



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**  
**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MOTOCULTOR CON UNA POTENCIA DE 6.5  
HP, PARA LA ESTACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD  
POLITÉCNICA SALESIANA, UBICADA EN LA CIUDAD DE CAYAMBE -  
ECUADOR.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de: **INGENIERO MECÁNICO**

**AUTORES: ANGHY ALEJANDRA LUCERO ZAMBRANO**

**EDWIN XAVIER TIPÁN PALLO**

**TUTOR: MILTON SALOMÓN JAMI LEMA**

Quito – Ecuador

2022

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Nosotros, Anghy Alejandra Lucero Zambrano con documento de identificación N° 0401742580 y Edwin Xavier Tipán Pallo, y N° 0504353475; manifestamos que:

Somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 07 de septiembre del 2022

Atentamente,



---

Anghy Alejandra Lucero Zambrano

0401742580



---

Edwin Xavier Tipán Pallo

0504353475

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Anghy Alejandra Lucero Zambrano con documento de identificación N° 0401742580 y Edwin Xavier Tipán Pallo, y N° 0504353475, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Proyecto Técnico: “Diseño y construcción de motocultor con una potencia de 6.5 hp, para la estación de investigación de la universidad politécnica salesiana, ubicada en la ciudad de Cayambe – Ecuador”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Mecánica e Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 07 de septiembre de 2022

Atentamente,



\_\_\_\_\_  
Anghy Alejandra Lucero Zambrano

0401742580



\_\_\_\_\_  
Edwin Xavier Tipán Pallo

0504353475

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Milton Salomón Jami Lema con documento de identificación N° 1707254171, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi autoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE MOTOCULTOR CON UNA POTENCIA DE 6.5 HP, PARA LA ESTACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA, UBICADA EN LA CIUDAD DE CAYAMBE – ECUADOR, realizado por Anghy Alejandra Lucero Zambrano con documento de identificación N° 0401742580 y Edwin Xavier Tipán Pallo, y N° 0504353475, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto Técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 07 de septiembre de 2022

Atentamente,



---

Ing. Milton Salomón Jami Lema, M. Sc.

1707254171

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto, principalmente a mis padres Mariana y Alejandro, por el gran apoyo que me han brindado siempre, por el amor, la fe puesta en mi durante todos estos años y sacrificio que han hecho para que pueda alcanzar esta meta ya que ellos han sido el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional.

A mis hermanos, Nathaly, Felipe y Juan Camilo, quienes han sabido darme su apoyo y fuerzas para no darme por vencida.

A mis abuelos paternos, Carmen y Felipe y abuela materna Carmen por siempre apoyarme y compartir el sueño de verme convertida en una mujer profesional.

Finalmente, lo dedico a mi compañero de proyecto por haber alcanzado juntos este sueño de ser profesionales, por el apoyo incondicional y su valiosa amistad.

*Anghy*

Primeramente se lo dedico a Dios porque a él le debo todo lo que tengo y todo lo que soy, gracias a él que me fortalece, me llena de entendimiento y conocimientos día con día; a él que me llena de oportunidades cada mañana.

Este proyecto se lo dedico a mis padres Damián, Paula y a mis hermanos, ya que, gracias a que siempre están apoyándome incondicionalmente. Se lo dedico a ellos porque son personas que me han enseñado a desafiar los retos y a alcanzar mis metas. Mis padres que me han motivado, es por esa razón que hoy me encuentro finalizando este proyecto de vida.

A mi esposa Mercedes, por todo el apoyo incondicional brindada durante toda la carrera.

A mi compañera de proyecto, por el apoyo brindado en el trabajo que realizamos con éxito y la gran amistad que hemos formado durante toda la carrera.

*Edwin*

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestro especial agradecimiento a la Universidad Politécnica Salesiana y a todos los colaboradores que la conforman, que desinteresadamente nos supieron transmitir sus conocimientos éticos y profesionales, a la facultad de ingeniería mecánica por enseñarnos un mundo nuevo de tecnología e innovación, por brindarnos tantos momentos de alegría y por habernos dado amigos que se convirtieron en una segunda familia, queremos dar las gracias al Ingeniero Milton Jami, al Ingeniero Esteban Ramírez, quienes durante todo este proceso nos brindaron su ayuda, nos guiaron, aconsejaron y cedieron parte de su tiempo para resolver todas nuestras inquietudes y así lograr llegar a la etapa final del proyecto, y finalmente, a la estación de investigación por darnos la confianza de trabajar en un proyecto que sea capaz de cumplir sus necesidades.

Estamos gustosos de culminar esta gran etapa de nuestras vidas.

*Anghy y Edwin*

## Lista de contenidos

Introducción .....	1
Antecedentes.....	1
Problema del estudio .....	1
Justificación.....	2
Objetivos.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos .....	2
Metodología.....	3
<b>Capítulo I. Marco teórico .....</b>	<b>4</b>
1.1. La labranza .....	4
1.2. Motocultor .....	4
1.2.1. Partes de un motocultor .....	4
1.3. Herramientas para arados de suelos .....	5
1.3.1. Arado de discos .....	5
1.3.2. Arado rotavator .....	6
1.3.3. Surcador .....	6
<b>Capítulo II. Análisis de alternativas .....</b>	<b>8</b>
2.1. Alternativas de diseño .....	8
2.1.1. Motocultor a gasolina .....	8
2.1.2. Motocultor a Diésel.....	9
2.1.3. Motoazada .....	10
2.1.4. Comparación de alternativas .....	12
2.2. Parámetros a evaluar.....	12
2.2.1. Costos.....	12

2.2.2.	Mantenimiento .....	13
2.2.3.	Operatividad .....	13
2.2.4.	Rendimiento .....	14
2.2.5.	Versatilidad .....	14
2.3.	Selección de alternativa .....	15
2.3.1.	Calificación de parámetros .....	15
2.3.2.	Coeficiente de ponderación.....	15
2.3.3.	Resultados de selección.....	16
<b>Capítulo III.</b>	<b>Parámetros de diseño .....</b>	<b>17</b>
3.1.	Dureza del suelo .....	17
3.2.	Motor .....	18
3.2.1.	Dimensiones del motor.....	19
3.3.	Arado rotativo.....	19
<b>Capítulo IV.</b>	<b>Diseño del motocultor .....</b>	<b>21</b>
4.1.	Diseño de máquina .....	21
4.2.	Cálculo de velocidades .....	21
4.2.1.	Obtención de números de dientes necesarios para catarinas.....	22
4.2.2.	Relación de velocidades .....	23
4.2.3.	Velocidades de salida en la máquina motocultora. ....	24
4.3.	Transmisión de potencia .....	26
4.3.1.	Potencia de diseño .....	27
4.3.2.	Selección de cadena .....	29
4.3.3.	Diámetro de catarinas y piñones .....	31
4.3.4.	Longitud de la cadena .....	32
4.4.	Diseño del eje de reducción 1 .....	33
4.4.1.	Velocidad lineal de la cadena .....	33



4.4.2.	Esfuerzo total de la cadena 1 .....	34
4.4.3.	Torque .....	39
4.4.4.	Cálculo de diámetro mínimo .....	39
4.5.	Diseño de eje 2 .....	42
4.5.1.	Esfuerzo total de la cadena 2 .....	43
4.5.2.	Torque .....	46
4.5.3.	Diámetro mínimo .....	46
4.6.	Diseño de eje 3 .....	47
4.6.1.	Esfuerzo total cadena 3 .....	48
4.6.2.	Diámetro mínimo .....	49
4.7.	Selección de chumaceras .....	50
4.8.	Fuerza en el apero .....	52
4.10.	Diseño de bastidor .....	55
4.10.1.	Selección de neumáticos .....	55
<b>Capítulo V. Construcción del motocultor .....</b>		<b>58</b>
5.1.	Construcción .....	58
5.2.	Montaje .....	58
5.2.1.	Descripción de la soldadura .....	62
5.2.2.	Pintura .....	62
5.3.	Ensayos en campo .....	63
<b>Capítulo VI. Estudio de costos .....</b>		<b>66</b>
6.1.	Costos directos .....	66
6.1.1.	Costo de materia prima .....	66
6.1.2.	Costo de elementos estandarizados .....	66
6.2.	Costos indirectos .....	68
6.2.1.	Costo de servicios de equipos .....	68

6.2.2.	Costo mano de obra .....	68
6.2.3.	Costo de consumibles .....	69
6.3.	Costo total de la máquina .....	70
6.4.	Análisis económico .....	70
6.4.1.	Costos de contratación .....	70
6.4.2.	Costo de funcionamiento.....	72
6.5.	Beneficios del proyecto .....	73
6.5.1.	Motocultor vs tractor agrícola.....	73
6.5.2.	Motocultor vs el laboreo manual.....	74
6.6.	Calculo motocultor vs laboreo manual para el escenario 1 (VAN Y TIR). .....	76
6.7.	Cálculos para la escena 2 (motocultor vs tractor agrícola).....	78
Conclusiones .....		80
Recomendaciones.....		81
Glosario .....		83
Bibliografía.....		84
Anexos.....		88
Anexo 1: Pruebas de dureza .....		88
Anexo 2: Prototipo de motocultor .....		89
Anexo 3: Ensayos en campo.....		90
Anexo 3: Planos.....		93

## Lista de tablas

<b>Tabla 1.</b> Características Motocultor DUCATI DRTL 2100.....	9
<b>Tabla 2.</b> Ficha técnica de motocultor modelo CF151 .....	10
<b>Tabla 3.</b> Características Motoazada DUCATI DTL 7000.....	11
<b>Tabla 4.</b> Comparación de alternativas .....	12
<b>Tabla 5.</b> Factor de ponderación .....	16
<b>Tabla 6.</b> Selección de alternativas .....	16
<b>Tabla 7.</b> Valores de durezas .....	18
<b>Tabla 8.</b> Descripción del motor 1 .....	18
<b>Tabla 9.</b> Descripción de arado rotativo .....	20
<b>Tabla 10</b> Datos del motor en marcha 1 y 2.....	21
<b>Tabla 11</b> Piñones para cadena de rodillos .....	22
<b>Tabla 12.</b> Características técnicas 1er nivel de reducción.....	25
<b>Tabla 13.</b> Características técnicas 2do nivel de reducción.....	25
<b>Tabla 14.</b> Características técnicas 3er nivel de reducción.....	26
<b>Tabla 15.</b> Características técnicas del motor marca motor 1 .....	27
<b>Tabla 16.</b> Parámetros de diseño para transmisión de potencia.....	27
<b>Tabla 17.</b> Factores de seguridad según el tipo de carga .....	28
<b>Tabla 18.</b> Tabla de dimensiones de cadenas sencillas.....	29
<b>Tabla 19.</b> Capacidades en hp de cadena número 40.....	30
<b>Tabla 20.</b> Interpolación.....	30
<b>Tabla 21.</b> Propiedades típicas de los aceros .....	40
<b>Tabla 22.</b> Valores aproximados de coeficiente de labranza para diferentes suelos .....	53
<b>Tabla 23.</b> Característica de peso de cada elemento .....	56
<b>Tabla 24.</b> Especificaciones técnicas de neumáticos .....	57
<b>Tabla 25.</b> Máquinas y herramientas .....	58
<b>Tabla 26</b> Ensayos de tiempo y distancia recorrida .....	63
<b>Tabla 27.</b> Costos materia prima.....	66
<b>Tabla 28.</b> Costos elementos normalizados .....	67
<b>Tabla 29.</b> Costos directos .....	67
<b>Tabla 30.</b> Costo de servicios de equipos .....	68
<b>Tabla 31.</b> Costo mano de obra.....	69

