ver tabla 14) entre el radio de llantas, para posteriormente multiplicarla con el torque obtenido y determinar la potencia necesaria para mover la máquina.

$$w = \frac{Velocidad}{r_{llanta}} = \frac{1.36 \frac{m}{s}}{0.20 m} = 6.8 \frac{rad}{s}$$

$$Potencia = w \times T = 6.8 \frac{rad}{s} \times 77.07 Nm = 524.08 W = 0.7 hp$$

Concluyendo que el motor que se debe seleccionar debe poseer como mínimo, sumando la potencia requerida por la bomba de 3 hp y la requerida para el movimiento del vehículo de 0.73 hp, una potencia nominal mayor a 3.73 hp.

La marca Honda tiene diferentes tipos de motores que se acoplan a las necesidades del agro es por esto por lo que se decide utilizar esta marca para la selección del motor que se va a emplear en la fumigadora.

Figura 23.
Catálogo de motores Honda

	GX120	GX160	GX200
Engine Type	Air-cooled 4-stroke OHV	Air-cooled 4-stroke OHV	Air-cooled 4-stroke OHV
Bore x Stroke	60 X 42 mm	68 X 45 mm	68 X 54 mm
Displacement	118 cm ³	163 cm ³	196 cm ³
Net Power Output*	3.5 HP (2.6 kW) @ 3,600 rpm	4.8 HP (3.6 kW) @ 3,600 rpm	5.5 HP (4.1 kW) @ 3,600 rpm
Net Torque	5.4 lb-ft (7.3 Nm) @ 2,500 rpm	7.6 lb-ft (10.3 Nm) @ 2,500 rpm	9.1 lb-ft (12.4 Nm) @ 2,500 rpm
PTO Shaft Rotation	Counterclockwise (from PTO shaft side)	Counterclockwise (from PTO shaft side)	Counterclockwise (from PTO shaft side)
Compression Ratio	8.5:1	9.0 : 1	8.5:1
Lamp/Charge coil options	25W, 50W	25W, 50W / 1A, 3A, 7A	25W, 50W / 1A, 3A, 7A
Carburetor	Butterfly	Butterfly	Butterfly
Ignition System	Transistorized magneto	Transistorized magneto	Transistorized magneto
Starting System	Recoil	Recoil Starter	Recoil Starter
Lubrication System	Splash	Splash	Splash
Governor System	Mechanical	Centrifugal Mechanical	Mechanical
Air Cleaner	Dual Element	Dual Element	Dual element
Oil Capacity	0.59 US qt. (0.56 L)	0.61 US qt. (0.58 L)	0.63 US qt (0.6l)
Fuel Tank Capacity	2.1 U.S. qts (2.0 liters)	3.3 U.S. qts (3.1 liters)	3.3 U.S. qts (3.1 liters)
Fuel	Unleaded 86 octane or higher	Unleaded 86 octane or higher	Unleaded 86 octane or higher
Dry Weight	29 lbs. (13.0 kg)	33 lbs. (15.1 kg)	35 lbs. (16.1 kg)

Nota. Catálogo motores Honda. Tomado de: Catálogo virtual. “Motores Honda | Motor GX120 de 4 tiempos | Características, especificaciones e información del modelo.” <https://engines.honda.com/models/model-detail/mid-gx#Specifications> (accessed Apr. 02, 2021).

Una vez calculado la potencia requerida para poder realizar el transporte de la máquina en las condiciones del terreno y la necesaria para la bomba según su catálogo se procede a realizar la selección del motor que posea una potencia nominal mayor a la calculada.

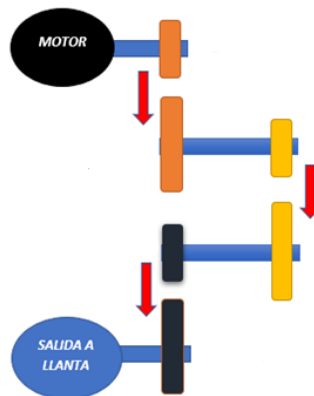
Como se puede observar en la figura 20 el motor Honda GX160 posee una potencia nominal de 4.8 hp mayor a la calculada, lo cual nos confirma su selección.

4.4.2 Sistema de transmisión de potencia

A continuación, se explicará el procedimiento que se siguió para el diseño del sistema reductor de la transmisión. Como ya se mencionó anteriormente el motor entrega una potencia de 4.8 hp a 3600 rpm y la velocidad a la cual debe movilizarse la máquina se encuentra entre 2 y 6.4 km/h que es la velocidad promedio a la cual camina una persona según la revista de salud healthline en un artículo que publicó en su página llamado “*What Is the Average Walking Speed of an Adult?*” [25].

En la siguiente figura se puede apreciar un esquema de cómo será el diseño de la caja reductora del sistema de transmisión.

Figura 24.
Esquema del sistema reductor



Nota: Vista de techo de la caja reductora de velocidad de la transmisión.

Para el diseño en la transmisión de potencia se van a utilizar mecanismos diseñados con poleas y correas en V, esto con el fin de llevar una transmisión con buena eficiencia mecánica manejando bajos costos de instalación y mantenimiento. En primer lugar, se

debe calcular la potencia de diseño. Para esto se va a utilizar el catálogo Intermec donde se escoge un factor de diseño para poder realizar los cálculos de manera correcta:

Figura 25.
Factor de diseño, Intermec

TIPOS DE MÁQUINAS O EQUIPOS	SERVICIO INTERMITENTE	SERVICIO NORMAL	SERVICIO CONTINUO
Agitadores para líquidos Sopladores y aspiradoras Transportadores de trabajo ligero Ventiladores de hasta 10 caballos de fuerza	1.1	1.2	1.3
Transportadores de banda para arena, grano, etc Bombas rotativas de desplazamiento positivo Máquinas herramientas Maquinaria de lavandería Mezcladores de masa Ejes de línea Generadores Maquinaria de imprenta Taladros-prensas-cortadores Cribas giratorias y vibratorias Ventiladores de mas de 10 caballos de fuerza	1.2	1.3	1.4
Maquinaria para aserrios y trabajos en madera Transportadores (arrastre o tornillo) Compresores de pistón Molinos de martillo Pulverizadores Excitadores Maquinaria textil Bombas de pistón Elevadores cangilones Maquinaria para ladrillos Sopladores de desplazamiento positivo	1.4	1.5	1.6
Trituradoras (giratorias-mandibula-rodillo) Extrusoras-molinos de caucho Molinos de bolas Malacates	1.5	1.6	1.8

Nota. Factor de seguridad propuesta por la empresa según uso. Tomado de: Intermec S.A., “Catálogo de Poleas en ‘V,’” p. 25, 2015, [Online]. Available: <http://www.intermec.com.co/literatura.php>

Donde:

$$Potencia\ de\ diseño = HP\ del\ motor \times FS [43]$$

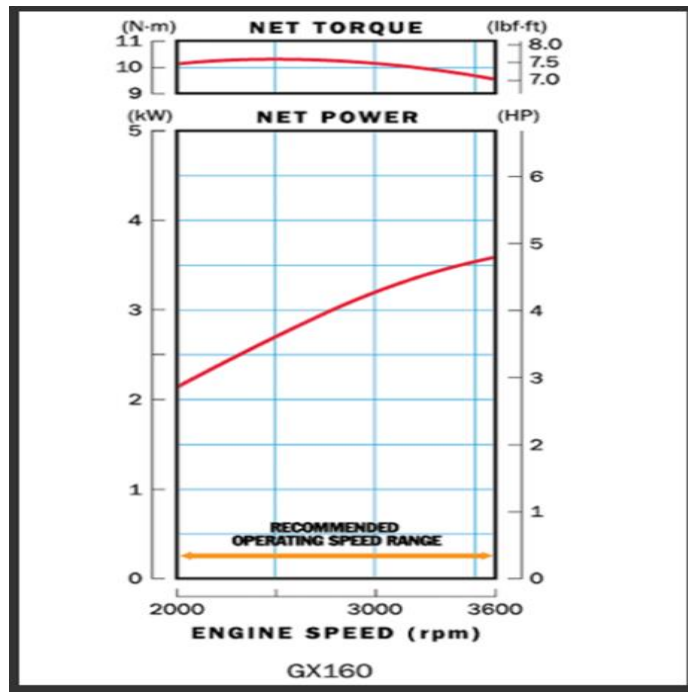
En este caso FS es igual a 1.6 ya que es un motor que se va a utilizar para transporte ligero pero que va a funcionar de manera continua en terrenos hostiles.

Por lo tanto, se presenta la ecuación 1:

$$Potencia\ de\ diseño = 4.8\ hp \times 1.6 = 7.68\ hp$$

Sin embargo, por cuestión de diseño y para cuidar la vida útil del motor, este va a trabajar entre un rango de 2500 a 3000 rpm en donde la transmisión siempre va a consumir 0.8 hp y la bomba va a variar entre 2.7 y 3.4 hp para su funcionamiento. Es importante recalcar que con estas velocidades de trabajo el operario debe tener un control de la velocidad de la máquina que va a variar entre 3.92 y 4.9 km/h, todo el diseño se va a realizar con las condiciones de carga máxima ya seleccionadas anteriormente.

Figura 26.
Curva de rendimiento del motor



Nota. Con esta grafica se va a determinar las revoluciones y la potencia con las cuales a trabajar el motor. Tomado de: Motores Honda | Motor GX160 de 4 tiempos | Características, especificaciones e información del modelo. <https://engines.honda.com/models/model-detail/mid-gx#Specifications> (accessed Apr. 02, 2021).

De la ecuación (1):

$$Potencia\ de\ diseño = 3.4\ hp \times 1.6 = 5.44\ hp$$

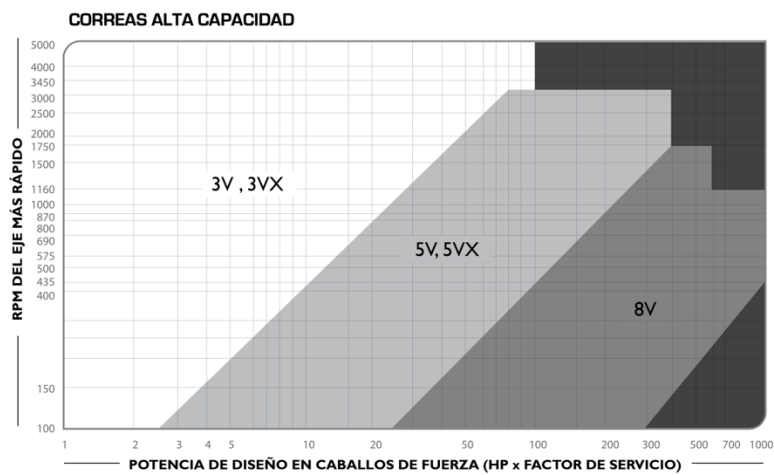
Como ya se mencionó anteriormente La bomba va a trabajar entonces con una potencia de 4.16 hp y el eje 1.28 hp, estas dos potencias ya tienen el factor de seguridad integrado en el cálculo.

Para comenzar se va a calcular la relación para la bomba, las poleas y las correas que van a transmitir la potencia entre el motor y la bomba van a ser las que el proveedor entrega con la compra del equipo, estas tienen dimensiones de 2" en el eje del motor y 6" la que va en el eje de la bomba.

Sin embargo, para poder diseñar este eje es necesario tener en cuenta las poleas que va a transmitir potencia entre el eje del motor (polea 1) y el primer eje (polea 2) del sistema reductor, todo el diseño se realizó en base a los diseños de poleas y bujes de Intermecc:

El primer paso para realizar es escoger el tipo de correas que se van a utilizar para la transmisión de potencia:

Figura 27.
Selección de tipo de correas



Nota. Tabla propuesta por la empresa para la selección del tipo de polea. Tomado de: Intermec S.A., “Catálogo de Poleas en ‘V,’” p. 26, 2015, [Online]. Available: <http://www.intermec.com.co/literatura.php>

Con las potencias de diseño y las Rpm requeridas se seleccionan las correas 3V y 3VX. A continuación, se procede a realizar los cálculos de la relación de las poleas, gracias a la siguiente ecuación se calcula la relación de diámetros que se van a utilizar:

$$D1 \times N1 = D2 \times N2$$

Después de despejar:

$$N2 = \frac{D1 \cdot N1}{D2}$$

En primer lugar, se va a realizar una reducción de 1:5 teniendo como referencia una polea de 0.055m.

Figura 28.
Poleas para correa tipo 3VX

CORREAS TIPO 3VX		TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (EN HP)									
RPM del Eje más Rápido	Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)										
	55	60	65	67	70	75	80	85	90	105	
100	0.12	0.14	0.16	0.18	0.19	0.22	0.23	0.26	0.29	0.35	
200	0.22	0.26	0.29	0.33	0.36	0.41	0.44	0.48	0.55	0.66	
300	0.31	0.37	0.42	0.47	0.52	0.58	0.63	0.70	0.80	0.95	
400	0.40	0.47	0.54	0.60	0.67	0.75	0.82	0.91	1.03	1.24	
500	0.49	0.57	0.65	0.73	0.81	0.92	1.00	1.10	1.27	1.50	
575	0.55	0.64	0.73	0.83	0.92	1.04	1.13	1.25	1.43	1.72	
600	0.57	0.66	0.76	0.86	0.95	1.08	1.18	1.30	1.50	1.78	
690	0.64	0.75	0.86	0.97	1.08	1.22	1.33	1.48	1.60	2.02	
700	0.65	0.76	0.87	0.98	1.10	1.24	1.35	1.50	1.70	2.05	
725	0.66	0.78	0.90	1.00	1.13	1.28	1.40	1.54	1.77	2.12	
800	0.72	0.85	0.98	1.10	1.23	1.40	1.52	1.68	1.93	2.30	
870	0.77	0.91	1.05	1.18	1.32	1.50	1.63	1.80	2.08	2.50	
900	0.80	0.94	1.08	1.22	1.36	1.54	1.68	1.87	2.14	2.57	
950	0.83	0.98	1.13	1.28	1.42	1.62	1.77	1.96	2.25	2.70	
1000	0.87	1.02	1.18	1.34	1.50	1.70	1.85	2.05	2.35	2.82	
1100	0.94	1.10	1.28	1.45	1.62	1.84	2.00	2.23	2.56	3.07	
1160	0.98	1.16	1.34	1.52	1.69	1.93	2.10	2.34	2.68	3.22	
1200	1.00	1.20	1.38	1.56	1.74	2.00	2.17	2.40	2.76	3.32	
1300	1.08	1.28	1.47	1.67	1.87	2.13	2.32	2.58	2.97	3.56	
1400	1.14	1.36	1.57	1.78	2.00	2.27	2.48	2.75	3.17	3.80	
1425	1.16	1.38	1.60	1.80	2.02	2.30	2.52	2.80	3.22	3.86	
1500	1.20	1.44	1.66	1.90	2.10	2.40	2.63	2.93	3.36	4.04	
1600	1.27	1.52	1.76	2.00	2.23	2.55	2.78	3.10	3.56	4.28	
1700	1.34	1.60	1.85	2.10	2.35	2.68	2.93	3.26	3.75	4.50	
1750	1.37	1.63	1.90	2.15	2.40	2.75	3.00	3.34	3.85	4.63	
1800	1.40	1.67	1.94	2.20	2.47	2.82	3.08	3.43	3.94	4.74	
1900	1.46	1.74	2.02	2.30	2.58	2.95	3.22	3.60	4.13	4.97	
2000	1.52	1.82	2.10	2.40	2.70	3.08	3.37	3.75	4.32	5.20	
2100	1.58	1.90	2.20	2.50	2.80	3.20	3.50	3.90	4.50	5.40	
2200	1.64	1.96	2.28	2.60	2.92	3.34	3.65	4.07	4.68	5.63	
2300	1.70	2.03	2.37	2.70	3.03	3.47	3.80	4.22	4.86	5.85	
2400	1.75	2.10	2.45	2.80	3.14	3.60	3.93	4.38	5.04	6.06	
2500	1.80	2.17	2.53	2.90	3.25	3.72	4.07	4.53	5.22	6.28	
2600	1.87	2.24	2.60	2.98	3.35	3.84	4.20	4.68	5.40	6.48	
2700	1.92	2.30	2.70	3.08	3.46	3.96	4.33	4.83	5.56	6.70	
2800	1.97	2.37	2.77	3.17	3.56	4.08	4.47	4.98	5.73	6.90	
2850	2.00	2.40	2.80	3.20	3.60	4.14	4.53	5.05	5.82	7.00	
2900	2.03	2.44	2.85	3.26	3.66	4.20	4.60	5.12	5.90	7.10	
3000	2.08	2.50	2.93	3.35	3.76	4.30	4.72	5.26	6.06	7.30	
3200	2.18	2.63	3.08	3.52	3.96	4.54	4.98	5.55	6.40	7.68	

Nota. Con ayuda del catálogo de Intermec se seleccionan las poleas necesarias. Tomado de: Tomado de: Intermec S.A., “Catálogo de Poleas en ‘V,’” p. 28, 2015, [Online]. En línea: <http://www.intermec.com.co/literatura.php>

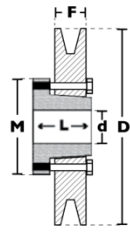
$$\text{Relacion: } \frac{3000 \text{ Rpm}}{5} = 600 \text{ Rpm}$$

De la ecuación

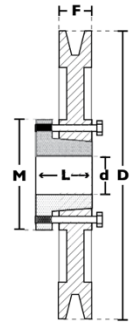
$$D_{\text{Polea 2}} = \frac{0.055 \times 3000}{600} = 0.275m$$

En este caso se va a utilizar una polea de 0.055m con un solo canal y correa 3VX, ya que esta cumple perfectamente con los criterios de diseño.

Figura 29.
Especificaciones de polea de un canal



Modelo T1

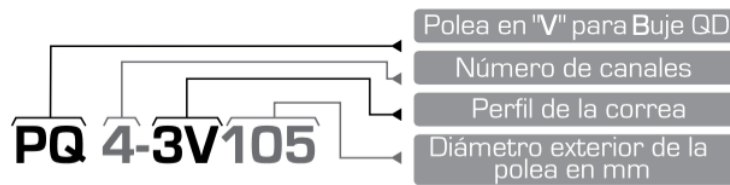


Modelo T3

1 CANAL									
Ancho (F) = 17.5 mm									
Diámetro Exterior (D)		Referencia Polea	Ref. Buje	Hueco máximo con cuñero estándar [d]		Longitud del Buje en mm (L)	Diámetro del buje en mm (M)	Modelo	Peso sin Buje en Lb
pulg	mm			mm	pulg				
2.0	50	PQ 1-3V50	JA	25.4	1	27	50	T1	0.6
2.2	55	PQ 1-3V55	JA	25.4	1	27	50	T1	0.7
2.3	60	PQ 1-3V60	JA	25.4	1	27	50	T1	0.8
2.5	65	PQ 1-3V65	JA	25.4	1	27	50	T1	0.8
2.6	67	PQ 1-3V67	JA	25.4	1	27	50	T1	0.9
2.8	70	PQ 1-3V70	JA	25.4	1	27	50	T1	0.9
3.0	75	PQ 1-3V75	JA	25.4	1	27	50	T1	1.0
3.1	80	PQ 1-3V80	JA	25.4	1	27	50	T1	1.0
3.3	85	PQ 1-3V85	JA	25.4	1	27	50	T1	1.1
3.6	90	PQ 1-3V90	SH	34.9	1-3/8	53	70	T1	1.3
3.9	100	PQ 1-3V100	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	1.6
4.1	105	PQ 1-3V105	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	1.7
4.3	110	PQ 1-3V110	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.0
4.5	115	PQ 1-3V115	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.1
4.7	120	PQ 1-3V120	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.5
5.0	125	PQ 1-3V125	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.8
5.1	130	PQ 1-3V130	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	2.9
5.3	135	PQ 1-3V135	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.0
5.6	140	PQ 1-3V140	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.2
6.0	150	PQ 1-3V150	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.5
6.3	160	PQ 1-3V160	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.8
6.5	165	PQ 1-3V165	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	3.9
6.7	170	PQ 1-3V170	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	4.0
6.9	175	PQ 1-3V175	SH	34.9	1-3/8	33	70	T1	4.5
7.0	180	PQ 1-3V180	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	4.6
7.5	190	PQ 1-3V190	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T1	5.1
8.0	200	PQ 1-3V200	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	5.5
9.0	230	PQ 1-3V230	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	6.0
9.9	250	PQ 1-3V250	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	7.8
10.6	270	PQ 1-3V270	SDS	42.9	1-11/16	35	80	T3	8.0
11.0	280	PQ 1-3V280	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	10.6
11.8	300	PQ 1-3V300	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	11.3
12.5	320	PQ 1-3V320	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	12.0
13.7	350	PQ 1-3V350	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	13.2
14.0	355	PQ 1-3V355	SK	54.0	2-1/8	50	100	T3	13.5

Nota. En la figura se encuentra la descripción de la polea que se eligió para trabajar. Tomado de: Intermecc S.A., "Catálogo de oleas en 'V,'" p. 80, 2015, [Online]. En línea: <http://www.intermec.com.co/literatura.php>

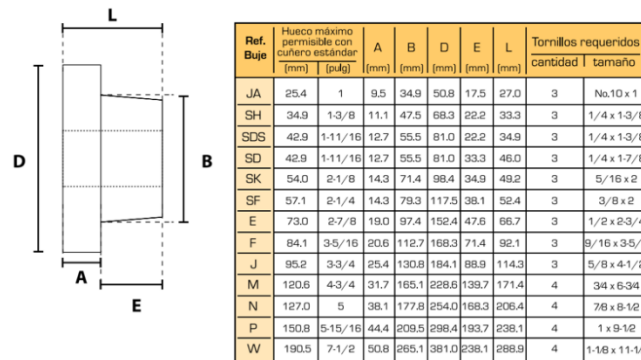
Figura 30.
Nomenclatura para poleas con buje



Nota. Nomenclatura utilizada para referenciar las poleas y los bujes utilizados. Tomado de: Intermecc S.A., "Catálogo de Poleas en "V,"" p. 61, 2015, [Online]. En línea: <http://www.intermec.com.co/literatura.php>

Según el catálogo la polea escogida es PQ1-3V55, para acoplar las poleas al buje el proveedor aconseja utilizar los bujes QD de Intermecc, en este caso se requiere un Buje JA.

Figura 31.
Dimensiones de buje QD



Nota. dimensiones de bujes según catálogo. Tomado de: Intermecc S.A., “Catálogo de Poleas en ‘V,’” p. 11, 2015, [Online]. En línea: <http://www.intermecc.com.co/literatura.php>

Figura 32.
Pesos estándar de los bujes

Bushing	Dimensions (Inches)								Cap Screws Required	Stock Bore Range			Set Screw Size	Average Weight (lbs) (Approx.)
	A	B	D	E	F	G	L	Bolt Circle		Minimum	Maximum			
											Standard Keyway	Shallow Keyway		
JA	0.375	1.375	2.000	0.688	0.563	0.125	1.000	1.665	3 – 10 x 1	0.375	1.000	1.250	10 – 24	0.90
SH	0.438	1.871	2.688	0.875	0.813	0.125	1.250	2.250	3 – 1/4 x 1-3/8	0.500	1.375	1.688	1/4 – 20	1.00
SDS	0.500	2.187	3.188	0.875	0.750	0.125	1.375	2.688	3 – 1/4 x 1-3/8	0.500	1.688	2.000	1/4 – 20	1.00
SD	0.500	2.187	3.188	0.938	1.250	0.125	1.813	2.688	3 – 1/4 x 1-7/8	0.500	1.688	1.938	1/4 – 20	1.50
SK	0.563	2.812	3.875	1.375	1.250	0.125	1.125	3.313	3 – 5/16 x 2	0.500	2.125	2.500	5/16 – 18	2.00
SF	0.563	3.125	4.625	1.500	1.250	0.125	2.000	3.875	3 – 3/8 x 2	0.500	2.313	2.316	5/16 – 18	3.00

Nota. Pesos estándar de bujes para ejes. Tomado de: Stock QD Bushings, “Catálogo Martin,” 2015, [Online]. En línea: <https://www.ibttinc.com/wp-content/uploads/2015/07/Martin-Sprocket-QD-Bushings.pdf>

Se continúa calculando la polea de ingreso al primer eje de la caja reductora:

Figura 33.
Poleas para correa tipo 3V



TABLA DE CAPACIDAD DE TRANSMISIÓN POR CANAL (EN HP)										CORREAS TIPO 3V
Diámetro exterior de la Polea Motriz (en milímetros)										RPM del Eje más Rápido
115	120	125	135	140	150	165	175	200	270	
0.37	0.40	0.43	0.47	0.50	0.55	0.61	0.65	0.78	1.07	100
0.70	0.75	0.81	0.88	0.95	1.04	1.15	1.23	1.48	2.04	200
1.01	1.10	1.17	1.27	1.37	1.50	1.66	1.80	2.14	2.95	300
1.30	1.40	1.52	1.64	1.77	1.94	2.15	2.32	2.78	3.84	400
1.60	1.72	1.85	2.00	2.17	2.37	2.63	2.84	3.40	4.70	500
1.80	1.95	2.10	2.28	2.46	2.70	3.00	3.22	3.86	5.32	575

Nota. Diámetro para poleas. Tomado de: Intermec S.A., “Catálogo de Poleas en “V,”” p. 28, 2015, [Online]. En línea: <http://www.intermec.com.co/literatura.php>

Al volver al catálogo es evidente que la polea requerida no se encuentra disponible es por esto por lo que se decide trabajar con la de 0.270m y se procede a calcular el número de Rpm de entrada a este eje:

De la ecuación:

$$N_{Polea\ 2} = \frac{0.055 \times 3000}{0.27} = 611.11Rpm$$

Para poder determinar el material de las poleas es necesario conocer la velocidad a cuál estará sometida la polea:

$$v = \frac{Rpm_{Polea} \times 2\pi}{60} \times \frac{D_{Polea}}{2 \times 1000}$$

Según la ecuación

$$v_{Polea1} = 8.64m/s$$

$$v_{Polea2} = 8.64m/s$$

Tabla 19.
Tabla de materiales de poleas

MATERIAL		VELOCIDAD
Fundición gris	GG 20	33 m/s
Fundición nodular	GGG 40	41 m/s
Aluminio	A329	33 m/s
Fundición de acero	1020	45 m/s
Acero laminado	1020	61 m/s

Nota. Materiales recomendados para las poleas según velocidad de operación. Tomado de: Intermecc S.A., “Catálogo de Poleas en ‘V,’” p. 9, 2015, [Online]. Available: <http://www.intermec.com.co/literatura.php>

Según el catálogo de Intermecc se recomienda utilizar una polea hecha con una fundición gris GG20 para que pueda soportar las velocidades a las cuales será sometida.

Tabla 20.
Resumen de resultados de las poleas.

	Polea Bomba	Polea Motor	Polea 1	Polea 2	Polea 3	Polea 4	Polea 5	Polea 6
Referencia Polea	Viene de fabrica	Viene de fabrica	PQ1-3VX55	PQ1-3VX270	PQ2-3VX65	PQ2-3VX270	PQ3-3VX90	PQ3-3VX200
Diametro Polea (mm)	152,4	50,00	55,00	270,00	65,00	270,00	90,00	200,00
Diametro polea (in)	6	1,97	2,17	10,63	2,56	10,63	3,54	7,87
Ancho (mm)	Viene de fabrica	Viene de fabrica	17,5	17,5	27,8	27,8	38,1	38,1
Buje	Viene de fabrica	Viene de fabrica	JA	SDS	JA	SK	SH	SK
diametro buje (mm)	Viene de fabrica	Viene de fabrica	25,4	42,9	25,4	54	34,9	54
diametro buje (in)	Viene de fabrica	Viene de fabrica	1	1-11/16	1	2-1/8	1-3/8	2-1/8
longitud buje (mm)	Viene de fabrica	Viene de fabrica	27	35	27	50	33	50
diametro externo buje (mm)	Viene de fabrica	Viene de fabrica	50	80	50	100	70	100,00
Peso Polea con Buje (lb)	Viene de fabrica	Viene de fabrica	1,60	9,00	1,70	13,60	5,00	13,60
Masa Polea con buje (Kg)	Viene de fabrica	Viene de fabrica	0,72	4,08	0,77	6,16	2,27	6,16
Peso Polea con buje (N)	Viene de fabrica	Viene de fabrica	7,11	40,00	7,55	60,44	22,22	60,44
Velocidad de la polea (m/s)	Viene de fabrica	Viene de fabrica	8,64	8,64	2,08	8,32	2,77	0,69
Material	Viene de fabrica	Viene de fabrica	Fundicion gris	Fundicion gris	Fundicion gris	Fundicion gris	Fundicion gris	Fundicion gris

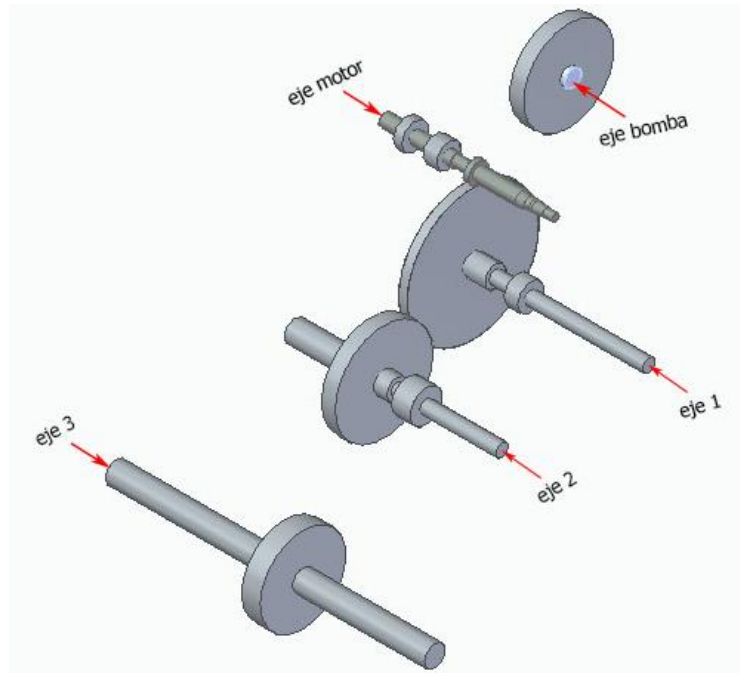
Nota. En la tabla se encuentran los resultados de los cálculos de todas poleas que se van a utilizar, los cálculos de estas se encuentran en el anexo de la memoria de cálculos de la transmisión en detalle (ver anexo 1).

4.4.3 Diseño de los ejes

Diseño primer eje:

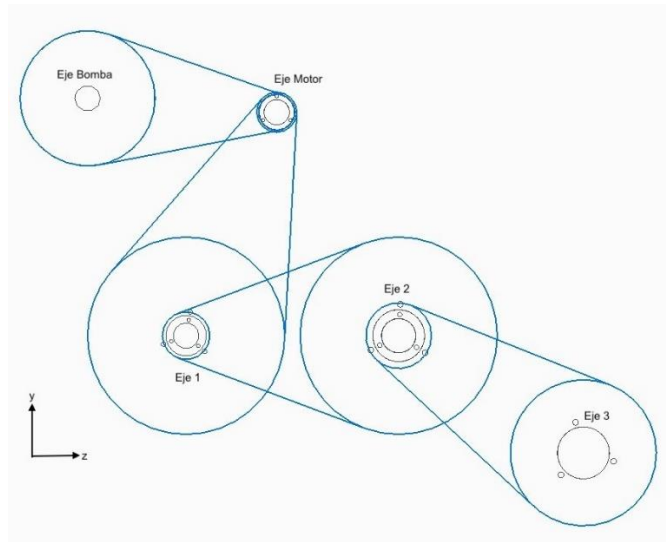
Figura 34.

Distribución de las poleas sobre los ejes



Nota. Esquema de la distribución de las poleas sobre los ejes.

Figura 35.
Ejes del sistema reductor



Nota. Esquema de la distribución de los ejes en el espacio.

Lo primero para tener en cuenta son las propiedades del material con el cual se va a trabajar. En este apartado se van a tener todas las medidas en sistema ingles ya que así podremos entrar a los catálogos de manera más sencilla, en caso de que sea necesario cambiar la unidad de medida se realizará sin ningún tipo de problema.

Tabla21.
Propiedades del acero4340

Estado de Suministro	Resistencia tracción kg/mm ²	Límite elástico kg/mm ²	Alargamiento %	Reducción de área %	Dureza brinell HB
Laminado en Caliente	65/75	44	20	50	210/240
Calibrado	75/85	63	10	30	240/260
Bonificado	85/110	78	16	45	260/320

Nota. las propiedades de este acero son las que nos especifica el proveedor. Tomado de: Eje AISI 4340 (705)." <https://www.dipacmanta.com/aisi-4340> (accessed Apr. 09, 2021).

El acero que se va a utilizar para el diseño es un AISI 4340 este cuenta con una resistencia a la tensión (Sut) de 99.535 ksi y resistencia de fluencia (Sy) de 62.565 ksi. Lo siguiente a realizar es el cálculo del torque ejercido en el primer juego de poleas

ubicadas en el eje de salida del motor, para esto se utiliza la siguiente ecuación, además, se van a calcular como cargas estáticas ya que estas no van a ser variables ni fluctuantes por ende el análisis se realizará de una manera similar a la de una estructura estática tomado de [26]:

$$P = T \times \omega$$

$$5.44 \text{ hp} = 35904 \text{ lb. in/seg}$$

Como ya se mencionó anteriormente las Rpm de entrada al primer eje son 3000 Rpm.

De la ecuación anterior.

$$T = \frac{P}{\omega}$$

Esta fórmula se puede encontrar en el libro de “Diseño de elementos de máquinas Cuarta edición”[27].

$$T = \frac{35904 \text{ lb.} \frac{\text{in}}{\text{seg}}}{314.159 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}}$$

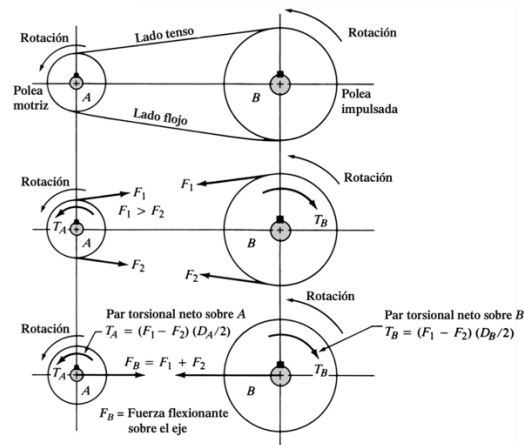
$$T = 114.28 \text{ lb. in}$$

Sin embargo, el torque en las poleas se va a distribuir de la siguiente manera, la polea 1 que es la que va del motor a la bomba va a transmitir 4.16 hp y la del motor a la caja reductora, polea 2, va a transmitir 1.28 hp por ende el torque se distribuye de la siguiente manera:

$$T_{P_{\text{motor}}} = 114.28 \text{ lb. in}$$

$$T_{P_1} = 26.89 \text{ lb. in}$$

Figura 36.
Diagrama de fuerzas sobre las poleas



Nota. Diagrama de distribución de fuerzas sobre una polea. Tomado de: R. G, *Diseño*, vol. 4, no. 3. 1392.

Para calcular las fuerzas a las cuales es sometida la polea en el plano z-y se va a utilizar la siguiente ecuación:

$$F_2 \times r - F_1 \times r = T$$

Esta fórmula se puede encontrar en el libro de "Norton diseño de máquinas un enfoque integrado página 423"

Al despejar la formula se obtiene:

$$F_n r = T$$

$$F_{npz} = \frac{T}{r}$$

$$F_{npz} = 114.28 \text{ lb}$$

Para analizar la polea 1 es necesario utilizar trigonometría ya que esta no se encuentra concéntrica con el primer eje de la caja reductora, por lo tanto:

$$F_{np1z} = \frac{T}{r}$$

$$F_{np1z} = 24.84 \text{ lb}$$

Para este plano necesitamos la componente en Z, por ende:

$$F_{np1z} = F_{np1} \text{seno}(22.08^\circ) = 9.34 \text{ lb}$$

Para la fuerza flectora del eje y-z se utiliza otra fórmula del mismo libro donde:

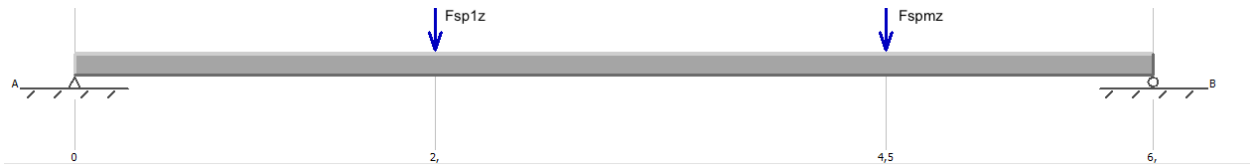
$$F_{smz} = F_n \times 1.5$$

Ese 1.5 es un factor de diseño para calcular la flexión de los ejes y también se encuentra en el Norton.

$$F_{spmz} = -171.4 \text{ lb}$$

$$F_{sp1z} = -14 \text{ lb}$$

Figura 37.
Diagrama eje X-Z



Nota: Con ayuda de un software especializado se dibujaron las fuerzas en el eje, es importante recalcar que esto solo es un estimado para compararlo con los cálculos ya que el software no toma valores exactos, este los aproxima. Tomado de: MDsolids 4.0.