<b>Tabla 32.</b> Costo de materiales consumibles .....	69
<b>Tabla 33.</b> Costos indirectos .....	69
<b>Tabla 34.</b> Costo total de la máquina .....	70
<b>Tabla 35.</b> Costo de mano de obra agrícola .....	71
<b>Tabla 36.</b> Costo de contratar laboreo con tractor agrícola .....	71
<b>Tabla 37.</b> Costo de contratar laboreo con motocultor .....	71
<b>Tabla 38.</b> Costo de operaciones de laboreo manual de la herramienta .....	72
<b>Tabla 39.</b> Costo de operación de laboreo con tractor agrícola .....	72
<b>Tabla 40.</b> Costo de operación de laboreo con motocultor .....	73
<b>Tabla 41.</b> Beneficios netos del motocultor vs tractor agrícola .....	74
<b>Tabla 42.</b> Beneficios netos del motocultor vs laboreo manual.....	76
<b>Tabla 43.</b> Valor actual en los 2 periodos .....	77
<b>Tabla 44.</b> Tasa de rendimiento inmediata .....	78
<b>Tabla 45.</b> Valor actual neto en los 2 periodos .....	78
<b>Tabla 46.</b> Toma de decisión con respecto a la tasa de rendimiento inmediato .....	78
<b>Tabla 47.</b> Recuperación de inversión .....	79

## Lista de figuras

<b>Figura 1.</b> Partes principales del motocultor.....	4
<b>Figura 2.</b> Manceras de motocultor .....	5
<b>Figura 3.</b> Arado de disco .....	6
<b>Figura 4.</b> Arado de rotavator .....	6
<b>Figura 5.</b> Surcador.....	7
<b>Figura 6.</b> Motocultor DUCATI DRTL 2100.....	8
<b>Figura 7.</b> Motocultor modelo CF151 .....	9
<b>Figura 8.</b> MOTOAZADA DUCATI DTL 7000.....	11
<b>Figura 9.</b> Categoría de costos con su respectiva interpretación .....	13
<b>Figura 10.</b> Categoría de mantenimiento con su respectiva interpretación .....	13
<b>Figura 11.</b> Categoría de operatividad con su respectiva interpretación .....	14
<b>Figura 12.</b> Categoría de rendimiento con su respectiva interpretación.....	14
<b>Figura 13.</b> Categoría de versatilidad con su respectiva interpretación.....	15
<b>Figura 14.</b> Valores establecidos para calificación de los parámetros.....	15
<b>Figura 15.</b> Esquema de pico de pruebas para prueba de dureza.....	17
<b>Figura 16.</b> Dimensiones del motor.....	19
<b>Figura 17.</b> Apero de eje hexagonal .....	20
<b>Figura 18.</b> Identificación de ejes en mecanismos.....	21
<b>Figura 19.</b> Factores de diseño para cadena.....	28
<b>Figura 20.</b> Distribución de fuerzas y torque.....	34
<b>Figura 21.</b> Triángulo formado entre la cadena 1 y la horizontal.....	36
<b>Figura 22.</b> Esquema de cuerpo libre eje de reducción 1 .....	37
<b>Figura 23.</b> Esquema de fuerza cortante x-y eje reductor 1 .....	37
<b>Figura 24.</b> Esquema de momento máximo eje 1 .....	38
<b>Figura 25.</b> Esquema de fuerza cortante x-z eje de reducción 1 .....	38
<b>Figura 26.</b> Esquema de momento máximo x-z eje de reducción 1 .....	38
<b>Figura 27.</b> Grafica coeficientes de concentración equivalente para aceros .....	41
<b>Figura 28.</b> Esquema de cuerpo libre del eje de reducción 2.....	44
<b>Figura 29.</b> Esquema de fuerza cortante en el eje de reducción 2 .....	45
<b>Figura 30.</b> Esquema de momento máximo en el eje de reducción 2.....	45
<b>Figura 31.</b> Esquema en el eje 2 de fuerza cortante.....	45

<b>Figura 32.</b> Esquema de momento máximo del eje de reducción 2.....	46
<b>Figura 33.</b> Esquema de cuerpo libre del eje 3 .....	48
<b>Figura 34.</b> Esquema de fuerza cortante .....	49
<b>Figura 35.</b> Esquema de momento máximo en el plano X-Y .....	49
<b>Figura 36.</b> Valor de $f_L$ para rodamientos .....	51
<b>Figura 37.</b> Neumático 13"x5.00-6" .....	56
<b>Figura 38.</b> Operación de corte .....	59
<b>Figura 39.</b> Verificación de medidas .....	60
<b>Figura 40.</b> Remate de todas las aristas .....	60
<b>Figura 41.</b> Ensamble de partes .....	61
<b>Figura 42.</b> Cableado y conexión de motor .....	61
<b>Figura 43.</b> Acabado final carcasas de seguridad .....	62
<b>Figura 44.</b> Acabado final bastidor .....	63
<b>Figura 45.</b> Ruptura en la parte izquierda .....	65
<b>Figura 46.</b> Cambio de neumáticos.....	65
<b>Figura 47.</b> Prueba de dureza en suelo arado.....	88
<b>Figura 48.</b> Prueba de dureza en el suelo no arado .....	88
<b>Figura 49.</b> Prototipo 1 .....	89
<b>Figura 50.</b> Prototipo final.....	89
<b>Figura 51.</b> Producto final.....	90
<b>Figura 52.</b> Ensayo 1 .....	90
<b>Figura 53.</b> Resultado de ensayo 1 .....	91
<b>Figura 54.</b> Ensayo 2.....	91
<b>Figura 55.</b> Resultado de ensayo 2 .....	92
<b>Figura 56.</b> Ensayo final .....	92
<b>Figura 57.</b> Resultado de ensayo 3 .....	93

## **Resumen**

El presente proyecto de titulación posee como principal objetivo, diseñar y construir un motocultor, capaz de retirar maleza y desmontar la tierra para el cultivo. Mediante el estudio de la zona agrícola donde se va a poner en funcionamiento la máquina, donde se determinó que no poseen herramientas o implementos para el arado.

Mediante el análisis de parámetros se establece las necesidades requeridas para diseñar un motocultor con la herramienta adecuada.

A través de una investigación bibliográfica comparativa entre herramientas como: apero rotativo, surco y arado de disco, para luego seleccionar la alternativa más viable que dará como resultado un trabajo completo y eficiente a los problemas de laboreo al agricultor.

Se ejecutaron los respectivos cálculos para la selección de cada elemento, por medio del análisis de estático y dinámico, con el software Autodesk Inventor se construyó un prototipo que a través de pruebas de campo se obtiene como resultado, la disminución del trabajo manual, contribuye así como beneficio, una optimización del tiempo y de dinero.

**Palabras claves:** motocultor, apero rotativo, laboreo, maleza, dureza.

## ABSTRACT

The project title have main objective to design and build a motor-cultivator, able to removing undergrowth and disassemble the land for cultivation, It has been made an investigative analysis of the agricultural zone where will it be put into operation the machine, which doesn't have tools or implements for the plow.

Through the analysis of parameters the required needs are established for design a motor-cultivator with the suitable tool.

Through a comparative bibliographical investigation between tools such as: rotary implement, groove and disc plow, and the select the most viable alternative that will result in a complete and efficient work to the tillage problems to the farmer.

The respective were executed for the selection of each element with the through the analysis static and dynamic with the Autodesk Inventor software was built a prototype that through field tests we get as a result, the reduction of manual work, contributes as well as benefit, an optimization of time and money.

**Keywords:** motor-cultivator, rotary implement, tillage, undergrowth, hardness.



## **Introducción**

### **Antecedentes**

La historia del motocultor o también llamado motocultivador empezó con el australiano Arthur Clifford Howard, en 1912, donde imagino un sistema que pueda facilitar a su padre las labores de la granja, su familia poseía un tractor a vapor con el que empezó a experimentar como una fuente de poder y cuchillas múltiples rotativas [1].

En el año 1919 ya poseía su primer diseño listo y en 1920 patento el primer motocultivador [1].

El motocultor es una herramienta de mucha ayuda en el sector agrícola, ya que, trae consigo una variedad de beneficios que cumple con la facilidad de trabajar las superficies del suelo en granjas, huertos, entre otros [1].

Otro factor importante es que con esta máquina el operario deja a un lado su función manual como la de arar grandes hectáreas de tierra que demanda mucho esfuerzo, por medio de la construcción de un motocultor esta acción se vuelve manipulable, además de cuidar de posibles lesiones y accidentes al momento de realizar el cultivo [1].

El agrónomo deja a un lado su ardua función manual que en exceso suele traer lesiones en la espalda y por causa de motocultores antiguos posibles quemaduras.

### **Problema del estudio**

En el Ecuador existen grandes problemas en el sistema de arado, ya que no poseen máquinas pequeñas y compactas que realicen el trabajo agrícola, por ello implica la utilización de grandes máquinas como tractores pesados que producen daños en el suelo, además de que se presentan inconvenientes en las diversas labores cuando la extensión de terreno es limitada.

Uno de los daños más causados por maquinaria pesada es la compactación del suelo, que es la pérdida de volumen experimentada, debido a las fuerzas que ejercen las máquinas [2].

El proceso que realiza el motocultor se ha convertido en una de las grandes demandas en el sector agrícola en la actualidad, debido a la falta de implementación de herramientas que faciliten el trabajo, disminuyendo la eficiencia, aumentando tiempo y esfuerzos físicos.

### **Justificación**

La ejecución del presente proyecto nace de la demanda real de los agricultores ubicados en la ciudad de Cayambe, que requieren del diseño y construcción de un motocultor que procura facilitar las actividades agrícolas.

Se ha identificado que el tractor como herramienta para el arado no es la mejor opción, ya que, por su peso produce la compactación en el suelo trayendo efectos perjudiciales, como la pérdida de minerales, microorganismos, entre otros.

La máquina que se diseñará y construirá es un motocultor con apero rotativo que por su tamaño y simpleza es una ayuda para el agricultor, al momento de preparar la tierra facilitando el deshierbe en lugares extensos con el menor esfuerzo.

### **Objetivos**

#### **Objetivo general**

- Diseñar y construir de motocultor con una potencia de 6.5 hp, para la estación de investigación de la Universidad Politécnica Salesiana, ubicada en la ciudad de Cayambe - Ecuador.

#### **Objetivos específicos**

- Definir parámetros para el diseño de un motocultor en función de las necesidades de la siembra.
- Seleccionar la alternativa más viable para solucionar los problemas en el arado.
- Diseñar los elementos críticos de un motocultor mediante un análisis estático y dinámico según la aplicación.
- Analizar los resultados obtenidos mediante pruebas de campo.
- Determinar la factibilidad económica mediante indicadores como VAN, TIR y PRI

## **Metodología**

Para conocer los parámetros, se requiere realizar una investigación de campo, experimental y bibliográfica.

Es necesario determinar la demanda que existe en el mercado actualmente en la ciudad de Cayambe.

Una vez recopilada la información, realizados los cálculos respectivos y el diseño, es importante determinar el costo de los elementos individuales que conforman un motocultor, para así poder analizar la rentabilidad y eficiencia.

## Capítulo I

### Marco teórico

#### 1.1.La labranza

Es una actividad consecutiva que, a lo largo del tiempo, ayuda a la formación del suelo, para permitir que las raíces se expandir en gran volumen y así puedan absorber la mayor cantidad de nutrientes.

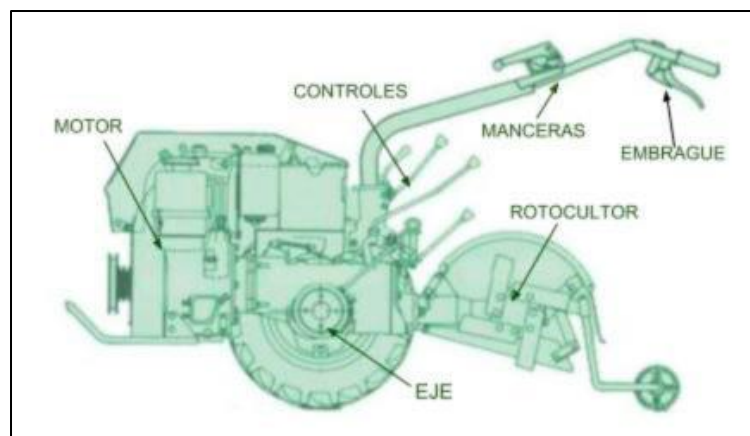
De manera frecuente, se realiza para modificar los factores fisicoquímicos que contiene el suelo y reconocer los métodos degradativos de la misma, de manera que el suelo pueda expulsar todo su material genético.

#### 1.2.Motocultor

Es considerado un pequeño tractor que se utiliza ya sea en grandes hectáreas, pequeños terrenos agrícolas y huertos. Es una máquina versátil, ya que, se puede implementar diversas herramientas para diferentes trabajos como: deshierbar maleza, realización de surcos, sistema de riego, entre otros.

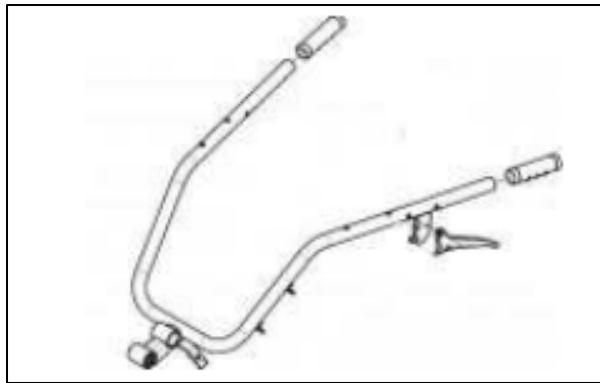
##### 1.2.1. Partes de un motocultor

A continuación en la Figura 1 veremos detalladamente los mecanismos que forman parte de un motocultor.



**Figura 1.** Partes principales del motocultor, [3]

- 1) **Bastidor:** es la parte estructural mecánica que realiza la función de sostener el motor, sistema de transmisión y todos los demás componentes del mecanismo [4].
- 2) **Motor:** generalmente cuentan con un motor a diésel pequeño de cuatro tiempos que dispone de un sistema de enfriamiento por aire. El arranque es manual por medio y se lo realiza mediante una manivela, sin embargo, existen modelos que poseen un de motor de arranque [5].
- 3) **Manceras:** son metálicas, de forma alargada para fácil manejo como muestra en la Figura 2, en ellas se localizan el encendido, apagado de emergencia, marchas, entre otros [4].



**Figura 2.** Manceras de motocultor, [6]

- 4) **Sistema de transmisión:** una agrupación principal de los mecanismos que transmiten potencia entre dos o más elementos.
- 5) **Neumáticos agrícolas:** ayudan principalmente a la estabilidad de la máquina, absorción de vibraciones y dependiendo del tamaño de sus surcos la mayor adherencia al suelo sin compártala.
- 6) **Herramientas de trabajo:** son diferentes instrumentos acoplados a una máquina, con el propósito de realizar trabajos de laboreo ya sea primaria o secundaria.

### 1.3.Herramientas para arados de suelos

#### 1.3.1. Arado de discos

La Figura 3 muestra el arado formado por un disco esférico, con una forma de sombrero, gira sobre un eje fijado a la estructura. Estos ejes establecen un ángulo con la orientación del desplazamiento y están parcialmente diagonales [7].



**Figura 3.** Arado de disco, [8]

### ***1.3.2. Arado rotavator***

Consta de un eje horizontal con palas (Figura 4) para recibir la fuerza del motocultor. Diseñado para realizar cortes en capas de tierra e impactarla en la carcasa de metal ajustable que se asienta en la parte posterior [9].

Los hay de diferentes tamaños y esto dependerá del tiempo de trabajo que se vaya a realizar.



**Figura 4.** Arado de rotavator, [10]

### ***1.3.3. Surcador***

El surcador, mostrado en la Figura 5 es una herramienta especializada para abrir zanjas en terrenos previamente labrados, así como para construir pequeños canales de riego, zanjas de drenaje y apoyar cultivos en hileras [11]. Tiene una forma en v.



**Figura 5.** Surcador, [12]

## Capítulo II

### Análisis de alternativas

#### 2.1. Alternativas de diseño

Las alternativas son necesarias al momento de diseñar un prototipo, en este caso la construcción de un motocultor, que tiene como fin hacer más fácil la tarea de labrar la tierra.

Para esto se ha tomado como análisis de alternativas 3 presentaciones de motocultores:

##### 2.1.1. Motocultor a gasolina

A diferencia del motocultor a Diésel visto anteriormente, el motocultor a gasolina es considerado el más óptimo para realizar los trabajos ya que economiza tiempo y dinero.

Uno de los motocultores más populares en el sector agrícola mostrado en la Figura 6 es el modelo DUCATI DRTL 2100.



Figura 6. Motocultor DUCATI DRTL 2100, [13]

El modelo de motocultor DUCATI DRTL 2100 presenta las características, observadas en la Tabla 1.



**Tabla 1.** Características Motocultor DUCATI DRTL 2100, [13]

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
Motor	4 tiempos
Cilindrada (cc)	212
Potencia	7
Transmisión	Cadena en baño de aceite
Ancho de trabajo (mm)	420 - 650
Profundidad de trabajo (mm)	150 - 360
Fresas	18
Cap. Combustible (L)	6
Peso (kg)	85

Comercialmente el motocultor DUCATI DRTL 2100 su precio llega desde los USD 1 500 a USD 2 000, haciendo que este sea uno de los modelos más requeridos en el mercado por los agricultores.

### **2.1.2. Motocultor a Diésel**

El modelo CF151 presentada en la Figura 7, es uno de los motocultores más vendidos a nivel nacional, ya que es de excelente calidad, posee 4 rines en su sistema, haciendo de su trabajo un proceso fácil y rápido en el campo.



**Figura 7.** Motocultor modelo CF151, [14]

La ficha técnica del motocultor indicada en la Tabla 2 del modelo CF151, que tiene como principal característica su motor a diésel.

**Tabla 2.** Ficha técnica de motocultor modelo CF151, [14]

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
<b>Modelo</b>	CF 151
<b>Motor</b>	16 Hp, diésel (ZS1100BN)
<b>Arranque</b>	Manual
<b>Fangueador</b>	600 mm ( Rotovator 18/20 cuchillas)
<b>Tracción</b>	Llantas agrícolas o gavías
<b>Distancia suelo</b>	185 mm
<b>Velocidad</b>	5,3-15,3 km/h
<b>Dimensiones</b>	2680 x 960 x 1250 mm
<b>Peso</b>	185 kg (con rotovator)
<b>Accesorios</b>	Tercera llanta de metal y caucho. Kit de repuestos.
<b>Garantía</b>	6 meses contra defectos de fábrica

Un motocultor a Diésel comercialmente su precio llega desde los USD 2 500 a USD 3 000, ya que su tamaño es más grande como se puede observar en la Tabla 2, la parte de dimensiones especifica que es 2680 x 960 x 1250 mm, este es un factor que lo lleva a ser el más costoso .

### **2.1.3. Motoazada**

Motoazada al ser una máquina más versátil al momento de preparar el terreno, también su funcionalidad es limitada, ya que no abarca tanta longitud de terreno.

Comercialmente el modelo DUCATI DTL 7000 como se observa en la Figura 8 por su tamaño se la utiliza en pequeños terrenos o jardines.



**Figura 8.** MOTOAZADA DUCATI DTL 7000, [15]

Se puede observar en la Tabla 3, un motoazada posee un motor de una potencia menor a la del motocultor a Diésel, esta es una de las características por las cuales su costo es inferior, también su peso y su profundidad de trabajo son menores con respecto a los motocultores vistos anteriormente, por eso su precio llega desde los USD 1 000 a USD 1 100.

**Tabla 3.** Características Motoazada DUCATI DTL 7000, [15]

<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
Motor	4 tiempos
Cilindrada (cc)	212
Potencia	7
Transmisión	Cadena en baño de aceite
Ancho de trabajo (mm)	600 – 800
Profundidad de trabajo (mm)	100
Fresas	6
Cap. Combustible (L)	6
Peso (kg)	86

#### 2.1.4. Comparación de alternativas

Para un fácil análisis de las alternativas, se realiza una tabla comparativa (Tabla 4) indicando las características.