A continuación, se procede a calcular las reacciones en este eje con la ecuación de equilibrio de momentos y fuerzas en el eje se toman la ecuación 7-8 según [27]:

$$\sum M = 0$$

$$\sum F = 0$$

De la ecuación:

$$F_{spmz} \times 4.53in + F_{sp1z} \times 2.04in + R_{2z} \times 5.98in = 0$$

Para hacer este cálculo no se tiene en cuenta el peso de las poleas y bujes ya que este no es significativo con respecto a las otras magnitudes que interactúan en los cálculos.

$$R_{2z} = \frac{F_{spmz} \times 4.53in + F_{sp1z} \times 2.04in}{5.98in}$$

$$R_{2z} = -134.44 \text{ lb}$$

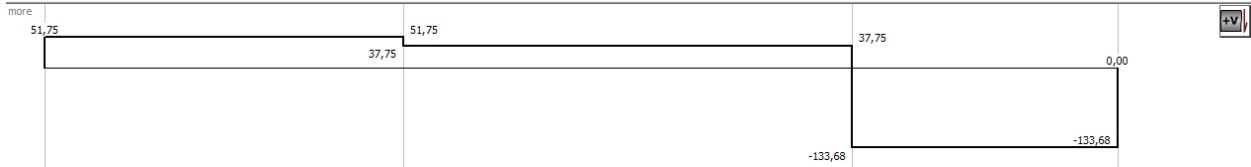
De la ecuación:

$$R_{1z} + F_{spmz} + F_{sp1z} + R_{2z} = 0$$

$$R_{1z} = 50.99lb$$

Figura 38.

Diagrama de cortantes en el eje



Nota: con ayuda del software especializado MDsolids 4.0 se dibuja el diagrama de Cortantes y se corroboran los valores hallados. Tomado de: MDsolids 4.0.

Se procede a calcular los Momentos flectores

$$M_{z1} = R_{1z} \times 2.04in = 103.87 lb.in$$

$$M_{z2} = (R_{z1} + F_{sp1z}) \times 4.44in + M_{z1} = 196 lb.in$$

Figura 39.

Diagrama de flectores en el eje



Nota: con ayuda del software especializado MDsolids 4.0 se dibuja el diagrama de Momentos flectores y se corroboran los valores hallados.

Para el plano X-Y se realiza el mismo proceso

Al despejar la formula se obtiene:

$$F_{np1y} = \frac{T}{r}$$

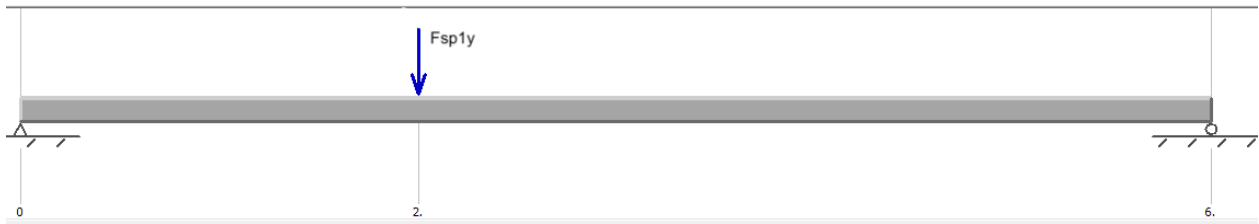
$$F_{np1y} = 24.84lb$$

$$F_{np1y} = F_{np1} \text{seno}(22.08^\circ) = 23.02 lb$$

$$F_{sp1y} = 34.52 lb$$

Para la fuerza flectora del eje X-Y se utiliza otra fórmula del mismo libro donde:

Figura 40.
Esquema eje X-Y



Nota. fuerzas aplicadas en el eje en los planos X-Y. Tomado de: MDsolids 4.0.

A continuación, se procede a calcular las reacciones en este eje con la ecuación de equilibrio de momentos y fuerzas en el eje:

De la ecuación (7):

$$F_{sp1y} \times 2.04in + R_{2y} \times 5.98in = 0$$

Para hacer este cálculo no se tiene en cuenta el peso de las poleas ya que este no es significativo con respecto a las otras magnitudes que interactúan en los cálculos.

De la ecuación (8):

$$R_{2y} = \frac{F_{sp1y} \times 2.04in}{5.98in}$$

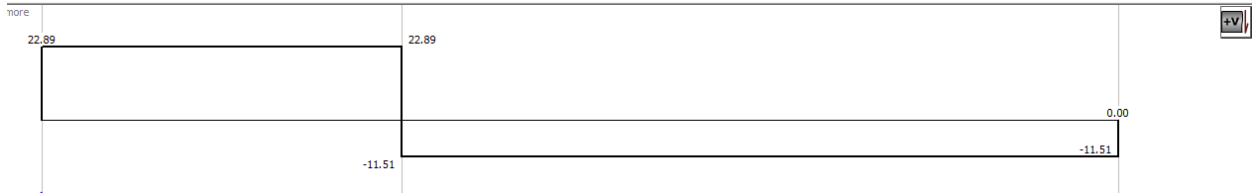
$$R_{2y} = -11.75 lb$$

De la ecuación (8):

$$R_{1y} + F_{spm_y} + F_{sp1y} + R_{2y} = 0$$

$$R_{1y} = 22.77 lb$$

Figura 41.
Diagrama de cortante en el eje

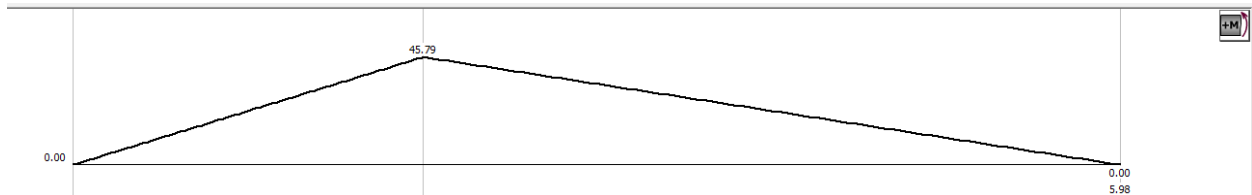


Nota: diagrama de fuerza cortante. Tomado de: MDSolids 4.0.

Se procede a calcular los Momentos flectores

$$M_{y1} = R_{1y} \times 2.04in = 46.39 lb.in$$

Figura 42.
Diagrama de flectores en el eje



Nota. diagrama de momento flector. Tomado de: MDSolids 4.0.

Se procede acá calcular el ángulo de torsión en los ejes generado por el torque, del libro de Norton [26]

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

$$J_{eje} = \frac{\pi \times 1^4}{32} = 0.098 in^4$$

$$J_{Polea\ motor} = \frac{\pi \times 2^4}{32} = 1.57 in^4$$

$$J_{Polea\ 1} = \frac{\pi \times 2.16^4}{32} = 2.14 in^4$$

$$\theta = \frac{T}{G} \left(\frac{l_{eje}}{J_{eje}} + \frac{l_{polea\ motor}}{J_{Polea\ motor}} + \frac{l_{Polea\ 1}}{J_{Polea\ 1}} \right)$$

Donde J es el momento de inercia, G el módulo de rigidez y l las longitudes de eje, y las distancias donde se ubican las poleas en este:

$$\theta = \frac{141.17 \text{ lb. in}}{1.2 \times 10^7 \text{ psi}} \left(\frac{1 \text{ in}}{0.098 \text{ in}^4} + \frac{4.52 \text{ in}}{1.57 \text{ in}^4} + \frac{2.03 \text{ in}}{2.14 \text{ in}^4} \right) = 0.000017 \text{ rad}$$

Al convertir este ángulo a grados:

$$\theta = 0.000017 \times \frac{180^\circ}{\pi} = 0.0096^\circ$$

Es un ángulo que se aproxima a 0° por lo cual no va a afectar el sistema ni va a generar vibraciones que puedan generar problemas, se puede concluir entonces que el tipo de material seleccionado va a funcionar correctamente para el diseño de este eje.

A continuación, se procede a calcular los momentos máximos en los ejes:

$$|M_1| = \sqrt{M_{z1}^2 + M_{y1}^2} = 113.76 \text{ lb. in}$$

$$|M_2| = \sqrt{M_{z2}^2 + M_{y2}^2} = 196 \text{ lb. in}$$

Ahora para calcular el diámetro del eje se utiliza la fórmula del método general cálculo diámetro eje de transmisión de potencia se toma la ecuación 9 de [27] :

$$d = \left\{ \frac{32N}{\pi} \left[\left(K_f \frac{M_a}{S_e'} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(K_{fsm} \frac{T_m}{S_y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

Es importante resaltar que el eje se va a diseñar con un acero 4340 donde $S_{ut} = 99535$ psi.

$$S_e = K_a K_b K_c K_d K_e S_e'$$

$$S_e' = 0.5 S_{ut}$$

$$K_a = a S_{ut}^b$$

Figura 43.
Factor a-b

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{utr} kpsi	S_{utr} MPa	
Esmerilado	1.34	1.58	-0.085
Maquinado o laminado en frío	2.70	4.51	-0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	-0.718
Como sale de la forja	39.9	272.	-0.995

De C.J. Noll y C. Lipson, "Allowable Working Stresses", en *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3. núm. 2, 1946, p. 29. Reproducida por O.J. Horger (ed.). *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, Nueva York. Copyright© 1953 por The McGraw-Hill Companies, Inc. Reproducido con autorización.

Nota. Tabla para determinar los factores a y b.
Tomado de: R. G, *Diseño*, vol. 4, no. 3. 1392.

Como vamos a trabajar con un acero laminado en caliente.

$$a = 14.4 \text{ Kpsi}$$

$$b = -0.718$$

Por lo tanto:

$$K_a = 3.71$$

Para calcular el K_b se realiza una suposición donde no hay o hay efecto en el factor de tamaño, por lo tanto:

$$K_b = 1$$

Cuando se obtenga el diámetro se va a remplazar este valor para verificar el tamaño final del eje

$$K_c = 1$$

Ya que el eje se encuentra sometido a torsión y a flexión.

La máquina va a estar sometida a temperatura ambiente, por lo tanto

Figura 44.
Factores de carga según temperatura

Temperatura, °C	S_T/S_{RT}	Temperatura, °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963
350	0.943	700	0.927
400	0.900	800	0.872
450	0.843	900	0.797
500	0.768	1 000	0.698
550	0.672	1 100	0.567
600	0.549		

* Fuente: Figura 2-9.

Nota. Tabla para determinar el factor de carga según temperatura. Tomado de: R. G, *Diseño*, vol. 4, no. 3. 1392.

$$K_d = \frac{S_T}{S_{RT}}$$

$$K_d = 1$$

Para esta la máquina se va a diseñar con una confiabilidad del 50%

Figura 45.
Valores de confiabilidad

Confiabilidad, %	Variación de transformación z_α	Factor de confiabilidad k_α
50	0	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

Nota. Tabla de confiabilidad. Tomado de: R. G, *Diseño*, vol. 4, no. 3. 1392.

$$K_e = 1$$

Para calcular el factor de modificación por efectos varios en el eje se hace uso de las siguientes ecuaciones:

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

$$q = \frac{1}{1 + \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{r}}}$$

De acá:

$$q = \frac{K_f - 1}{K_t - 1}$$

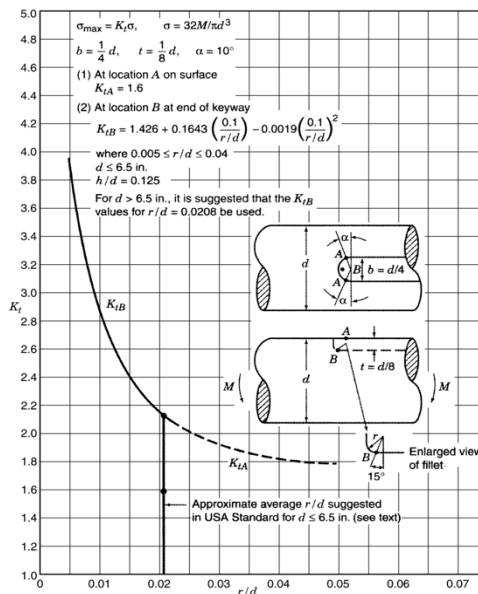
Además, el eje va a tener cuñeros, según el libro de "R.E Peterson, Stress concentración factor, John Wiley" para eje de diámetro menos a 6.5 pulgadas la relación $\frac{r}{d} = \frac{1}{48} = 0.028 \text{ in}$ para la realización de los cálculos se asume un eje de 1 pulgada de diámetro, el catálogo Intermec sugiere utilizar cuñeros estándar para el ensamble de los ejes con las poleas.

Figura 46.
Dimensiones de cuñeros

Diámetro del eje (pulg)	Anchura y profundidad del cuñero (pulg)	Cuña de sección cuadrada (pulg)	Diámetro del prisionero (pulg)
1/2 a 5/8	1/8 x 1/16	1/8 x 1/8	3/16
5/8 a 7/8	3/16 x 3/32	3/16 x 3/16	3/16
7/8 a 1-1/4	1/4 x 1/8	1/4 x 1/4	1/4
1-1/4 a 1-3/8	5/16 x 5/32	5/16 x 5/16	5/16
1-3/8 a 1-3/4	3/8 x 3/16	3/8 x 3/8	3/8
1-3/4 a 2-1/4	1/2 x 1/4	1/2 x 1/2	1/2
2-1/4 a 2-3/4	5/8 x 5/16	5/8 x 5/8	5/8
2-3/4 a 3-1/4	3/4 x 3/8	3/4 x 3/4	5/8
3-1/4 a 3-3/4	7/8 x 7/16	7/8 x 7/8	3/4
3-3/4 a 4-1/2	1 x 1/2	1 x 1	3/4
4-1/2 a 5-1/2	1-1/4 x 5/8	1-1/4 x 1-1/4	7/8
5-1/2 a 6-1/2	1-1/2 x 3/4	1-1/2 x 1-1/2	1
6-1/2 a 7-1/2	1-3/4 x 7/8	1-3/4 x 1-3/4	1-1/4
7-1/2 a 9	2 x 1	2 x 2	1-1/4
9 a 11	2-1/2 x 1-1/4	2-1/2 x 2-1/2	1-1/4

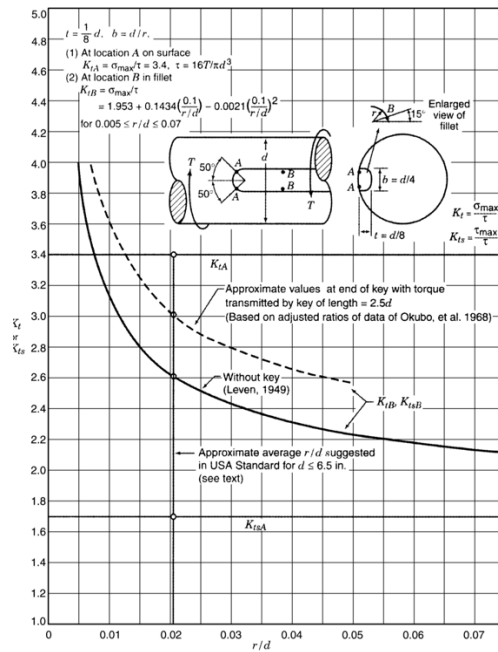
Nota. Dimensiones de cuñeros estándar de sección cuadrada. Tomado de: Intermec S.A., “Catálogo de Poleas en ‘V,’” p. 80, 2015, [Online]. Available: <http://www.intermec.com.co/literatura.php>

Figura 47.
Factor de concentrador de esfuerzos K_t para cuñero semi circular



Nota. Grafica de selección de factor de concentrador de esfuerzo K_t . Tomado de: W. D. Pilkey and D. F. Pilkey, *peterson's stress concentration factors Third Edition*. 2008.

Figura 48.
Factor de concentrador de esfuerzo K_t
para cuñero semi circular



Nota. Grafica de selección de factor de concentrador de esfuerzo K_t . Tomado de: W. D. Pilkey and D. F. Pilkey, *peterson's stress concentration factors Third Edition*. 2008.

De las gráficas anteriores:

$$K_t = 2.1$$

$$K_{ts} = 3$$

Para determinar K_f y K_{fs} :

$$K_f = 1 + q(K_t - 1)$$

Donde:

$$K_f = 1 + q(2.1 - 1)$$

$$q = \frac{1}{1 + \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{r}}}$$

Figura 49.
*Cortante de Neubere
 para aceros*

Tabla 4-6
 Constante de Neuber
 para aceros

S_{ut} (kpsi)	\sqrt{a} (in ^{0.5})
50	0.130
55	0.118
60	0.108
70	0.093
80	0.080
90	0.070
100	0.062
110	0.055
120	0.049
130	0.044
140	0.039
160	0.031
180	0.024
200	0.018
220	0.013
240	0.009

Nota. Tabla de cortante de Neubere según libro. Tomado de: R. L. Norton, *Diseño de máquinas. Un enfoque integrado.*

De la tabla anterior se realiza una extrapolación con ayuda de Excel:

Figura 50.
Extrapolación para el valor de \sqrt{a}

Sut (Kpsi)	\sqrt{a}
90	0.007
99.535	0.062732
100	0.062

Nota. Extrapolación para obtener el valor de \sqrt{a} .

Por ende $\sqrt{a} \approx 0.063$

$$q = \frac{1}{1 + \frac{0.063}{\sqrt{0.125}}} = 0.85$$

$$K_f = 1 + 0.9 \times (2.1 - 1)$$

$$K_f = 1.94$$

Por definición $K_f = K_{fs}$

$$K_{fs} = 1 + 0.918(3 - 1) = 2.7$$

Donde $K_{fs} = K_{fms}$

Con los valores ya explicados se procede entonces a realizar los siguientes cálculos:

$$S_e' = 49767.5$$

$$S_e = 184825.41$$

Para el cálculo del eje se desarrolló la ecuación 9:

$$d_1 = \left\{ \frac{32 \times 2}{\pi} \left[\left(1.94 \times \frac{80.87}{184825.41} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(2.7 \times \frac{26.89}{62565} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d_2 = \left\{ \frac{32 \times 2}{\pi} \left[\left(1.94 \times \frac{182.10}{184825.41} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(2.70 \times \frac{114.29}{62565} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d_1 = 0.31 \text{ in}$$

$$d_2 = 0.45 \text{ in}$$

Según los cálculos realizados el diámetro mínimo del eje debe ser de 0.29 in en la primera sección de eje y 0.45 in en la segunda sección, sin embargo, es necesario verificar el diámetro de los ejes con la corrección del factor de tamaño K_b utilizando los diámetros ya calculados:

$$K_b = 0.879 \times d^{-107}$$

$$K_{b1} = 1.001$$

$$K_{b2} = 0.956$$

El procedimiento es igual al ya explicado, al realizar el cambio se obtiene que los diámetros no van a tener una variación muy pequeña:

$$d1 = 0.32in$$

$$d2 = 0.46in$$

Finalmente se puede concluir que el eje de 1 in seleccionado para el diseño cumple perfectamente con las condiciones de diseño.

Finalmente, para calcular la distancia entre centro del motor a la bomba contamos con:

$$C_{Motor-Bomba} = 10.19 in$$

Según el catálogo de Intermec

$$C_{min} = 0.7 \times (D + d) = 5.57in$$

$$C_{Max} = 2 \times (D + d) = 15.93 in$$

Para la selección de la correa es necesario saber cuál es la longitud primitiva de la correa por ende se desarrolla la siguiente ecuación [28]:

$$L_p = 2C + \frac{\pi \times (D_1 + D_2)}{2} \times \frac{(D_1 - D_2)^2}{4C}$$

Donde C es la distancia entre centros de los eje y D son los diámetros de las poleas

$$L_p = 33.30$$

Va a ser necesario entonces hacer uso de una correa 3VX335, es decir una 3VX por las razones ya explicadas anteriormente de 33.5 in.

4.4.4 Selección de rodamientos

Para realizar el procedimiento de la selección del rodamiento utilizado en el eje del motor se llevó a cabo el siguiente procedimiento.

En primer lugar, para la selección de la vida útil del rodamiento, en el catálogo de SKF se presenta una tabla la cual dependiendo del uso del rodamiento nos brinda un rango para este valor.

Figura 51.

Tabla de rangos de vida útil

Tabla 1	
Valores orientativos de la vida especificada de los diferentes tipos de máquinas	
Tipo de máquina	Vida especificada Horas de funcionamiento
Electrodomésticos, máquinas agrícolas, instrumentos, equipos técnicos de uso médico	300 ... 3 000
Máquinas utilizadas intermitentemente o durante breves períodos: herramientas eléctricas portátiles, dispositivos de elevación en talleres, máquinas y equipos para la construcción	3000 ... 8 000
Máquinas utilizadas intermitentemente o durante breves períodos donde se requiere una alta confiabilidad de funcionamiento: ascensores (elevadores), grúas para productos embalados o eslingas para tambores, etc.	8 000 ... 12 000
Máquinas para 8 horas de trabajo diario, no siempre utilizadas al máximo: transmisiones por engranajes de uso general, motores eléctricos para uso industrial, trituradoras giratorias	10 000 ... 25 000

Nota. tabla de valores de vida útil según uso del rodamiento. Tomado de: “Rodamientos 2019.” https://www.skf.com/binaries/pub201/Images/0901d19680416953-Rolling-bearings---17000_1-ES_tcm_201-121486.pdf (accessed Jun. 17, 2021).

En nuestro caso se toma como una maquinaria para 8 horas de trabajo diario, no siempre utilizado al máximo, en la cual se presenta un rango de vida útil por horas de funcionamiento de 10.000 a 25.000.

Para la selección de los rodamientos se deben tener en cuenta los valores de:

- Diámetro del eje.
- Fuerza radial en libras fuerza.
- Fuerza axial en libras fuerza.
- Revoluciones por minuto del eje.

Teniendo los valores anteriores se procede a realizar una primera supocisión de la vida útil por horas de funcinamiento para al final de la memoria poder corroborarlo, esta se calcula con el promedio de los valores del rango obteniendo un valor de $L_{10h} = 17.500$.

Para poder realizar la primera selección del rodamiento se debe determinar la capacidad de carga dinamica teorica, por medio de la siguiente ecuación tomada de [29].

$$C_T = P_T \times \left(\frac{C}{P}\right)_r$$

Para obtener la relacion (C/P) requerida primero se debe calcular la duración en millones de revoluciones.

$$L_{10h} = \frac{10^6}{60 \times n} \times L_{10}$$

De la anterior ecuación de debe despejar L_{10} (vida útil en millones de revoluciones) y se utilizan los valores del eje del motor.

$$L_{10} = \frac{L_{10h} \times 60 \times n}{10^6} = \frac{17500 \times 60 \times 3000}{10^6} = 3150$$

Teniendo el valor de L_{10} se determina el valor de la relacion C/P requerida por medio de la siguiente ecuacion.

$$\left(\frac{C}{P}\right) = L_{10}^{1/p}$$

El valor de p depende del tipo de rodamiento que se seleccione.

- $p=3$ para rodamientos de bolas.
- $p=10/3$ para rodamientos de rodillos.

Se reemplaza en la ecuacion de la siguiente manera.

$$\left(\frac{C}{P}\right)_r = L_{10}^{1/p} = 3150^{\frac{1}{3}} = 14.66 \text{ Millones de rpm}$$

Para obtener el valor de la carga dinamica equivalente teorica, se utiliza la siguiente ecuacion.

$$P_T = f_t \times F_{max}$$

Donde.

$$f_t = 1 + \frac{F_a}{F_r} = 1 + \frac{22.48 \text{ lbf}}{39.7 \text{ lbf}} = 1.57$$

Y la fuerza maxima se determina entre la fuerza radial y axial, se reemplaza en la ecuacion de carga dinamica anteriormente mostrada.

$$P_T = f_t \times F_{max} = 1.57 \times 39.7 \text{ lbf} = 62.18 \text{ lbf}$$

Teniendo los datos de la relacion (C/P) requerida y la carga dinamica equivalente teorico se reemplaza en la ecuacion.

$$C_T = P_T \times \left(\frac{C}{P}\right)_r = 62.18 \text{ lbf} \times 14.66 = 911.49 \text{ lbf}$$

Con este valor y el diametro del eje (1 pulgada) se puede seleccionar un rodamiento.

Tabla 22.

Valores para las variables C y Co

DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	3 147 lbf
Capacidad de carga estática básica	C ₀	1 754 lbf

Nota. datos para la selección del rodamiento. Tomado de. "UCP 205-16 - Soportes de pie con rodamientos de bolas | SKF." <https://www.skf.com/co/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block-ball-bearing-units/productid-UCP> 205-16 (accessed Jun. 04, 2021).

Tabla 23.
Ficha técnica rodamiento

d	25.4 mm
d ₁	≈ 33.7 mm
A	38 mm

Nota. Ficha técnica del rodamiento. Tomado de. “UCP 205-16 - Soportes de pie con rodamientos de bolas | SKF.” [https://www.skf.com/co/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block-ball-bearing-units/productid-UCP 205-16](https://www.skf.com/co/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block-ball-bearing-units/productid-UCP_205-16) (accessed Jun. 04, 2021).

Como se puede observar en la tabla 21 el valor calculado no sobrepasa la capacidad de carga dinámica básica que soporta el rodamiento el rodamiento UCP205-16 y posee el diámetro solicitado para el diseño.

Teniendo el valor de la capacidad de carga estática C_o (tabla 21) se determina la carga equivalente dinámica real con la siguiente ecuación.

$$P_{real} = X \times F_r + Y \times F_a$$

Los factores X Y se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 24.
Factores X Y

$f_0 F_a/C_0$	e	X	Y
0,172	0,19	0,56	2,30
0,345	0,22	0,56	1,99
0,689	0,26	0,56	1,71
1,03	0,28	0,56	1,55
1,38	0,30	0,56	1,45
2,07	0,34	0,56	1,31
3,45	0,38	0,56	1,15
5,17	0,42	0,56	1,04
6,89	0,44	0,56	1,00

Nota. tabla para las variables X Y. Tomado de: “Rodamientos 2019.” https://www.skf.com/binaries/pub201/Images/0901d19680416953-Rolling-bearings---17000_1-ES_tcm_201-121486.pdf (accessed Jun. 17, 2021).

Como se puede observar en la tabla se debe primero calcular el valor de F_a/C_0 .

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{22.48 \text{ lbf}}{1754 \text{ lbf}} = 0.013$$

Se selecciona la primera columna debido a que posee el valor más cercano (0.172) al obtenido.

Se debe calcular el valor de la variable e de la siguiente manera.

$$\frac{F_a}{F_r} = e$$

Si el valor calculado para la variable e es mayor al que se encuentra en la columna dos de la tabla 23, para el cálculo de la carga equivalente dinámica se debe utilizar la ecuación anteriormente mencionada, sino toma el valor de la fuerza radial.

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{22.48 \text{ lbf}}{39.7 \text{ lbf}} = 0.566$$

Como se obtuvo un valor superior para la variable e mostrado en la tabla 23 se procede a realizar el calculo teniendo en cuenta las variable X Y.

$$P_{real} = X \times F_r + Y \times F_a = 0.56 \times 39.7 \text{ lbf} + 2.3 \times 22.48 \text{ lbf} = 73.94 \text{ lbf}$$

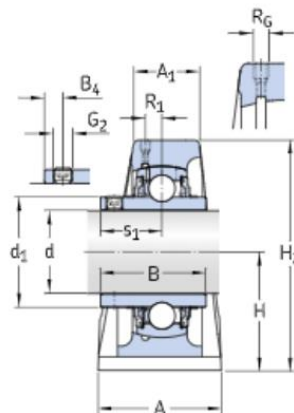
Por ultimo se debe calcular el valor de la vida util por horas de funcionamiento del rodamiento para ser comparado con el que se ha seleccionado según el catalogo en la figura 49, utilizando la ecuacion correspondiente.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P_{real}}\right)^p = \left(\frac{3147 \text{ lbf}}{73.94 \text{ lbf}}\right)^3 = 77113.83$$

Al realizar la comparacion con el rango seleccionado de entre 15.000 a 25.000 se concluye que el rodamiento seleccionado cumple con las características de capacidad de carga, diametro del eje y vida útil por horas de funcionamiento.

Figura 52.

Croquis de soporte y rodamiento



Nota. “UCP 205-16 - Soportes de pie con rodamientos de bolas | SKF.” <https://www.skf.com/co/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block-ball-bearing-units/productid-UCP-205-16> (accessed Jun. 04, 2021).

Figura 53.
Dimensiones del soporte y rodamiento

d	25.4 mm
d ₁	≈ 33.7 mm
A	38 mm
A ₁	23 mm
B	34 mm
B ₄	5.5 mm
H	36.5 mm
H ₁	16 mm
H ₂	70.5 mm
J	105 mm
J	max. 110 mm
J	min. 100 mm
L	139.5 mm

Nota. “UCP 205-16 - Soportes de pie con rodamientos de bolas | SKF.”
<https://www.skf.com/co/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block-ball-bearing-units/productid-UCP-205-16>
(accessed Jun. 04, 2021).

Del catálogo de rodamientos SKF se seleccionó un soporte de pie con rodamiento de bolas, para este eje se seleccionó un UCP 205-16 ilustrado en las figuras 50 y figura 51 ya que por parámetros diseño se va a utilizar un eje de 1 in.

Tabla25.
Resumen diseño de ejes.

	Eje Motor		Eje 1		Eje 2		Eje 3
	Primera sección	Segunda sección	Primera sección	Segunda sección	Primera sección	Segunda sección	Primera sección
Diametros corregidos (in)	0,32	0,46	0,49	0,6	0,82	0,89	1,03
Diametros de diseño (in)	1	1	1-11/16	1	2-1/8	1-3/8	2-1/8
Rodamientos	UCP 205-16	Acople motor	UCF 207-22	UCF 205-16	UCF 211-32	UCF207-22	61810-2RZ

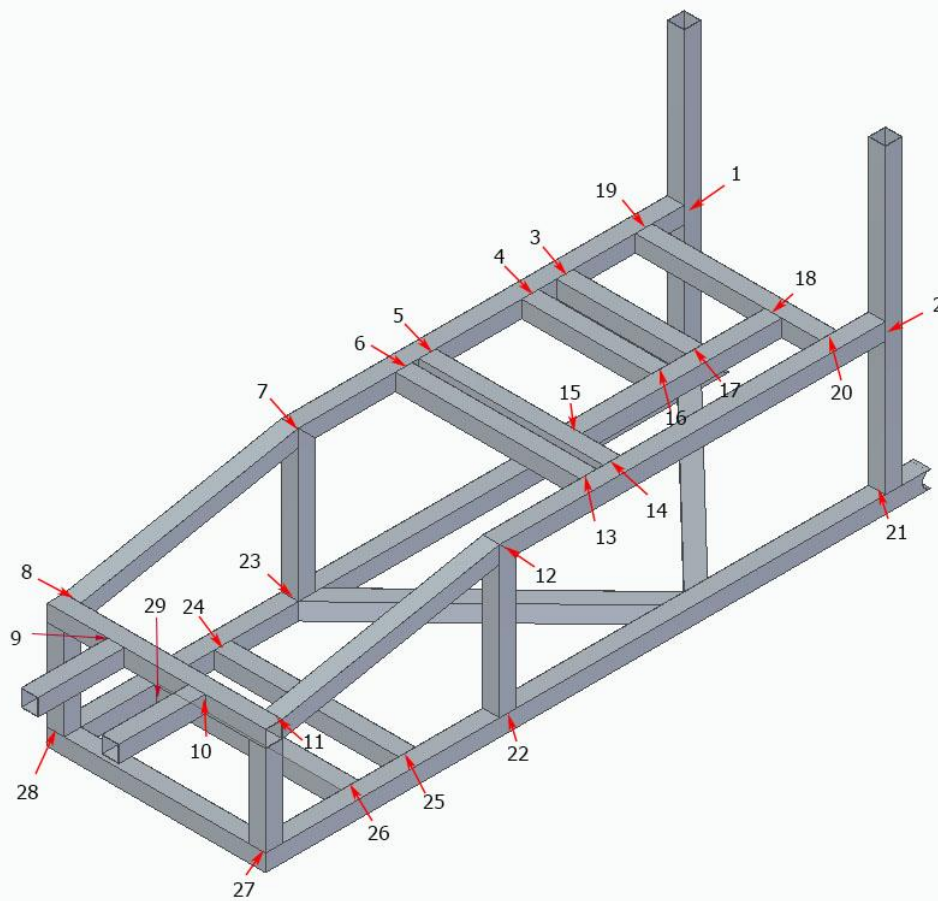
Nota. En la tabla se encuentran los resultados de los cálculos de todos los ejes y los rodamientos con los cuales se va a diseñar el sistema reductor de velocidad, los cálculos de estos se encuentran en el anexo de la memoria de cálculos de la transmisión en detalle (ver anexo 1).

Como se puede observar en la tabla 24, los ejes 1 y 2 tienen un escalón con diámetros diferentes. Para su manufactura se va a comprar un eje con el tamaño más grande de diámetro y este se va a maquinar en un torno para obtener las dimensiones requeridas para el diseño.

4.5 Sistema estructural

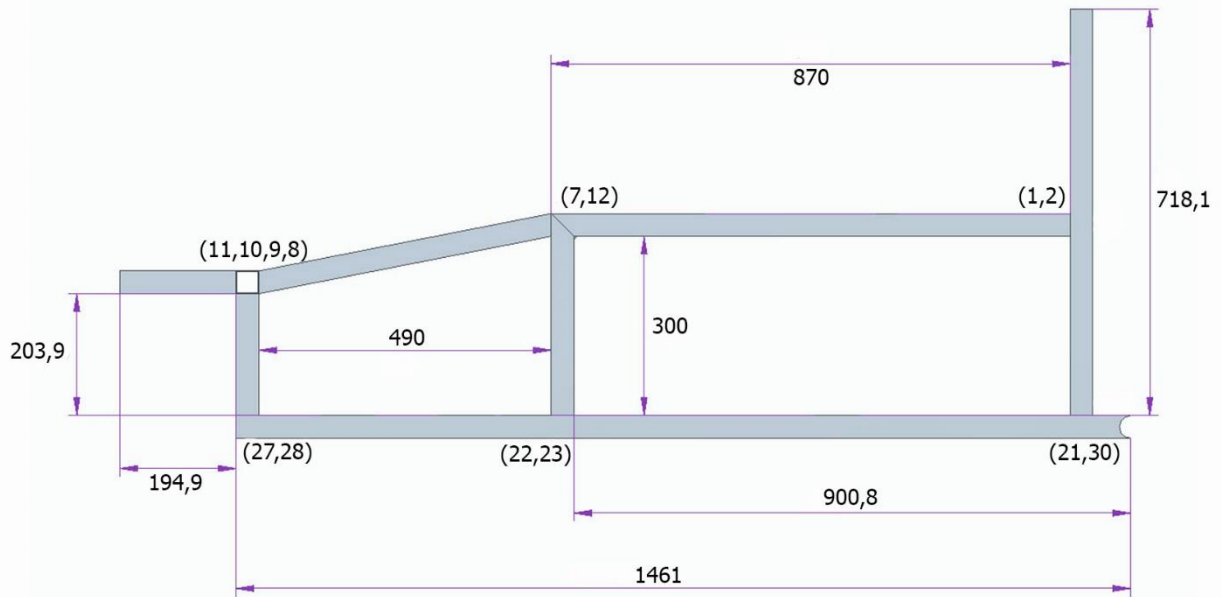
Para la realización de los cálculos se debe tener claridad de la estructura que hemos planteado para el soporte de los diferentes sistemas que posee la máquina, en las siguientes figuras se puede observar una representación de esta, junto con la numeración de los diferentes nodos y las dimensiones de las columnas y vigas para facilitar el análisis de la estructura. Se debe tener en cuenta que estas medidas están en milímetros.

Figura 54.
Vista isométrica estructura diseñada



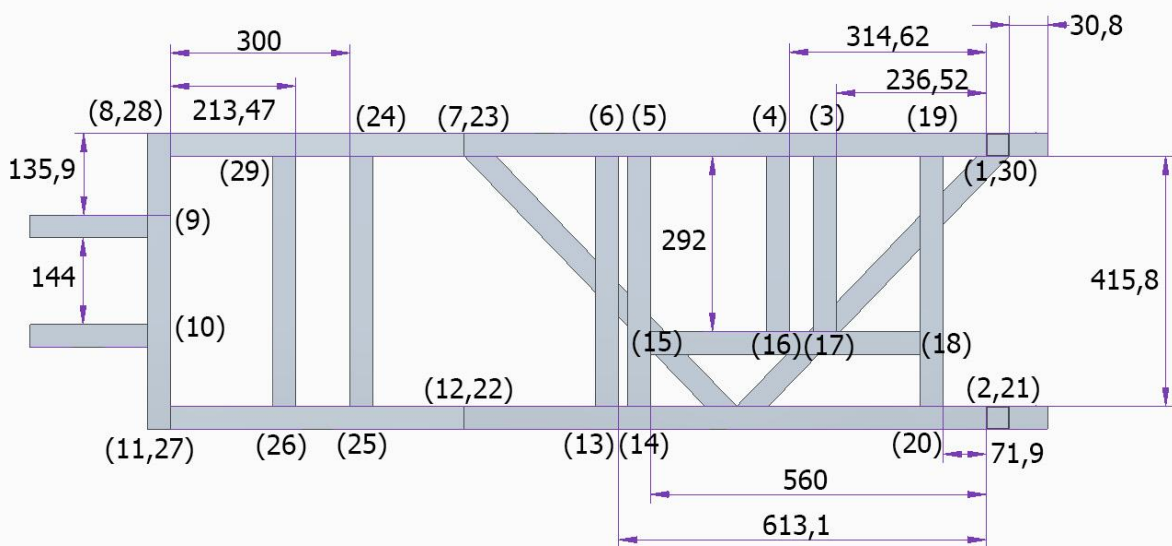
Nota. Vista isométrica con numeración para guía.