**Tabla 4.** Comparación de alternativas, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>MOTOCULTOR A DIESEL</b>	<b>MOTOCULTOR A GASOLINA</b>	<b>MOTOAZADA</b>
<b>Motor</b>	-	4 tiempos	4 tiempos
<b>Potencia</b>	16 HP	7 HP	7 HP
<b>Transmisión</b>	Banda	Cadena	Cadena
<b>Ancho de trabajo</b>	600 mm	420-650 mm	600-800 mm
<b>Profundidad de trabajo</b>	185 mm	150-320 mm	100 mm
<b>Capacidad de combustible</b>	-	6 L	6 L
<b>Peso</b>	185 kg	85 kg	68 kg
<b>Precio</b>	USD 2 500 a USD 3 000	USD 1 500 a USD 2 000	USD 1 000 a USD 1 100

#### 2.2. Parámetros a evaluar

Para las evaluaciones se determinó parámetros como: costos, mantenimiento, operatividad, rendimiento y versatilidad que nos ayuda a la adecuada selección de alternativa.

##### 2.2.1. Costos

Es uno de los parámetros más importantes al momento de escoger una alternativa, ya que en el costo de elaboración de una máquina, se busca que su costo sea menor, sin restar la calidad de los materiales, el acabado del producto y su funcionalidad.

En la Tabla 10, se puede observar que existen 4 categorías que van desde malo hasta muy bueno, dependiendo de la ejecución de la máquina y su costo.

<b>Descripción</b>	<b>Interpretación</b>
Malo	Para la ejecución de la máquina los costos son muy altos
Regular	Para la ejecución de la máquina los costos son altos
Bueno	Para la ejecución de la máquina los costos son asequibles
Muy bueno	Para la ejecución de la máquina los costos son bajos

**Figura 9.** Categoría de costos con su respectiva interpretación, [16]

### **2.2.2. Mantenimiento**

Al momento de analizar el mantenimiento de la máquina, se piensa en la facilidad que va a tener el operario al querer realizar cualquier tipo de mantenimiento, por esto debe ser simple, conciso y que se pueda realizar mediante la ayuda de un manual.

En la Tabla 11, podemos observar que se encuentran ordenados como, malo cuando se requiere un mantenimiento complejo y costoso, hasta muy bueno como un mantenimiento simple y de bajo costo.

<b>Descripción</b>	<b>Interpretación</b>
Malo	Su mantenimiento es complejo y requiere de muy alto costo
Regular	Su mantenimiento es complejo y requiere de un alto costo
Bueno	Su mantenimiento es simple y el costo es asequible
Muy bueno	Su mantenimiento es simple y tiene bajo costo

**Figura 10.** Categoría de mantenimiento con su respectiva interpretación, [16]

### **2.2.3. Operatividad**

Operatividad se refiere que la máquina deber ser simple al momento de ser maniobrado, no debe requerir un alto entrenamiento del personal para ser puesta en funcionamiento y se adapte a las necesidades.

Se observar en la Tabla 12, que existen 4 categorías que van desde malo hasta muy bueno, dependiendo de cuantas personas se requieren para manipular la máquina.

<b>Descripción</b>	<b>Interpretación</b>
Malo	Necesita de personal técnico y calificado para operar la máquina
Regular	Se necesita de experiencia para la operación de la máquina
Bueno	Necesita de instrucciones para operar la máquina
Muy bueno	No necesita de personal calificado para operar la máquina.

**Figura 11.** Categoría de operatividad con su respectiva interpretación, [16]

#### **2.2.4. Rendimiento**

Se refiere al rendimiento que va a proveer la máquina al realizar su trabajo, determinado por el factor tiempo, como se observa en la Tabla 13, su descripción depende de la capacidad de trabajo.

<b>Descripción</b>	<b>Interpretación</b>
Malo	Rinde pequeñas áreas de terreno
Regular	Tiene la capacidad de trabajar en medianas áreas de terreno
Bueno	Tiene la capacidad de trabajar en grandes áreas de terreno
Muy bueno	Tiene la capacidad de trabajar en extensas áreas de terreno

**Figura 12.** Categoría de rendimiento con su respectiva interpretación, [16]

#### **2.2.5. Versatilidad**

Versatilidad se describe como las diferentes actividades que puede realizar en el laboreo, permitiendo satisfacer las exigencias en cualquier período de tiempo.

En la Tabla 14 se muestra que, existen 4 categorías que van desde malo hasta muy bueno, dependiendo de cuantas actividades realiza la máquina.

<b>Descripción</b>	<b>Interpretación</b>
Malo	Es específicamente para una sola actividad agrícola
Regular	Puede tener máximo dos actividades agrícolas
Bueno	Tiene varias actividades agrícolas
Muy bueno	Cuenta con un sin número de actividades agrícolas.

**Figura 13.** Categoría de versatilidad con su respectiva interpretación, [16]

### 2.3. Selección de alternativa

Una vez determinados todos los parámetros, se necesita proporcionar un valor de calificación y un factor de ponderación, para la correcta selección de alternativa.

#### 2.3.1. Calificación de parámetros

Se observa en la Figura 9, para calificar los parámetros vistos anteriormente, las categorías de muy bueno, bueno, regular y malo reciben un valor que es necesario para el resultado de la selección.

<b>Valor</b>	<b>Descripción</b>
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo

**Figura 14.** Valores establecidos para calificación de los parámetros, [16]

#### 2.3.2. Coeficiente de ponderación

La Tabla 5 muestra un coeficiente de ponderación acorde a los parámetros ya establecidos, que nos indica un valor de importancia para cada una de las alternativas, para eso se toma en cuenta una escala del 1 al 4 siendo 4 el valor de más alto y de más importancia para la toma de decisiones.

**Tabla 5.** Factor de ponderación, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>MEDIDAS</b>	<b>COEFICIENTE DE PONDERACIÓN</b>
<b>Costos</b>	4
<b>Mantenimiento</b>	3
<b>Operatividad</b>	4
<b>Rendimiento</b>	3
<b>Versatilidad</b>	2

### 2.3.3. Resultados de selección

**Alternativa 1:** Motocultor a gasolina

**Alternativa 2:** Motocultor a diésel

**Alternativa 3:** Motoazada

**Tabla 6.** Selección de alternativas, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

	<b>FACTOR DE PONDERACIÓN</b>	<b>Alternativa 1</b>		<b>Alternativa 2</b>		<b>Alternativa 3</b>	
Costos	4	3	12	2	8	3	12
Facilidad de mantenimiento	2	2	4	2	4	2	4
Operatividad	4	3	12	2	8	3	12
Rendimiento	3	3	9	3	9	2	6
Versatilidad	1	4	4	4	4	3	3
<b>TOTAL</b>		<b>41</b>		33		37	

Mediante la Tabla 6, la alternativa 1 correspondiente al motocultor a gasolina es la alternativa más factible y viable, ya que es la opción más económica, además de ser más ligero y su rango de trabajo es óptimo para cumplir con los requerimientos que presenta la estación de investigación de la Universidad Politécnica Salesiana.



### Capítulo III

#### Parámetros de diseño

El estudio de los parámetros de diseño son de ayuda, para identificar factores necesarios que dependerán directamente en la selección adecuada de los elementos.

#### 3.1.Dureza del suelo

Se refiere a todo aquello que posee resistencia a alternaciones físicas. También es la dificultad que presentan algunos materiales, cuando se desea afectar su estado físico, debido a la conexión de sus átomos. [17].

Para la verificación de la resistencia del suelo se realiza 7 ensayos de fuerza, con la ayuda de un pico de prueba como se observa en la Figura 15, el cual es anclado al suelo, con una profundidad de 100 mm, la herramienta utilizada es de espesor 2,5 mm, este ayuda a que la tierra no se acumule, a su extremo se equipa de un dinamómetro, se demuestra la fuerza mínima que requiere la capa superficial del suelo para ser separada.



**Figura 15.** Esquema de pico de pruebas para prueba de dureza, [Lucero Anghy & Tipán Edwin].

Todos los datos obtenidos en la prueba de profundidad se observan en la Tabla 7, donde se puede ver los ensayos realizados en varios puntos del terreno del centro de investigación, donde se va a realizar el funcionamiento del motocultor.

**Tabla 7.** Valores de durezas, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>N° PRUEBAS</b>	<b>PROFUNDIDAD DE PRUEBAS (mm)</b>	<b>FUERZA (N)</b>	<b>SUELOS DE PRUEBA</b>
1		147,12	Arado
2		196,13	Arado
3		171,62	Arado
4	100	122,58	Arado
5		122,58	Arado
6		269,68	Sin arar
7		274,59	Sin arar

En la Tabla 7, el suelo sin arar presentó mayor resistencia, por lo cual se necesitará una fuerza necesaria de 274.59 N para poder remover 100 mm de profundidad. Mientras, que el suelo que este arado solo presento una fuerza máxima de 196.13 N.

Evidenciando así que el motor a utilizarse debe alcanzar un mínimo de 275 N para realizar el trabajo.

### 3.2.Motor

Para el diseño del motocultor, se requiere un motor que se adapte a las necesidades de laboreo, por lo tanto, para este proyecto se utiliza un motor con caja de cambios de una moto reciclada marca Motor 1 con las características descritas en la siguiente Tabla 8.

**Tabla 8.** Descripción del motor 1, [18]

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALORACIONES</b>
Motor	250 cc 4 tiempos y 5 velocidades
Tipo de motor	Motor CG palillos contrabalaceado
Transmisión	Manual
Rendimiento	140 km/Gal.
Carga máxima	150 kg

Para la construcción del motocultor se ha determinado una fuerza mínima de 275 N y el motor marca Motor 1, su carga máxima es de 150 kg mostrada en la Tabla 8, que nos da como resultado máximo 1 471 N.

### 3.2.1. Dimensiones del motor

Uno de los parámetros que necesitamos para el diseño del prototipo es las dimensiones reales del motor a utilizar, se observa en la Figura 16, el motor tiene un máximo de altura 400 mm, ancho 330 mm y largo 300 mm.



**Figura 16.** Dimensiones del motor, [Lucero Anghy & Tipán Edwin].

Con estos datos podemos diseñar el lugar donde se situará el motor, sin que exista alguna interferencia con los demás elementos.

### 3.3. Arado rotativo

El apero como se muestra en la Figura 17 está constituido por 4 conjuntos, cada una compuesta de 4 fresas y un eje hexagonal.

Está hecho de una lámina de Acero Chronit T-1 400, al ser un material aleado posee una gran resistencia, que lo hace ideal para soportar el desgaste por fricción, impacto, movimiento de tierra y minerales.