Figura 55.
Vista lateral



Nota. Vista lateral, numeración y medidas (unidades en mm),

Figura 56.
Vista superior



Nota. Vista superior, numeración y medidas (unidades en mm).

Para la selección de los materiales y las geometrías de las vigas y columnas del sistema estructural se tuvo en cuenta en primer lugar los pesos de los diferentes componentes que se explicaran a continuación.

4.5.1 Diagrama de cuerpo libre

Se realizó el diagrama de cuerpo libre de los elementos cuyos pesos representan la mayor carga para el sistema estructural, de los cuales se calculó el centro geométrico y se asumió como centro de masa para ubicar la fuerza correspondiente al peso multiplicado por la gravedad (9.81 m/s^2), excepto por la fuerza que corresponde al tanque del agente químico que cuenta con una capacidad de 60 litros y con una densidad del fluido de 997 kg/m^3 , esta se representa como una carga distribuida que para fines prácticos de la primera aproximación a la estructura se utiliza como una carga puntual de 749.42 N , la cual se obtuvo dividiendo la carga correspondiente al peso del tanque entre el área de este, para finalmente convertirla en una carga distribuida multiplicándola por la longitud que está en contacto con la estructura correspondiente al diámetro del tanque obteniendo un valor de 18.28 N/cm ; esta carga para fines prácticos se convirtió en una carga puntual multiplicando de nuevo por la longitud que está en contacto que es de 41 cm obteniendo la carga anteriormente mencionada, al peso del motor que se puede observar en la figura 20 correspondiente a la ficha técnica del motor GX160 se le adiciona el peso de la gasolina cuya densidad es de 720 kg/m^3 y el del aceite lubricante cuya densidad es de 950 kg/m^3 para ser consignado en la siguiente tabla correspondiente a la los elementos tomados en cuenta para los diferentes cálculos del sistema estructural.

Tabla 26.*Tabla de centros de gravedad y pesos de los elementos importantes*

Nombre	Equipo	Medidas	Pesos (kg)	Fuerza (N)	Fuerza con factor dinámico (N)	Ubicación centro geométrico
Motor honda GX160		Largo: 372,5 mm Ancho: 438 mm Alto: 431 mm	22,84	224,08	448,16	Largo: 186,2 mm Ancho: 219 mm Alto: 215,5 mm
Bomba de pistón Eduardoño		Largo: 365 mm Ancho: 290 mm Alto: 365 mm	9,2	90,25	180,50	Largo: 182,5 mm Ancho: 145 mm Alto: 182,5 mm
Tanque de almacenamiento		Alto: 590 mm Diámetro: 410 mm	60	749,42	1498,84	Alto: 295 mm Diámetro: 205 mm

Nota. Cálculo de centros de gravedad – pesos – fuerzas – fuerza con factor dinámico y centros geométricos.

Las dimensiones y pesos se tomaron de los diferentes catálogos de los fabricantes; El centro geométrico de cada carga se obtuvo dividiendo las diferentes dimensiones por dos.

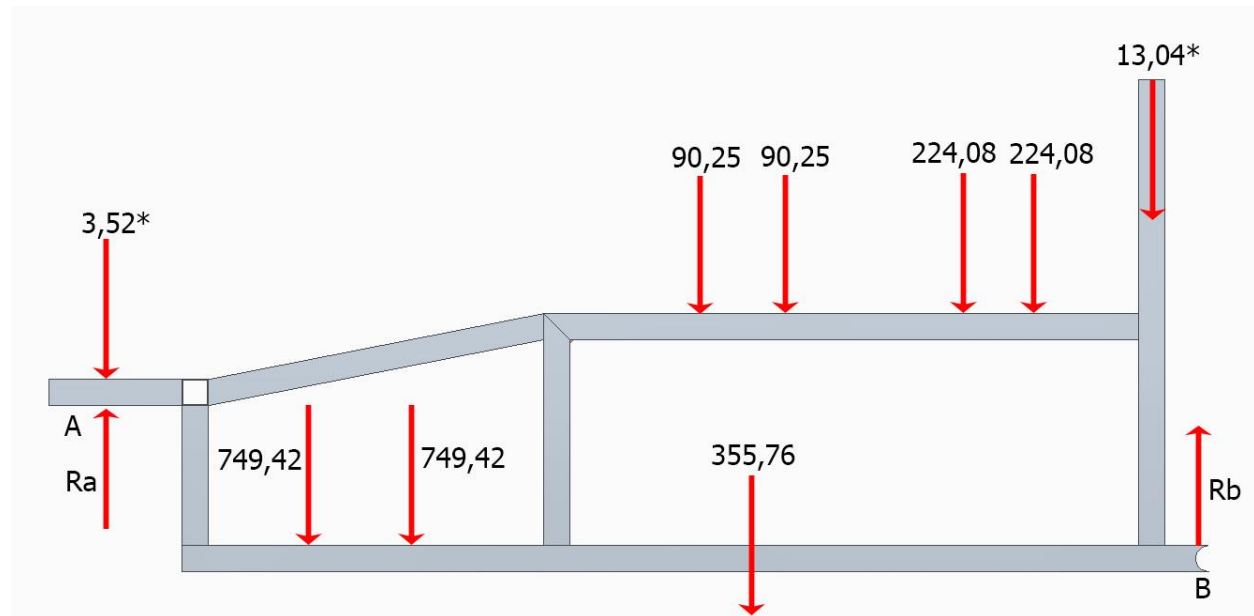
El factor dinámico es un valor de mayoración de cargas que se implementa para tener en cuenta el movimiento de los diferentes componentes de cada elemento y de la máquina en general, dicho valor es de 2 según el libro de Vibration Fundamentals [30].

4.5.1.a Diagrama global de la estructura. Para determinar las reacciones en los apoyos se tiene en cuenta las cargas de la tabla 16 con su correspondiente factor de mayoración;

El peso de la estructura se calculó multiplicando los metros de perfil tubular (asumiendo inicialmente un tubo de 38.1x38.1x1.194 mm de espesor) requeridos con su correspondiente peso obteniendo un valor de 355.76N, en nuestro caso todos los elementos mecánicos analizados están apoyados en dos vigas por lo cual las cargas de la tabla 16 se deben dividir en dos como se muestra en la siguiente figura.

Figura 57.

Diagrama de cuerpo libre



Nota. Diagrama de cuerpo libre global (unidades en Newton). *fuerzas aproximadas de elementos mecánicos extras (porta boquillas – rodamientos – dirección).

Con los datos anteriores se realiza el análisis de sumatoria de fuerzas y de momentos en los diferentes apoyos para determinar las reacciones.

$$\sum Fy = Ra - 90.25N - 90.25N - 749.42N - 749.42N - 355.76N - 3.52N - 13.04N - 224.08N - 224.08N + Rb$$

$$+\circlearrowleft \sum Mb = -224.08N \times 23.65cm - 224.08N \times 31.46cm - 90.25N \times 56cm - 90.25N \times 61.31cm - 749.42N \times 112.49cm - 749.42N \times 125.28cm - 355.76N \times 75cm - 13.04N \times 6.38cm + Ra \times 146.7cm$$

Se obtienen los valores para Ra: 1549.23 N y para Rb: 947.95 N.

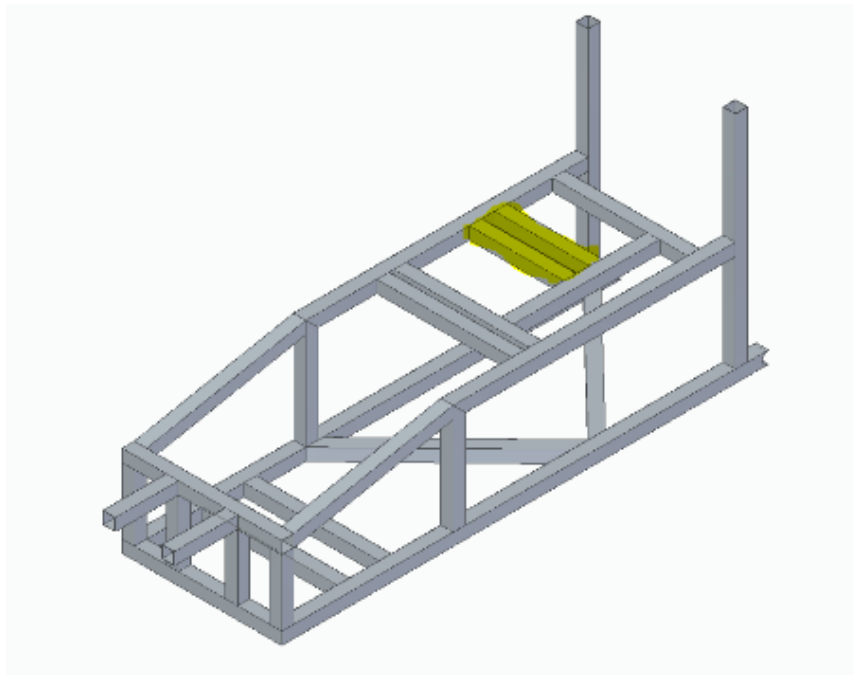
Posterior a este análisis se procede a realizar el cálculo independiente de cada viga.

4.5.2 Diagrama de cuerpo libre para vigas

Vigas entre los nodos 3 – 17 y 4 – 16

Las vigas analizadas se pueden observar en la figura 55, ambas vigas son iguales por lo cual se procede a realizar solo un análisis de fuerzas; El diagrama de cuerpo libre se construyó con las medidas mostradas en la figura 51 y las fuerzas corresponden a la carga aplicada del motor de 281.74N dividido en el número de apoyos que tiene que son 4 para obtener las fuerzas presentes en la siguiente figura.

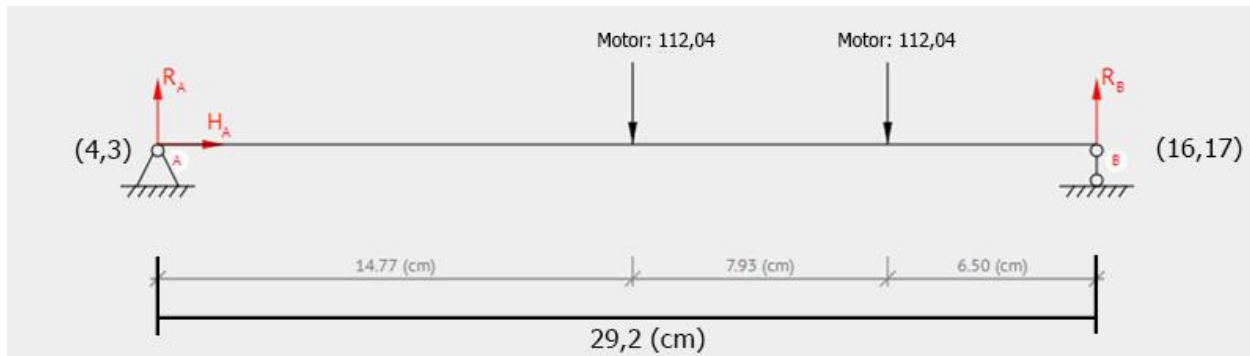
Figura 58.
Viga analizada.



Nota. Viga analizada.

Figura 59.

Diagrama de cuerpo libre viga entre los nodos 3-17 y 4-16



Nota. Diagrama de fuerza cortante. Tomado de: Beam

Calculator Online (Calculate the reactions, Draws Bending Moment, Shear Force, Axial Force). <https://beamguru.com/online/beam-calculator/> (accessed Feb. 19, 2021).

Para el cálculo de las reacciones en los apoyos se tomaron las ecuaciones de sumatoria de momentos en los nodos 4.3 y la sumatoria de fuerzas en Y.

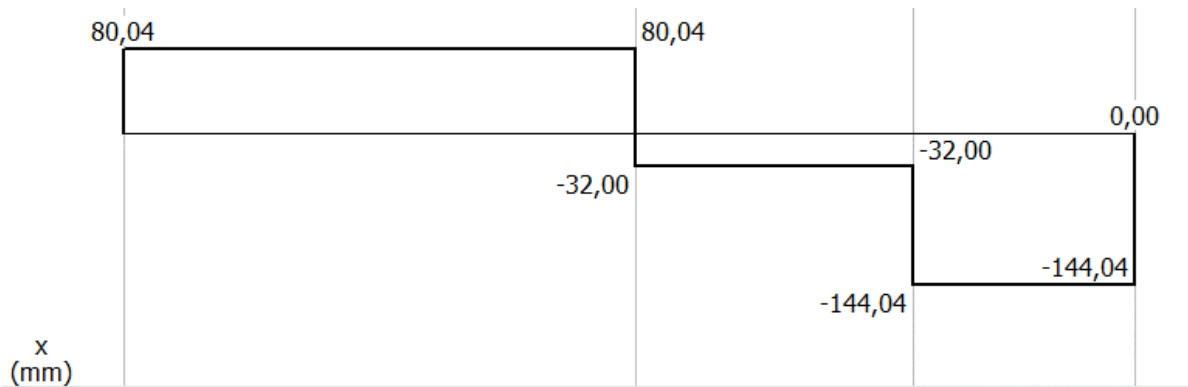
$$\sum F_y = R(4.3) - 112.04N - 112.04N + R(16.17)$$

$$+\circlearrowleft \sum M(4.3) = -112.04N \times 14.77cm - 112.04N \times 22.77cm + R(16.17) \times 29.2cm$$

Ambas fuerzas corresponden a la distribución de la carga generada por el motor.

Se obtuvo de las anteriores ecuaciones el valor de 80.04N para la reacción en los nodos 4.3 y de 144.04N para la reacción en los nodos 16.17.

Con los valores obtenidos anteriormente se construyó el diagrama de fuerza cortante.

Figura 60.*Diagrama de fuerza cortante (3-17) y (4-16)*

Nota. Diagrama de fuerza cortante. Tomado de: Beam Calculator Online (Calculate the reactions, Draws Bending Moment, Shear Force, Axial Force). <https://beamguru.com/online/beam-calculator/> (accessed Feb. 19, 2021).

Para el diagrama de momento flector se utilizó la metodología de áreas en el que se multiplica la base que representa la distancia por la altura que muestra la fuerza; Obteniendo los siguientes valores.

Tabla 27.*Cálculos de área (3-17) y (4-16)*

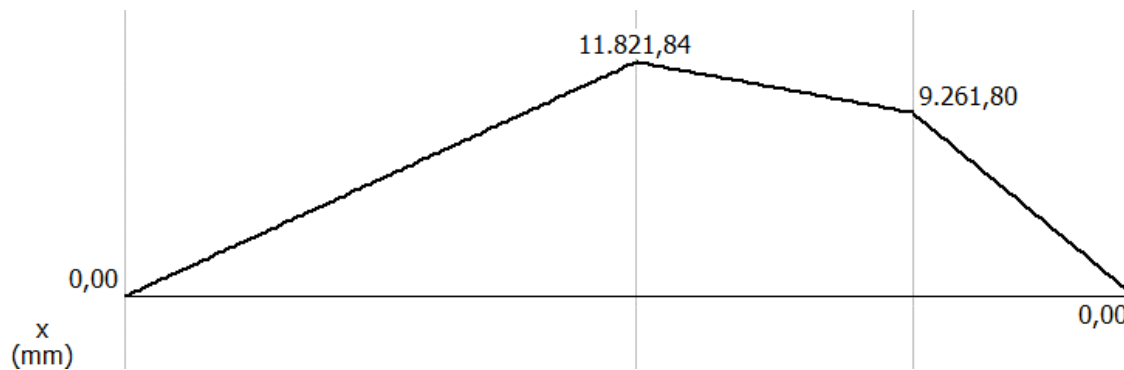
Área (N x cm)	
A	1182.18
B	-256.00
C	-926.18

Nota. Cálculo de áreas.

Y se obtiene el siguiente diagrama de momento flector, sumando las áreas obtenidas.

Figura 61.

Diagrama de momento flector (3-17) y (4-16)



Nota. Diagrama de momento flector con valores de áreas. Tomado de: Beam Calculator Online (Calculate the reactions, Draws Bending Moment, Shear Force, Axial Force). <https://beamguru.com/online/beam-calculator/> (accessed Feb. 19, 2021).

De acuerdo con los datos obtenidos se determinó que el momento flector máximo tiene un valor de 1182.184N*cm.

Para el resto de las vigas se realiza el mismo procedimiento para determinar el momento flector máximo en cada una de ellas (ver anexo cálculo estructural).

En la siguiente tabla se puede observar un resumen de los momentos de cada viga.

Tabla 28.*Tabla resumen momentos flectores*

Momento flector	
Viga	Medida (Nxcn)
B-27	16864.49
B-30	18050.22
3-17 / 4-16	1182.184
25-24 / 26-29	3949.49
15-18	2670.12
19-20	1328.66
6-13	660.32
5-14	1408.58
1-7	4417.62
2-12	2624.59
8-11	10557.79
A-9 / A-10	7566.791
11/12	7572.6
8/7	7572.6

Nota. Tabla concluyente de momentos flectores.

Y como hay vigas que están bajo la acción de un momento torsor también se agrega la tabla de estas.

Tabla 29.

Tabla de momento torsor de las vigas

Momento torsor (N x cm)	
Viga	Medida
8-11 / 8-27	7572.63

Nota. Tabla resumen de momento torsor. Ver memoria de cálculo (anexo B)

Cálculos selección de perfil.

4.5.1.a Vigas. Teniendo el valor de momento flector máximo para el cálculo de la selección de los tubos rectangulares se utilizaron las ecuaciones de esfuerzo de fluencia expuesta en el libro de Norton:

$$\sigma_f = \frac{M_{max}}{S}$$

Donde σ_f es el esfuerzo de fluencia que se calcula multiplicando el esfuerzo de fluencia del material por 0.66 (según la metodología de diseño ASD), el momento máximo (M_{max}) se obtiene de los cálculos anteriores y por último S es el módulo de sección del material; Para el cálculo se seleccionó perfiles cerrados (ASTM A 500 grado C) [31], utilizados comúnmente para construcción de estructuras y por sus propiedades se acopla a las necesidades de la máquina.

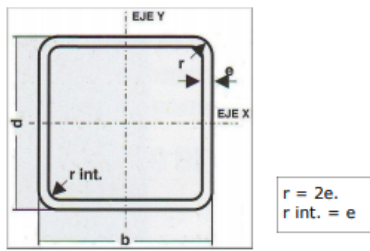
Se debe escoger el mayor momento flector de entre las dos vigas anteriormente calculados, se selecciona el de valor de 18050.22 Nxcn.

Se reemplaza en la anterior ecuación y se despeja de esta manera:

$$S = \frac{18050.22 \text{ N} \times \text{cm}}{0.66 \times 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 3500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} = 0.79 \text{ cm}^3$$

Se debe seleccionar un perfil de viga que cumpla con el módulo de sección calculado y para evitar que la viga falle por deflexión se asume un módulo de sección mayor.

Figura 62.
Catálogo de perfiles circular



PERFILES TUBULARES CUADRADOS

CARACTERISTICAS Y DENOMINACION							PROPIEDADES ESTATICAS						UND.
TAMAÑO NOMINAL		REAL		Espesor pared e mm.	PESO P Kg/m.	AREA A cm ²	FLEXION			TORSION			Empaque
Pulg.	mm.	d mm	b mm				Momento Inercia I _x =I _y cm ⁴	Módulo Sección S _x =S _y cm ³	Radio de Giro r _x =r _y cm.	Módulo Elástico Z _x =Z _y cm ³	Momento Inercia J cm ⁴	Módulo Elástico B cm ³	
7/8x7/8	22x22	22,10	22,10	1,194	0,72	0,91	0,69	0,62	0,87	0,74	113	0,94	100
7/8x7/8	22x22	22,10	22,10	1,499	0,90	1,14	0,81	0,73	0,84	0,89	1032	1,07	
1x1	25x25	26,70	26,70	1,778	0,88	1,12	1,26	0,94	1,06	1,12	2,04	1,42	
1x1	25x25	26,70	26,70	1,194	1,31	1,67	1,71	1,28	1,01	1,55	2,83	1,89	100
1x1	25x25	26,70	26,70	2,032	1,50	1,91	1,87	1,40	0,99	1,72	3,22	2,15	
1x1	25x25	26,70	26,70	2,286	1,66	2,11	2,01	1,51	0,98	1,88	3,45	2,23	
1½x1x½	40x40	38,10	38,10	1,194	1,33	1,70	3,87	2,03	1,51	2,37	6,12	3,06	
1½x1x½	40x40	38,10	38,10	1,499	1,68	2,13	4,70	2,47	1,48	2,90	7,54	3,68	
1½x1x½	40x40	38,10	38,10	2,032	2,25	2,86	6,01	3,15	1,45	3,77	9,91	4,70	64
1½x1x½	40x40	38,10	38,10	2,489	2,72	3,47	6,98	3,66	1,42	4,45	11,80	5,47	
2x2	50x50	51,60	51,60	1,499	2,29	2,92	12,20	4,73	2,05	5,50	19,33	7,07	
2x2	50x50	51,60	51,60	2,032	3,10	3,95	15,84	6,14	2,00	7,22	25,63	9,18	
2x2	50x50	51,60	51,60	2,286	3,44	4,38	17,45	6,76	2,00	8,00	28,27	10,22	30
2x2	50x50	51,60	51,60	2,489	3,74	4,77	18,68	7,24	1,98	8,61	30,80	10,84	
2¾x2¾	70x70	70,90	70,90	1,778	3,78	4,82	38,17	10,77	2,82	12,46	59,70	16,18	
2¾x2¾	70x70	70,90	70,90	2,032	4,32	5,50	42,98	12,12	2,79	14,09	68,31	18,15	25
2¾x2¾	70x70	70,90	70,90	2,489	5,26	6,70	51,25	14,46	2,77	16,92	82,60	21,66	
3x3	75x75	76,20	76,20	3,175	7,21	9,01	78,93	20,72	2,96	24,44	129,27	31,11	36
3x3	75x75	76,20	76,20	4,762	10,65	13,02	108,18	28,39	2,83	34,33	186,32	42,96	36
3x3	75x75	76,20	76,20	6,350	13,91	16,70	131,36	34,48	2,80	42,77	234,06	52,84	24

Nota. Catálogo de la compañía Coleman. Tomado de: D. Mayorista, D. E. M. Para, and L. A. Construcción, Perfil Circular.

Se selecciona el perfil de 40mm x 40mm con un módulo de sección de 2.03, debido a que en la etapa de diseño en la que nos encontramos existe cierta incertidumbre en la estimación de ciertas cargas relacionadas a los componentes mecánicos adicionales de la máquina, por tal motivo se seleccionó un módulo mayor al obtenido en los cálculos para tener cierta margen de seguridad.

Adicionalmente se calcula la deflexión máxima para determinar si cumple con el parámetro de deflexión expuesto en el libro de diseño de elementos de máquinas.

Figura 63.

Criterio de deflexión de viga

Deflexión de una viga por flexión	
Parte de maquinaria general:	0.00 5 a 0.003 pulg/pulg de longitud de la viga
Precisión moderada:	0.000 01 a 0.000 5 pulg/pulg
Alta precisión:	0.000 001 a 0.000 01 pulg/pulg

Nota. valor de cálculo de deflexión de viga. Tomado de: P. E. Robert L.

Mott, "Diseño de elementos de máquinas," 944, vol. 4, pp. 280–291, 2004.

Se seleccionó el factor de 0.005-0.003 ya que nuestras piezas no requieren gran precisión y se puede permitir una deflexión mayor a la de los otros términos; utilizando esta fórmula se obtienen los siguientes rangos para las vigas.

Tabla 30.*Tabla de rangos de deflexión permitidos*

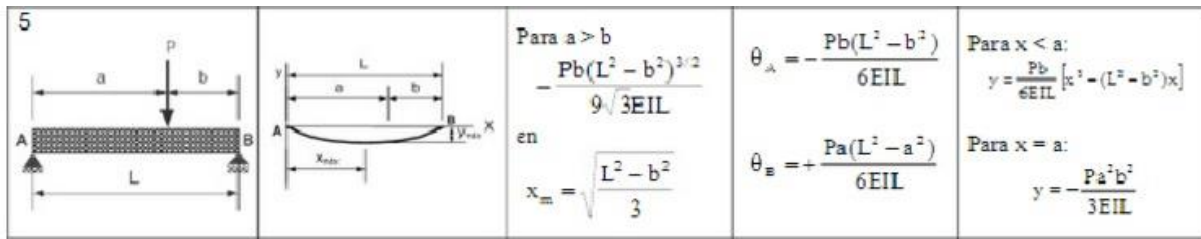
Viga	Longitud (mm)	Rango min 0.003 (mm)	Rango max 0.005 (mm)
B-27	1461	4.38	7.3
B-30	1461	4.38	7.3
3-17 / 4-16	292	0.876	1.46
25-24 / 26-29	415.8	1.2474	2.079
15-18	450	1.35	2.25
6-13	415.8	1.2474	2.079
5-14	415.8	1.2474	2.079
1-7	870	2.61	4.35
2-12	870	2.61	4.35
8-11	415.8	1.2474	2.079
20-19	415.8	1.2474	2.079
A-9 / A-10	194.9	0.5847	0.9745
11-12	499.3	1.4979	2.4965
8-7	499.3	1.4979	2.4965
8-28	203.9	0.6117	1.0195
11-27	203.9	0.6117	1.0195
1-30	680	2.04	3.4
2-21	680	2.04	3.4

Nota. Tabla de rangos permitidos según criterio a evaluar.

Para realizar el cálculo de la deflexión máxima se utiliza el método de la sobre posición, el cual dice que la deflexión máxima se calcula con la suma de las deflexiones generadas por cada una de las fuerzas aplicadas en la viga; Para eso se tomó el siguiente caso para el cálculo de cada deflexión.

Figura 64.

Caso de cálculo de deflexión máxima por carga



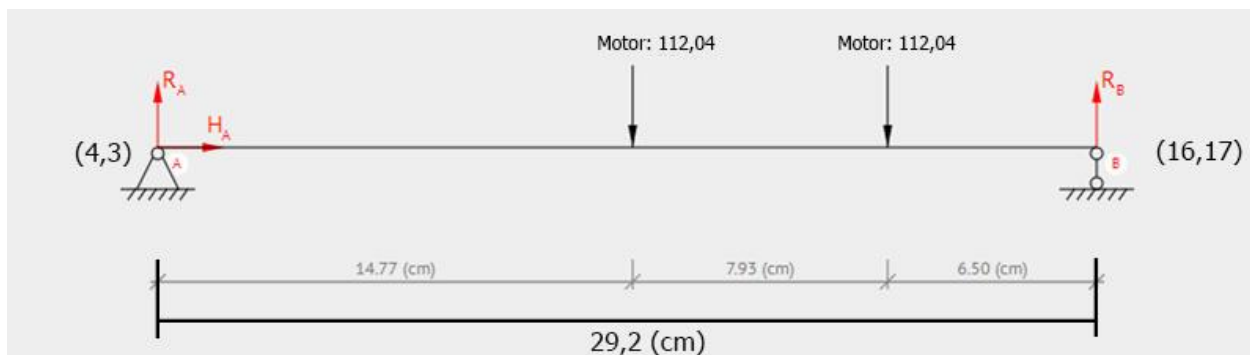
Nota. Ecuaciones para el cálculo de deflexión máxima. P. E. Robert L. Mott, “Diseño de elementos de máquinas,” 944, vol. 4, pp. 280–291, 2004.

Se utilizan las distancias expuestas en los diagramas de cuerpo libre anteriormente mencionados, el módulo elástico de los aceros de 200 GPa y un momento de inercia de $3.87 \times 10^{-8} \text{ m}^4$ ver figura 57; Obteniendo las siguientes ecuaciones para cada una de las fuerzas aplicadas. Como mostrar los cálculos utilizados en las vigas se tomará como referencia la viga con la que hemos trabajado.

Viga entre los nodos (4-16) (3-17)

Figura 65.

Diagrama de cuerpo libre viga entre los nodos (3-17) y (4-16)



Nota. Viga entre los nodos 5-14. Tomado de: Beam Calculator Online (Calculate the reactions, Draws Bending Moment, Shear Force, Axial Force).” <https://beamguru.com/online/beam-calculator/> (accessed Feb. 19, 2021).

Para el cálculo de la deflexión máxima se toma la fórmula de la figura 59 en la primera columna. Cuando se obtiene todos los desplazamientos máximos de cada condición se debe realizar la sumatoria de dicho valor para obtener la deflexión máxima.

$$Y_{max1} = \frac{-112.04N \times 0.1443m \times (0.292m^2 - 0.1443m^2)^{\frac{3}{2}}}{9 \times \sqrt[2]{3} \times 200GPa \times 3.87 \times 10^{-8}m^4 \times 0.292m} = -7.506 \times 10^{-6}m$$

$$Y_{max2} = \frac{-112.04N \times 0.0650m \times (0.292m^2 - 0.0650m^2)^{\frac{3}{2}}}{9 \times \sqrt[2]{3} \times 200GPa \times 3.87 \times 10^{-8}m^4 \times 0.292m} = -4.856 \times 10^{-6}m$$

$$Y_{maxtotal} = Y_{max1} + Y_{max2} = -1.236 \times 10^{-5}m = -0.0123mm$$

Se realiza el mismo procedimiento para obtener las deflexiones de las restantes vigas obteniendo los siguientes valores, para la verificación de los valores obtenidos se utilizaron los programas de MDsolids y de SolidWorks obteniendo los siguientes valores.

Tabla 31.*Tabla de verificación deflexión por los tres métodos*

Viga	Deflexión calculada (mm)	Deflexión por MDsolids (mm)	Deflexión por SolidWorks (mm)	Porcentaje de error	Criterio
21-27	4.064	4.065	4.07	0.123	2.71E-03
28-30	4.79	4.791	4.82	0.602	3.19E-03
3-17 / 4-16	0.012	0.0121	0.0123	1.626	4.11E-05
25-24 / 26-29	0.091	0.092	0.094	2.128	2.19E-04
15-18	0.0663	0.0673	0.0693	2.886	1.47E-04
6-13	0.01488	0.01498	0.01518	1.318	3.58E-05
5-14	0.03194	0.03294	0.03494	5.724	7.68E-05
1-7	0.5437	0.5447	0.5467	0.366	6.25E-04
2-12	0.2524	0.2534	0.2554	0.783	2.90E-04
8-11	0.0648	0.0658	0.0678	2.950	1.56E-04
20-19	0.02189	0.02289	0.02489	8.035	5.26E-05
A-9 / A-10	0.007734	0.007834	0.008034	2.489	3.97E-05
11-12	0.1565	0.1575	0.1595	1.254	3.13E-04
8-7	0.1565	0.1575	0.1595	1.254	3.13E-04
8-28	0.02279	0.02379	0.02579	7.755	1.12E-04
11-27	0.02279	0.02379	0.02579	7.755	1.12E-04
1-30	0.001936	0.002036	0.002236	8.945	2.85E-06
2-21	0.002392	0.002492	0.002692	7.429	3.52E-06

Nota. Tabla de resultados por los tres métodos evaluados.

Los cálculos utilizados en el programa MDsolids son los mismo que se explicaron con anterioridad, por esta razón se analiza el porcentaje de error (columna 5) entre los valores de la columna 3 con los datos obtenidos mediante el método de elementos finitos en el programa SolidWorks (columna 4); obteniendo un error porcentual máximo de 18.63% validando los cálculos tanto por el método analítico como utilizando el programa de SolidWorks.

Al comparar los resultados obtenidos con los valores permitidos según el criterio analizado se concluye que ninguna de las vigas sobrepasa la deflexión máxima permitida y que el esfuerzo a flexión es menor al esfuerzo de fluencia.

4.5.1.b Columnas.

Columna entre los nodos 1-30 y 2-21

Se analiza las columnas entre los nodos 1-30 y 2-21 ya que ambas poseen la misma resistencia admisible al tener las mismas propiedades utilizadas para su cálculo.

Se debe realizar el análisis para compresión como una columna calculando su resistencia admisible y comprándola con la carga a la que se somete la columna, un análisis por deflexión como una viga, para posteriormente realizar la sumatoria de esfuerzo por compresión y por deflexión, para terminar, comparándolo con el esfuerzo permisible según normal ASD de 0.6 del esfuerzo a fluencia.

Calculo resistencia admisible

Para calcular la esbeltez de la columna se utiliza la siguiente formula.

$$esbeltez = \frac{K \times L}{r}$$

Donde K depende de la condición de apoyo.

Figura 66.
Valor para K

TABLE C-A-7.1 Approximate Values of Effective Length Factor, K						
Buckled shape of column is shown by dashed line	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
Theoretical K value	0.5	0.7	1.0	1.0	2.0	2.0
Recommended design value when ideal conditions are approximated	0.65	0.80	1.2	1.0	2.1	2.0
End condition code	<ul style="list-style-type: none"> Rotation fixed and translation fixed Rotation free and translation fixed Rotation fixed and translation free Rotation free and translation free 					

Nota. Valores para K según apoyos. Tomado de: M. Ggc and M. Biogas, *Construction Manual*, no. February. 2009.

Según nuestros apoyos y teniendo en cuenta los valores de la figura 61 el valor para la variable K teórico es de 2, ya que es libre en un extremo y fijo en el otro extremo; La longitud de la columna es de 68 cm y el radio de giro según catálogo es de 1.51 cm (ver figura 57), reemplazando en la formula.

$$esbeltez = \frac{2 \times 68 \text{ cm}}{1.51 \text{ cm}} = 90.066 < 200$$

Para determinar el rango de la columna y el uso de ecuaciones de fuerza critica se utilizó el criterio de esbeltez en la siguiente formula.

Figura 67.
Valores de fuerza critica

$$\frac{KL}{r} \leq 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \quad F_{cr} = (0.658^{F_y/F_e}) F_y$$

$$\frac{KL}{r} > 4.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}, \quad F_{cr} = 0.877 F_e$$

Nota. Valores de fuerza critica. Tomado de: M. Ggc and M. Biogas, *Construction Manual*, no. February. 2009.

$$4.71 \times \sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4.71 \times \sqrt{\frac{200GPa}{343MPa}} = 113.73 > 90.066$$

De acuerdo con los cálculos obtenidos se utiliza la fórmula para rango plástico es decir la primera ecuación de la figura 62; Donde Fe es la fuerza de Euler que se calcula de la siguiente forma.

$$F_e = \frac{\pi^2 \times E}{\left(\frac{K \times L}{r}\right)^2} = \frac{\pi^2 \times 200GPa}{\left(\frac{2 \times 68cm}{1.51cm}\right)^2} = 243.335MPa$$

Reemplazando en la fórmula de fuerza critica se obtiene.

$$F_{cr} = \left(0.658^{\frac{343MPa}{243.335MPa}}\right) \times 343MPa = 190.138MPa$$

Teniendo la fuerza crítica se multiplica por el área de sección tomado del catálogo para calcular la resistencia nominal.

$$P_n = F_{cr} \times A_g = 190.138 \text{MPa} \times 1.7 \times 10^{-4} \text{m}^2 = 32.32 \text{KN}$$

La resistencia admisible según el código ASD corresponde al 0.6 de la resistencia nominal.

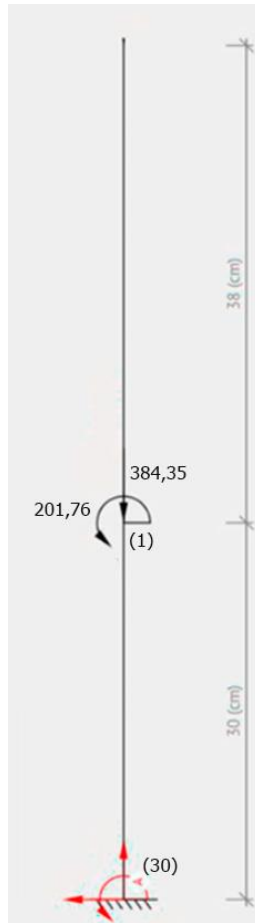
$$\text{Resistencia admisible} = 0.6 \times P_n = 0.6 \times 32.32 \text{KN} = 19.39 \text{KN}$$

La resistencia admisible obtenida por el código ASD es menor a la carga a la que se está sometiendo ambas columnas, cumpliendo por el cálculo de columna.

Comparación entre la combinación de esfuerzos y norma ASD

Los valores utilizados en las siguientes figuras fueron tomados de las diferentes reacciones en los nodos estas se pueden ver en el anexo de la memoria de cálculo del sistema estructural (anexo B).

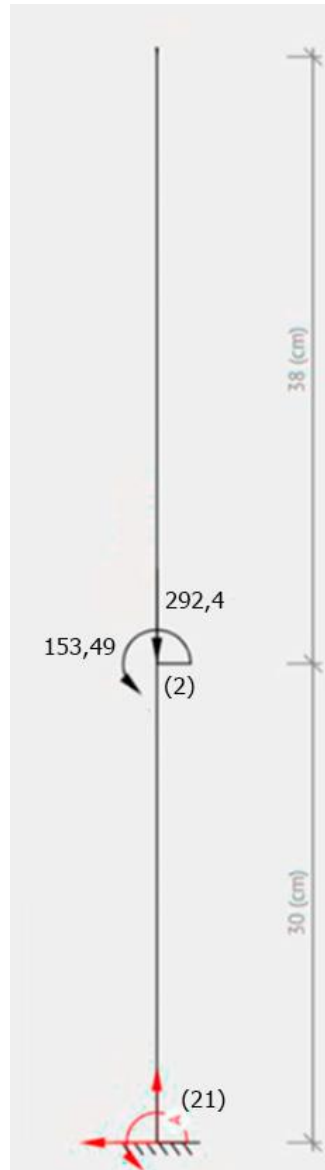
Figura 68.
Diagrama de cuerpo libre
columna 1-30



Nota. Diagrama de cuerpo libre columna 1-30. Tomado de: “Beam Calculator Online (Calculate the reactions, Draws Bending Moment, Shear Force, Axial Force).” <https://beamguru.com/online/beam-calculator/> (accessed Feb. 19, 2021).

Figura 69.

Diagrama de cuerpo libre columna 2-21



Nota. Diagrama de cuerpo libre columna entre los nodos 2-21. Tomado de: "Beam Calculator Online (Calculate the reactions, Draws Bending Moment, Shear Force, Axial Force)."
<https://beamguru.com/online/beam-calculator/> (accessed Feb. 19, 2021).

El momento flector en la columna entre los nodos 1-30 es de 201.76 N*cm y para la columna entre los nodos 2-21 es de 153.49 N*cm mostrados en la tabla 20, el esfuerzo generado en la primera columna es de 993.89 kPa y para la segunda columna de 756.108 kPa, estos esfuerzos se obtienen dividiendo el momento entre el módulo de sección que se encuentra en la figura 57.

Para el cálculo del esfuerzo a compresión se utilizó la fuerza vertical que se observa en las figuras 63 y 64, y se divide en el módulo de inercia que se puede observar en la figura 57.

Luego se compara el esfuerzo admisible con la combinación de esfuerzos de compresión y de deflexión.

Columna entre los nodos 1-30

$$0.66 \times Fy > 993.89 \text{ KPa} + \left(\frac{384.35 \text{ N}}{1.7 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \right)$$
$$257 \text{ MPa} > 2.20 \text{ MPa}$$

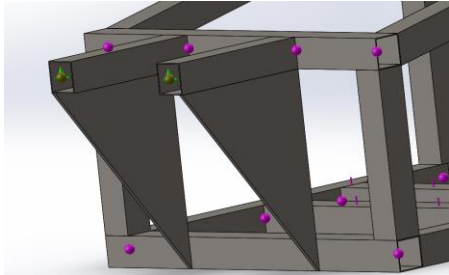
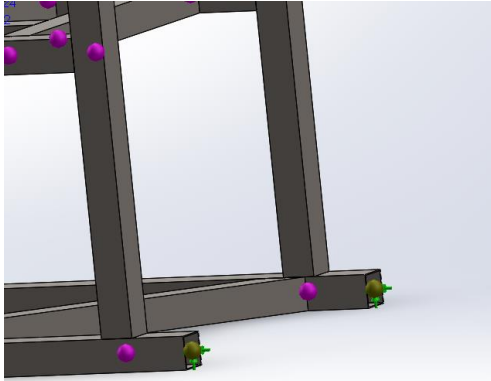
Columna entre los nodos 2-21

$$0.66 \times Fy > 756.108 \text{ KPa} + \left(\frac{292.4 \text{ N}}{1.7 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \right)$$
$$257 \text{ MPa} > 1.68 \text{ MPa}$$

4.5.3 Análisis por elementos finitos

Para el análisis por el método de elementos finitos dentro del programa de SolidWorks se tomaron las siguientes sujeciones.

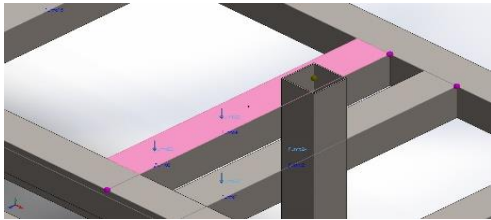
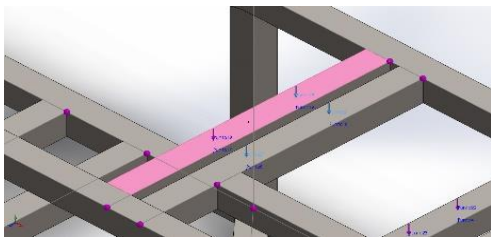
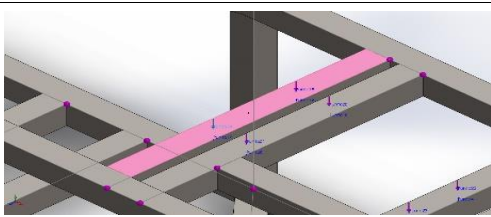
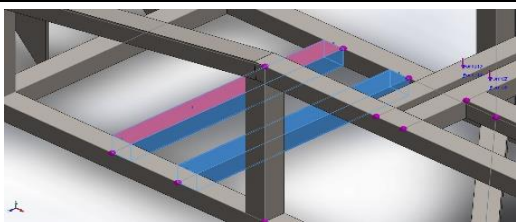
Tabla 32.
Restricciones y apoyos programa SolidWorks

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Geometría fija sin traslación		Traslación: 0; 0; 0 Rotación: ---; ---; --- Unidades: mm; rad
Geometría fija sin traslación		Traslación: 0; 0; 0 Rotación: ---; ---; --- Unidades: mm; rad

Nota. Los puntos verdes corresponden a los nodos fijados, los puntos rosados corresponden a los nodos sin fijar.

Se tomaron las siguientes cargas con sus correspondientes puntos.

Tabla 33.
Tabla cargas

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza en la viga entre los nodos 3 -17 y 4 -16		<p>Entidade 4 cargas de puntos s:</p> <p>Tipo: Fuerza puntual</p> <p>Valores: ---; ---; -112.04 N</p>
Fuerza en la viga entre los nodos 5 -14		<p>Entidade 2 cargas de puntos s:</p> <p>Tipo: Fuerza puntual</p> <p>Valores: ---; ---; -45.12 N</p>
Fuerza en la viga entre los nodos 6 -13		<p>Entidade 2 cargas de puntos s:</p> <p>Tipo: Fuerza puntual</p> <p>Valores: ---; ---; -45.12N</p>
Fuerza en la viga entre los nodos 24 -25 y 29-26		<p>Entidades: carga por unidad de longitud</p> <p>Tipo: Fuerza distribuida</p> <p>Valores: ---; ---; -1.828 Nm</p>

Nota. el color rosado denota las caras utilizadas como referencia según el programa y los puntos azules denotan las cargas puntuales y su dirección.

Se realizó un enmallado con las siguientes propiedades.

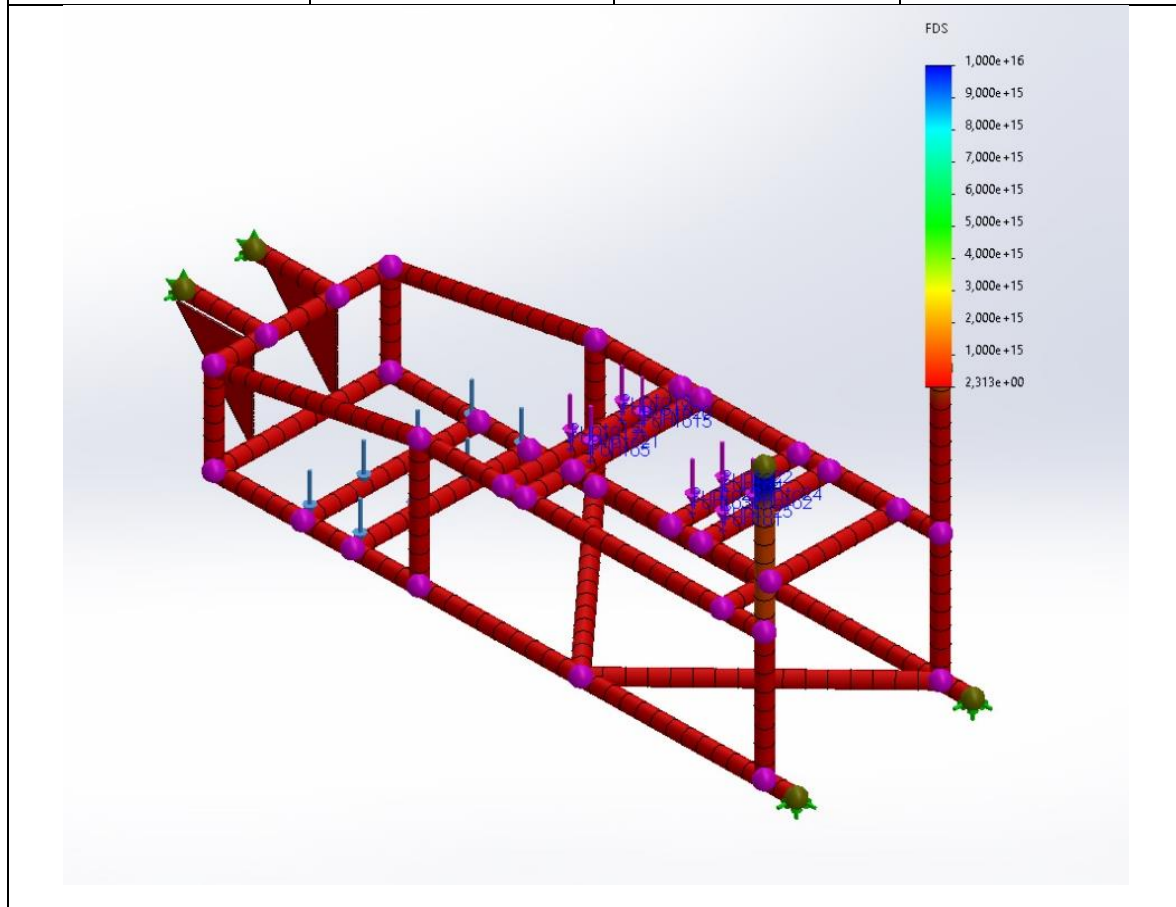
Tabla 34.
Propiedades enmallado

Número total de nodos	73863
Número total de elementos	43591

Al realizar la simulación de la estructura se obtuvo el siguiente factor de seguridad, basado en la tensión de Von Mises max y el límite de fluencia.

Tabla 35.
Factor de seguridad según Tensión de Von Mises max.

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Factor de seguridad1	Tensión de Von Mises máx.	2.253e+00	1.000e+16



Nota. Factor de seguridad.

El factor seguridad recomendado para estructuras según Modificada de Faires basado en la resistencia a la fluencia es de 1.5 – 2, al compararlo con el obtenido de 2.253 se concluye que es mayor al recomendado y por consiguiente la estructura cumple al analizarse por métodos finitos.

4.5.4 Cálculos soldadura

Para el cálculo del espesor de la soldadura se utilizó la metodología expuesta en el libro de Diseño de elementos de máquinas de Mott.

Figura 70.

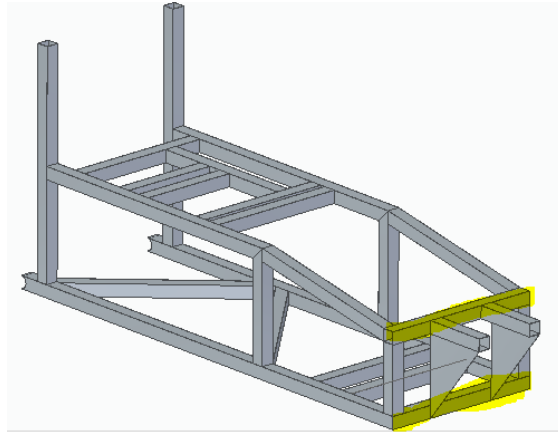
Procedimiento general para el diseño uniones soldadas

1. Proponga la geometría de la unión y el diseño de los elementos que se van a unir.
2. Identifique los esfuerzos que se desarrollan en la unión (flexión, torsión, cortante vertical, tensión o compresión directa).
3. Analice la junta para determinar la magnitud y la dirección de la fuerza sobre la soldadura, debido a cada tipo de carga.
4. Combine vectorialmente las fuerzas en la unión, o en los puntos del cordón donde las fuerzas parezcan máximas.

Nota: proceso general planteado en el libro. Tomado de: P. E. Robert L. Mott, “Diseño de elementos de máquinas,” 944, vol. 4, pp. 280–291, 2004.

Para el cálculo de la soldadura se toma la unión que presenta la mayor fuerza cortante y el mayor momento torsor en sus puntos de unión, la viga seleccionada para el análisis es la viga entre los nodos 8-11

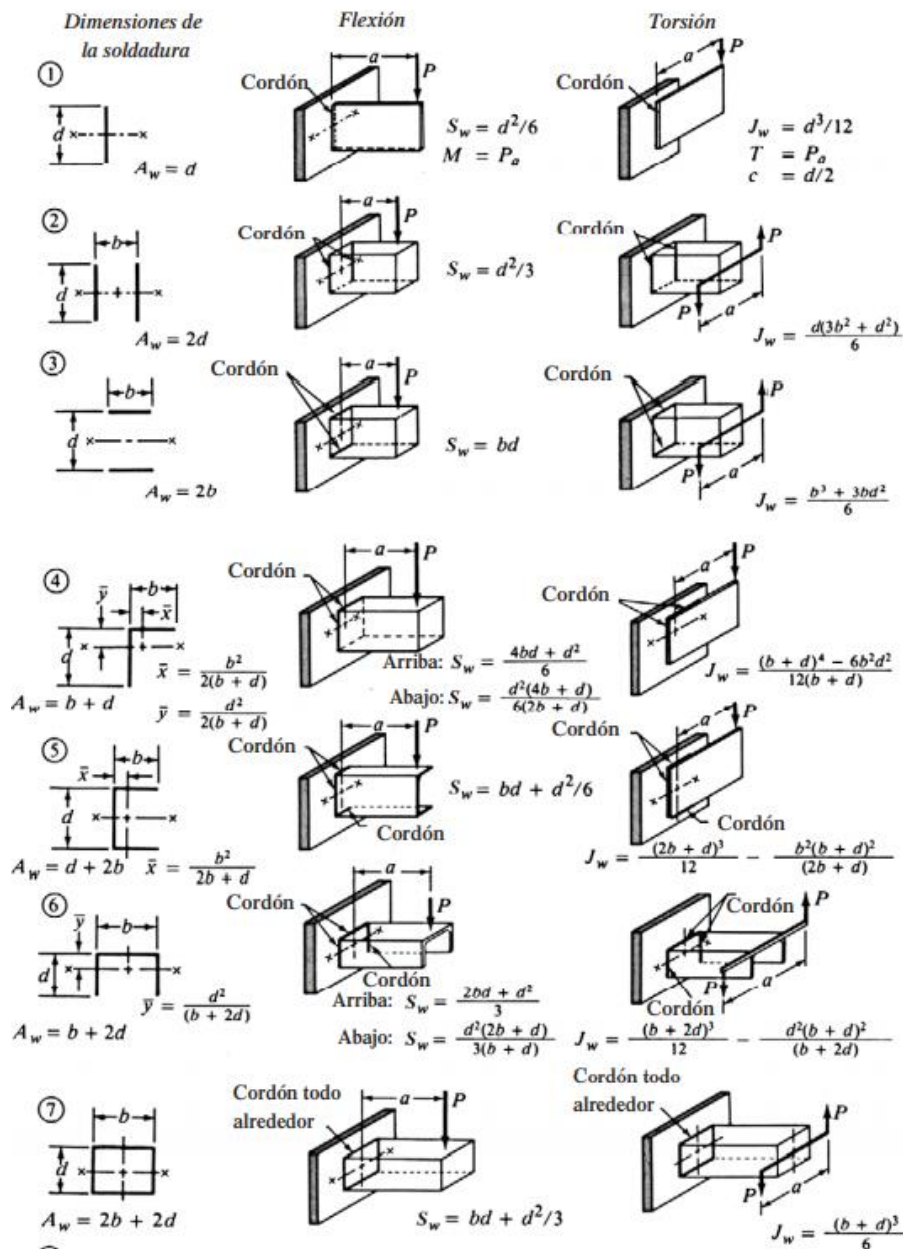
Figura 71.
Viga entre los nodos 8-11



Nota. Ubicación de la viga a analizar.

La unión seleccionada para esta viga y en general la que se utiliza para las demás uniones es una unión a tope con soldadura de contorno alrededor. Para el cálculo de las características geométricas de la soldadura se debe seleccionar teniendo en cuenta lo anteriormente mencionando el caso que más se asemeje al de nosotros de la siguiente figura.

Figura 72.
Factores geométricos para el análisis de soldadura



Nota: factor geométrico para soldadura. Tomado de: P. E. Robert L. Mott, "Diseño de elementos de máquinas," 944, vol. 4, pp. 280–291, 2004.

Se debe tener en cuenta que todos los factores anteriormente mencionados están multiplicados por unidad de espesor, es por esto por lo que en nuestros cálculos los valores obtenidos aparecen a variable t haciendo alusión a el espesor que es la variable para determinar.

Se selecciona el caso número 7, ya que es el que más se asemeja a nuestras condiciones de soldadura. Se procede a calcular los factores necesarios para el cálculo.

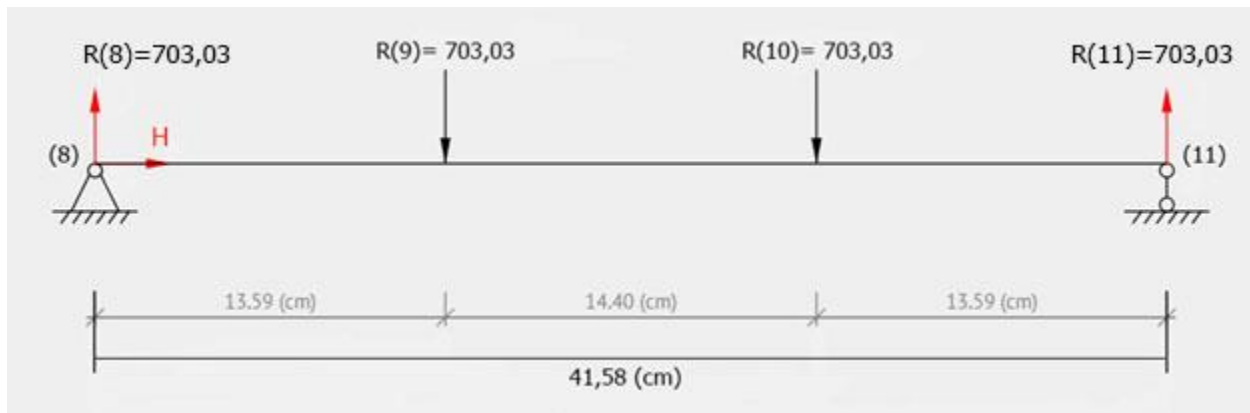
$$A_w = 2b + 2d = (2 \times 38.1\text{mm} + 2 \times 38.1\text{mm}) \times t = 152.4\text{mm } t$$

$$J_w = \frac{(b + d)^3}{6} = \frac{(38.1 + 38.1)^3}{6} = 73741.78 \text{ mm}^3 t$$

El siguiente paso es determinar el comportamiento de las cargas que actúan sobre la soldadura, teniendo en cuenta la reacciones sobre dichos nodos para lo cual se tienen las siguientes magnitudes.

Figura 73.

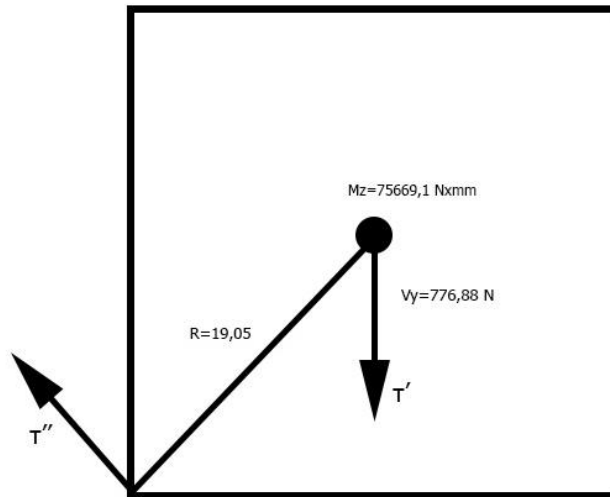
Diagrama de fuerza viga entre los nodos 8-11



Nota. Diagrama de fuerzas viga entre los nodos 8-11. Tomado de Beam Calculator Online (Calculate the reactions, Draws Bending Moment, Shear Force, Axial Force).” <https://beamguru.com/online/beam-calculator/> (accessed Feb. 19, 2021).

Adicionalmente los nodos están bajo la acción de un momento torsor en la dirección Z de magnitud 75669.1 N*mm, generando fuerza cortante de 776.88 N secundarias en la dirección X e Y. Las fuerzas y su ubicación se pueden observar en el siguiente esquema, donde se presenta el centro de gravedad donde se aplica la carga.

Figura 74.
Diagrama cargas en las uniones



Nota. Diagrama de ubicación de esfuerzos cortantes y cargas.

Obteniendo la magnitud y la dirección de las diferentes fuerzas ejercidas en la soldadura se procede a realizar los cálculos para cada una de ellas, según el libro las fórmulas a aplicar son las siguientes y posteriormente realizar la sumatoria vectorial de los esfuerzos cortantes.

$$\tau'_{y} = \frac{V_y}{A_w} = \frac{-776.88 \text{ N}}{152.4 \text{ mm} \times t} = \frac{-5.09}{t} \text{ MPa}$$

$$\tau''_{x} = \frac{M_z \times r_y}{J_w} = \frac{75726.3 \text{ N} * \text{ mm} \times 19.05 \text{ mm}}{73741.78 \text{ mm}^2 \times t} = \frac{195.61}{t} \text{ MPa}$$

$$\tau''_{y} = \frac{M_z \times r_x}{J_w} = \frac{75726.3 \text{ N} * \text{ mm} \times (-19.05 \text{ mm})}{73741.78 \times t} = \frac{-195.61}{t} \text{ MP}$$

Se debe realizar la sumatoria vectorial de los esfuerzos cortantes obtenidos.

$$\tau_{total} = \sqrt{\left(\frac{195.61}{t} \text{ MPa}\right)^2 + \left(\frac{-5.09}{t} \text{ MPa} - \frac{195.61}{t} \text{ MPa}\right)^2} = \frac{280.256}{t} \text{ MPa}$$

Para obtener el valor del espesor se debe comparar este esfuerzo cortante con el esfuerzo admisible del electrodo a utilizar, se selección el electro E6013 debido a su facilidad de obtención y alto límite de fluencia que según la norma es de 60 Ksi – 447.68 MPa.

$$\tau_{total} < \tau_{adm}$$

$$\frac{280.256}{t} MPa < 447.68 MPa$$

$$0.6mm < t$$

Se obtiene un espesor de 0.6 mm. Para facilitar el proceso de fabricación y con la premisa de que el tubo posee una pared delgada, se selecciona el proceso de soldadura por MIG-MAG para soldar paredes delgadas.

4.5.5 Cálculo de pernos de fijación

Para realizar la fijación de la dirección con el manubrio se va a utilizar pernos DIN 1444 de la empresa OPAC que poseen un material base que posee un módulo de cizallamiento de 81 GPa y un módulo elástico de 210 GPa [32], para realizar el cálculo del diámetro de los pernos se debe tener en cuenta la fuerza máxima que puede aplicar una persona que realice la acción de empuje de cualquier objeto, en un artículo publicado en la revista de ingeniería [33] se determinó que la fuerza máxima aplicada por una persona es de 40 kgf. Teniendo esta fuerza se procede a determinar el esfuerzo cortante generado, multiplicando la fuerza por la distancia aplicada, en este caso la distancia se determina dividiendo la longitud del manubrio (0.7 m) entre dos obteniendo un valor de 0.35 m.

$$\tau_{aplicado} = F \times distancia = (40kgf \times 9.81 \frac{m}{s^2}) \times 0.35m = 137.34 N \times m$$

Teniendo este valor y el valor del módulo de cizallamiento del material del perno se procede a despejar de la siguiente ecuación el módulo de sección.

$$\tau_{adm} = \frac{\tau_{aplicado}}{S}$$

$$S = \frac{\tau_{aplicado}}{\tau_{adm}} = \frac{137.34 N \times m}{81GPa} = 1.69 \times 10^{-9}m^3 = 3.22mm^3$$

Una vez se obtiene el módulo de sección requerido se debe determinar el diámetro mínimo del perno mediante la siguiente formula tomada de [26].

$$S = \frac{\pi \times D^3}{32}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 \times 3.22 \text{mm}^3}{\pi}} = 3.2 \text{mm}$$

Según los cálculos obtenidos se debe seleccionar un perno con un diámetro de 3.2 mm sin embargo según el catálogo presentado por la empresa no se cuenta con este diámetro por lo que se escoge el mayor que se encuentre más cercano es decir el de 4 mm.

4.6 Sistema de frenado

Para el diseño de frenado se tuvo en cuenta diferentes aspectos que se explicarán en breve en el siguiente apartado, lo primero a realizar es un análisis energético para poder calcular la fuerza requerida en el frenado de la máquina, para realizar este cálculo se van a tener en cuenta las condiciones máximas sobre las cuales va a trabajar la máquina: con una masa de 187.05 Kg, una velocidad 4.9 km/h, ver capítulo 3, y una distancia de frenado de 1m. De acuerdo con el procedimiento seguido en la tesis de Daniel Armando de Mulder Miery titulada “Construcción y validación estructural del Vehículo de Tracción Humana 2013 de la Universidad de los Andes” [34].

$$E_{Cinetica} = E_{frenado}$$

$$\frac{1}{2} m_{fumigadora} v^2 = F_{frenado} \times x_{frenado}$$

Al despejar obtenemos

$$masa_{fumigadora} = 187.05 \text{kg}$$

$$v = \frac{4.9 \text{km}}{h} = 1.36 \text{m/s}$$

$$F_{frenado} = \frac{\frac{1}{2} \times 187.05 \text{kg} \times (1.36 \text{m/s})^2}{1 \text{m}}$$

$$F_{frenado} = 173 \text{N}$$

Como solo se va a utilizar un freno en la llanta posterior de la fumigadora, esta debe absorber toda la fuerza de frenado calculada.

Al usar la aproximación de fricción seca y teniendo en cuenta que para el diseño se van a utilizar zapatas de baja calidad se obtienen los siguientes datos:

$$\mu_{dinamico} = 0.52$$

$$L_{palanca\ de\ freno} = 150mm$$

$$L_{posicion\ zapata} = 30mm$$

$$T_{Guaya\ de\ freno} \times \frac{L_{palanca\ de\ freno}}{L_{posicion\ zapata}} \times \mu_{dinamico} \geq F_{frenado}$$

Suponiendo que la ecuación anterior es una igualdad se procede a despejar

$$T_{Guaya\ de\ freno} = \frac{F_{frenado} \times L_{posicion\ zapata}}{L_{palanca\ de\ freno} \times \mu_{dinamico}}$$

$$T_{Guaya\ de\ freno} = 66.54\ N$$

$$\frac{66.54N}{9.81\ \frac{m}{s^2}} = 6.78\ kg$$

Esta tensión corresponde a accionar el freno con la mano ejerciendo un peso de 6.78 kg, por lo cual se puede asegurar que un freno de bicicleta cumple con las condiciones de uso.

4.7 Sistema de instrumentos

Este sistema se diseñó con el fin de que el operario pueda tener cierto control con respecto a las variables ya explicadas anteriormente en la caja negra.

En primer lugar, se va a instalar un velocímetro inalámbrico este además de medir la velocidad va a medir la distancia recorrida por la fumigadora ya que tiene un odómetro incorporado.

Figura 75.
Odometro-velocimetro



Nota. Velocímetro inalámbrico. Tomado de: Promoción! Odómetro Velocímetro Bicicleta Inalámbrico Agua | Mercado Libre. https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-577898914-promocion-odometro-velocimetro-bicicleta-inalambrico-agua-_JM#position=12&type=item&tracking_id=fe5c5576-48bb-4f48-be4e-6d0b58805882 (accessed Apr. 03, 2021).

Como se puede ver en la figura 70 este dispositivo cuenta también con reloj, alarma y cronometro, además monitorea la velocidad para indicar cuál fue la velocidad máxima a la cual llegó la máquina y de esta manera poder controlar los tiempos y las distancias de

riego ya que la máquina no cuenta con un medidor de gasolina. Este cuenta con un imán que va a ir ubicado en la llanta trasera y un sensor para poder tomar las mediciones

La otra variable para controlar es la presión de trabajo de la bomba, esta va a ser medida con un manómetro que viene con la bomba.

También es necesario un kit de aceleración para poder regular la velocidad de la fumigadora, este kit incluye la guaya que va conectada al acelerador del motor como se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 76.
Kit de acelerador



Nota. Acelerador de motocicleta. Tomado de: “Par De 22 Mm T-wist Del Acelerador De La Carcasa Del Manilla | Mercado Libre.” https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-625153285-par-de-22-mm-t-wist-del-acelerador-de-la-carcasa-del-manilla-_JM#position=45&search_layout=stack&type=item&tracking_id=9adc5852-342a-4d17-b009-edd55beb3ca5 (accessed Jun. 02, 2021).

Finalmente se va a implementar un kit de frenos para controlar el frenado de la máquina el accionamiento de los aspersores, como se puede apreciar en la figura 72 el kit viene con dos palancas para freno, una de ellas se a utilizar para accionar los aspersores y la otra el freno de disco acoplado en la llanta trasera de la máquina.

Figura 77.
Kit de frenado.

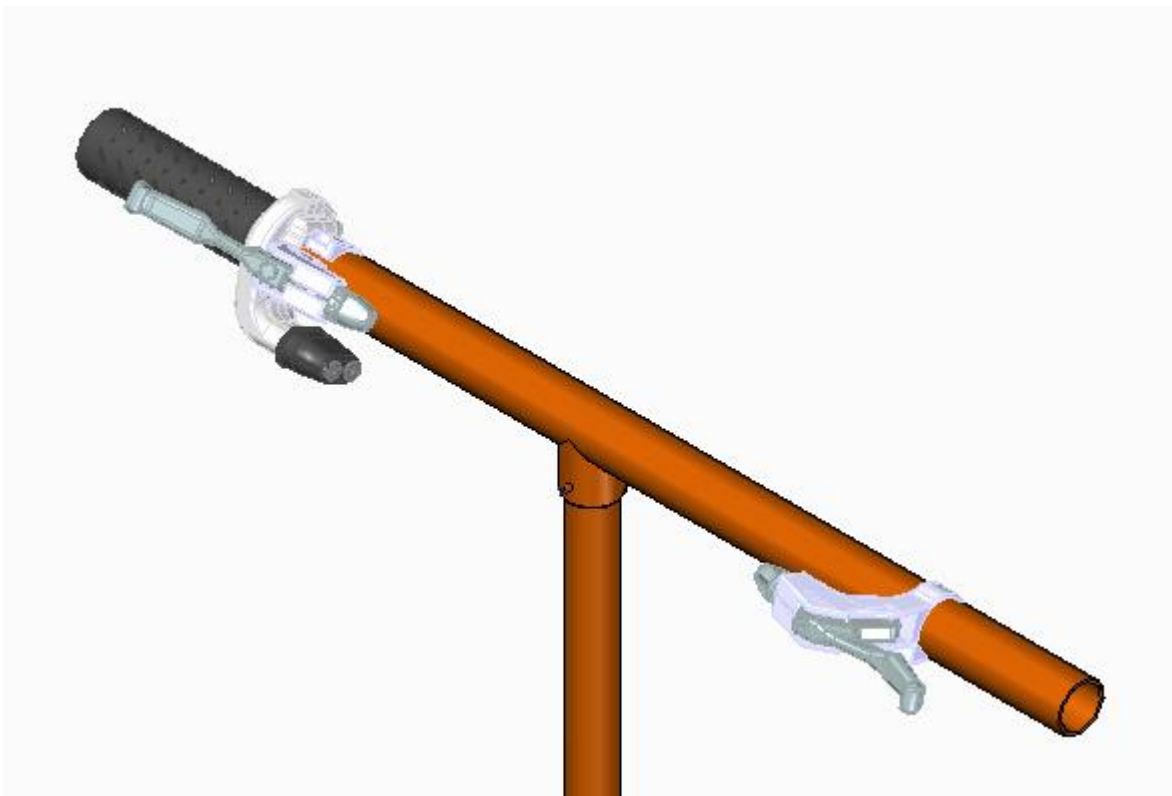


Nota. Kit de freno. Tomado de: “Frenos En Aluminio Para Bicicleta Logan Manilares | Mercado Libre.”
https://articulo.mercadolibre.com.co/MCO-502503213-frenos-en-aluminio-para-bicicleta-logan-manilares-_JM#reco_item_pos=19&reco_backend=machinalis-seller-items&reco_backend_type=low_level&reco_client=vip-seller_items-above&reco_id=6e13fb1a-0f90-4165-b0c9-f0a20bfde444 (accessed Jun. 02, 2021).

A continuación, se muestra una representación del montaje de los diferentes componentes seleccionados dentro de la máquina para realizar conclusión del capítulo.

Figura 78.

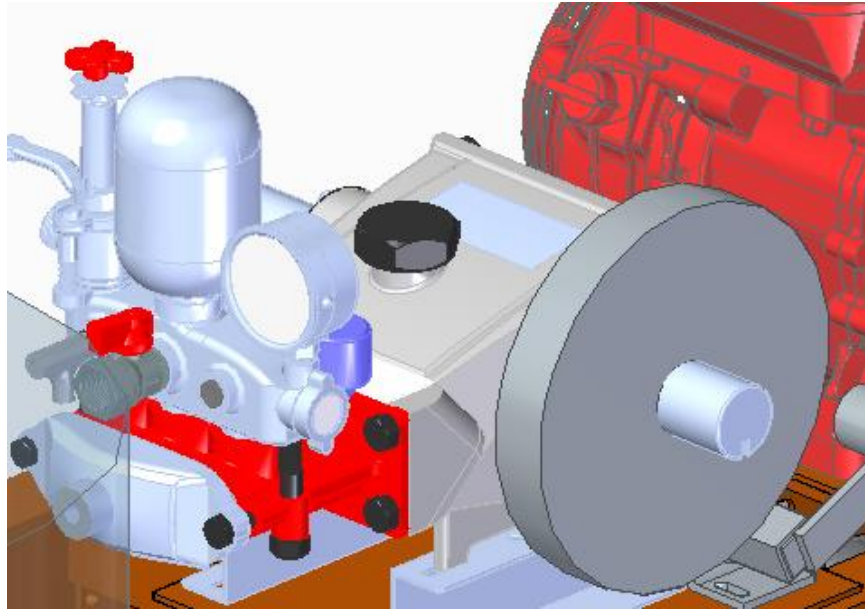
Montaje del freno - Accionador de válvula - Acelerador



Nota. montaje del acelerador-freno-accionador de válvula.

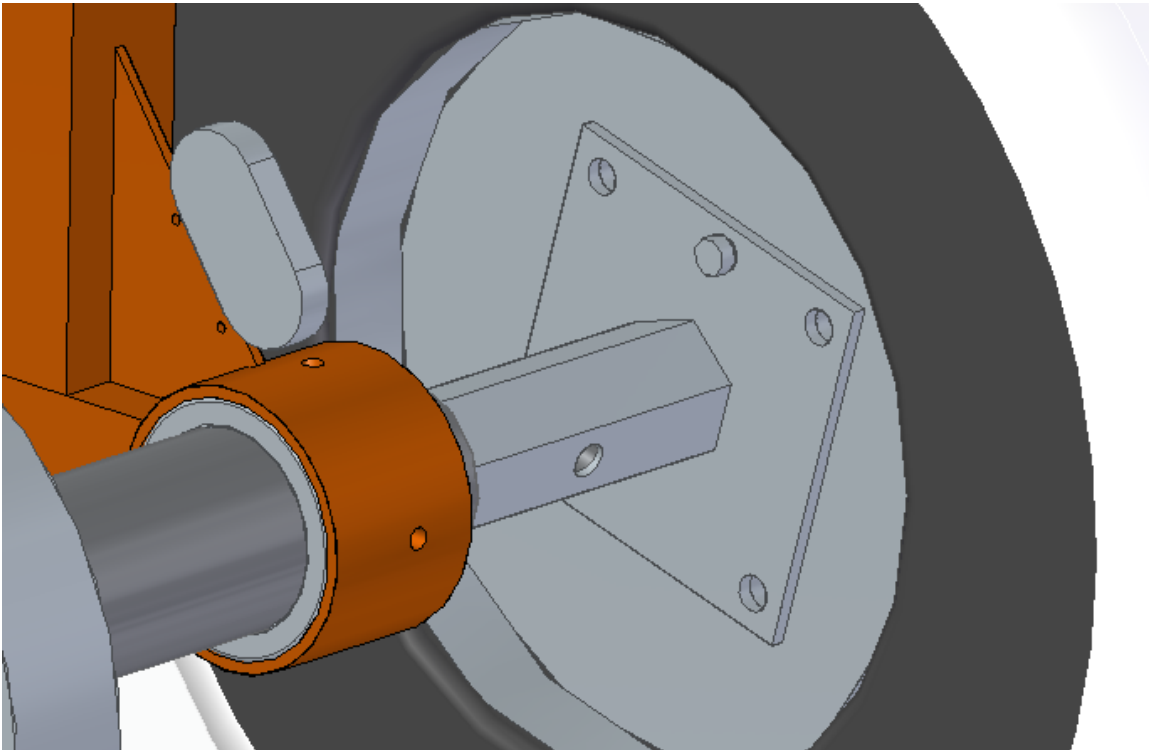
Se aclara que dentro de la figura no se especifica como realizar el montaje de las guayas estas se van a explicar en el manual de ensamble.