**Figura 17.** Apero de eje hexagonal, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

Como se observa en la Tabla 9, las tipos técnicas de un apero rotativo idóneo para la función de laboreo en la tierra previo a la siembra mediante el arado entre hileras en una sola pasada.

**Tabla 9.** Descripción de arado rotativo, [19]

<b>DESCRIPCION</b>	<b>VALORES</b>
Potencia en la toma de fuerza (kW)	12 – 20
Peso (kg)	10 - 200
Anchura de trabajo (m)	0,4 - 3
Número de azadas	10 - 24
Peso (kg)	17
Ancho entre azadas (m)	0,02 – 0,1
Velocidad de trabajado (km/h)	2 - 6

## Capítulo IV

### Diseño del motocultor

#### 4.1. Diseño de máquina

Se evalúa las revoluciones en la marcha 1 y marcha 2 (Tabla 10), con una aceleración al 70 % del motor.

**Tabla 10** Datos del motor en marcha 1 y 2, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

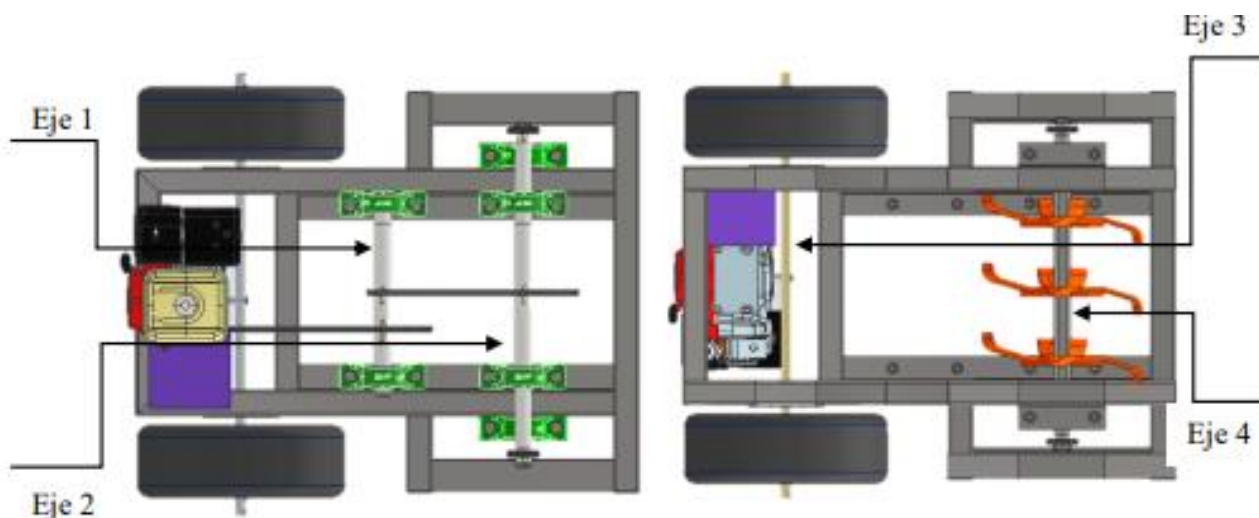
MARCHA 1	MARCHA 2
Rpm acelerado al 70 %	Rpm acelerado al 70 %
195	1130

Se obtiene un promedio de 662,5 rpm, para los futuros cálculos se utiliza el valor obtenido, ya que, es recomendable trabajar en un 70 % de aceleración.

El diseño del prototipo se proyecta a reducir los 662,5 rpm en un intervalo de 70 a 120 rpm como velocidad de giro a la salida del apero.

#### 4.2. Cálculo de velocidades

Para esta sección, se necesita tener en cuenta cual es el eje de reducción 1, eje de reducción 2, eje de apero 3 y eje de neumáticos 4 en el esquema de la máquina (Figura 18).



**Figura 18.** Identificación de ejes en mecanismos, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

#### 4.2.1. Obtención de números de dientes necesarios para catarinas.

Según Mott [20], el número mínimo de dientes para Catarina debe ser 17 a menos que el impulsor esté funcionando a muy baja velocidad, por debajo de las 100 rpm [20].

Según esta especificación utilizaremos un piñón de 17 dientes, pero también se ha tomado como referencia el piñón conductor que posee el motor para el prototipo, que es de 17 dientes con un paso de ½”, cumpliendo con el criterio.

Se seleccionó como conducida  $Z_2 = 50$ , mediante la Tabla 11 del proveedor, que es la que cumple con la condición del rango de 70 a 120 rpm según lo establecido al momento de realizar las reducciones.

**Tabla 11** Piñones para cadena de rodillos, [21]

Piñones para cadena de rodillos ISO 1/2" Paso 12,7 mm Ancho diente A= 7 mm								
Z =	DIAMETRO		SIMPLES		DOBLES		TRIPLES	
Dientes	Exterior	Primitivo	DC	LP	DC	LP	DC	LP
8	38	33,18	20	25	20	32	20	46
9	42	37,13	24	25	24	32	24	46
10	45	41,1	26	25	28	32	28	46
11	49,9	45,07	29	25	32	35	32	50
12	53	49,07	33	28	35	35	35	50
13	57,9	53,06	37	28	38	35	38	50
14	61,9	57,07	41	28	42	35	42	50
15	65,9	61,09	45	28	46	35	46	50
16	69,9	65,1	50	28	50	38	50	50
17	74	69,11	52	28	54	38	54	50
18	78	73,14	56	28	58	38	58	50
19	82	77,16	60	28	62	38	62	50
20	86	81,19	64	28	66	38	66	50
21	90,1	85,22	68	28	70	40	70	55
22	94,1	89,24	70	28	70	40	70	55
23	98,1	93,27	70	28	70	40	70	55
24	102,1	97,29	70	28	75	40	75	55
25	106,2	101,33	70	28	80	40	80	55
26	110,2	105,36	70	30	85	40	85	55
27	114,2	109,4	70	30	85	40	85	55
28	118,3	113,42	70	30	90	40	90	55
29	122,3	117,46	80	30	95	40	95	55
30	126,3	121,5	80	30	100	40	100	55
31	130,4	125,54	90	30	100	40	110	55
32	134,4	129,56	90	30	100	40	110	55
33	138,4	133,6	90	30	100	40	110	55
34	142,5	137,64	90	30	100	40	110	55
35	146,5	141,68	90	30	100	40	110	55
36	150,6	145,72	90	35	100	40	120	55
37	154,6	149,76	90	35	100	40	120	55
38	158,6	153,8	90	35	100	40	120	55
39	162,7	157,83	90	35	100	40	120	55
40	166,7	161,87	90	35	100	40	120	55
45	188,6	182,07	88	42	108	55	120	68
50	208,8	202,26	88	42	108	55	120	68
57	236	230,54	70	40	80	45	80	55
76	313	307,33	100	45	100	70	80	70
95	389,5	384,11	100	45	100	70	100	70

Mediante la Ecuación (1) [20], se encuentra el número de revoluciones por minuto ( $n_2$ ) del eje 2, ya que,  $n_1$  es el valor promedio obtenido de la Tabla 10.

Datos

$$Z_1=17$$

$$Z_2= 50$$

$$n_1= 662,5 \text{ rpm}$$

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

(1)

Donde:

$z_1$  : N° de dientes piñón conductor

$z_2$  : N° de dientes Catarina conducida

$n_1$  : Revolución por minuto en el eje

$n_2$  : Revoluciones por minuto del segundo eje

$$n_2 = \frac{17(662,5\text{rpm})}{50}$$

$$n_2 = 225,25 \text{ rpm}$$

#### **4.2.2. Relación de velocidades**

Al momento de calcular la relación de velocidades, se usa la Ecuación (2) [20].

$$i = \frac{n_1}{n_2}$$

(2)

Donde:

$i$ : Relación de velocidades

$$i = \frac{662,5 \text{ rpm}}{225,25 \text{ rpm}}$$

$$i = 2,94$$

La Ecuación (3) [20] calcula las revoluciones con las que actuará el tercer eje de nuestro diseño, despejando  $n_3$ .

$$n_2 \times Z_2 = n_3 \times Z_3$$

(3)

$n_3$ : Revoluciones por minuto del eje tres

$$225,25 \text{ rpm} \times 17 = n_3 \times 50$$

$$n_3 = \frac{225,25 \text{ rpm} \times 17}{50}$$

$$n_3 = 76,59 \text{ rpm}$$

#### **4.2.3. Velocidades de salida en la máquina motocultora.**

Para verificar las rpm existentes a la salida de la máquina, en la Tabla 12, se puede observar la primera reducción de 2,94:1 en el eje 1, en el cual la velocidad angular de entrada es de 662,5 rpm se reduce con una relación de transmisión de 2,94 da como resultado una velocidad de giro a la salida de 225,25 rpm.



**Tabla 12.** Características técnicas 1er nivel de reducción, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

Esquema	Descripción	
	<b>Paso, (plg)</b>	1/2
	<b>Relación de Transmisión</b>	2,94:1
	<b>Tipo</b>	Simple 40 B
	<b>Potencia transmitida, hp</b>	1,53
	<b>Velocidad de giro, rpm</b>	662,5 (entrada) 225,25(salida)
	<b>Numero de Dientes</b>	$Z_1=17$ $Z_2= 50$

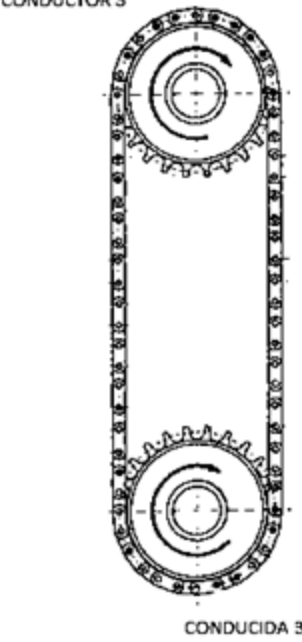
Mediante la Tabla 13, se observa la velocidad de giro a la de entrada es de 225,25 rpm, al reducirse con una relación de transmisión de 2,94 da un resultado una velocidad de giro de salida de 76,59 rpm cumpliendo lo establecido en el rango de 70 a 120 rpm.

**Tabla 13.** Características técnicas 2do nivel de reducción, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

Esquema	Descripción	
	<b>Paso, (plg)</b>	1/2
	<b>Relación de transmisión</b>	2,94:1
	<b>Tipo</b>	Simple 40 B
	<b>Potencia transmitida, hp</b>	1,53
	<b>Velocidad de giro, rpm</b>	225,25 (entrada) 76,59 (salida)
	<b>Numero de dientes</b>	$Z_3 =17$ $Z_4=50$

En la Tabla 14 observamos que la velocidad de giro de entrada y salida son las mismas, ya que, al encontrarse en el eje 2 poseen una relación de transmisión de 1:1, por lo tanto no existe reducción alguna.