Figura 79.
Montaje del manómetro en la bomba



Nota. montaje del manómetro en la bomba.

Figura 80.
Montaje velocímetro en la estructura



Nota. montaje del velocímetro inalámbrico.

Como se puede observar en la figura 75 se realizó una modificación en el buje de la rueda izquierda trasera para realizar el montaje del imán que viene con el kit del velocímetro dicha modificación se puede observar en los planos.

El sensor del velocímetro se debe montar con las amarras incluidas en el kit.

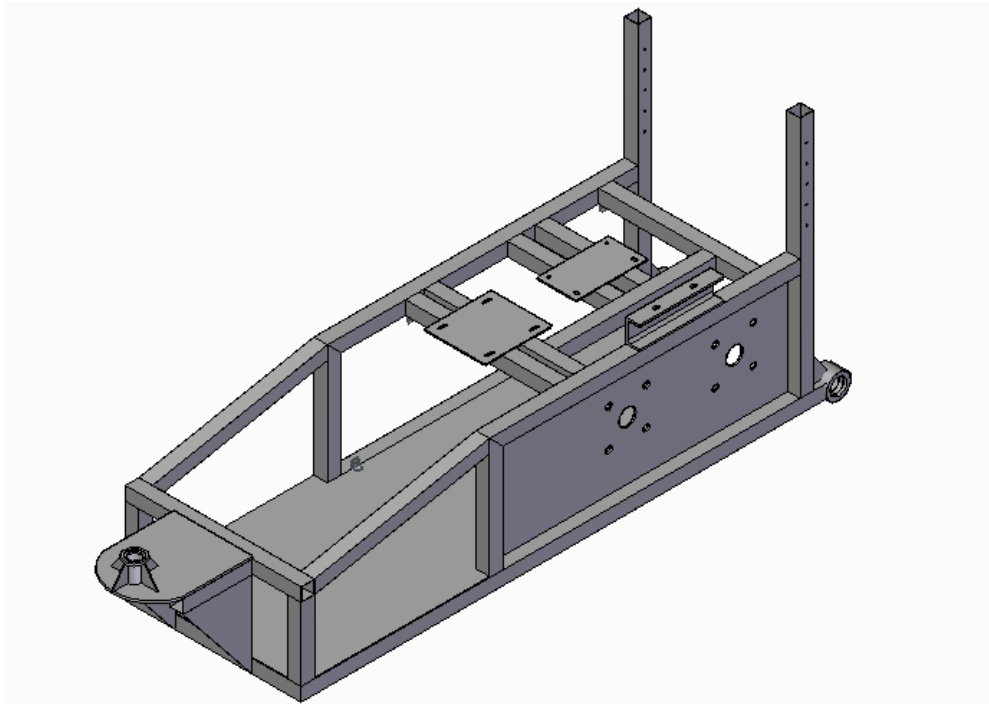
5. MANUALES PARA EL USUARIO

5.1 Manual de ensamble

En este manual se explicará el montaje de la máquina elaborada por medio de isométricos alusivos a los componentes a unir, estos componentes y sus subcomponentes pertinentes poseen sus correspondientes planos en el anexo de planos.

Para el ensamble se requiere primero la estructura base previamente soldada mediante el proceso MIGMAG WA 86 = AWS ER70S-6 especificada en los planos correspondientes, esta se observa en la siguiente figura.

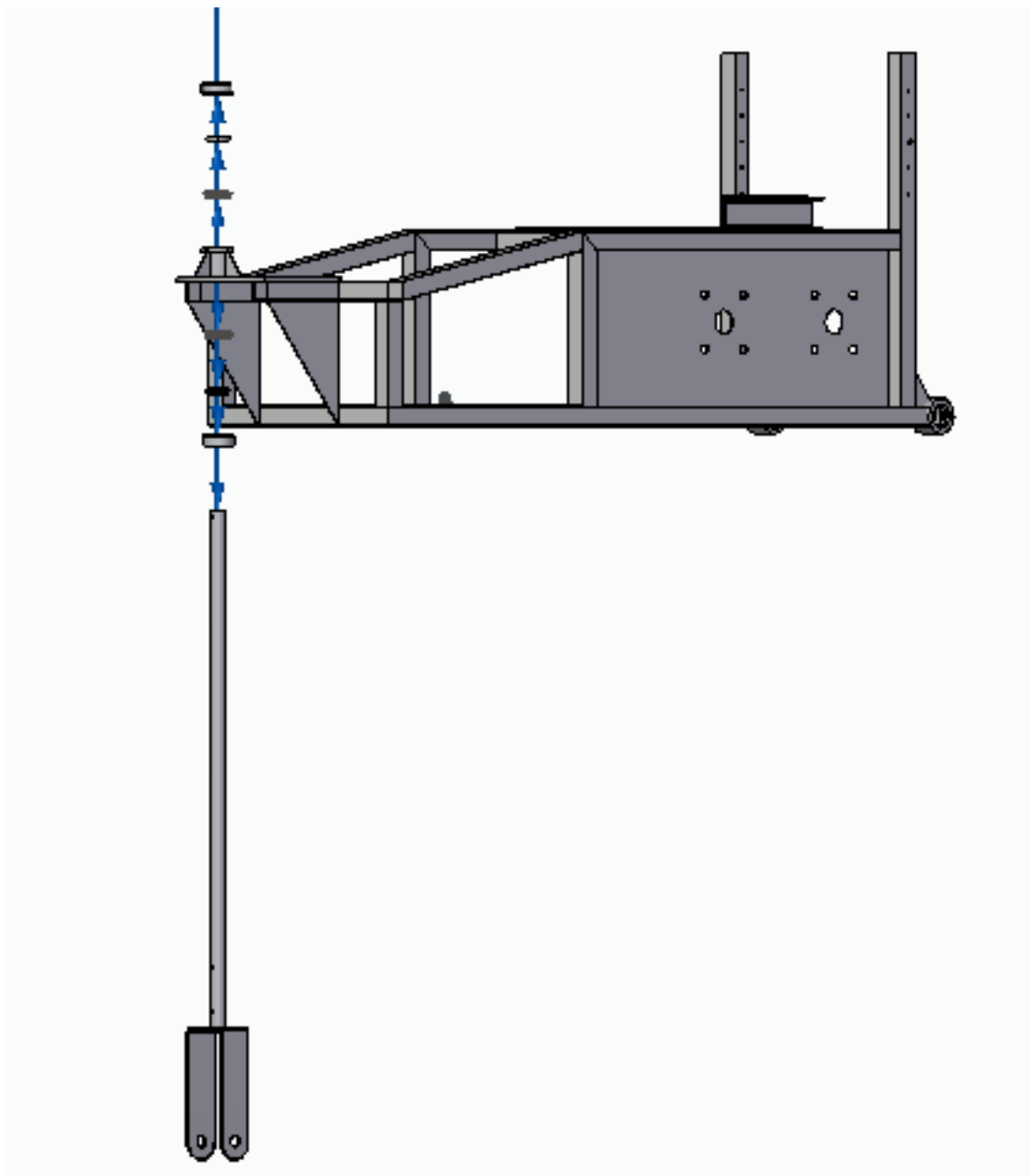
Figura 81.
Estructura base



Nota. se omite en las siguientes figuras la base apoyo del tanque para facilitar comprensión del manual.

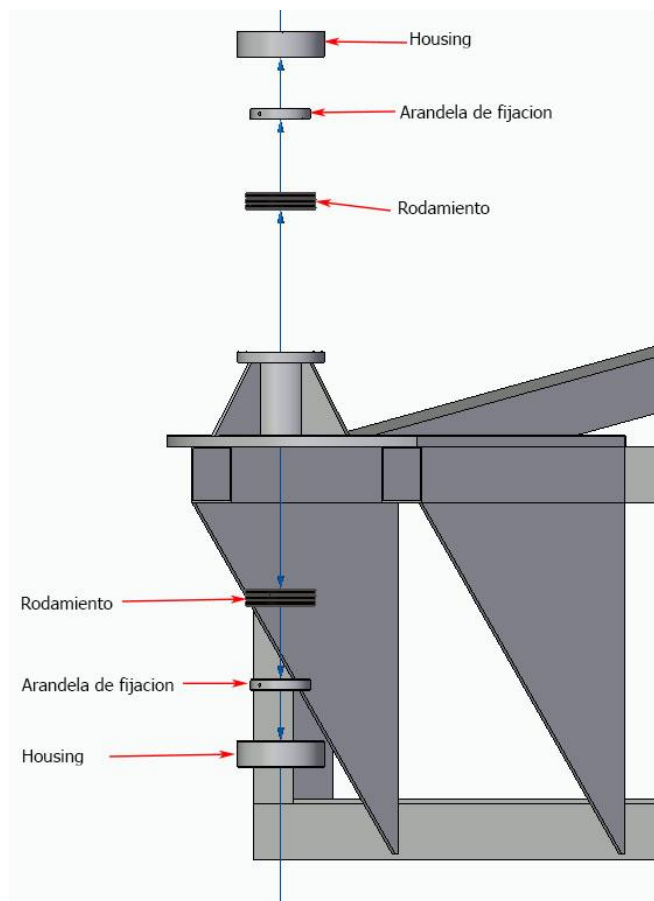
Posteriormente se debe ensamblar el rodamiento axial 51106 , arandelas de fijación y housing a la dirección de la máquina como se observa en la siguiente figura.

Figura 82.
Ensamble de dirección



Nota. Ensamble general de la dirección con los componentes.

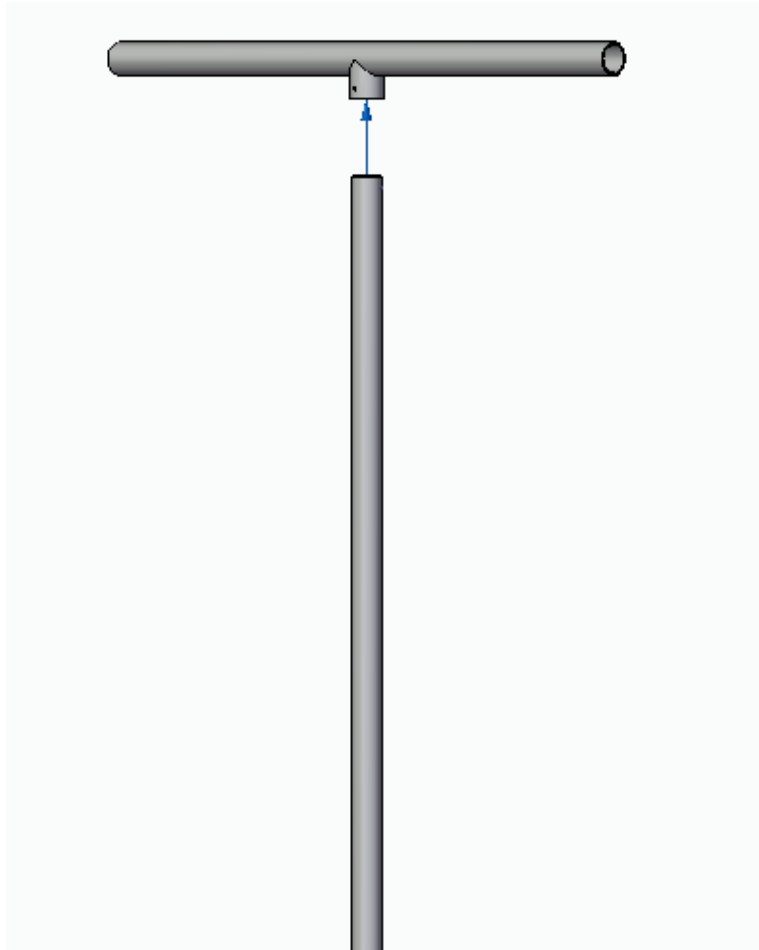
Figura 83.
Ensamble en detalle rodamiento



Nota. Ensamble en detalle de rodamientos y complementos.

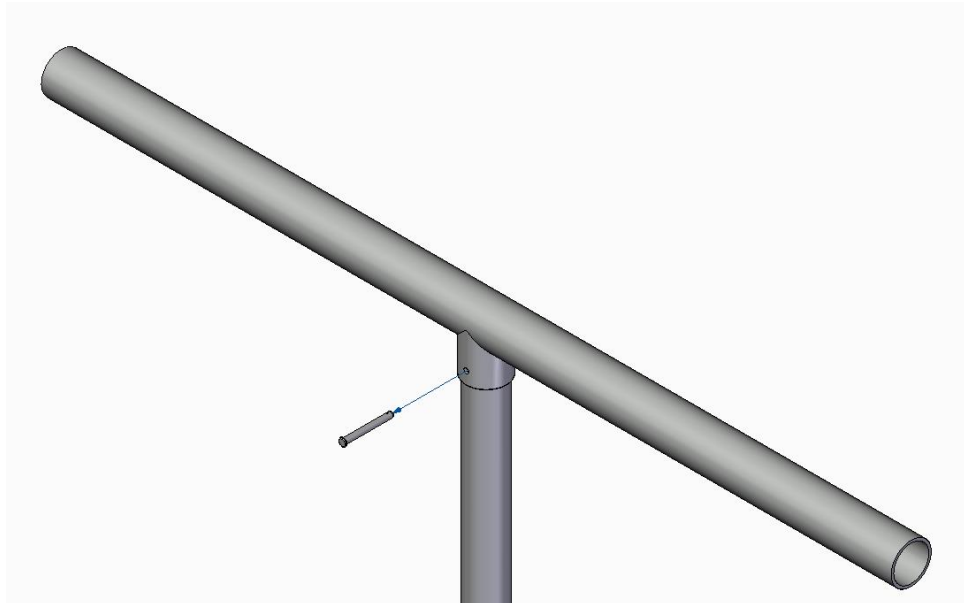
Una vez se haya ensamblado la dirección se procede a unir el ensamble anterior con el manubrio por medio del perno DIN 1444B 4X40, también se debe fijar el housing y la arandela de fijación por medio del tornillo.

Figura 84.
Ensamble manubrio dirección



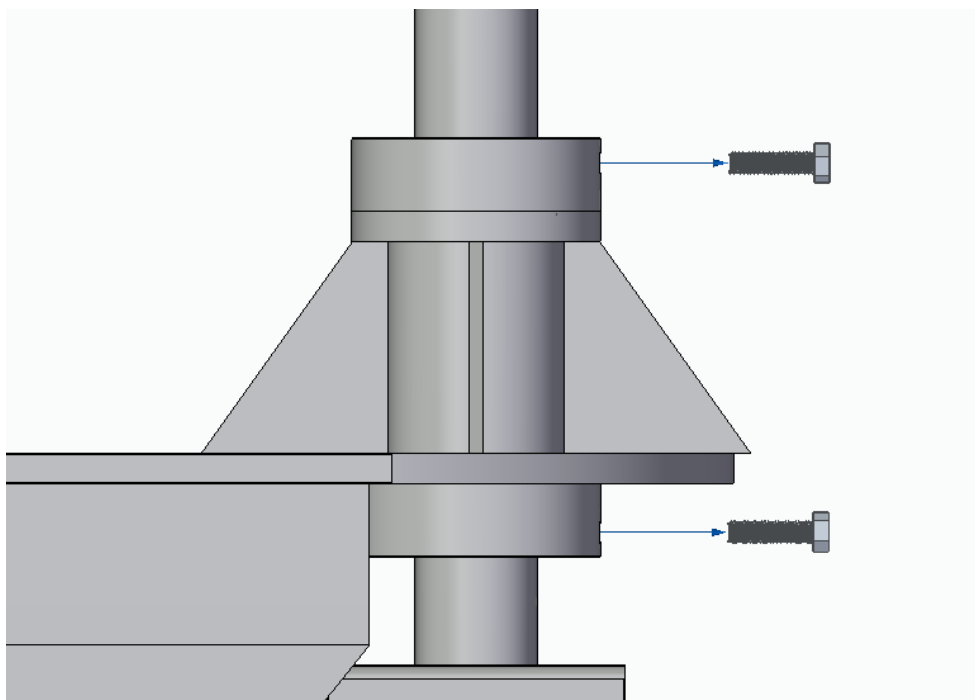
Nota. Ensamble dirección y manubrio.

Figura 85.
Ensamble manubrio dirección.



Nota. Ensamble manubrio dirección pasador clevis DIN 1444B 4X40.

Figura 86.
Fijación arandela tornillo hexagonal M5 X 20



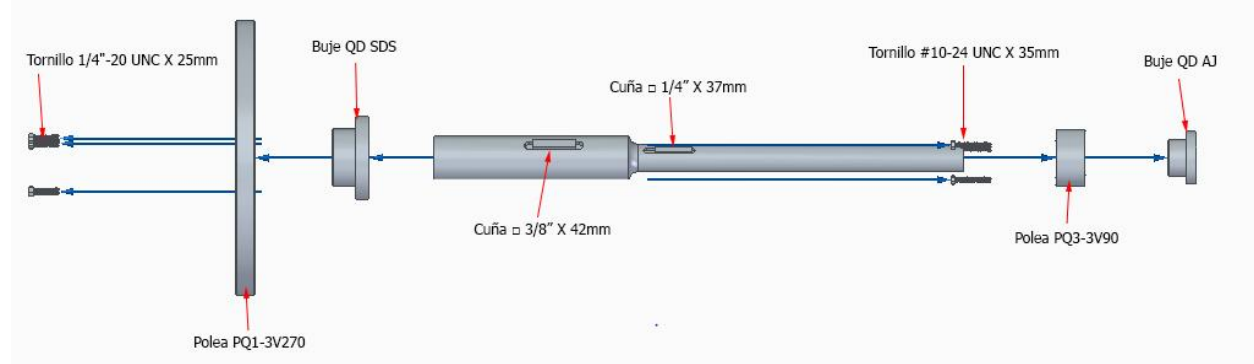
Nota. Fijación a la dirección de housing y arandela de fijación.

Una vez se tiene la estructura y la dirección montada se procede a montar los diferentes ejes de la transmisión antes de ser colocados dentro de la estructura. En las siguientes

imágenes se mostrará el ensamble de los ejes de la transmisión y de la ubicación de las poleas correspondientes.

Figura 87.

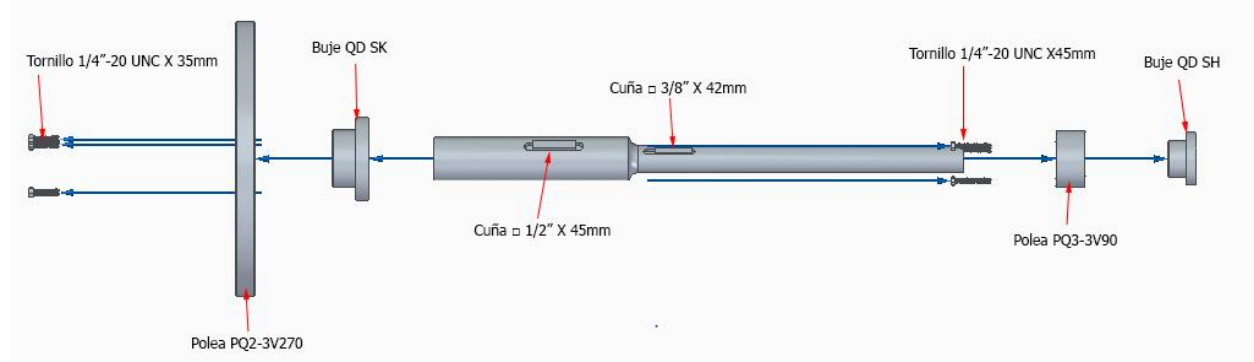
Ensamble del eje 1 según figura 31.



Nota. Ensamble primer eje con sus correspondientes componentes.

Figura 88.

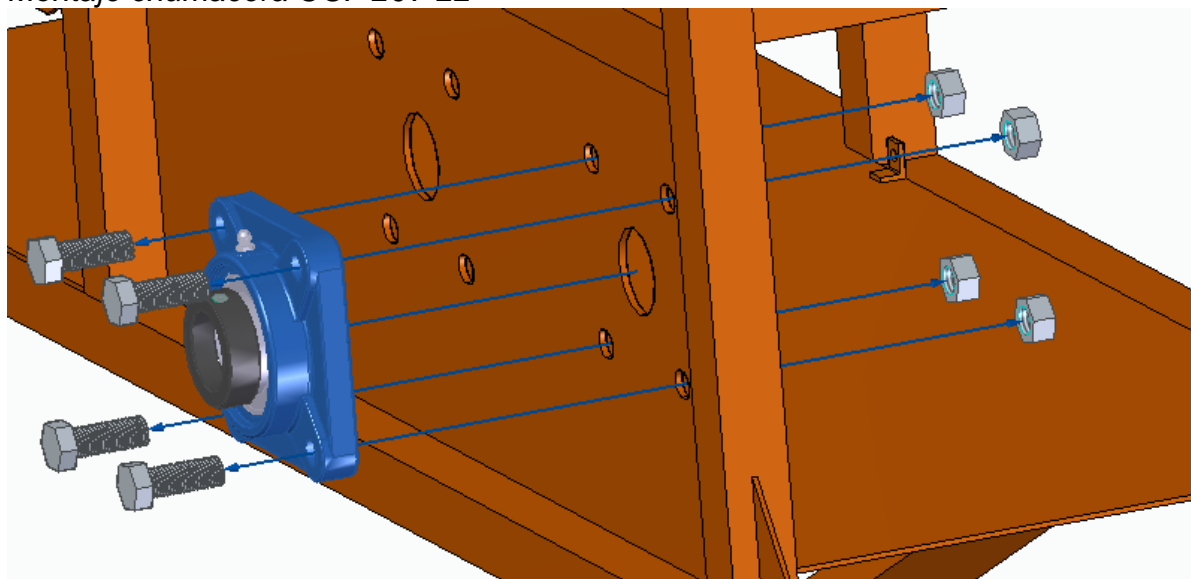
Ensamble del eje 2 según figura 31.



Nota. Componentes para el ensamble del primer eje.

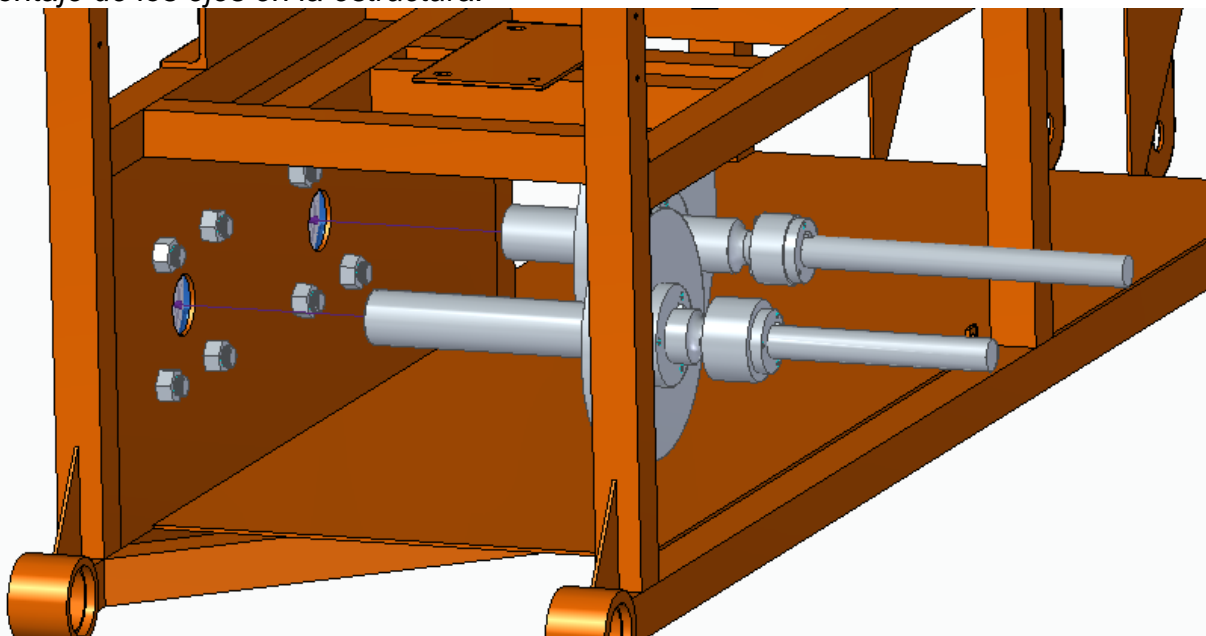
Antes de montar los ejes dentro de la estructura se debe realizar la fijación de la chumacera de flanche UCF207-22 con cuatro tornillos M16 X 25 mm con su respectiva tuerca y la chumacera UCF211-32 con cuatro tornillos M14 X 40 mm con sus respectivas tuercas sobre la lámina lateral. Se realizará el montaje de una sola chumacera como ejemplo y las otras se deben montar como se muestra y cuando se especifique.

Figura 89.
Montaje chumacera UCF 207-22



Nota. Se realizó un cambio en el color de la estructura para facilitar ensamble. Montadas las dos chumaceras se procede a ensamblar los ejes previamente ensamblados.

Figura 90.
Montaje de los ejes en la estructura.



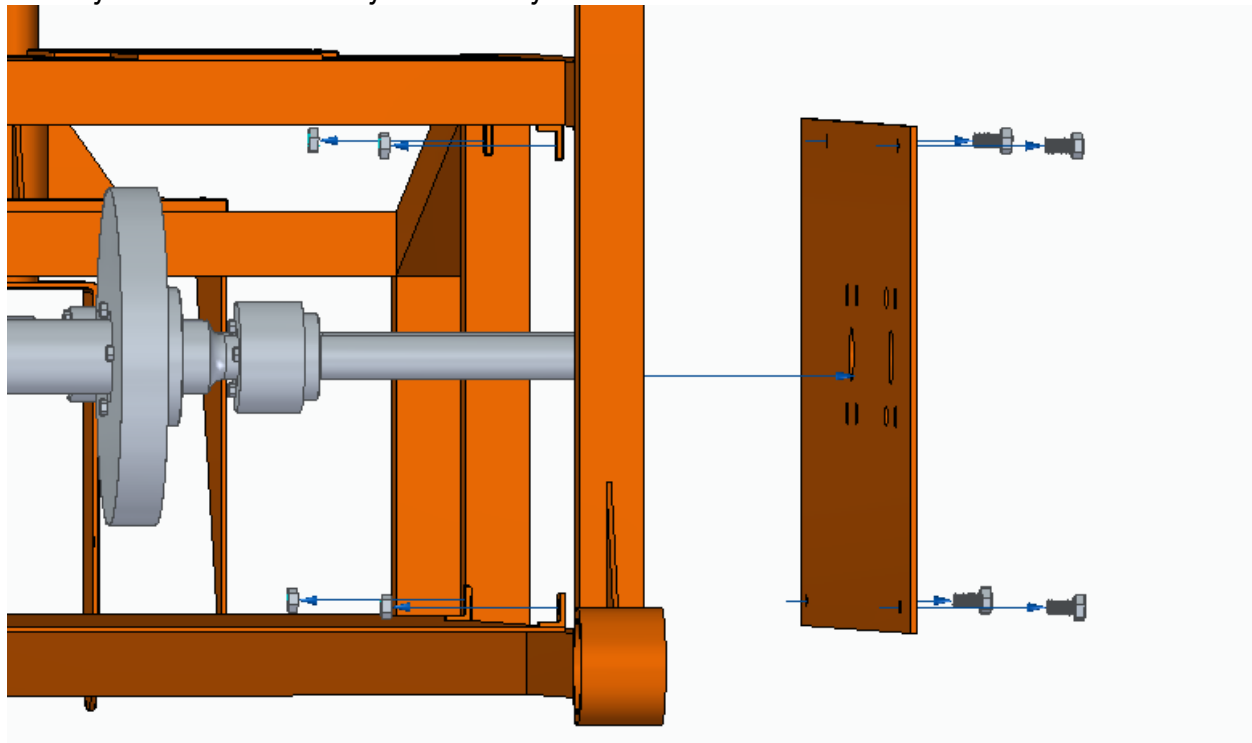
Nota. Se debe realizar el montaje de los ejes con las correas necesarias antes de proseguir con el paso siguiente.

Antes de realizar el ensamble de la lámina lateral se debe colocar las correas en cada polea según las recomendaciones del fabricante y las longitudes especificadas.

Para realizar la fijación del otro extremo del eje se monta la lámina en la estructura por medio de los tornillos M8 X 16.

Figura 91.

Montaje de la lámina de fijación del eje.



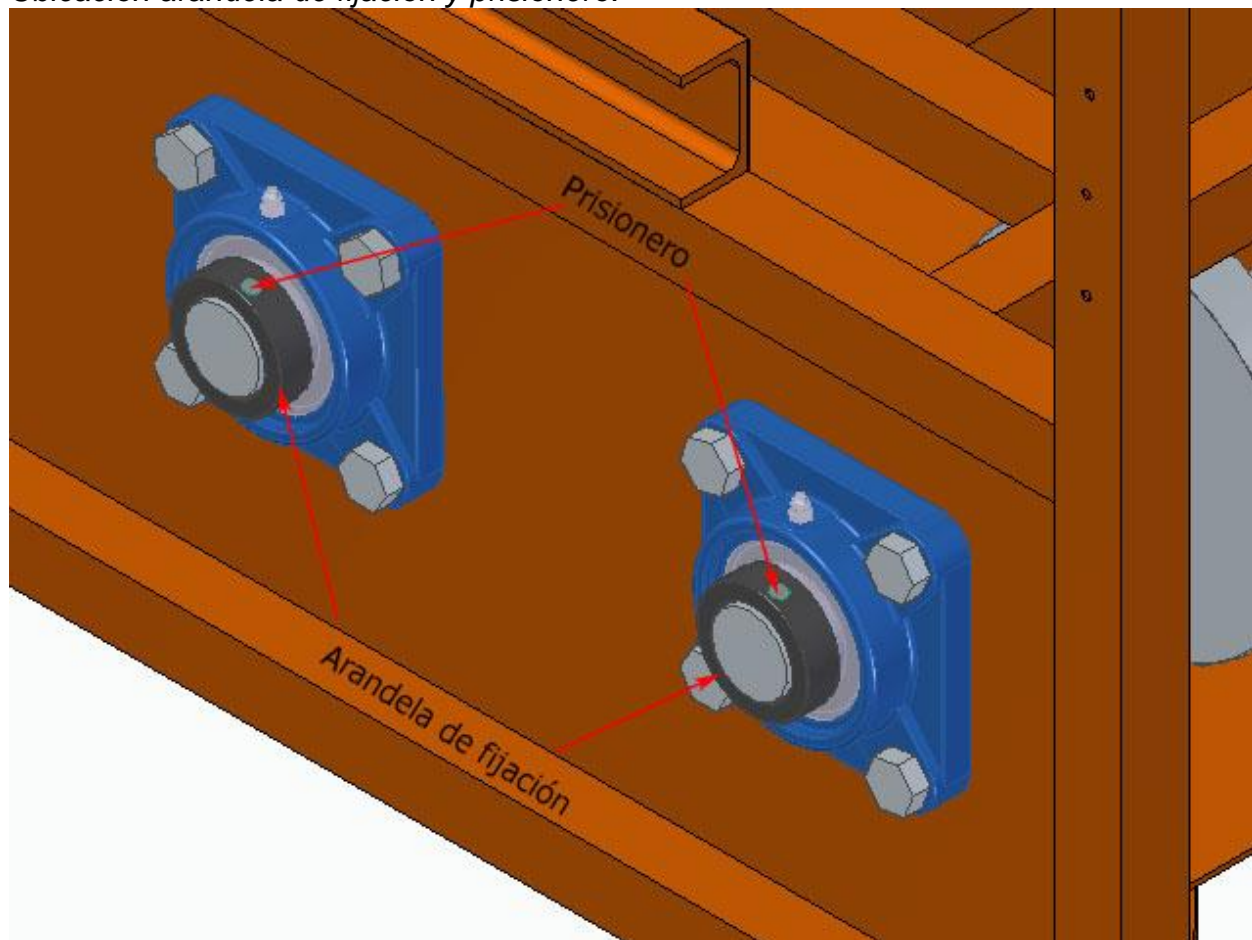
Nota. No se muestra las correas.

Se debe montar en la lámina la chumacera UCF207-22 con los tornillos M12 X 25 mm y la chumacera UCF205-16 con los tornillos M10 X 45 mm como se explicó en la figura 81.

Cuando se tenga el montaje de los ejes terminado y se quiera realizar la fijación del eje con la chumacera se deben apretar los prisioneros que se encuentran en el anillo exterior como se va a mostrar a continuación.

Figura 92.

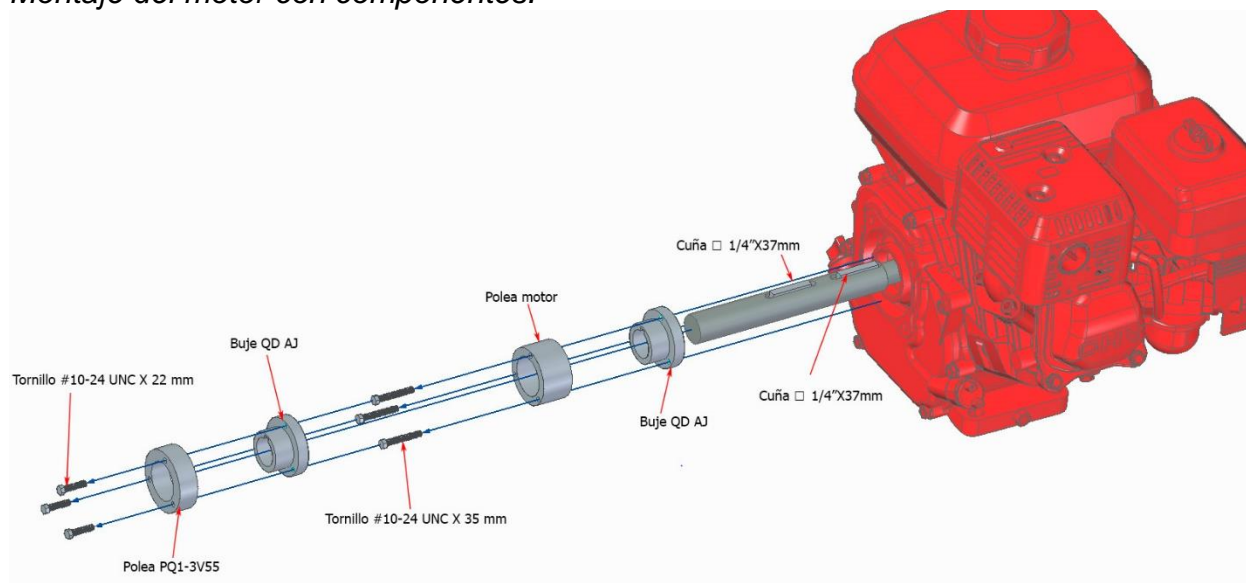
Ubicación arandela de fijación y prisionero.



Nota. Cada chumacera posee su propio prisionero.

Posteriormente se debe montar las poleas en el motor, con los siguientes componentes.

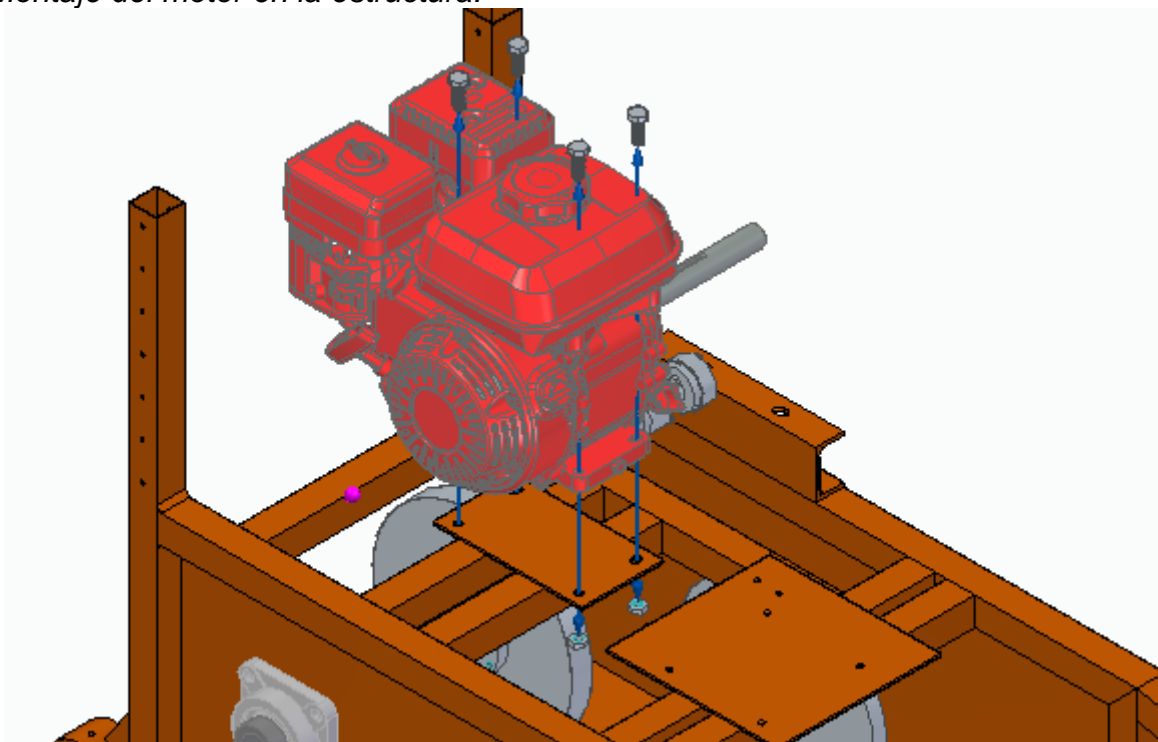
Figura 93.
Montaje del motor con componentes.



Nota. Ensamble de las poleas en el motor.

Teniendo el motor montado y las poleas en su posición, se monta sobre la estructura utilizando los tornillos M10X30 mm.

Figura 94.
Montaje del motor en la estructura.

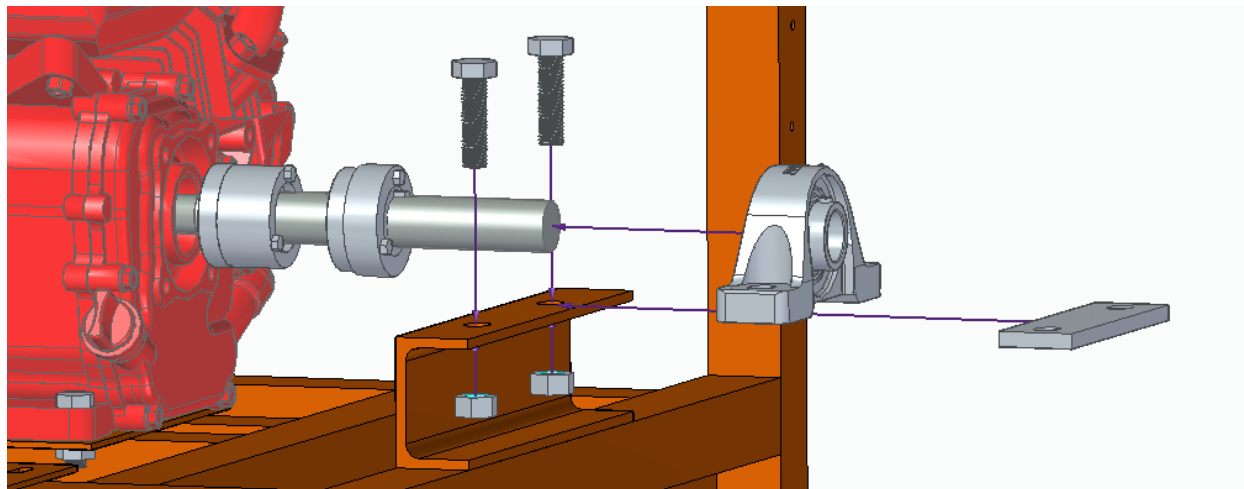


Nota. Ensamble del motor en la estructura.

Se debe colocar para el eje del motor como apoyo la chumacera de pedestal UCP 205-16 previamente seleccionada como se muestra en la siguiente figura junto con la lámina de apoyo de esta y los tornillos M12 X 45.

Figura 95.

Ensamble chumacera UCP 205-16.

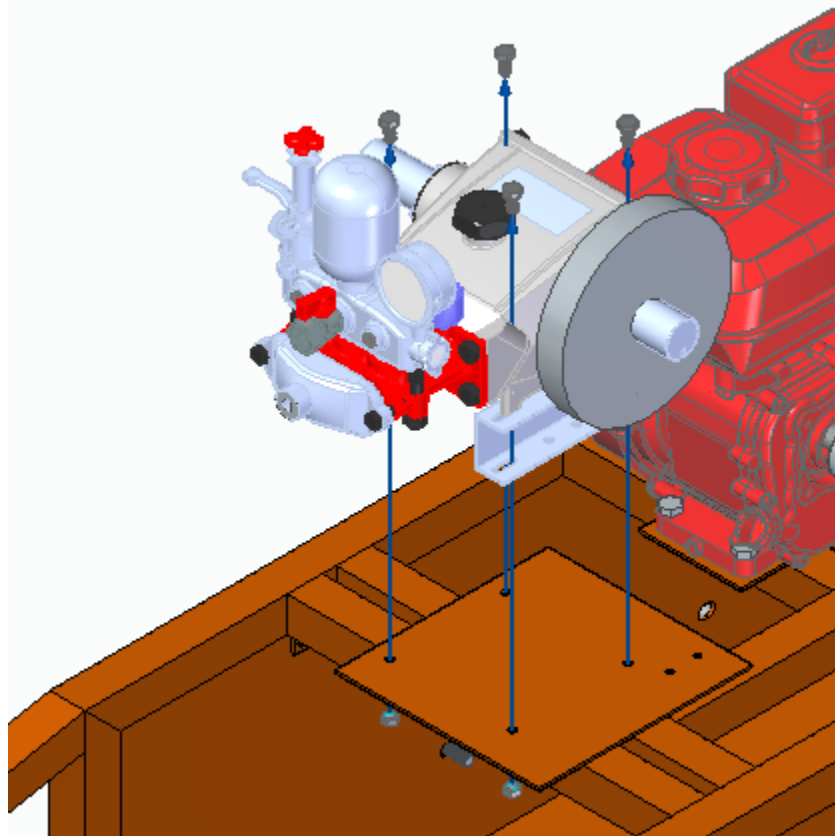


Nota. Antes de colocar la chumacera de pedestal se debe colocar las correas dentro del eje.

Antes de realizar el montaje de la bomba dentro de la estructura se debe aclarar que está ya viene con la polea montada por tal razón se omitió el paso del ensamble de esta en la bomba.

Para realizar el montaje de la bomba se necesitan los tornillos M8 X 16.

Figura 96.
Ensamble de la bomba en la estructura.

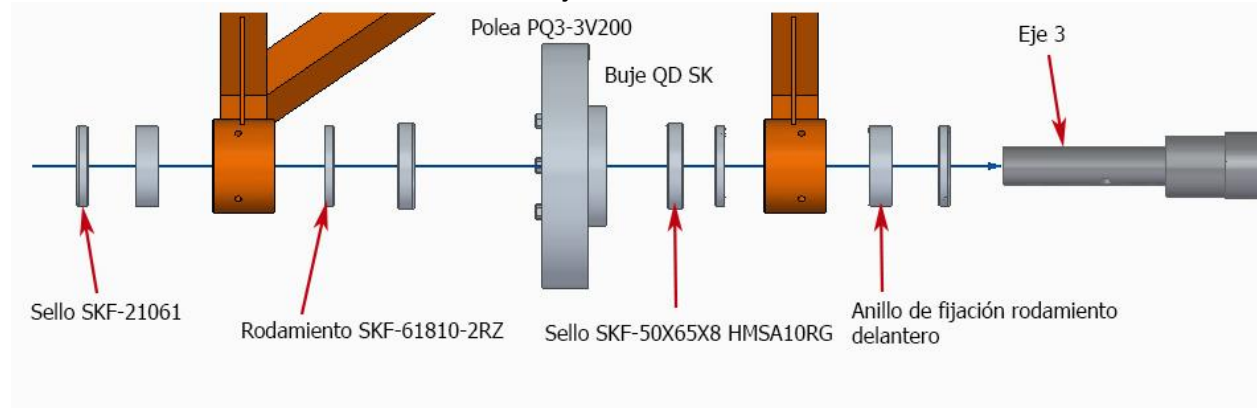


Nota. Se debe colocar la bomba lo más cercano al motor, para garantizar que la correa no quede tensionada.

En la misma lamina se debe montar el soporte para el Tensor SE11 con dos tornillos M7 X 16 mm.

Figura 99.

Ensamble detallado rodamiento-cello eje 3

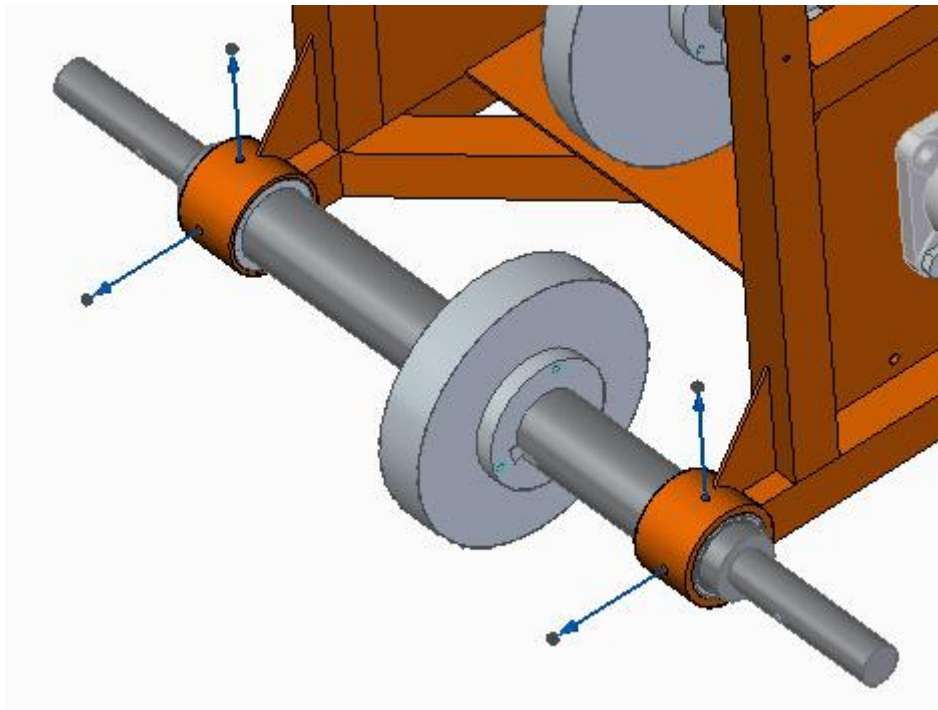


Nota. montaje en detalle del componente del eje 3.

Para realizar la fijación del eje por medio del anillo se utiliza los prisioneros M6 X 5 mm.

Figura 100.

Fijación de eje con anillo

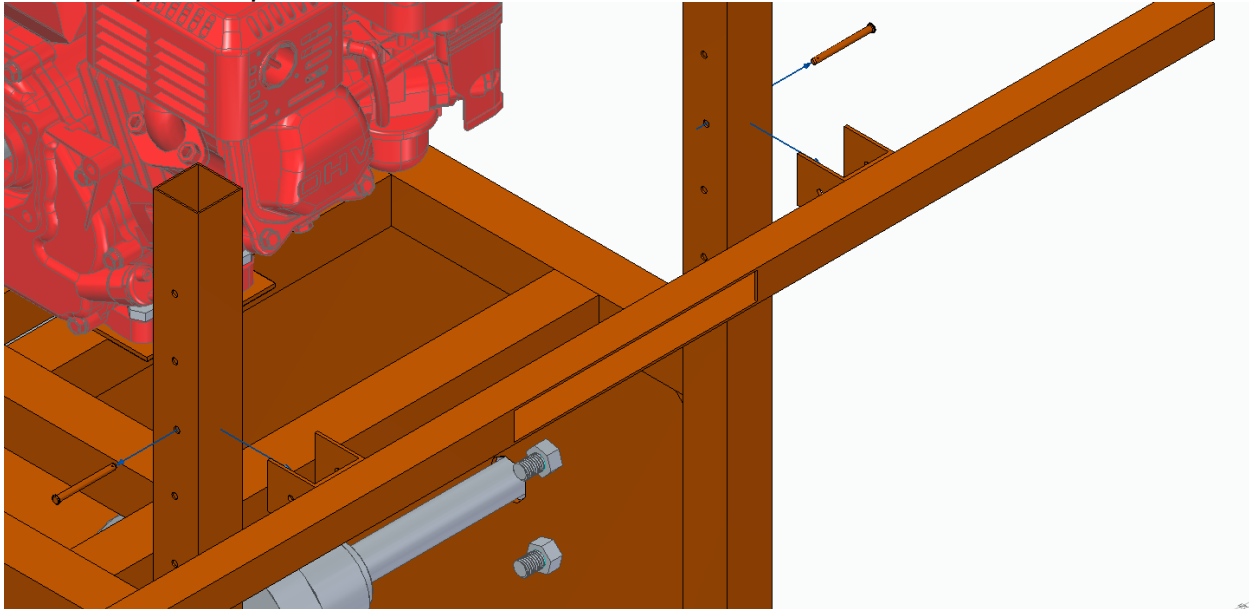


Nota. fijación de anillo para rodamiento.

Se debe proseguir a montar el soporte de las boquillas en la estructura utilizando los pasadores clevis DIN 1444B 4X50.

Figura 101.

Porta boquillas – pasador clevis DIN 1444B 4X50

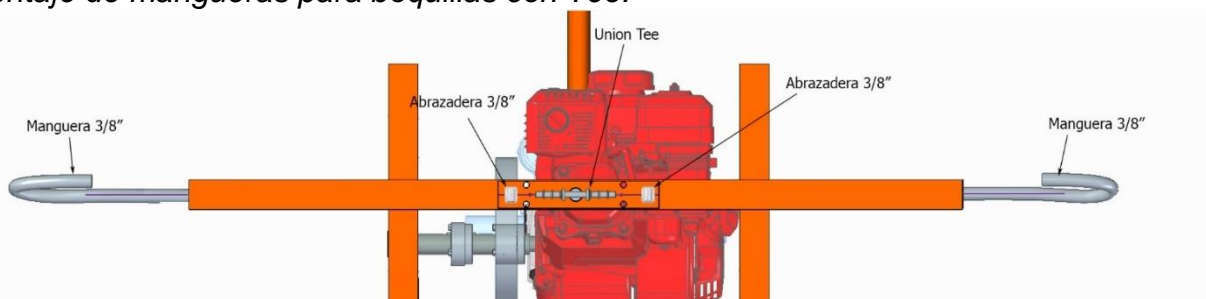


Nota. Se debe tener en cuenta que la altura de la porta boquillas se puede ajustar, soltando los pasadores y volviendo a realizar el mismo procedimiento sin importar que la manguera ya esté ajustada.

Para realizar el montaje de las mangueras con la Tee se debe utilizar una abrazadera de manguera de 3/8" por cada lado de la Tee.

Figura 102.

Montaje de mangueras para boquillas con Tee.



Nota. ensamble de las mangueras delanteras para el porta boquillas.

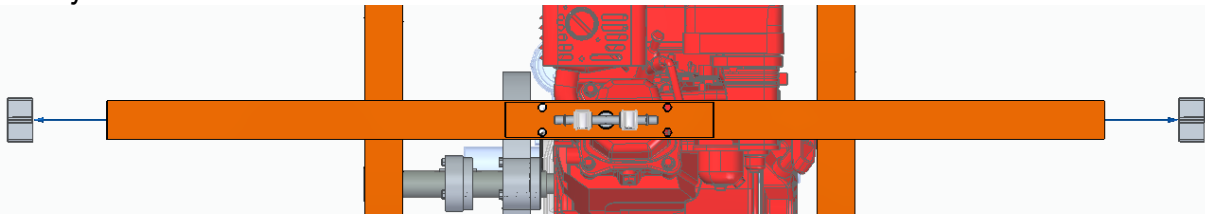
Para el montaje del porque boquillas en la estructura se utiliza abrazaderas ajustables QJ111SQ-1-1/2 de la compañía Quick Teejet.

Figura 103.
Abrazadera ajustable QJ111SQ 1-1/2”.



Nota. Abrazadera para porta boquillas. Tomado de: Teejet Co., “Catálogo 51^a-ES,” Teejet, vol. Catálogo 5, p. 160, 2014

Figura 104.
Montaje de la abrazadera en la estructura.

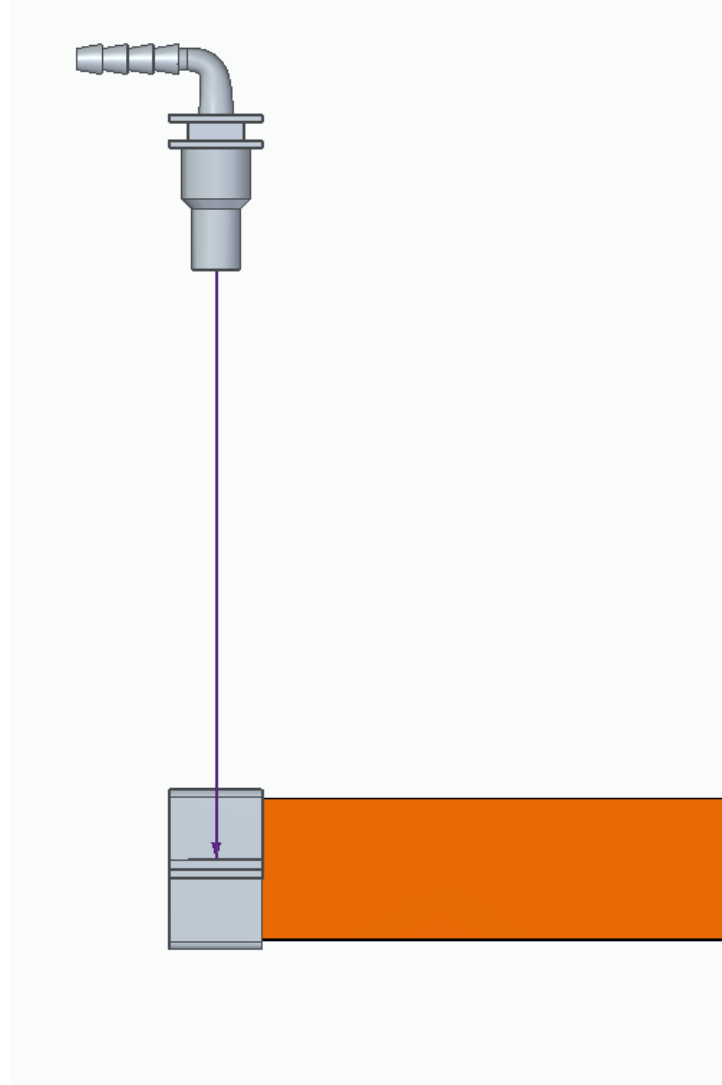


Nota. Se eliminó la manguera en la figura para evitar posibles confusiones en el montaje.

Esta abrazadera cuenta con un tornillo para ser fijada en la tubería el cual una vez montada en la posición final se debe apretar.

Como se puede observar en la figura 95 la abrazadera en la parte delantera cuenta con un soporte en el cual debe encajar en la cavidad de la porta boquillas como se muestra a continuación.

Figura 105.
Ensamble de la porta boquillas con la abrazadera.

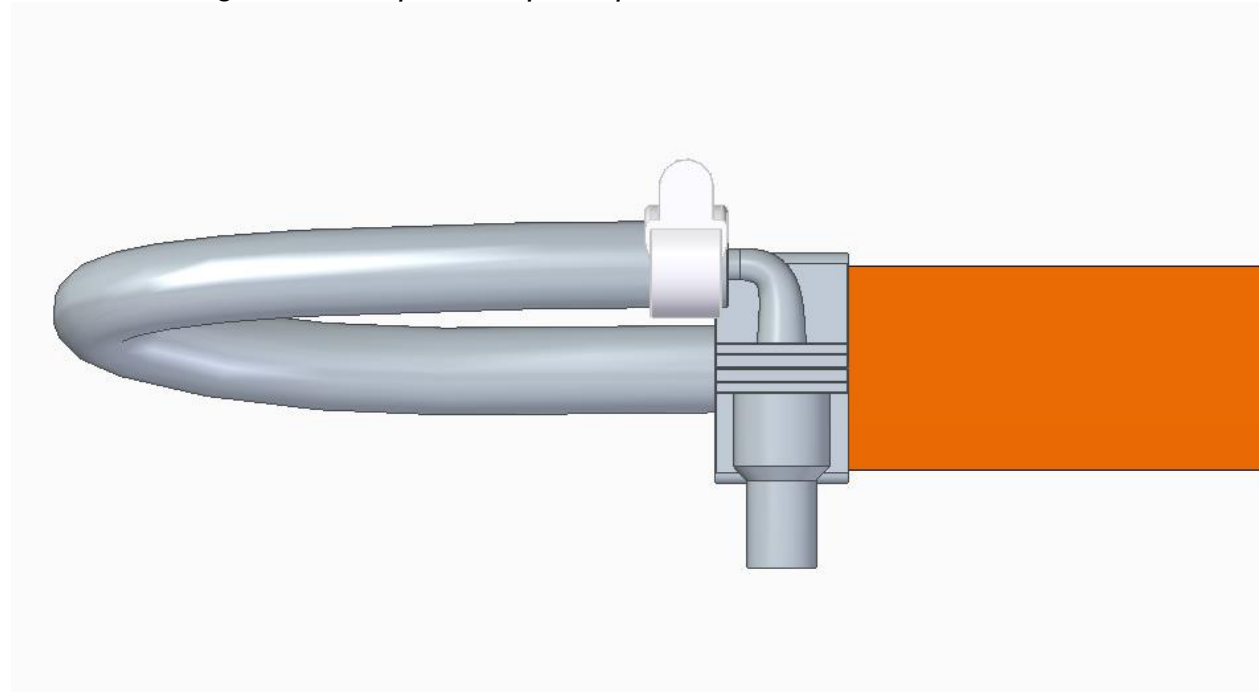


Nota. La otra porta boquilla se monta de misma manera.

Una vez montado la porta boquillas se debe realizar la conexión de manguera con la porta boquillas utilizando las abrazaderas de 3/8”.

Figura 106.

Conexión manguera 3/8" – porta boquillas por medio de abrazadera.

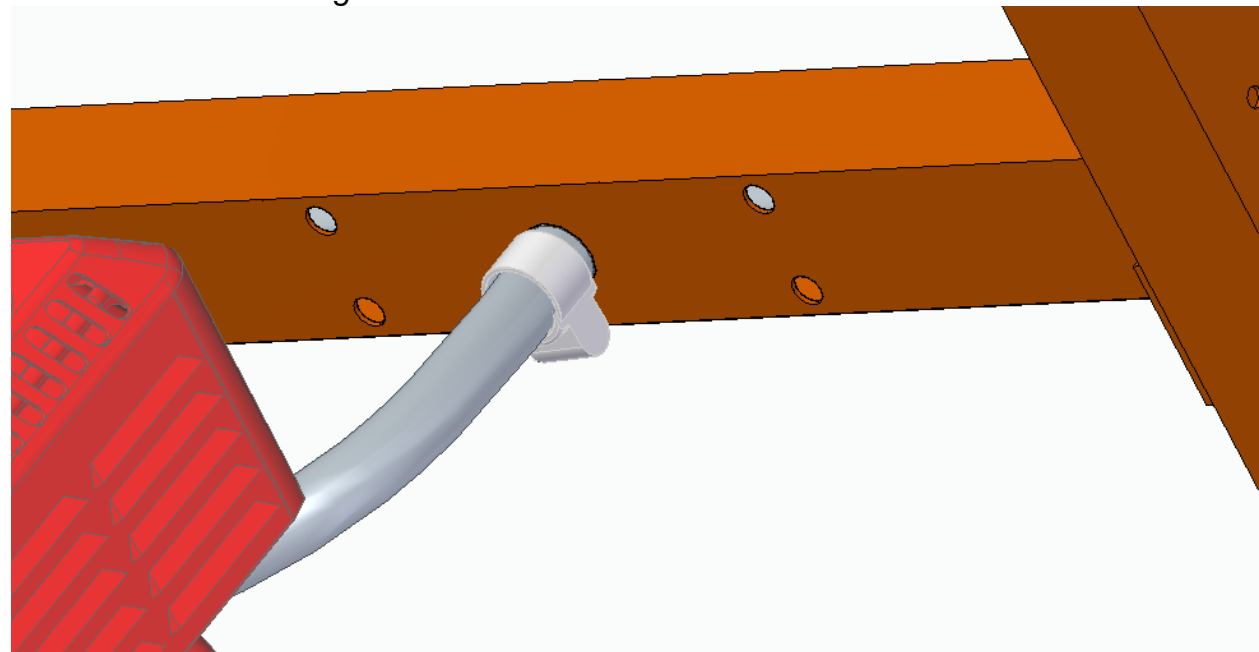


Nota. Abrazadera para manguera y por que boquillas.

Al igual que la anterior conexión la manguera que viene de la válvula de control se debe conectar a la Tee previamente ensamblada utilizando la abrazadera.

Figura 107.

Conexión entre la manguera de la válvula – Tee.

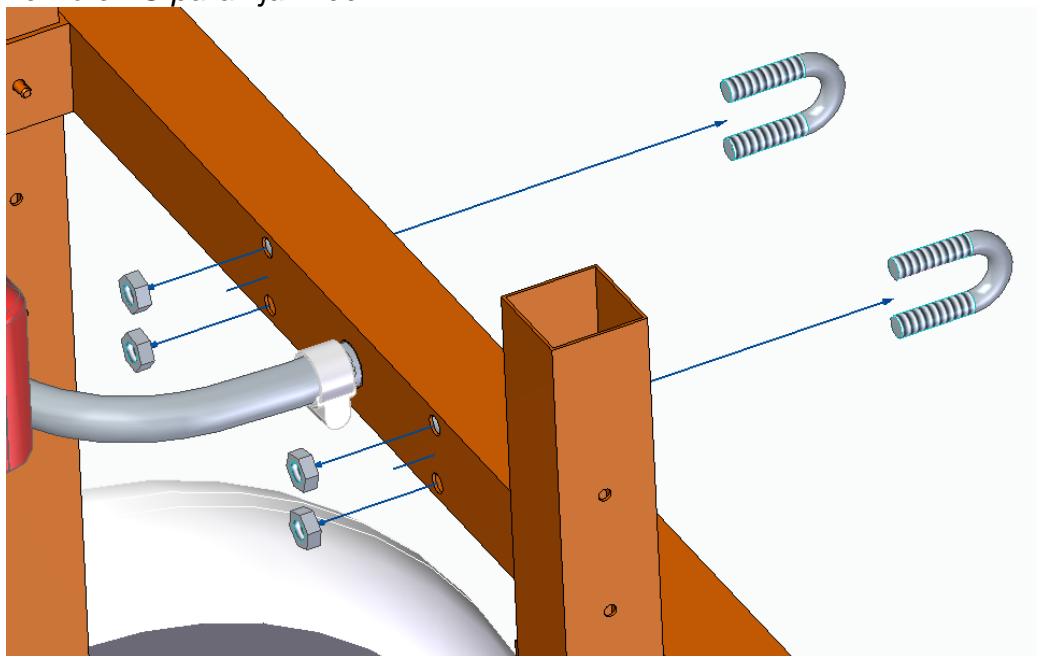


Nota. Abrazadera para manguera y unión Tee

Montada todas las mangueras con la Tee se debe fijar en la estructura por medio del perno en U de la siguiente manera.

Figura 108.

Perno en U para fijar Tee

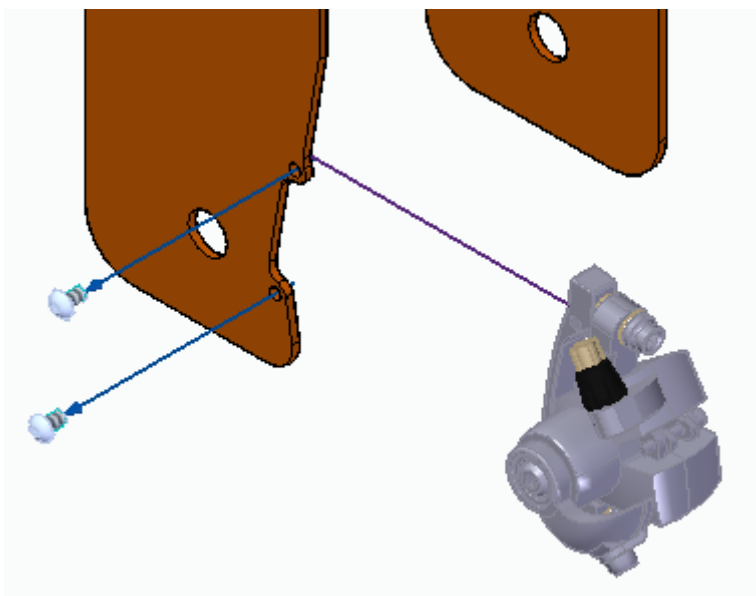


Nota. Perno en u para fijación de manguera y estructura.

Antes de realizar el montaje de las ruedas se debe montar el freno en la dirección por medio de los tornillos DIN 7380 M5 X 6 mm.

Figura 109.

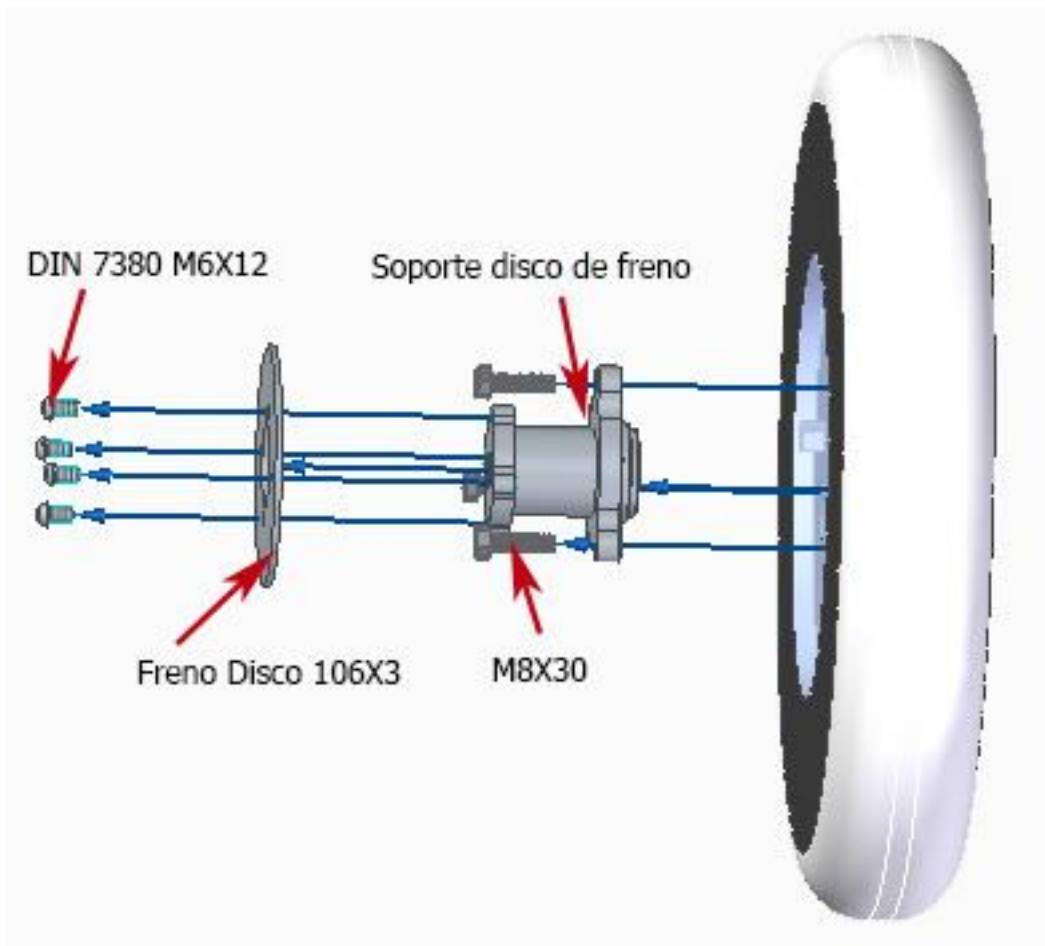
Montaje del freno en la dirección



Nota. Ensamble del freno de disco en la estructura.

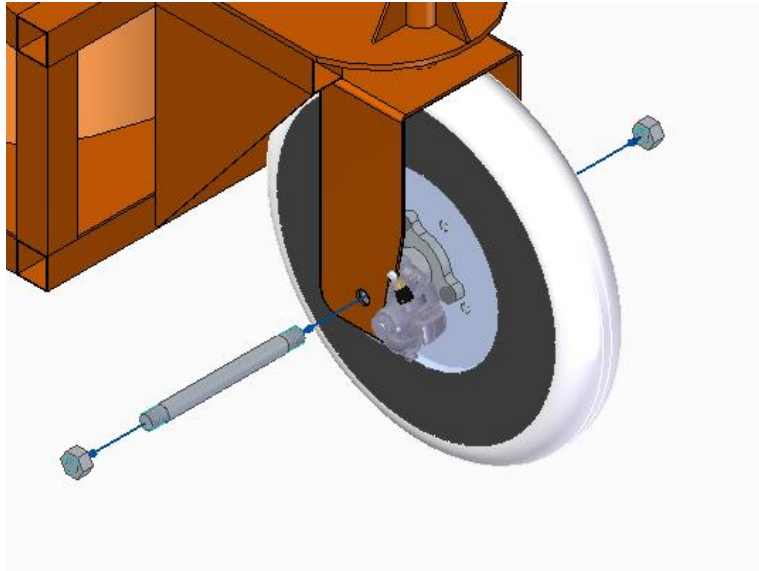
Se debe montar el disco del freno al soporte por medio de los tornillos DIN 7380 M6X12 para luego montarse la rueda con los tornillos M8X30 de la siguiente manera.

Figura 110.
Montaje rueda trasera



Nota. Montaje de los diferentes componentes para montar el freno de disco con la rueda. Luego de montar la rueda se debe colocar en la estructura con el eje de 17 mm y apretarlo con sus correspondientes tuercas.

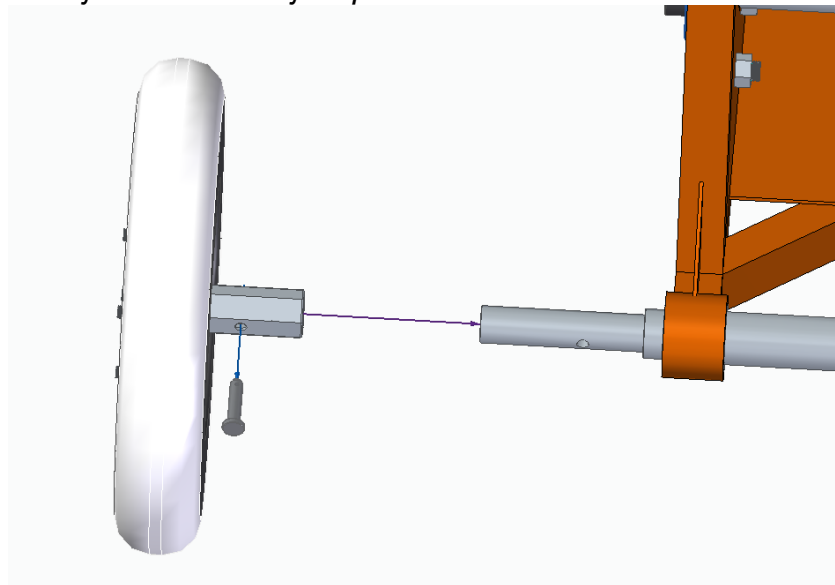
Figura 111.
Montaje rueda trasera



Nota. montaje eje trasero.

Para el montaje de las ruedas se requiere un pasador DIN 1444B 10X45 para cada rueda, se aclara que la llanta se entrega con el ensamble del buje para ser montado en un eje de 30 mm de diámetro.

Figura 112.
Montaje de llanta – eje 3 pasador DIN 1444B 10X45.



Nota. La otra llanta se debe monta

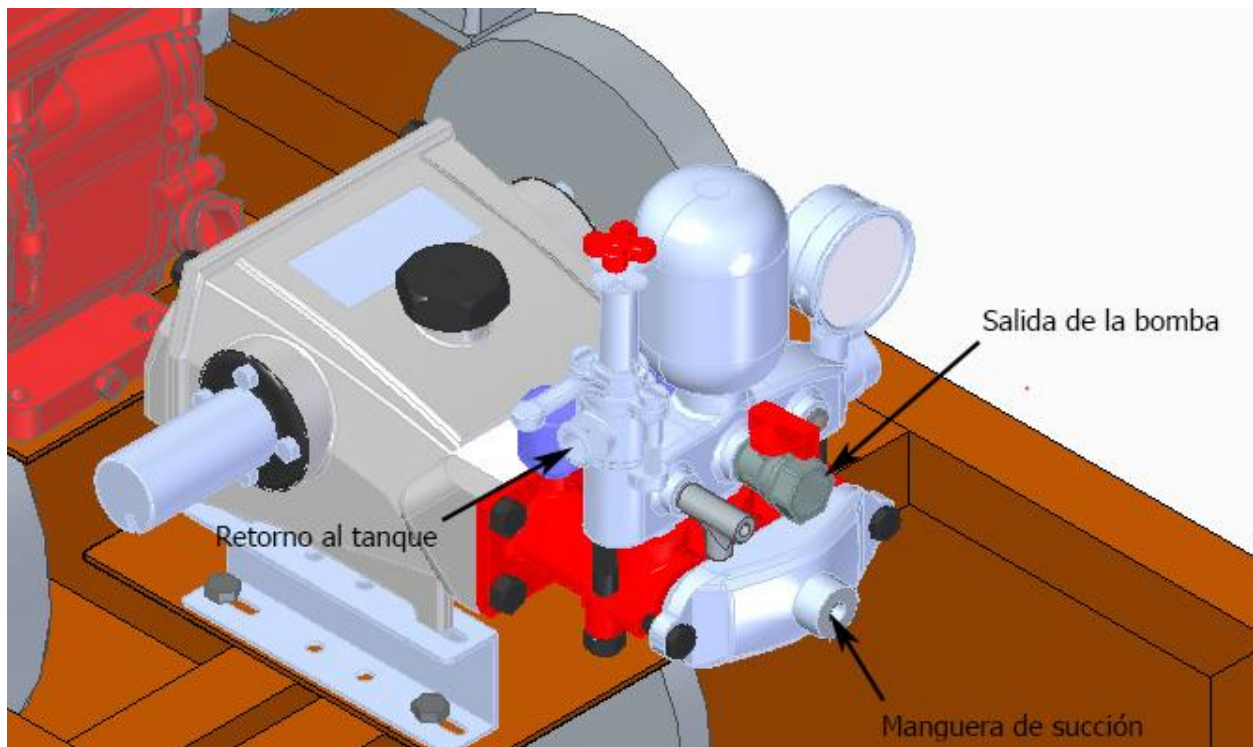
Estando en este punto del montaje se debe ensamblar en el manubrio el acelerador con los tornillos con los que vienen dentro del embalaje y los dos frenos, cada uno con su guaya.