**Tabla 14.** Características técnicas 3er nivel de reducción, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

Esquema	Descripción	
	<b>Paso, (plg)</b>	1/2
	<b>Relación de Transmisión</b>	1
	<b>Tipo</b>	Simple 40 B
	<b>Potencia transmitida, hp</b>	1,53
	<b>Velocidad de giro, rpm</b>	76,59 (entrada) 76,59(salida)
	<b>Numero de Dientes</b>	Z <sub>5</sub> = 17 Z <sub>6</sub> = 17 Z <sub>7</sub> = 17 Z <sub>8</sub> = 17

### 4.3. Transmisión de potencia

La cadena ayuda a transportar la potencia de una fuente de energía a otro mecanismo, aumentando, conservando o restando la velocidad y el torque. Para su selección partimos con la obtención de la potencia del motor que calculamos de la siguiente Ecuación (4) [20].

$$P_t = \frac{T \times n_1}{\frac{60}{2\pi}}$$

(4)

Donde:

P<sub>t</sub>: Potencia de transmisión W

T : Torque máximo del motor  $N \times m$

$$P_t = \frac{16,50 \text{ N} \times \text{m} \times 662,5 \text{ rpm}}{\frac{60}{2\pi}}$$

$$P_t = 1144,72 \text{ W} \text{ ó } 1,53 \text{ hp}$$

El torque del motor utilizado en la Ecuación (4) [20] fue obtenido mediante la ficha técnica del motor, dándonos un valor de 16.50 N.m como se indica en la Tabla 15.

**Tabla 15.** Características técnicas del motor marca motor 1, [18]

<b>CARACTERISTICAS TÉCNICAS</b>	
<b>Tipo de motor</b>	4 Tiempos, monocilíndrico
<b>Cilindro</b>	250 CC
<b>Velocidad máxima</b>	100km/h
<b>Torque máxima</b>	16,50 N.m a 5500 rpm

Los datos obtenidos anteriormente son necesarios para los cálculos de transmisión de potencia (Tabla 16).

**Tabla 16.** Parámetros de diseño para transmisión de potencia, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>PARÁMETROS</b>	<b>VALORES</b>
Potencia del motor	1,53 hp
Revoluciones de entrada	66,5 rpm
Revoluciones deseadas	70-120 rpm

#### **4.3.1. Potencia de diseño**

Para obtener la potencia de diseño, se utiliza la Ecuación (5) [20].

$$P_d = k_1 \times k_2 \times P_t$$

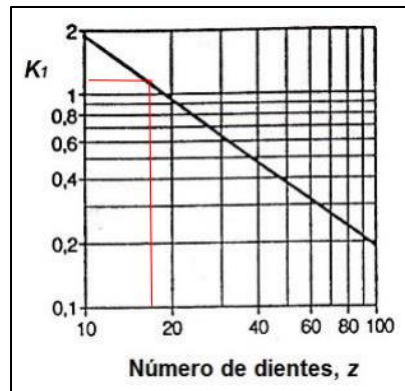
(5)

Donde:

$P_d$ : Potencia de diseño hp

$k_1$ : Factor de diseño (cadena)

$k_2$ : Factor de servicio para transmisión (cadena)



**Figura 19.** Factores de diseño para cadena, [20]

Se obtiene el valor de  $k_1$  al posicionar en la Figura 19 el número de dientes, que en nuestro caso será 17 y así nos da el valor de 1,2.

Consideramos como factor  $k_2$  un valor de 1,7, como se observa en la Tabla 17, es decir un tipo de carga fluctuante, debido a que la tierra al que va a estar expuesto el mecanismo, no está tratada así que presenta un trabajo oscilante, se produce choques por el desnivel de la tierra o pulsaciones abruptas.

**Tabla 17.** Factores de seguridad según el tipo de carga, [22]

<b>FACTORES PARA CALCULAR EL MARGEN COMPENSATORIO DE SEGURIDAD</b>			
<b>CLASE DE LA FUENTE DE POTENCIA</b>			
<b>Tipos de carga</b>	<b>Motor de combustión interna con convertidor hidráulico</b>	<b>Motor eléctrico o turbina</b>	<b>Motor de combustión interna con embrague o caja mecánica</b>
Uniforme	1.0	1.0	1.2
Fluctuante	1.2	1.3	1.4
Muy fluctuante	1.4	1.5	1.7

Una vez obtenidos todos los datos, estos se reemplazan en la Ecuación (5) [20].

$$P_d = 1,2 \times 1,7 \times 1,53 \text{hp}$$

$$P_d = 3,12 \text{ hp}$$

$$p_d = 2326,584 \text{ W}$$

#### 4.3.2. Selección de cadena

El paso del piñón conductor es de ½”, con la ayuda de la Tabla 18 se observa que el número de cadena que cumple con el requerimiento es el número 40.

**Tabla 18.** Tabla de dimensiones de cadenas sencillas, [22]

CADENA NUMERO	DIMENSIONES							LIMITE DE ROTURA Lbs.	PESO Lbs. POR PIE 30.5 cms.
	PASO "P" 6.35 mm	LARGO RODILLO "W"	DIAMETRO RODILLO "D"	DIAMETRO PASADOR "C"	GRUESO CHAPETA "F"	ANCHO CHAPETA "H"	M.		
25	1/4" * 6.35 mm	0.125	0.130	0.0905	0.030	0.234	0.188	0.875	0.09
35	3/8" * 9.52 mm	0.187	0.200	0.141	0.050	0.350	0.267	2.100	0.21
40	1/2" * 12.7 mm	0.312	0.312	0.156	0.060	0.466	0.380	3.700	0.42
50	5/8" * 15.87 mm	0.375	0.400	0.200	0.080	0.584	0.460	6.100	0.69
60	3/4" * 19.05 mm	0.500	0.468	0.234	0.094	0.700	0.586	8.500	1.00
80	1" * 25.4 mm	0.625	0.625	0.312	0.125	0.934	0.741	14.500	1.71
100	1 1/4" * 31.75 mm	0.750	0.750	0.375	0.156	1.166	0.923	24.000	2.58
120	1 1/2" * 38.10 mm	1.000	0.875	0.437	0.187	1.400	1.150	34.000	3.87
140	1 3/4" * 44.45 mm	1.000	1.000	0.500	0.219	1.634	1.215	46.000	4.95
160	2" * 50.80 mm	1.250	1.125	0.562	0.250	1.866	1.451	58.000	6.61
200	2 1/2" * 63.50 mm	1.500	1.562	0.781	0.312	2.250	1.777	95.000	10.96
240	3" * 76.20 mm	1.875	1.875	0.937	0.375	2.800	2.187	130.000	16.50

Con la selección de la cadena es necesario tener en cuenta la potencia del diseño que cumple con las cargas de trabajo, como podemos ver en la Tabla 18 la cadena número 40 es una cadena simple de paso pitch ½” o 0.500”, la cual resiste una fuerza de 4,89 hp a 662,5 rpm en el piñón conductor con 17 dientes, que cumple con los requerimientos establecidos.

**Tabla 19.** Capacidades en hp de cadena número 40, [16]

Núm. de dientes	0.500 pulgadas de paso				Velocidad mínima de giro de la catarina, rev/min																		
	10	25	50	100	180	200	300	500	700	900	1000	1200	1400	1600	1800	2100	2500	3000	3500	4000	5000	6000	7000
11	0.06	0.14	0.27	0.52	0.91	1.00	1.48	2.42	3.54	4.25	4.70	5.60	6.49	5.57	4.66	3.70	2.85	2.17	1.72	1.41	1.01	0.77	0.61
12	0.06	0.15	0.29	0.56	0.99	1.09	1.61	2.64	3.54	4.64	5.13	6.11	7.09	6.34	5.31	4.22	3.25	2.47	1.96	1.60	1.15	0.87	0.69
13	0.07	0.16	0.31	0.61	1.07	1.19	1.75	2.86	3.95	5.02	5.56	6.62	7.68	7.15	5.99	4.76	3.66	2.79	2.21	1.81	1.29	0.98	0.78
14	0.07	0.17	0.34	0.66	1.15	1.28	1.88	3.08	4.25	5.41	5.98	7.13	8.27	7.99	6.70	5.31	4.09	3.11	2.47	2.02	1.45	1.10	0.87
15	0.08	0.19	0.36	0.70	1.24	1.37	2.02	3.30	4.55	5.80	6.41	7.64	8.86	8.86	7.43	5.89	4.54	3.45	2.74	2.24	1.60	1.22	0.97
16	0.08	0.20	0.39	0.75	1.32	1.46	2.15	3.52	4.86	6.18	6.84	8.15	9.45	9.76	8.18	6.49	5.00	3.80	3.02	2.47	1.77	1.34	0.00
17	0.09	0.21	0.41	0.80	1.40	1.55	2.29	3.74	5.16	6.57	7.27	8.66	10.04	10.69	8.96	7.11	5.48	4.17	3.31	2.71	1.94	1.47	0.00
18	0.09	0.22	0.43	0.84	1.48	1.64	2.42	3.96	5.46	6.95	7.69	9.17	10.63	11.65	9.76	7.75	5.97	4.54	3.60	2.95	2.11	1.60	0.00
19	0.10	0.24	0.46	0.89	1.57	1.73	2.56	4.18	5.77	7.34	8.12	9.66	11.22	12.64	10.59	8.40	6.47	4.92	3.91	3.20	2.29	0.09	0.00
20	0.10	0.25	0.48	0.94	1.65	1.82	2.69	4.39	6.07	7.73	8.55	10.18	11.81	13.42	11.44	9.07	6.99	5.31	4.22	3.45	2.47	0.00	
21	0.11	0.26	0.51	0.98	1.73	1.91	2.83	4.61	6.37	8.11	8.98	10.69	12.40	14.10	12.30	9.76	7.52	5.72	4.54	3.71	2.65	0.00	
22	0.11	0.27	0.53	1.03	1.81	2.01	2.96	4.83	6.68	8.50	9.40	11.20	12.99	14.77	13.19	10.47	8.06	6.13	4.87	3.98	2.85	0.00	
23	0.12	0.28	0.56	1.08	1.90	2.10	3.10	5.05	6.98	8.89	9.83	11.71	13.58	15.44	14.10	11.19	8.62	6.55	5.20	4.26	3.05	0.00	
24	0.12	0.30	0.58	1.12	1.98	2.19	3.23	5.27	7.28	9.27	10.26	12.22	14.17	16.11	15.03	11.93	9.18	6.99	5.54	4.54	0.87	0.00	
25	0.13	0.31	0.60	1.17	2.06	2.28	3.36	5.49	7.59	9.66	10.69	12.73	14.76	16.78	15.98	12.68	9.76	7.43	5.89	4.82	0.00		
26	0.13	0.32	0.63	1.22	2.14	2.37	3.50	5.71	7.89	10.04	11.11	13.24	15.35	17.45	16.95	13.45	10.36	7.88	6.25	5.12	0.00		
28	0.14	0.35	0.67	1.31	2.31	2.55	3.77	6.15	8.50	10.82	11.97	14.26	16.53	18.79	18.94	15.03	11.57	8.80	6.99	5.72	0.00		
30	0.15	0.37	0.72	1.41	2.47	2.74	4.04	6.59	9.11	11.59	12.82	15.28	17.71	20.14	21.01	16.67	12.84	9.76	7.75	6.34	0.00		
32	0.16	0.40	0.77	1.50	2.64	2.92	4.31	7.03	9.71	12.38	13.68	16.30	18.89	21.48	23.14	18.37	14.14	10.76	8.54	1.41			
35	0.18	0.43	0.84	1.64	2.88	3.19	4.71	7.69	10.62	13.52	14.96	17.82	20.67	23.49	26.30	21.01	16.17	12.30	9.76	0.00			
40	0.21	0.50	0.96	1.87	3.30	3.65	5.38	8.79	12.14	15.45	17.10	20.37	23.62	26.85	30.06	25.67	19.76	15.03	0.00				
45	0.23	0.56	1.08	2.11	3.71	4.10	6.08	9.89	13.66	17.39	19.24	22.92	26.57	30.20	33.82	30.63	23.58	5.53	0.00				
	Tipo A				Tipo B										Tipo C								
	Tipo A: Lubricación manual o por goteo				Tipo B: Lubricación en baño o con disco										Tipo C: Lubricación con chorro de aceite								