La guaya del acelerador se debe montar como lo explica en el manual del motor Honda GX160, una de las guayas de los frenos se utiliza para accionar el freno de disco y la otra para activar el mecanismo de resorte encargado de accionar la válvula de control y de realizar la fumigación correspondiente.

Por último, se debe realizar el montaje de las diferentes mangueras que llegan y salen de la bomba, la cuales se pueden observar en la siguiente figura.

Figura 113.

Ubicación mangueras en la bomba



Nota. las mangueras de succión y de retorno a la bomba vienen incluido con la bomba.

Una vez se encuentre montado el tanque se debe conectar la manguera de succión en la parte interior del tanque y la manguera de retorno a la parte superior de este.

La manguera de salida de la bomba posee un tamaño menor al que debe llegar a la boquilla por este se debe conectar la manguera a una reducción por medio de las abrazaderas con las que viene la máquina.

5.2 Manual de operación

En este manual se explicará el correcto uso de la máquina para evitar posibles daños en la máquina y prevenir cualquier tipo de accidente que esta le pueda causar al operario.

5.2.1 Antes de usar

Se recomienda que el operario se familiarice con los manuales de operación y mantenimiento del motor Honda GX160, de las poleas y las correas. Además, antes de empezar cualquier tipo de tarea es importante que este realice el siguiente proceso, para evitar cualquier tipo de daño o accidente:

- Revisar niveles de mezcla química, aceite y de gasolina del motor y la bomba, se recomienda que los dos se encuentren con los niveles correctos recomendados por los fabricantes, en especial el tanque de gasolina debe estar en su máxima capacidad para poder tener un cálculo correcto de cuando volver a ingresar gasolina al motor.
- Revisar que las mangueras y los acoples a los accesorios se encuentren en buen estado para evitar fugas en el momento de accionar los aspersores.
- Revisar que las correas transmisoras de potencia se encuentren correctamente tensionadas y en buen estado.
- Revisar que las boquillas no estén taponadas.
- Revisar que los frenos estén funcionando correctamente.

Es también imperativo que la persona encargada de manejar la fumigadora utilice los elementos de protección adecuados para realizar esta tarea, entre estos se encuentran:

- Guantes de nitrilo
- Overol
- Mascara respiratoria
- Delantal
- Botas
- Protector de ojos

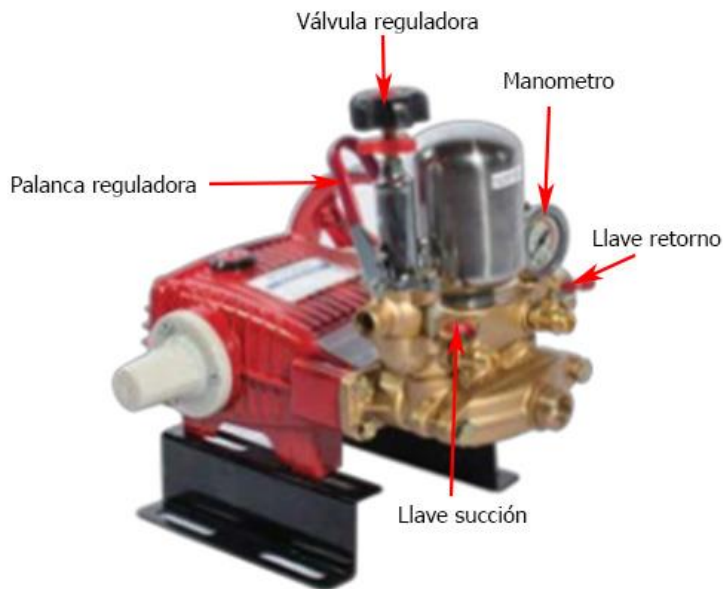
Los químicos que vayan a utilizar deben estar correctamente etiquetados, con instrucciones según la norma del país donde se va a realizar la aplicación, el operario debe tener una excelente higiene personal para evitar cualquier tipo de enfermedad, ver decreto 1843 de 1991.

5.2.2 *Manual de la bomba*

Puesta en marcha de la bomba

Antes de encender el motor es necesario verificar que la válvula reguladora de la bomba se encuentre sin presión, para esto debe girar la perilla hacia la izquierda y subir la palanca. Posteriormente encienda el motor como lo aconseja el fabricante. Con el motor encendido se procede a abrir las llaves de succión y retorno de la bomba, para permitir el paso de la mezcla a la manguera, en este momento se va a bajar la palanca de la válvula reguladora y se ajusta la presión moviendo la perilla de la válvula reguladora en la dirección de las manecillas del reloj hasta llegar a la presión deseada, en este caso 5 bares, con ayuda del manómetro de la bomba el operario puede regular esta presión. En este momento el equipo ya está listo para ser utilizado.

Figura 114
Partes de la bomba



Nota. Aclaración partes bomba

Apagado de la bomba

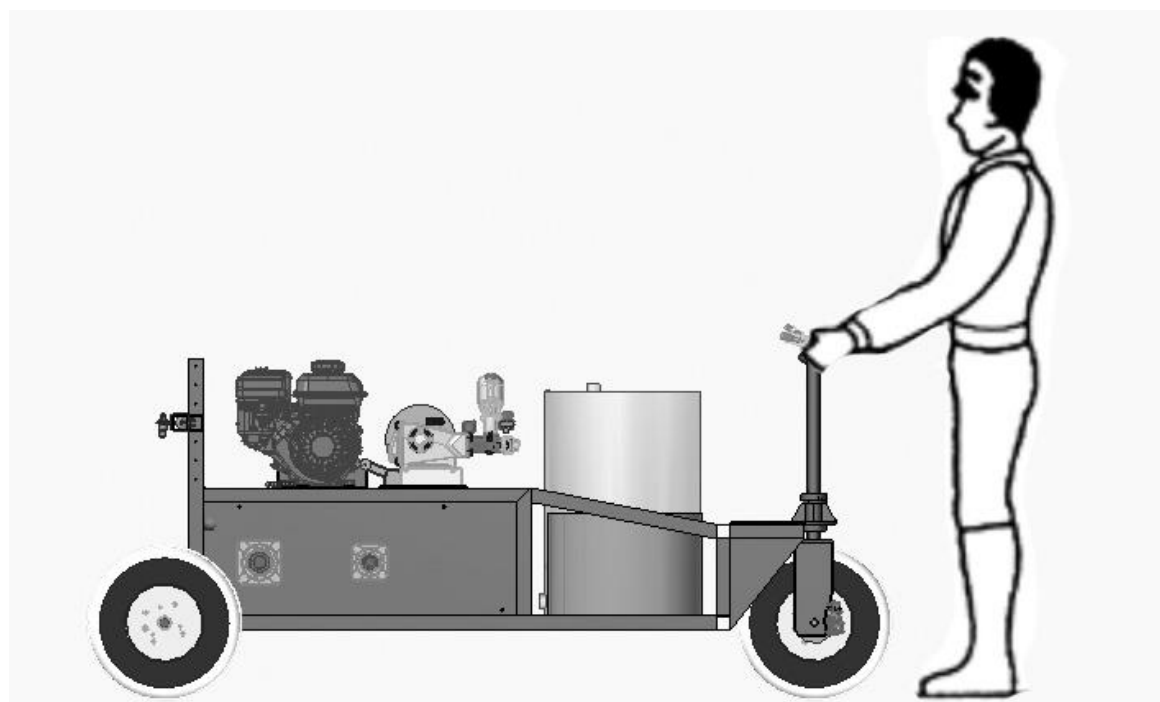
Es necesario despresurizar el equipo, para esto se gira la perilla de la válvula reguladora hacia la izquierda y se acciona la palanca subiéndola, se cierran la llave de paso de la bomba y se apaga el motor, como lo indica el manual del GX160.

5.2.3 Proceso de fumigación

Después de encender el motor según el procedimiento que recomienda el proveedor, es necesario que el operario tensione la correa de la bomba manualmente con el tensor (Como lo especifica el manual de “Tensores automáticos ROSTA”) para que se transmita la potencia a la bomba. A continuación, procede a activar el acelerador que se encuentra en el manubrio de la máquina. En este momento el motor transmitirá potencia a la bomba y la máquina se pondrá en marcha, más adelante se explicará como regular la velocidad de la máquina. El operario debe purgar la manguera de la bomba como lo especifica el proveedor, para esto es necesario realizar un recorrido de aproximadamente 10 segundos sin activar el accionador de aspersión.

Figura 115.

Ubicación del operario en la máquina



Nota. Ubicación del operario en la máquina para su control.

Cuando la bomba se encuentre purgada, se puede dirigir hacia donde se encuentra el cultivo, en este momento ya puede accionar los aspersores para empezar con la fumigación del cultivo. Para realizar este proceso el operario debe activar la palanca que se encuentra en el manubrio, de esta manera abrirá la válvula que permite el paso de la mezcla a los aspersores.

Figura 116.
Partes manubrio



Nota. Partes del manubrio para dar claridad a la explicación

5.2.4 Como regular la velocidad del motor

Para poder graduar la velocidad del motor es importante tener en cuenta la velocidad con la cual se está desplazando el aparato, la máquina fumigadora está diseñada para ir a una velocidad máxima de 5.65 km/h a 3600 a tope de revoluciones. Sin embargo, para evitar sobrecargas en la bomba y que el operario pueda caminar tranquilamente manejando de manera correcta la fumigadora el diseño incluye un velocímetro para poder tener control del funcionamiento de la máquina. Se recomienda trabajar la máquina entre 4.16 km/h (2500 rpm) y 4.9 km/h (3000 rpm).

5.2.5 ¿Cómo saber cada cuanto debo ingresar gasolina al motor y mezcla al tanque?

Existen dos maneras muy sencillas para saber cuándo el operario debe llenar el tanque otra vez con gasolina:

El primero es temporizando el tiempo de uso del motor, según el catálogo el rendimiento de este es de 1 litro por hora a 3600 rpm en este caso el operario debe llenar el tanque cada dos horas de trabajo ya que el tanque tiene una capacidad de dos litros de gasolina.

Si está monitoreando el odómetro con una velocidad media de 4 km/h debe hacerlo cada 8 kilómetros de recorrido.

De la misma manera se puede monitorear la cantidad de mezcla que hay en el tanque: como la aspersión de 1.22 litros por minuto el tanque debe llenarse cada 30 minutos aproximadamente o cada 2000 m.

En caso de que el tanque de combustible se vacíe completamente por falta de atención del operario va a causar que la máquina se detenga, sin embargo, no es recomendable que esto suceda ya que puede poner en peligro algunos de los componentes de motor, batería, inyectores, comba de combustible, etc., lo que llevaría como consecuencia un daño del motor y se necesitaría una persona especializada para repararlo. En el caso del tanque de agente químico se sugiere que este no descienda de 3/4 del tanque ya que podría generar succión de aire en la bomba causando también daños en esta (La recomendación para el tanque de mezcla ya tiene en cuenta esta medida).

Sin embargo, la correa que se va a utilizar va a ser un poco más grande de lo normal, esto con el fin de tener un seguro en caso de que el tanque quede sin mezcla del agente químico, este mecanismo va a funcionar con un tensor que va a permitir el paso de potencia cuando está activado, en caso de emergencia este se desactiva y la correa al quedar suelta no va a seguir transmitiendo potencia a la bomba lo que bloqueará el sistema de bombeo inmediatamente. Además, según los cálculos recomendados por el catálogo este cumple perfectamente entre la distancia mínima y la máxima de diseño.

5.3 Manual de mantenimiento

Este manual está diseñado para guiar al operario por un conjunto de actividades que debe realizar para llevar a cabo un mantenimiento correcto en los diferentes sistemas que componen la máquina. Esto con el fin de mitigar fallas en el equipo, logrando prevenirlas antes de que ocurran y de esta manera no tener retrasos en los periodos de fumigación. El operario debe estar en la capacidad de reconocer los diferentes sistemas de la máquina y los componentes de estos.

5.3.1 Sistema estructural

Para el sistema estructural es importante que el operario conozca todos los componentes de la máquina. En primer lugar, se deben tener en cuenta los elementos de fijación que fueron utilizados para unir dos o más componentes en la máquina fumigadora entre los cuales se encuentran:

- Los tornillos.
- Las tuercas.
- Los soportes de los rodamientos.
- La soldadura.

Para los elementos tornillería general se debe realizar una inspección visual antes del uso de la fumigadora. El operario debe revisar todos estos para verificar que se encuentren correctamente apretados. Esta revisión es de suma importancia porque la máquina está sometida a vibración generada por el motor y el terreno en el cual va a ser utilizada. En caso de que algún tornillo o tuerca estuviese suelto la máquina podría incurrir en un fallo causando un accidente. Por parte de los elementos soldados el operario debe verificar que los cordones de soldadura se encuentren en buen estado, es decir que no presenten grietas, oxido o pulido excesivo.

En caso de que los elementos de fijación se encuentren sueltos es necesario apretarlos con las llaves destinadas a esta labor. No se debe utilizar llaves más grandes o pequeñas que las que requiere la tornillería ya que podría dañar las cabezas de los tornillos causando rodaduras en estos. Si la soldadura presenta alguna de las fallas antes mencionadas es necesario remover el cordón y volverlo a realizar.

Por otro lado, se encuentran los elementos rotativos, en esta máquina solo contamos con rodamientos. El jornalero debe revisar que los rodamientos se encuentren limpios, no presenten sobre lubricación ni fugas en los sellos. Garantizando lo anterior la máquina podrá funcionar correctamente y no presentará fallas en el momento de desplazarse o de girar la dirección.

En caso de que se presente alguna de las fallas mencionadas el operario deberá desmontar los elementos fijados a los rodamientos para revisar que estos se encuentren en buen estado. Cuando tenga el rodamiento desmontado es necesario que remueva los

sellos y revise si este presenta algún tipo de contaminación y tenga la lubricación necesaria. Si el rodamiento se encuentra deteriorado o dañado debe hacer el cambio de este.

Nota. Para evitar que los elementos metálicos se oxiden se realizó un proceso de pintura, anticorrosiva a todas las piezas metálicas (evitando los rodamientos). Como esta máquina va a estar expuesta al campo se recomienda que una vez cada dos meses se lije y pinte con anticorrosivo, y pasar como mínimo dos manos de esta pintura en las piezas que lo necesiten, en caso de que alguna de las piezas se encuentre deteriorada será necesario reemplazarla por una nueva.

5.3.2 Sistema de generación y transmisión de potencia

Este sistema se compone de dos subsistemas, el motor y los ejes. El mantenimiento del motor se encuentra en el manual que entrega el proveedor que es el que realizó la Honda para este motor GX160.

5.3.2.a Subsistema de los ejes. Este sistema está compuesto por los ejes, las poleas, las correas y el tensor. Lo primero que debe revisar el operario en este subsistema es que las poleas se encuentren limpias, en caso de no estarlo deberá limpiarlas como lo indica el manual de Intermec. El paso para seguir es revisar la tensión en las correas, el mismo catálogo indica los pasos que se deben realizar en caso de que estas no se encuentren correctamente tensionadas. Al revisar los ejes es importante que estos no presenten grietas o fisuras ya que al estar estos sometidos a torsión este tipo de fallas podrían ocasionar problemas en el momento de la transmisión de potencia. En caso de que los ejes tengan este tipo de imperfecciones será necesario cambiarlos.

5.3.3 Sistema de aspersion

El sistema de aspersion está compuesto por las mangueras, los aspersores y la válvula de paso. La primera inspección que debe realizar el operario de la máquina es revisar

que las mangueras se encuentren en buen estado, es decir que estas no se encuentren cristalizadas, que ni las uniones ni la reducción presenten fugas y que no se encuentren taponadas. En caso de presentarse taponamiento en las mangueras el operario debe identificar el objeto que lo esté causando y retirarlo. Para identificar el taponamiento es necesario hacer presión con las manos hasta encontrar el objeto que este causando esto. Cuando se identifique el cuerpo extraño se debe soltar la manguera y removerlo. Después debe revisar que la válvula funcione de manera correcta. Como esta válvula se acciona gracias a la tensión ejercida por la guaya es necesario que esta esté correctamente tensionada y el resorte que la retorna a la posición inicial funcione correctamente. Finalmente se deben revisar los aspersores ya que si estos se encuentran sucios no van a funcionar de manera correcta, los aspersores también pueden presentar fallas si los componentes internos se encuentran en mal estado, de ser así es necesario cambiarlos por unos nuevos.

Nota. Como la mezcla contiene químicos que pueden ser nocivos para la salud, el personal que vaya a manipular la máquina debe contar con los elementos de protección personal para evitar que el químico entre en contacto con la piel.

5.3.4 Sistema de Bombeo

El sistema de bombeo está compuesto por la bomba. Como esta es nueva es necesario cambiar el aceite a las 15 horas de uso, después de este primer cambio se debe repetir cada 70 horas. El proveedor recomienda utilizar aceite 20W50. Cada hora es necesario dar media vuelta a las graseras para que los pistones siempre se encuentren lubricados y de esta manera no causar desgaste en estos. Es imperativo nunca trabajar con el equipo en vacío ya que esto podrá generar daños a la bomba. El operario debe mantener el equipo limpio, para esto debe hacer recircular agua limpia cada vez que termine la jornada de trabajo.

5.3.5 Sistema de almacenamiento

El sistema de almacenamiento está compuesto por un tanque de polietileno de 60 litros. Este tanque siempre debe permanecer limpio ya que si al tanque ingresan cuerpos extraños estos van a ser succionados por la bomba causando taponamientos en el sistema de aspersión. Para lavar el tanque el operario debe agregar agua limpia y ponerla a circular con la bomba, este proceso se debe repetir una o dos veces dependiendo del agente químico que haya utilizado para realizar la tarea.

5.3.6 Sistema de control

Este sistema está compuesto por tres subsistemas: control en la transmisión de potencia y los aspersores, control de velocidad y control de presión.

5.3.6.a Subsistema de control en la transmisión de potencia y los aspersores. El acelerador, el freno y el accionador de los aspersores funcionan con tres guayas independientes. En este caso el operario debe revisar que las guayas estén tensionadas correctamente para que los sistemas funcionen al accionarlas. En caso de que las guayas no estén tensionadas deberá hacerlo manualmente hasta llegar al punto en que estas funcionen de manera correcta y si estas se encuentran desgastadas deberá cambiarlas.

5.3.6.b Subsistema de control de velocidad. El primer paso en la inspección del velocímetro es revisar que el imán y el sensor estén bien ubicados para poder tomar la medición de manera correcta. Posteriormente el operario debe revisar que este tenga las baterías con carga suficiente ya que si esta se descarga durante la jornada de uso el trabajador no va a poder tener un control de las variables de la máquina lo que podría ocasionar fallas en los sistemas.

5.3.6.c Subsistema de control de presión. Con respecto a este sistema se cuenta con un manómetro. Este debe estar calibrado para poder tener una medición correcta de la presión que se está manejando en el sistema de aspersión, en caso de no ser así es

necesario realizar la calibración con los equipos especializados. El operario también debe verificar que este no presente fugas en el en acople con la bomba ya que esto generaría perdidas de presión teniendo como consecuencia una mala medición de esta variable lo que ocasionara fallas en el sistema de aspersión.

5.3.7 Sistema de frenado

El operario debe prestar suma atención a este sistema, ya que es el que va a asegurar que la máquina se detenga cuando sea necesario. Las pastillas y los frenos deben permanecer limpios para garantizar un buen funcionamiento del sistema. De igual manera se deben revisar los elementos de la mordaza, que estos se encuentren correctamente ajustados para que al momento de frenar puedan ejercer la presión necesaria en el disco.

Tabla 36.

Listado de actividades de mantenimiento

Sistema	Elementos	Actividad	Falla	Tarea	Periodicidad
Estructural	Tornillos	Revisar rosca, ajuste de los tornillos y corrosión	Rosca dañada - corrosión	Ajustar tornillos revisar si se encuentran en buen estado, en caso contrario cambiar pieza.	Mensual
	Tuercas	Ajustar bien las tuercas para evitar vibraciones excesivas	Desajuste de tuercas	Si hay tuercas sueltas apretarlas y revisar que se encuentren en buen estado, en caso contrario cambiar pieza	Semanal
	Soportes de rodamientos	Revisar ajuste de los componentes fijadores de los soportes a la estructura y revisar correcto ajuste del soporte al rodamiento	Tornillos sueltos	Ajustar los componentes fijadores de los soportes y revisar que se encuentren en buen estado, en caso contrario cambiar componentes.	Semanal

Nota. listado de actividades de mantenimiento con su correspondiente falla y periodicidad

Tabla 37.
Continuación Tabla 36

Sistema	Elementos	Actividad	Falla	Tarea	Periodicidad
Estructural	Soldadura	Revisar que las soldaduras se encuentren en buen estado	Desgaste de las soldaduras - Corrosión - Porosidades - Grietas	Si las soldaduras se encuentran en mal estado pulir , remover soldadura y volver a soldar.	Semanal
	Vigas	Revisar que las vigas no estén pandeadas, fisuradas u oxidadas	Agrietamiento - Corrosión	Si los elementos estructurales se encuentran en mal estado se recomienda cambiar la pieza	Semanal
Generación y transmisión de potencia	Rodamientos	Revisar que los rodamientos se encuentren bien lubricados y funcionen correctamente	Desgaste - Adherencias - Corrosión	Realizar lubricación con grasa lubricante, el catálogo recomienda utilizar (LGMT2)	Semanal
	Correas	Revisar estado de las correas	Desgaste - Ruptura - Cristalización - Des tensión	Revisar estado de las correas y en caso de estar desgastadas cambiarlas	Bimensual
	Poleas	Alineación y balanceo de las poleas	Desalineación - Desbalanceo	Realizar alineación y balanceo de las poleas instrumentos especializados.	Semanal
	Ejes	Revisar alineación y balanceo de los ejes, y revisar si los ejes se encuentran en buen estado	Desalineación - Desbalanceo - Corrosión	Realizar alineación y balanceo de los ejes instrumentos especializados.	Semanal
Sistema de aspersión	Mangueras	Revisar estado de las mangueras	Cristalización - Desgaste - Fugas - Ruptura - Mala fijación de los elementos	En caso de ser necesario cambiar mangueras que se encuentren en mal estado.	Semanal
	Bomba	Revisar niveles de aceite de la bomba y las graseras	Desgaste del pistón	Si los niveles de aceite se encuentran bajos llenar el tanque hasta donde está indicado (20W50)	30 minutos de uso
	Boquillas	Revisar estado de las boquillas	Taponamiento - Desgaste	Limpiar boquillas y de ser necesario remplazarlas	Semanal

Nota. continuación de tabla 36.

Tabla 38.
Continuación tabla 36

Sistema	Elementos	Actividad	Falla	Tarea	Periodicidad
Sistema de aspersión	Tee	Revisar estado de la Tee	Taponamiento - Desgaste	Limpiar Tee y de ser necesario reemplazarla.	Semanal
	Reducción	Revisar estado de la reducción	Taponamiento - Desgaste	En caso de presentar taponamiento en la reducción desmontar el sistema y limpiar.	Semanal
	Abrazaderas	Revisar abrazaderas	Ruptura	Reemplazar abrazaderas deterioradas	Semanal
	Válvula	Revisar Válvula	Taponamiento - Desgaste	Reemplazar válvulas dañadas	Semanal
Sistema de almacenamiento	Tanque	Revisar tanque	Taponamiento por agentes externos	Asear muy bien el tanque.	Antes y después de cada uso
Sistema de control	Velocímetro	Revisar velocímetro y los componentes	Falta de batería Desincronización del sensor Perdida del imán	Reemplazar baterías, sincronizar sensores.	Antes de usar
	Acelerador	Revisar Guaya	Des tensión - Ruptura	Tensionar guaya, en caso de deterioro reemplazarla	Antes de usar
	Palanca de freno accionador válvula	Revisar Guaya	Des tensión - Ruptura	Tensionar guaya, en caso de deterioro reemplazarla	Antes de usar
Sistema de frenado	Disco	Revisar disco de freno	Suciedad - Agrietamiento	Limpiar discos, si se encuentran dañados cambiarlos	Antes de usar
	Mordaza	Revisar mordazas de freno	Desajuste	Ajustar mordazas	Antes de usar

Nota. continuación de tabla 36

6. ANÁLISIS DE COSTOS

Para empezar este análisis se pidió una cotización detallada de cada uno de los elementos que componen la máquina, en la siguiente tabla se observa el ítem, la cantidad, el valor unitario y el valor total.

Tabla 39.
Costo elementos de la máquina.

Componente	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Motor Honda GX160	1	\$ 1.355.800,00	\$ 1.355.800,00
Bomba SK-FE25	1	\$ 367.698,00	\$ 367.698,00
Tanque ProMinent	1	\$ 1.084.621,46	\$ 1.084.621,46
Ruedas moto azada	3	\$ 167.500,00	\$ 502.500,00
Polea PQ1-3VX270	1	\$ 182.400,00	\$ 182.400,00
Polea PQ3-3VX90	1	\$ 73.300,00	\$ 73.300,00
Polea PQ2-3VX270	1	\$ 266.300,00	\$ 266.300,00
Polea PQ2-3VX65	1	\$ 43.000,00	\$ 43.000,00
Polea PQ3-3VX200	1	\$ 164.900,00	\$ 164.900,00
Polea PQ1-3VX55	1	\$ 33.100,00	\$ 33.100,00
Chumacera UCP205-16	1	\$ 82.000,00	\$ 82.000,00
Chumacera UCF205-16	1	\$ 82.000,00	\$ 82.000,00
Chumacera UCF211-32	1	\$ 275.000,00	\$ 275.000,00
Chumacera UCF207-22	2	\$ 120.000,00	\$ 240.000,00
Buje QD AJ	3	\$ 49.500,00	\$ 148.500,00
Buje QD SDS	1	\$ 70.000,00	\$ 70.000,00
Buje QD SK	2	\$ 87.000,00	\$ 174.000,00
Buje QD SH	1	\$ 54.900,00	\$ 54.900,00
Abrazadera	7	\$ 1.000,00	\$ 7.000,00
Tee 3/8"	1	\$ 3.800,00	\$ 3.800,00
Porta boquillas	1	\$ 50.000,00	\$ 50.000,00
Abrazadera porta boquillas	2	\$ 8.000,00	\$ 16.000,00
Perno en U	1	\$ 500,00	\$ 500,00
Perno DIN1444 B X45	2	\$ 500,00	\$ 1.000,00
Válvula de control	1	\$ 118.990,00	\$ 118.990,00
Reducción 3/8" a 1/4"	1	\$ 1.500,00	\$ 1.500,00
Correas	1	\$ 182.130,00	\$ 182.130,00
Tensor SE11	1	\$ 160.000,00	\$ 160.000,00

Nota. Cotizaciones de los materiales para la máquina fumigadora.

Tabla 40.
Continuación tabla 39

Polea SE11	1	\$ 45.000,00	\$ 45.000,00
Soporte SE11	1	\$ 46.000,00	\$ 46.000,00
Sello SKF-21061	2	\$ 17.900,00	\$ 35.800,00
Rodamiento SKF-6180-2RZ	2	\$ 189.200,00	\$ 378.400,00
Sello SKF-50X65X8	2	\$ 33.900,00	\$ 67.800,00
Soporte disco freno	1	\$ 37.098,48	\$ 37.098,48
Freno Shimano	1	\$ 261.000,00	\$ 261.000,00
Rodamiento SKF 51106	2	\$ 59.900,00	\$ 119.800,00
Tuerca M8	13	\$ 100,00	\$ 1.300,00
Tornillo M8 X 16	8	\$ 100,00	\$ 800,00
Tornillo M10 X 30	4	\$ 100,00	\$ 400,00
Tuerca M10	16	\$ 100,00	\$ 1.600,00
Tornillo M12 X 45	6	\$ 100,00	\$ 600,00
Tuerca M12	6	\$ 100,00	\$ 600,00
Tornillo M16 X 45	4	\$ 100,00	\$ 400,00
Tuerca M16	6	\$ 100,00	\$ 600,00
Tornillo M10 X 40	4	\$ 100,00	\$ 400,00
Tornillo M14 X 40	4	\$ 100,00	\$ 400,00
Tuerca M14	4	\$ 100,00	\$ 400,00
Tornillo M8 X 50	1	\$ 100,00	\$ 100,00
Tornillo M6 X 20	1	\$ 100,00	\$ 100,00
Tornillo M7 X 16	2	\$ 100,00	\$ 200,00
Tuerca M7	2	\$ 100,00	\$ 200,00
Prisionero M5X6	4	\$ 100,00	\$ 400,00
Tornillo DIN 7380 M6X12mm	4	\$ 100,00	\$ 400,00
Tornillo M8 X 30	3	\$ 100,00	\$ 300,00
Tornillo DIN 7380 M5X6mm	2	\$ 100,00	\$ 200,00
Perno DIN 1444B 4X40	1	\$ 100,00	\$ 100,00
Perno DIN 1444B 4X50	2	\$ 100,00	\$ 200,00
Tornillo M5X30	3	\$ 100,00	\$ 300,00
Tornillo M10 X 50	8	\$ 100,00	\$ 800,00
Estructura (peso)	61,78	\$ 6.300,00	\$ 389.214,00
Ejes (peso)	22,57	\$ 10.000,00	\$ 225.700,00
		Total	\$ 7.357.551,94

Nota. Continuación tabla 39

Según los cálculos realizados el costo de los materiales es de \$ 7'357.551,94 pesos colombianos.

Ya sabiendo cuales son los materiales que se van a utilizar se procede a sacar una cotización en base a las actividades que se deben realizar para poder entregar la máquina finalizada. Se realizo la cotización con diferentes talleres entre los cuales están taller industrial Jaco, General de aceros y por último Moncada Hnos. Ingenieros contratistas, todos estos ofrecen la manufactura de los componentes requeridos obteniendo el valor mostrado a continuación tomando la alternativa más viable.

Tabla 41.
Costos fabricación y puesta en marcha

Actividad	Descripción	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Torno	Contratista , Equipo, Buriles, Brocas, Energía eléctrica, Consumibles	Horas	24	\$ 50.000,00	\$ 1.200.000,00
Fresado	Contratista , Equipo, Buriles, Brocas, Energía eléctrica, Fresas, Consumibles	Horas	20	\$ 60.000,00	\$ 1.200.000,00
Cortadora de lamina	Contratista , Operario, Cuchillas, Energía eléctrica, Consumibles	Corte	31	\$ 7.000,00	\$ 217.000,00
Corte de tubería y armado de estructura	Contratista, Cortadora de disco, Herramientas menores, Energía eléctrica, Consumibles	Horas	20	\$ 40.000,00	\$ 800.000,00
Soldadura MIG MAG	Contratista, Equipo, Fundible, Energía eléctrica, Gas, Ensayos no destructibles, WPC, Consumibles	Junta X Diámetro	44	\$ 43.500,00	\$ 1.914.000,00
Dobladora	Contratista, Equipo, Energía eléctrica, Consumibles	Dobles	8	\$ 7.000,00	\$ 56.000,00
Sandblasting	Contratista, Equipos, Energía eléctrica, Arena de Sandblasting esquema sp5 ,Consumibles	Unidad	1	\$ 150.000,00	\$ 150.000,00
Pintura	Contratista, Equipos, Energía eléctrica, Epoxi poliamida con fosfato de zinc con rentabilidad ilimitada-1 X 75 micras, Epoxi amida de alto espesor repintable-1 X 75 micras, Epoxi poliamida sin límite de repintabilidad-1 X 75 micras, Consumibles	Unidad	1	\$ 350.000,00	\$ 350.000,00
Montaje mecánico	Contratista, Equipos, Montaje ejes, Montaje motor, Montaje bomba, Montaje chumaceras, Montaje rodamientos y sellos, Montaje sistema de freno, Montaje hidráulico, Consumibles	Horas	5	\$ 60.000,00	\$ 300.000,00
Arranque	Contratista, Herramienta, Puesta en marcha motor, Puesta en marcha bomba, Calibración motor y bomba, Calibración acelerador, Ajustes de frenos, Alineación bomba motor, Consumible.	Horas	5	\$ 60.000,00	\$ 300.000,00
				Total	\$ 6.487.000,00

Nota. Tabla costos producción según taller industrial Jaco.

Después de realizar un análisis de precio unitario de obtiene un precio total de \$6'487.000,00 pesos colombiano por la mano de obra necesario para el proceso de manufactura.

También se tuvo en cuenta el costo de las diferentes etapas del diseño (diseño conceptual, diseño básico, diseño en detalle), este análisis se realizó en base al salario de un ingeniero recién egresado según la página de computrabajo mensualmente tiene un valor de \$2'520.277 pesos , se determinó el tiempo que tomó el desarrollo de cada una de las partes del diseño obteniendo la siguiente tabla.

Tabla 42.
Tabla costos etapas de diseño

Ítem	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Diseño conceptual	Horas	40	\$ 10.000,00	\$ 400.000,00
Diseño básico	Horas	240	\$ 10.000,00	\$ 2.400.000,00
Diseño en detalle	Horas	120	\$ 10.000,00	\$ 1.200.000,00
			Total	\$ 4.000.000,00

Nota. El diseño y los planos de la máquina fumigadora tienen un costo de \$ 4.000.000,00 sin embargo es importante recalcar que este es un costo global no unitario.

Por último, para calcular el valor de los costos totales se realiza la suma de los diferentes resultados obtenidos anteriormente y se le adiciona un ítem de imprevistos equivalente al 10% del total de los costos.

Tabla 43.
Total costo máquina

Ítem	valor
Diseño	\$ 4.000.000,00
Fabricación	\$ 6.487.000,00
Costo elementos	\$ 7.379.529,94
Imprevistos	\$ 1.786.655,19
Total	\$ 19.631.207,13

Nota. Tabla costos total de máquina.

Con la finalidad de concluir el análisis de costos de nuestra máquina se realizó la comparación con la nebulizadora móvil swedish husky la cual posee sistemas similares y un precio de \$22'561.629,24 pesos colombianos, mostrada en la siguiente figura,

Figura 117.
Nebulizadora móvil Swedish Husky



Nota. Equipo móvil Swedish Husky

Al realizar la comparación se determina que nuestro equipo posee una ventaja en cuanto a la facilidad de operación debido a la simpleza del diseño, siendo amigable con el operario y presentando una solución que se ajuste a las condiciones y necesidades solicitadas. Otra de las ventajas que tienen nuestro diseño es la representación colombiana en la mayoría de sus componentes y la facilidad de adquirirlos en el territorio, evitando tiempos muertos y sobrecostos de importación. Finalmente, nuestra máquina cumple con todas las características de la nebulizadora móvil swedish husky con un costo inferior de \$ 4'000.000 aproximadamente.

7. CONCLUSIONES

Al caracterizar el cultivo de la cebolla Junca y su proceso de fumigación fue posible determinar cuáles eran los sistemas requeridos por la máquina para cumplir con las necesidades de los pequeños productores.

Al evaluar las diferentes alternativas propuestas, se seleccionó de manera acertada la que mejor se acopla con los parámetros funcionales para realizar de manera correcta la tarea propuesta.

Tras la elaboración de los manuales pertinentes de la máquina, se puede evidenciar una facilidad de operación en el momento de utilizar la fumigadora. Adicionalmente, es importante resaltar la simplicidad en el ensamble y el mantenimiento de la máquina a tal punto que cualquier persona, con la ayuda del manual, se encuentra en la capacidad de realizar cualquiera de estas labores.

Al finalizar el análisis de costos, se realizó una comparación con una máquina de características similares evidenciando un costo inferior en el precio final de la fumigadora propuesta en este proyecto. Sin embargo, realizar una sola máquina resulta muy costoso para el mercado al cual se dirige este equipo.