Para una revolución de 662,5 rpm en la Tabla 19 no se encuentra normalizado la velocidad mínima de giro, se realizó una interpolación mostrada en la Tabla 20, para obtener la velocidad mínima de giro de la Catarina, que nos da un valor de 4,89 (rev/min).

**Tabla 20.** Interpolación, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

INTERPOLACIÓN	
3.74	500
x	662.5
5.16	700

Donde:

x: Velocidad mínima angular de la Catarina, rev/min

$$x = 4,89 \text{ rev/min}$$

### 4.3.3. Diámetro de catarinas y piñones

Las ecuaciones (6) [20] y (7) [20] calculan los diámetros de las catarinas y piñones.

- $\emptyset_p$ : Diámetro de paso (piñón) [plg]

$$\emptyset_p = \frac{\text{pitch}}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z_1}\right)}$$

(6)

$$\emptyset_p = \frac{0,500\text{plg}}{\sin\left(\frac{180^\circ}{17}\right)}$$

$$\emptyset_p = 2,72\text{plg}$$

- $\emptyset_c$ : Diámetro de paso (Catarina) [plg]

$$\emptyset_c = \frac{\text{pitch}}{\sin\left(\frac{180^\circ}{z_2}\right)}$$

(7)

$$\emptyset_c = \frac{0,500\text{plg}}{\sin\left(\frac{180^\circ}{50}\right)}$$

$$\emptyset_c = 7,96\text{plg}$$

#### 4.3.4. Longitud de la cadena

Se calcula la distancia entre centros y la longitud requerida de la cadena por medio de la Ecuación (8) [20].

$$L = 2C + \frac{Z_2 + Z_1}{2} + \frac{Z_2 - Z_1}{4\pi^2 C} \quad (8)$$

Donde:

L: Longitud de la cadena, plg

C: Distancia entre centro, pasos

Estimación de la medida de distancia entre centros, debe cumplir el siguiente criterio  $30 \text{ pasos} < C < 50 \text{ pasos}$ . Se considera un valor de 30 pasos como distancia entre centro. Este valor es preliminar y responde al hecho de no aumentar el peso total de la cadena sobre los ejes.

$$L = 2(30) + \frac{50 + 17}{2} + \frac{50 - 17}{4\pi^2 \times 30}$$
$$L = 97,29 \text{ pasos}$$

Una vez obtenido los pasos requeridos, se procede a transformar en metros.

$$L = 97,29 \text{ pasos} \times 0,5 \text{ plg}$$

$$L = 48,65 \text{ plg}$$

$$L = \frac{48,65 \text{ plg} \times 25,4 \text{ m}}{1000 \text{ plg}}$$

$$L = 1,23 \text{ m}$$

#### 4.3.5. Distancia teórica entre centros

En la Ecuación (9) [20], calculamos la distancia teórica entre centros.



$$D = \frac{1}{4} \left[ L - \frac{z_2 + z_1}{2} + \sqrt{\left[ L - \frac{z_2 + z_1}{2} \right]^2 - \frac{8 z_2 + z_1^2}{4\pi^2}} \right] \quad (9)$$

Donde:

D: Distancia teórica entre centros pasos

$$D = \frac{1}{4} \left[ 97,29 - \frac{50+17}{2} + \sqrt{\left[ 97,29 - \frac{50+17}{2} \right]^2 - \frac{8 \cdot 50 - 17^2}{4\pi^2}} \right]$$

D = 31,45 pasos

$$D = 31,45 \text{ pasos} \times 0,500 \text{ plg}$$

$$D = 15,73 \text{ plg}$$

#### 4.4. Diseño del eje de reducción 1

##### 4.4.1. Velocidad lineal de la cadena

Ecuación (10) [20], calcula la velocidad lineal de la cadena de transmisión, utilizada en el mecanismo.

$$V = \frac{\emptyset_p \times \pi \times n_1}{60} \quad (10)$$

Donde:

V: Velocidad de la cadena  $\left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$

$$V = \frac{0,0691 \text{ m} \times \pi \times 662,5 \text{ rpm}}{60}$$

$$V = 2,39 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

#### 4.4.2. Esfuerzo total de la cadena 1

Podemos ver claramente las distribuciones de fuerzas y toques representadas en la Figura 20, posee dos fases en los ejes de reducción del motocultor.



Figura 20. Distribución de fuerzas y torque, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

El esfuerzo total que va a soportar las cadenas accionadas por el motor, se determina mediante el cálculo de dos componentes: Fuerza centrífuga y Carga de tracción

##### a. Fuerza centrífuga

A medida que se enrolla en el piñón la cadena y gira, este desarrolla una fuerza centrífuga que se determina con la Ecuación (11) [20].

$$F_c = m \times V^2 \quad (11)$$

Donde;

$F_c$ : Fuerza centrífuga N

m: masa de la cadena  $\left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right]$

$$F_e = 0,6 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times \left( 2,39 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right)^2$$
$$F_e = 3,43 \text{ N}$$

### b. Carga de tracción de la cadena

El esfuerzo total al que está sometido un cuerpo, y se calcula mediante la Ecuación (12) [20].

- $F_t$ : Tracción efectiva de cadena N

$$F_t = \frac{P_d}{V}$$

(12)

$$F_t = \frac{2326,584 \text{ W}}{2,39 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]}$$
$$F_t = 973,47 \text{ N}$$

La Ecuación (13) [20] da como resultado, el esfuerzo total soportada por la cadena 1.

Donde:

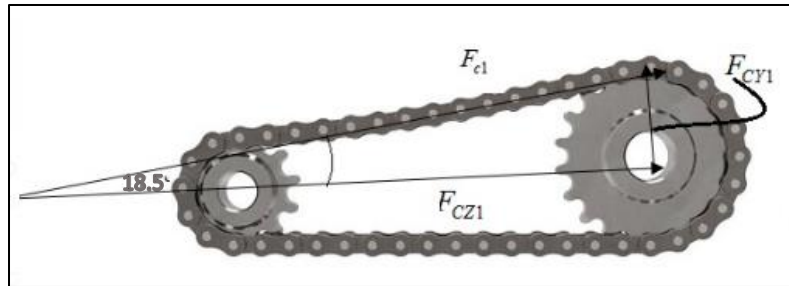
- $F_{C1}$ : Esfuerzo total soportada por la cadena 1 N

$$F_{C1} = F_e + F_t$$

(13)

$$F_{C1} = 3,43 \text{ N} + 973,47 \text{ N}$$
$$F_{C1} = 976,9 \text{ N}$$

Como se muestra en el Figura 21, con un ángulo de  $18.5^\circ$  entre la horizontal de la cadena, obteniendo así las componentes de la fuerza  $F_{c1}$ .



**Figura 21.** Triángulo formado entre la cadena 1 y la horizontal, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

Las descomposiciones de las fuerzas en  $FC_{y1}$  y  $FC_{z1}$  se obtienen mediante las ecuaciones

(14) [20] y (15) [20] respectivamente.

$$\sin\theta = \frac{FC_{y1}}{F_{c1}}$$

(14)

Donde:

$FC_{y1}$ : Esfuerzo total soportada por la cadena 1 en el eje ‘y’ N

$\theta$ : Ángulo formado entre la cadena y la horizontal.

$$\therefore FC_{y1} = \sin 18,5 \times 976,9 \text{ N}$$

$$FC_{y1} = 309,97 \text{ N}$$

$$\cos\theta = \frac{FC_{z1}}{F_{c1}}$$

(15)

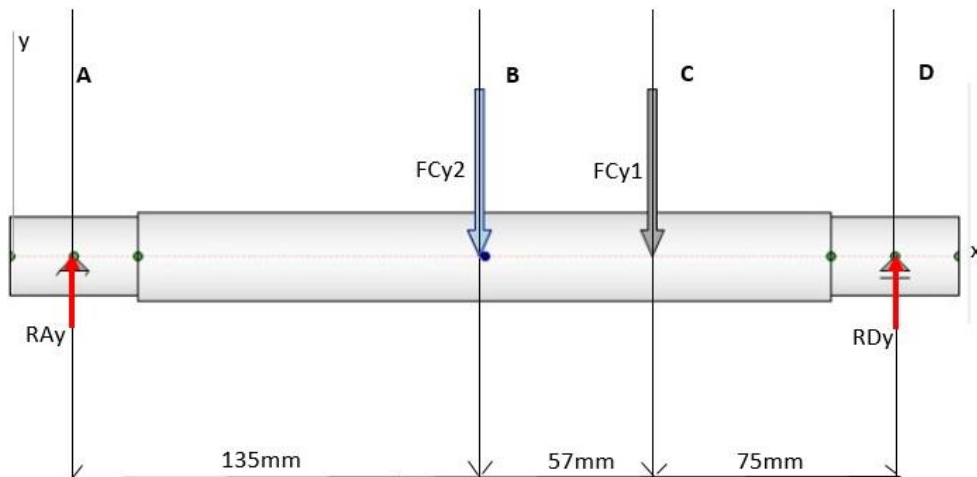
Donde:

$FC_{z1}$ : Esfuerzo total de la cadena 1 en el eje ‘z’ N

$$\therefore FC_{z1} = \cos 18,5 \times 976,9 \text{ N}$$

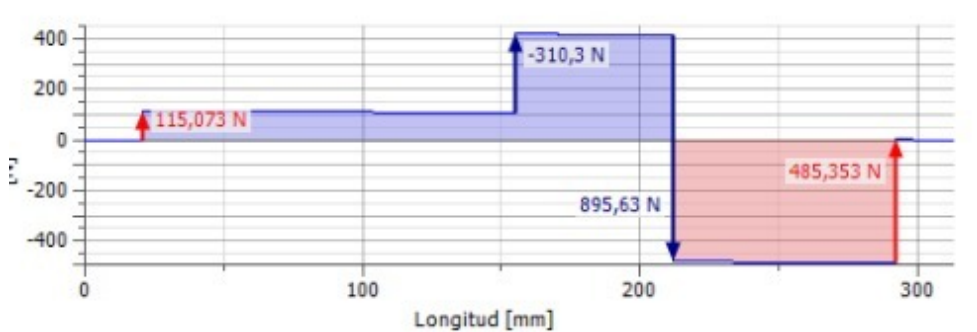
$$FC_{z1} = 926,41 \text{ N}$$

El diagrama de fuerzas y momentos para el eje de reducción 1, para el cual se analiza mediante el esquema de cuerpo libre mostrada en la Figura 22.