Después de realizar el diseño, corroborado con la memoria de cálculos, se llega a la conclusión de que la alternativa propuesta funciona de manera óptima para fumigar cultivos de cebolla Junca.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] DANE, “La cebolla de rama o cebolla junca (*Allium fistulosum*), una hortaliza de gran importancia en la alimentación humana,” *Insumos Y Factores Asoc. a La Prod. Agropecu.*, pp. 1–14, 2015.
- [2] M. P. Taufiq Rohman, S.Pd.I, “Cultivo de cebolla junca,” *Psikol. Perkemb.*, no. October 2013, pp. 1–224, 2019, doi: 10.1017/CBO9781107415324.004.
- [3] J. Jaramillo, P. Aguilar, L. Cano, P. Tamayo, G. Franco, and F. Benjumea, *Modelo tecnológico para el cultivo de cebolla de rama en el departamento de Antioquia Allium stulosum*, no. October 2018. 2016.
- [4] FAO, “Manual sobre el almacenamiento y el control de existencias de plaguicidas,” p. 35, 1996.
- [5] A. Arévalo C, T. Bacca, and A. Soto G, “DIAGNÓSTICO DEL USO Y MANEJO DE PLAGUICIDAS EN FINCAS PRODUCTORAS DE CEBOLLA JUNCA *Allium fistulosum* EN EL MUNICIPIO DE PASTO,” *Luna Azul*, no. 38, pp. 132–145, 2014, doi: 10.17151/luaz.2014.38.8.
- [6] Syngenta, “Karate Zeon,” *Syngenta*, no. 1907, pp. 1–17, 2016, [Online]. Available: <http://www.syngenta.com/global/corporate/en/products-and-innovation/product-brands/crop-protection/insecticides/Pages/karate-zeon.aspx>.
- [7] “Densidad de la formula 1.028 g/cm³ 4. TOXICOLOGÍA Categoría III Medianamente Tóxico LEA CUIDADOSAMENTE ESTA ETIQUETA Y LA HOJA INFORMATIVA ADJUNTA ANTES DE USAR EL PRODUCTO MANTENGASE BAJO LLAVE FUERA DEL ALCANCE DE LOS NIÑOS PRECAUCIONES Y ADVERTENCIAS.”
- [8] E. T. M. Spinetoram, “Insecticidas,” no. 1, pp. 2–3.
- [9] S. D. E. Potasio, C. D. E. A. D. E. Emergencias, S. I. A. Blanco, P. Efectos, and S. La, “Hoja de Seguridad del Producto,” pp. 1–3, 1999.
- [10] D. Generales and D. E. L. Producto, “Confidor® 350 SC,” pp. 1–5.
- [11] E. B. Mexicana, I. Sur, D. L. Deportes, and C. Int, “Hoja de Seguridad Hoja de Seguridad,” no. 1, pp. 1–6, 2010.
- [12] “5 403.4.”

- [13] F. Agricola *et al.*, “Amistar Top.”
- [14] S. Crop, “Amistar Top,” *Crop. Syngenta*, no. 1907, pp. 1–4, 2019, [Online]. Available:
https://www.syngenta.com.ec/sites/g/files/zhg486/f/ec_ficha_tecnica_amistar_top_marz17.pdf?token=1535984039.
- [15] N. C. De Syngenta, “Hoja de Información de Seguridad MERTECT Hoja de Información de Seguridad MERTECT,” pp. 1–8, 2014.
- [16] C. Beneficios, “MERTECT ® 500 SC.”
- [17] P. D. E. Etiqueta, “Confidor ® Forte 200 SL,” pp. 1–8.
- [18] Teejet Co., “Catálogo 51A-ES,” *Teejet*, vol. catálogo 5, p. 160, 2014.
- [19] “Motor honda GX160.” https://www.honda-engines-eu.com/documents/10912/15973/TS_GX160 (accessed Jun. 14, 2021).
- [20] “draw.io – Diagrams for Confluence and Jira - draw.io.” <https://drawio-app.com/> (accessed Apr. 02, 2021).
- [21] M. C. Potter, D. C. Wiggert, B. Ramadan, T. I.-P. Shih, J. H. Romo Muñoz, and J. León Cárdenas, *Mecánica de fluidos*. 2015.
- [22] “Bomba de embolo SK-FE25.” <https://www.eduardono.com/agricola/fichas/fumigadoras-estacionarias/sk-fe25.pdf?ver=2016-11-11-041822-130> (accessed May 15, 2021).
- [23] Oleohidráulica VEREON, “Aplicaciones para motores hidráulicos,” vol. 0044, no. 011, p. 7167.
- [24] S. S. Plus, “Cn- 25,” pp. 1–40.
- [25] “Average Walking Speed: Pace, and Comparisons by Age and Sex.” <https://www.healthline.com/health/exercise-fitness/average-walking-speed> (accessed Jun. 14, 2021).
- [26] R. L. Norton, *Diseño de máquinas. Un enfoque integrado*. .
- [27] P. E. Robert L. Mott, “Dieño de elementos de máquinas,” *944*, vol. 4, pp. 280–291, 2004.
- [28] “(1) Aprendo - Longitud correa poleas - Tecnologías - Física - YouTube.” <https://www.youtube.com/watch?v=NQDMQKL9T-g> (accessed Jun. 02, 2021).

- [29] “Rodamientos 2019.”
https://www.skf.com/binaries/pub201/Images/0901d19680416953-Rolling-bearings---17000_1-ES_tcm_201-121486.pdf (accessed Jun. 17, 2021).
- [30] V. Giurgiutiu, *Vibration Fundamentals*. 2014.
- [31] D. Mayorista, D. E. M. Para, and L. A. Construcción, “Perfil Circular.”
- [32] “DIN 1444 - Perno con Cabeza - Pasadores.” <https://www.opac.net/producto-177-din-1444> (accessed Jun. 14, 2021).
- [33] “EMPUJAR Y HALAR “ MAXIMUM VOLITIONAL FORCES WHEN PUSHING OR PULLING EXERTED BY YOUNG ADULTS IN,” pp. 163–178, 2011.
- [34] D. de Mulder, “Construcción y validación estructural del Vehículo de Tracción Humana 2013 de la Universidad de los Andes,” 2013.
- [35] Manual Estructuración del Trabajo de Grado. Fundación Universidad de América, 2021 [PDF]

ANEXOS

ANEXO 1

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar un análisis financiero de la venta y producción de la máquina al por mayor para reducir costos y obtener un valor que permita ser competitivo en el mercado.

Se recomienda la implementación del diseño de una carcasa ligera para la protección de los componentes de la máquina y del cultivo en caso de utilizar la máquina en cultivos con surcos de menor tamaño al estipulado.

Como la bomba puede trabajar a mayor capacidad de caudal y presión, se deja un diseño abierto para poder implementar más boquillas en caso de querer regar más surcos en el mismo tiempo de fumigación y obtener un mayor provecho de la máquina.

ANEXO 2. COTIZACIONES

Cotización Intermec.

ITEM	CANT	DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	PRECIO TOTAL	T.ENTREGA
1	1	1-3V270 SDS , Polea en V con diámetro exterior de 270mm, 1 canal para correa tipo 3V. Mecanizada para buje QD-SDS. MARCA INTERMEC.	\$229,000	\$229,000	15 Días Hábiles
2	1	QD-SDS , Sistema de fijación para instalar en Polea 1-3V270 SDS, mecanizado para eje máximo de 42mm con cúter estándar. MARCA INTERMEC.	\$88,000	\$88,000	15 Días Hábiles
3	1	3-3V90 SH , Polea en V con diámetro exterior de 90mm, 3 canales para correa tipo 3V. Mecanizada para buje QD-SH. MARCA INTERMEC.	\$93,000	\$93,000	15 Días Hábiles
4	1	QD-SH , Sistema de fijación para instalar en Polea 3-3V90 SH, mecanizado para eje máximo de 35mm con cúter estándar. MARCA INTERMEC.	\$69,000	\$69,000	15 Días Hábiles
5	1	2-3V270 SK , Polea en V con diámetro exterior de 270mm, 2 canales para correa tipo 3V. Mecanizada para buje QD-SK. MARCA INTERMEC.	\$334,000	\$334,000	15 Días Hábiles
6	1	QD-SK , Sistema de fijación para instalar en Polea 2-3V270 SK, mecanizado para eje máximo de 55mm con cúter estándar. MARCA INTERMEC.	\$109,000	\$109,000	15 Días Hábiles
7	1	2-3V65 JA , Polea en V con diámetro exterior de 65mm, 2 canales para correa tipo 3V. Mecanizada para buje QD-JA. MARCA INTERMEC.	\$56,000	\$56,000	15 Días Hábiles
8	1	QD-JA , Sistema de fijación para instalar en Polea 2-3V65 JA, mecanizado para eje máximo de 25mm con cúter estándar. MARCA INTERMEC.	\$63,000	\$63,000	15 Días Hábiles
9	1	1-3V55 JA , Polea en V con diámetro exterior de 55mm, 1 canal para correa tipo 3V. Mecanizada para buje QD-JA. MARCA INTERMEC.	\$42,000	\$42,000	15 Días Hábiles
10	1	QD-JA , Sistema de fijación para instalar en Polea 1-3V55 JA, mecanizado para eje máximo de 25mm con cúter estándar. MARCA INTERMEC.	\$63,000	\$63,000	15 Días Hábiles

SUBTOTAL	\$1,146,000
IVA (%)	19%
IVA	\$217,740
TOTAL	\$1,363,740

Cotización motor Honda GX 160



Energía & Potencia

Nit 800051319
Car 45 A No 65 A 100
378 6100

NO SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES
SOMOS AUTORETENEDORES
IVA RÉGIMEN COMÚN

COTIZACION A CLIENTES

Página 1 de 2

Número: **7832**

SEÑOR (ES):

RAZÓN SOCIAL: camilo	PAÍS:
NIT: 5004000	FAX:
DIRECCIÓN:	
CIUDAD: BOGOTA	
TELÉFONO: 3194264376	

ASESOR: ASESOR CANAL ALTERNATIVO CENTRO **BODEGA:** BODEGA PRINCIPAL **FECHA:** 4/Jun/2021

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT	DESC	IVA	V/R UNITARIO	VALOR TOTAL
GX160H2 LD1	MOTOR GASOLINA HONDA (5.5HP-4.1KW) 1800RPM CUÑA	1	0.0%	19	\$1,788,100.00	\$1,788,100.00
GX160H2 QTB	MOTOR GASOLINA HONDA (5.5HP-4.1KW) 3600RPM CUÑA	1	0.0%	19	\$1,355,800.00	\$1,355,800.00

FORMA DE PAGO: credit a 4 dias	VALIDEZ: 30	SUBTOTAL	\$3,143,900
OBSE RVACIONES: Entrega de 3 a 4 días hábiles, salvo venta previa. Garantía de 2 años en motores Honda de la serie GX y equipos Honda. Comunicarse con el asesor Jacques Gagelin al número 3152886600 por teléfono o WhatsApp para cualquier duda que tenga.		DESCUENTO	\$0
		IVA	\$597,341
		FLETES	\$0
La garantía cubre cambio de piezas defectuosas y mano de obra del técnico siempre y cuando se compruebe que es garantía. Las garantías fuera de las ciudades de Medellín, Cali, Barranquilla, Bogotá y sus perímetros urbanos en lo relacionado a viáticos y costo de transporte corren por cuenta del cliente final.		TOTAL A PAGAR	\$3,741,241

ANEXO 3 FICHAS TECNICAS

Fichas técnicas chumaceras SKF



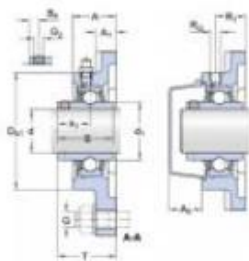
UCF 205-16 Unidades de rodamientos de bolas con pestaña cuadrada

Unidades de rodamientos de bolas con pestaña cuadrada

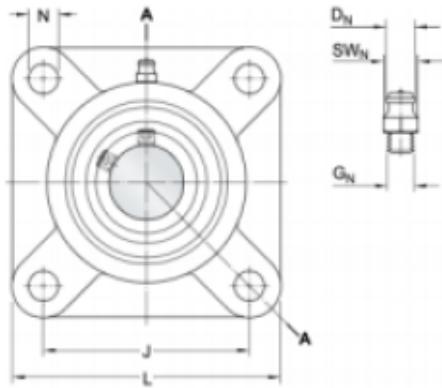
Especificación técnica

Cumplimiento con el estándar	JIS
Purpose specific	For material handling applications
Material del soporte	Fundición
Sealing solution	Standard seals with additional flingers

DIMENSIONES



d	1 in
d ₁	1.327 in
A	1.063 in
A ₁	0.512 in
A ₅	0.807 in
B	1.339 in
B ₁	0.217 in
D _{B1}	2.677 in
J	2.756 in
L	3.74 in
N	0.472 in
s ₁	0.563 in



T	1.406 in
---	----------

BOQUILLA ENGRASADORA

D_N	0.26 in
SW_N	0.313 in
G_N	1/4-28 UNF

ORIFICIO ROSCADO

R_G	1/4-28 UNF
R_1	0.689 in

DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	3 147 lbf
Capacidad de carga estática básica	C_0	1 754 lbf
Carga límite de fatiga	P_u	75 lbf
Velocidad límite con tolerancia de eje h6		5 850 r/min

MASA

Unidad de rodamientos de masa	1.57 lbs
-------------------------------	----------

INFORMACIÓN DE MONTAJE

Rosca del prisionero	G_2	1/4-28 UNF
Tamaño de llave hexagonal para el prisionero		0.127 in
Par de apriete recomendado para el prisionero		35.403 lbf-in
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, mm	G	10 mm
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, pulgadas	G	0.375 in



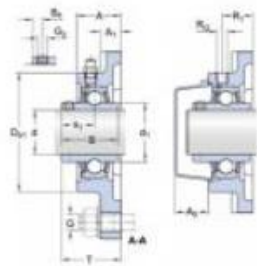
UCF 207-22 Unidades de rodamientos de bolas con pestaña cuadrada

Unidades de rodamientos de bolas con pestaña cuadrada

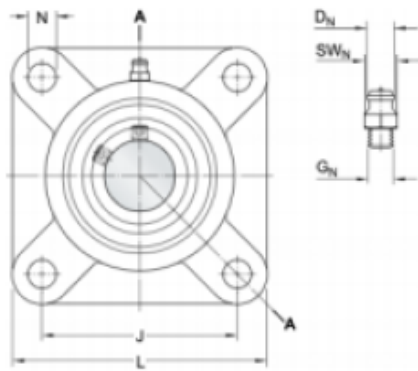
Especificación técnica

Cumplimiento con el estándar	JIS
Purpose specific	For material handling applications
Material del soporte	Fundición
Sealing solution	Standard seals with additional fingers

DIMENSIONES



d	1.375 in
d ₁	≈ 1.843 in
A	1.26 in
A ₁	0.591 in
A ₅	0.965 in
B	1.689 in
B ₄	0.256 in
D _{b1}	3.543 in
J	3.622 in
L	4.646 in
N	0.551 in
s ₁	1 in



T	1.748 in
---	----------

BOQUILLA ENGRASADORA

D_N	0.26 in
SW_N	0.313 in
G_N	1/4-28 UNF

ORIFICIO ROSCADO

R_G	1/4-28 UNF
R_1	0.886 in

DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	5 733 lbf
Capacidad de carga estática básica	C_0	3 440 lbf
Carga límite de fatiga	P_u	147 lbf
Velocidad límite con tolerancia de eje h6		4 300 r/min

MASA

Unidad de rodamientos de masa		2.98 lbs
-------------------------------	--	----------

INFORMACIÓN DE MONTAJE

Rosca del prisionero	G_2	5/16-24 UNF
Tamaño de llave hexagonal para el prisionero		0.158 in
Par de apriete recomendado para el prisionero		57.53 lbf-in
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, mm	G	12 mm
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, pulgadas	G	0.5 in

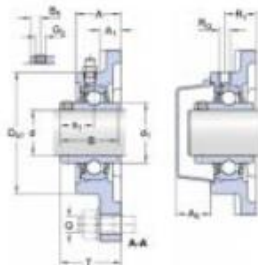


UCF 207-22 Unidades de rodamientos de bolas con pestaña cuadrada

Unidades de rodamientos de bolas con pestaña cuadrada

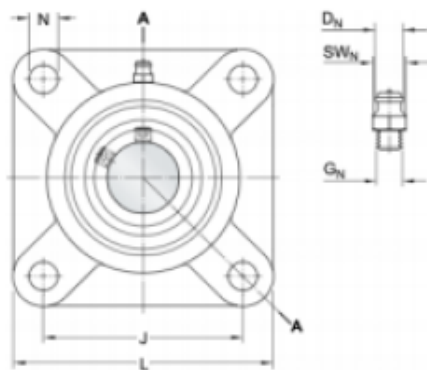
Especificación técnica

Cumplimiento con el estándar	JIS
Purpose specific	For material handling applications
Material del soporte	Fundición
Sealing solution	Standard seals with additional fingers



DIMENSIONES

d	1.375 in
d ₁	≈ 1.843 in
A	1.26 in
A ₁	0.591 in
A ₅	0.965 in
B	1.689 in
B ₄	0.256 in
D _{b1}	3.543 in
J	3.622 in
L	4.646 in
N	0.551 in
s ₁	1 in



T	1.748 in
---	----------

BOQUILLA ENGRASADORA

D _N	0.26 in
SW _N	0.313 in
G _N	1/4-28 UNF

ORIFICIO ROSCADO

R _G	1/4-28 UNF
R ₁	0.886 in

DATOS DEL CÁLCULO

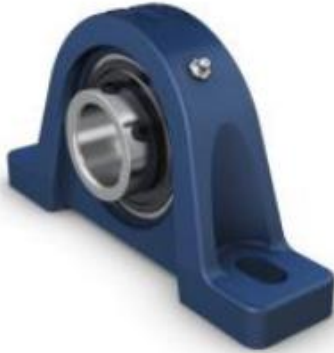
Capacidad de carga dinámica básica	C	5 733 lbf
Capacidad de carga estática básica	C ₀	3 440 lbf
Carga límite de fatiga	P _u	147 lbf
Velocidad límite con tolerancia de eje h6		4 300 r/min

MASA

Unidad de rodamientos de masa	2.98 lbs
-------------------------------	----------

INFORMACIÓN DE MONTAJE

Rosca del prisionero	G ₂	5/16-24 UNF
Tamaño de llave hexagonal para el prisionero		0.158 in
Par de apriete recomendado para el prisionero		57.53 lbf-in
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, mm	G	12 mm
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, pulgadas	G	0.5 in



UCP 205-16 Soportes de pie con rodamientos de bolas

Soportes de pie con rodamientos de bolas

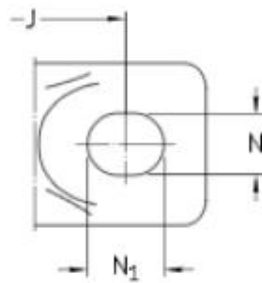
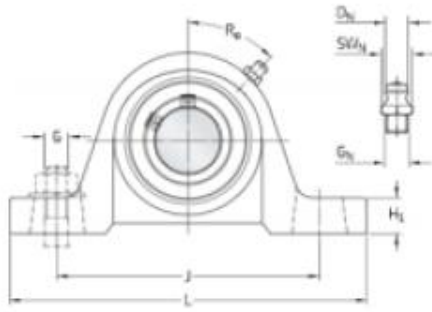
Especificación técnica

Cumplimiento con el estándar	JIS
Purpose specific	For material handling applications
Material del soporte	Fundición
Sealing solution	Standard seals with additional fingers

DIMENSIONES



d	1 in
d ₁	≈ 1.327 in
A	1.496 in
A ₁	0.906 in
B	1.339 in
B ₄	0.217 in
H	1.437 in
H ₁	0.63 in
H ₂	2.776 in
J	4.134 in
J	max. 4.331 in
J	min. 3.937 in
L	5.492 in



N	0.512 in
N ₁	0.709 in
s ₁	0.563 in

ORIFICIO ROSCADO

R _G	1/4-28 UNF
R ₁	0.059 in
R _α	45 °

BOQUILLA ENGRASADORA

D _N	0.26 in
SW _N	0.313 in
G _N	1/4-28 UNF

DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	3 147 lbf
Capacidad de carga estática básica	C ₀	1 754 lbf
Carga límite de fatiga	P _u	75 lbf
Velocidad límite		5 850 r/min
con tolerancia de eje h6		

MASA

Mass bearing unit		1.65 lbs
-------------------	--	----------

INFORMACIÓN DE MONTAJE

Rosca del prisionero	G ₂	1/4-28 UNF
----------------------	----------------	------------

Tamaño de llave hexagonal para prisionero		0.127 in
Par de apriete recomendado para el prisionero		35.403 lbf-in
Recommended diameter for attachment bolts, mm	G	10 mm
Recommended diameter for attachment bolts, inch	G	0.375 in

PRODUCTOS INCLUIDOS

Soporte		P 205/Y
Rodamiento		UC 205-16



61810-2RZ Rodamientos rígidos de bolas

Producto popular

Rodamientos rígidos de bolas

Datos de los rodamientos

Tolerancias,

Normal (métrica), P6, P5, Normal (en pulgadas),

Juego radial interno,

Pares de rodamientos apareados, Acero inoxidable $d < 10$ mm, Otros rodamientos

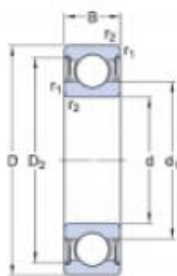
Interfaces del rodamiento

Tolerancias de los asientos

para condiciones estándares,

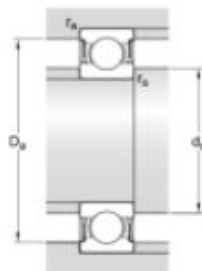
Tolerancias y ajustes resultantes

Especificación técnica



DIMENSIONES

d	1.969 in
D	2.559 in
B	0.276 in
d ₁	≈ 2.152 in
D ₂	≈ 2.425 in
r _{1,2}	min. 0.012 in



DIMENSIONES DE LOS RESALTES

d _a	min. 2.047 in
d _{aa}	max. 2.165 in
D _a	max. 2.48 in
r _a	max. 0.012 in

DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	1 520 lbf
Capacidad de carga estática básica	C_0	1 529 lbf
Carga límite de fatiga	P_u	64 lbf
Velocidad de referencia		20 000 r/min
Velocidad límite		10 000 r/min
Factor de cálculo	k_r	0.015
Factor de cálculo	f_0	17.2

MASA

Rodamiento de masa		0.12 lbs
--------------------	--	----------



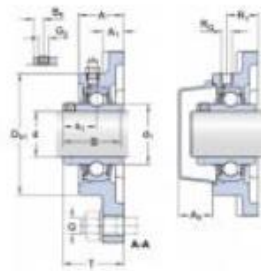
UCF 211-32 Unidades de rodamientos de bolas con pestaña cuadrada

Unidades de rodamientos de bolas con pestaña cuadrada

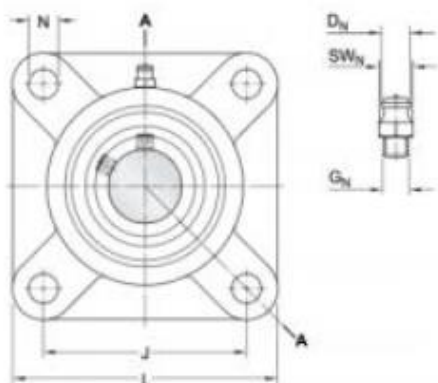
Especificación técnica

Cumplimiento con el estándar	JIS
Purpose specific	For material handling applications
Material del soporte	Fundición
Sealing solution	Standard seals with additional fingers

DIMENSIONES



d	2 in
d ₁	± 2.756 in
A	1.693 in
A ₁	0.709 in
A ₂	1.476 in
B	2.189 in
B ₄	0.374 in
D _{b1}	5.118 in
J	5.118 in
L	6.378 in
N	0.748 in
s ₁	1.315 in



T	2.299 in
---	----------

BOQUILLA ENGRASADORA

D_N	0.259 in
SW_N	0.437 in
G_N	1/8-27 NPT

ORIFICIO ROSCADO

R_G	1/8-27 NPT
R_1	1.142 in

DATOS DEL CÁLCULO

Capacidad de carga dinámica básica	C	9 802 lbf
Capacidad de carga estática básica	C_0	6 519 lbf
Carga límite de fatiga	P_u	281 lbf
Velocidad límite		3 000 r/min
con tolerancia de eje h6		

MASA

Unidad de rodamientos de masa	7.94 lbs
-------------------------------	----------

INFORMACIÓN DE MONTAJE

Rosca del prisionero	G_2	3/8-24 UNF
Tamaño de llave hexagonal para el prisionero		0.19 in
Par de apriete recomendado para el prisionero		146.037 lbf·in
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, mm	G	16 mm
Diámetro recomendado para los tornillos de fijación, pulgadas	G	0.625 in

Bomba de embolo Eduardoño



SK-FE25

Descripción

Bomba estacionaria de pistón de alta presión, capaz de entregar una presión máxima de trabajo de 580 PSI y un caudal máximo de 17 lts/min. Ideal para fumigación en cultivos de papa, cebolla, cafetales y hortalizas, entre otros. Esta fumigadora posee la opción de trabajar como bomba de riego alcanzando una presión máxima para esta aplicación de 150 PSI y un caudal de 3,8 gal/min.

Especificaciones técnicas

Marca	Sokan
Tipo	Pistón
Material	Acero endurecido
Presión	300 - 580 PSI
Caudal máximo descarga	17 Lts/Min.
Polea	7 1/2"
Dimensiones (L x An x Al mm.)	370 x 280 x 320
Peso	9,2 Kg

Equipo básico

- 1 Polea
- 1 Coladera
- 1 Manguera de retorno
- 1 Manguera de succión
- 1 Llave para tuercas
- 1 Kit empaques



Beneficios

- Pistones de acero endurecido para mayor durabilidad en las diferentes aplicaciones.
- Bomba equipada con una cámara de compensación, la cual contribuye a generar una presión constante.

Eduardoño S.A. puede implementar mejoras y/o actualizaciones en los productos, así como en su ficha técnica, de acuerdo a cambios en la tecnología utilizada.

www.eduardono.com

 018000 180 180

Con el respaldo de:



08-15

ANEXO 4

MONTAJE Y CUIDADO CORREAS POLEAS

CUIDADO Y MANTENIMIENTO

Como en todo sistema o elemento de transmisión de potencia, la duración de los componentes y el funcionamiento del equipo no solo dependen de una buena selección y de piezas de buena calidad, sino también de un adecuado montaje.

DESPLAZAMIENTO DE LOS EJES

Los sistemas de poleas en "V" deben permitir un desplazamiento mínimo de los ejes para un óptimo montaje. La distancia entre centros debe poder reducirse para permitir una instalación fácil que no comprometa ni maltrate las correas. Por otra parte, la distancia entre centros también debe poder alargarse para que el sistema permita ajustar a la tensión deseada. En la mayoría de los casos se debe prever un desplazamiento mínimo de -1.5% [acercamiento] y 3% [alargamiento] de la distancia entre centros. Refiérase a la sección de tensión de correas (pág.16) para mayor información al respecto. Para instalaciones que no permitan desplazamiento de los ejes, se recomienda el uso de una polea tensora.

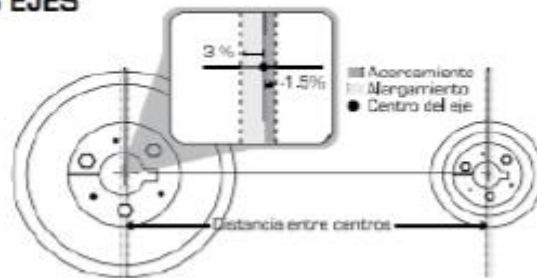


Fig 21. Esquema distancia entre centros.

INSPECCIÓN DE LAS POLEAS

Revise las paredes de los canales buscando grietas o superficies aceitosas. Con la ayuda de una Gaiga (Fig 22) evalúe el estado de los canales. Es de gran importancia determinar si las paredes de los canales han sido sujetas a fuerzas excesivas por tensiones inapropiadas de las correas o desalineamientos. Poleas gastadas pueden reducir la vida útil de las correas hasta en un 50%.

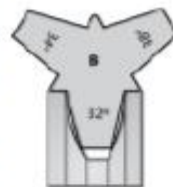
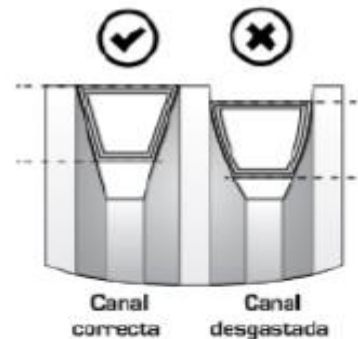


Fig 22. Utilización de la Gaiga para apreciar el desgaste.

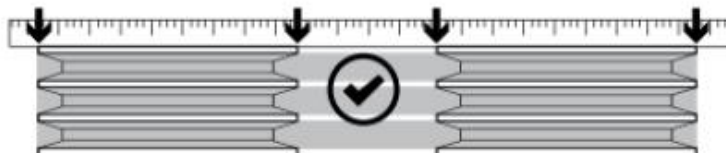
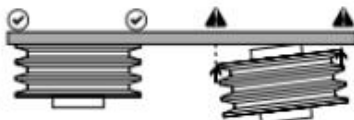


ALINEACIÓN DE LAS POLEAS

Asegúrese de que los ejes estén centrados y paralelos entre sí en todo sentido y además bien soportados por las chumaceras. Sitúe las chumaceras lo más cerca posible de las poleas pero dejando una amplitud suficiente que permita modificaciones imprevistas.

El proceso de alineación puede verificarse con suficiente precisión utilizando una regla. No obstante existen dispositivos más sofisticados para este propósito como los "alineadores laser" de varias marcas.

Fig 23.
Desalineación de las poleas en "V"



Tipos de desalineación

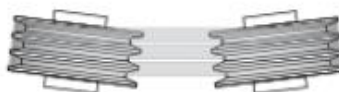


Fig 24.
Desalineación angular.



Fig 25.
Desalineación cruzada.

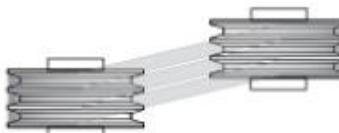


Fig 26.
Desalineación paralela.

LIMPIEZA DE POLEAS

Utilice un cepillo duro para retirar cualquier elemento que pueda maltratar las correas. No utilice cepillos excesivamente duros que puedan rayar las paredes de la polea. Procure que las canales queden libres de óxido, aceite, grasa o cualquier otro elemento que pueda dañar las correas.



TENSIÓN DE LAS CORREAS

Uno de los factores más importantes que determina la eficiencia de una transmisión por correas en "V" es la tensión apropiada de las mismas. Una tensión insuficiente producirá deslizamiento o patinajes, reduciendo así la capacidad de transmisión. Una tensión exagerada de las correas disminuirá la vida útil no solo de las correas sino también de los rodamientos y puede conducir a daños en el mismo motor o en el reductor.

Antes de proceder a tensionar la transmisión, es importante que las poleas hayan sido bien instaladas y estén alineadas tal como se explicó en la sección anterior. El método más comúnmente empleado para ajustar la tensión es el de "deflexión". Utilizando tensiómetros o herramientas especiales es posible medir la **fuerza de deflexión (DF)** al presionar una correa en "V" sobre su tramo libre. Los siguientes son los pasos para obtener la tensión correcta:

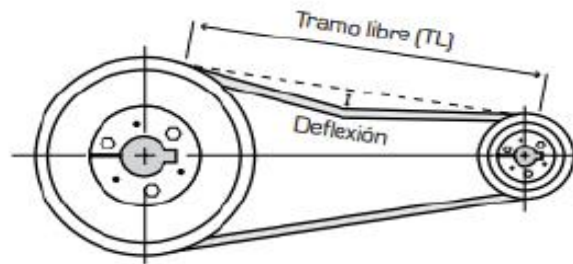


Fig 27.
Deflexión :16mm por cada 1 mts de longitud del tramo libre [TL].

1. Con un flexómetro o cualquier otro instrumento, mida el tramo libre (TL) de las correas en metros (Fig. 27) o calcúleb de la siguiente manera:
2. Multiplique el valor encontrado (en metros) por 16, para obtener la longitud de deflexión en milímetros (mm).

$$TL \text{ (mts)} = \frac{c^2 - \left(\frac{D-d}{2}\right)^2}{1000}$$

TL (mts) = Tramo libre en metros
C=Distancia entre centros en mm
D=Diámetro de la polea mayor en mm
d=Diámetro de la polea menor en mm

Ejemplo:

Si el tramo libre (TL) es de 1.5 metros, entonces la longitud de deflexión (DF) de las correas será de 24mm; que resulta de multiplicar 1.5 mts. por 16.

$$DF = 1,5 \text{ mts} \times 16 \text{ mm/mts} = 24 \text{ mm}$$

- Justo en el centro del tramo libre ($TL/2$), aplique la fuerza necesaria para desviar la correa según los cálculos del punto anterior. Continuando con el ejemplo, habría que aplicar la fuerza necesaria para desplazar 24mm la correa, utilizando cualquier instrumento confiable para determinar esta fuerza de deflexión.

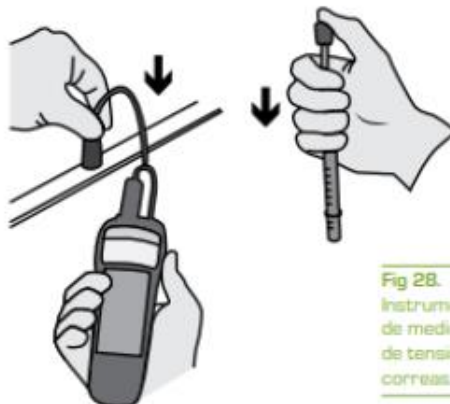


Fig 28.
Instrumentos de medición de tensión de correas.

- Compare la fuerza obtenida con los valores de la columna de **correas nuevas** de la tabla siguiente. Si la fuerza aplicada es inferior a la indicada en la tabla, la transmisión se encuentra distensionada. Por el contrario, si la fuerza es superior a los rangos establecidos, la transmisión está sobre-tensionada.

- Una vez tensionadas las correas según los parámetros indicados, ponga a funcionar la transmisión de 1 a 4 horas. Retensione los valores originales de correas nuevas una vez se cumpla este periodo.

- Después de 10 a 15 días de funcionamiento, revise la tensión de las correas y si es necesario re-tensione pero esta vez a los valores indicados en la columna de **"correas trabajadas"**.

Tabla 5: Fuerza de deflexión para medir la tensión de las correas.

Perfil de la correa	Diámetro de la polea pequeña [mm]	Fuerza de deflexión	
		Correas nuevas [Kg]	Correas trabajadas [Kg]
A	75-90	1,5	1,0
	91-120	1,9	1,3
	121 o mayores	1,3	1,5
AX	75-90	1,9	1,3
	91-120	2,3	1,5
	121 o mayores	2,7	1,8
B	85 - 105	1,8	1,2
	106 - 140	2,7	1,8
	141 o mayores	3,2	2,4
BX	85 - 105	2,4	1,6
	106 -140	3,2	2,2
	141 o mayores	4,1	2,7
C	175 - 230	5,1	3,4
	231 o mayores	7,2	4,8
CX	175 - 230	6,2	4,1
	231 o mayores	8,0	5,4
D	305 - 400	11,2	7,5
	201 o mayores	15,0	10,0
E	505 - 610	21,8	14,5
	80 - 90	2,7	1,8
3V	91 o mayores	3,2	2,3
	55 - 90	3,2	2,3
3VX	91 o mayores	3,6	2,7
	170 - 275	7,3	4,6
5V	276 o mayores	9,1	5,7
	110-275	8,2	5,5
5VX	276 o mayores	10,0	6,8
	315 - 430	16,4	10,3
8V	431 o mayores	18,2	11,4

POLEAS TENSORAS

Las poleas tensoras se utilizan ocasionalmente en transmisiones por correas en "V":

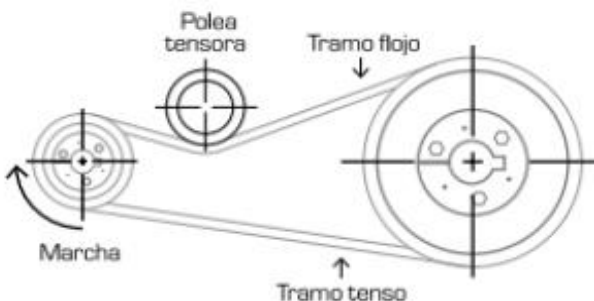
- Para saltar obstrucciones.
- Para recortar el juego de las correas.
- Para mantener la tensión.
- Para aplicaciones con distancias entre centro muy largas.
- Para mejorar el área de contacto de la polea pequeña cuando el diseño incluye una polea muy pequeña con una demasiado grande.
- Para facilitar el montaje y desmontaje de las correas por temas de espacio.

De ser posible, el uso de poleas tensoras debe evitarse, ya que éstas reducen la capacidad de transmisión y la vida útil de las correas. No obstante, si se ha de utilizar una polea tensora, esta debe estar siempre ubicada en el tramo flojo de las correas.

Las poleas tensoras pueden ubicarse bien sea interior o exteriormente, pero siempre en el tramo flojo. Procure en la medida de lo posible, instalar la polea

tensora en la parte interior. Las poleas tensoras interiores imponen menos estrés a las correas y deben siempre ubicarse cerca a la polea más grande, minimizando así la pérdida del área de contacto de la polea pequeña. Si por algún motivo la única opción es instalar una polea tensora exterior, ubíquela cerca a la polea pequeña. Es importante que el diámetro de la polea tensora no sea inferior al de la polea más pequeña.

Tensión exterior



Tensión interior