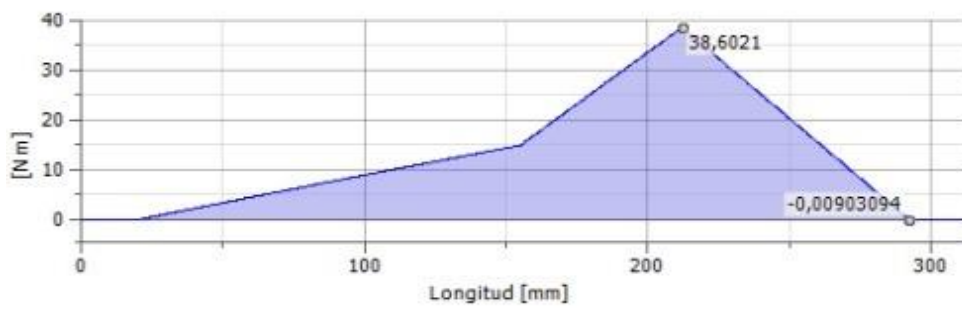
**Figura 22.** Esquema de cuerpo libre eje de reducción 1, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

Se observa mediante el esquema de la Figura 23, la fuerza cortante x-y en el eje reductor 1.



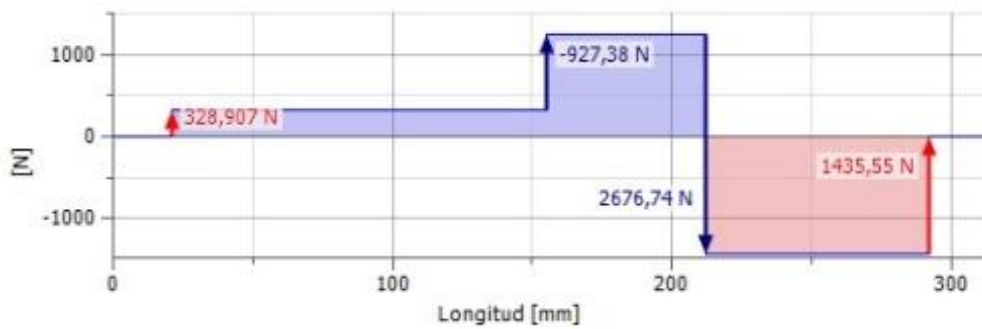
**Figura 23.** Esquema de fuerza cortante x-y eje reductor 1, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

La Figura 24 muestra el punto más crítico a tratar en el eje de reducción 1 mediante el diagrama de momento.



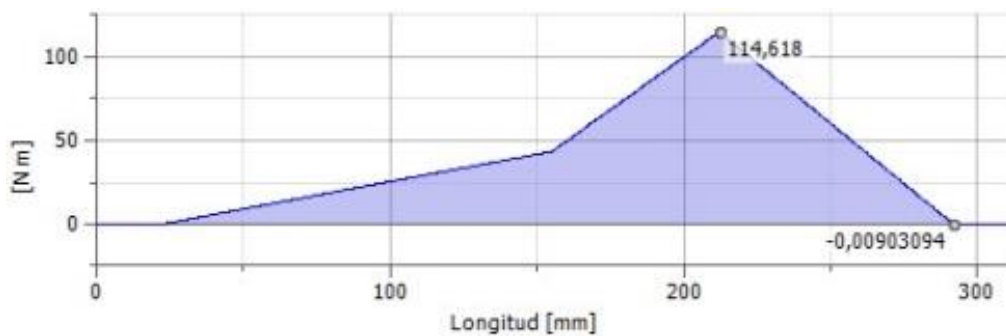
**Figura 24.** Esquema de momento máximo eje 1, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

En la Figura 25 indica el plano x-z, donde se muestra la fuerza cortante en el eje de reducción 1.



**Figura 25.** Esquema de fuerza cortante x-z eje de reducción 1, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

En la figura 26 se observa el punto más crítico a tratar en el eje de reducción 1 mediante el esquema de momento, en el plano x-z.



**Figura 26.** Esquema de momento máximo x-z eje de reducción 1, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

#### 4.4.3. Torque

El torque es una magnitud vectorial, que nos ayuda a medir la fuerza aplicada en la máquina.

Por medio de los cálculos de torque en el eje 1 presentados en la Ecuación (16) [20] y graficados en la Figura 21, obtendremos el valor de  $T_1$ .

$$T_1 = F_{C1} \times r_c \quad (16)$$

Donde:

$T_1$ : Torque en el eje 1  $N \times m$

$r_c$ : Radio de la Catarina  $m$

$$T_1 = 977,91 \text{ N} \times 0,101 \text{ m}$$

$$T_1 = 98,78 \text{ N} \times m$$

#### 4.4.4. Cálculo de diámetro mínimo

El cálculo del diámetro, necesita la obtención de la limitación de la resistencia que calculamos con la Ecuación (17) [20].

Esta será modificada o afectada por los diferentes factores que intervienen en las condiciones a las que va a trabajar.

$$S'_n = S_u \times (C_m) \times (C_{st}) \times (C_R) \times (C_s) \quad (17)$$

Donde:

$S'_n$ : Límite de resistencia [Pa]

$S_u$ : Resistencia última a la tensión [Pa]

$C_m$ : Factor por el tipo de material

$C_{st}$ : Factor por el tipo de esfuerzo

$C_R$ : Factor de confiabilidad

$C_s$ : Factor de tamaño

Al calcular la resistencia a la tensión de la máquina, el material seleccionado es acero AISI 4340, al ser un material ampliamente manipulado para ejes de transmisión.

Mediante la Tabla 21 se obtiene  $S_u = 8577 \text{ Kg/cm}^2$ , realizando la conversión a Pa, nos da un resultado  $841,12 \times 10^6 \text{ Pa}$ .

**Tabla 21.** Propiedades típicas de los aceros. [23]

Modulo de Elasticidad  $E = 2.109.000 \text{ Kg/cm}^2$  ( $30 \times 10^5 \text{ PSI}$ ); Modulo de elasticidad a torsión y corte  $G = 808.500 \text{ Kg/cm}^2$  ( $11,5 \times 10^6 \text{ PSI}$ ); La resistencia a la Fluencia en corte o cizalladura esta comprendida entre  $0,5S_y$  y  $0,6S_y$ ; Coeficiente de Poisson  $\mu = 0,3$ ; Densidad es aproximadamente  $7.85 \text{ Kg/dm}^3$

Nº AISI	ESTADO	Res. Máxima $S_u$		Res. Fluencia $S_y$		Dureza
		Kgf/Cm <sup>2</sup>	Ksi	Kgf/Cm <sup>2</sup>	Ksi	BHN
Hierro Dulce	Laminado simple	3374	48	1757	25	
C1010	Estirado en Frío	4710	67	3867	55	137
C1015	Estirado en Frío	5413	77	4429	63	170
C1020	Laminado Simple	4569	65	3374	48	143
C1020	Normalizado	4499	64	3515	50	131
C1020	Recocido	4007	57	2952	42	111
C1020	Estirado en Frío	5483	78	4640	66	156
C1022	Laminado simple	5062	72	3656	52	149
C1030	Laminado simple	5621	80	3586	51	179
C1035	Laminado simple	5976	85	3867	55	190
C1045	Laminado simple	6749	96	4148	59	215
C1095	Normalizado	9913	141	5624	80	285
B1113	Acabado en Frío	5835	83	5062	72	170
B1113	Laminado Simple	4921	70	3163	45	138
C1118	Laminado Simple	5273	75	3234	46	149
C1118	Estirado en Frío	5624	80	5273	75	180
C1144	OQT 1000	8296	118	5835	83	235
1340	OQT 1200	7945	113	6468	92	229
1345	OQT 800	13147	187	12303	175	
2317	OQT 1000	5554	79	4991	71	220
2340	OQT 1000	9632	137	8437	120	285
3150	OQT 1000	10616	151	9140	130	300
3250	OQT1000	11670	166	10264	146	340
4363	OQT 1000	12655	180	11249	160	375
4130	WQT 1100	8929	127	8015	114	260
4130	Estirado en Frío	8577	122	7381	105	248
<b>4340</b>	<b>Estirado en Frío</b>	<b>8577</b>	<b>122</b>	<b>7381</b>	<b>105</b>	<b>248</b>
4640	OQT 1000	10686	152	9140	130	310
5140	OQT 1000	10546	150	8999	128	300
5140	Estirado en Frío	7381	105	6187	88	212
8630	Estirado en Frío	8085	115	7030	100	222
8640	OQT 1000	11249	160	10546	150	330
8760	OQT 800	15468	220	14068	200	429
9255	OQT 1000	12655	180	11249	160	352
9440	OQT 1000	10686	152	9491	135	311
9850	OQT 1100	12655	180	11108	158	360



Cm y Cst según se explica en el libro de Mott [20] son igual a 1.

Cs depende de cómo será fabricado el eje, para obtener este valor se utiliza la Figura 27, donde el valor de Cs es el que corta la curva de superficie correspondiente y se lee a la izquierda.

Con una máxima resistencia a la tracción de 8577 Kgf/cm<sup>2</sup> y el proceso que utilizaremos para los ejes es mecanizado, es decir que Cs= 1,1

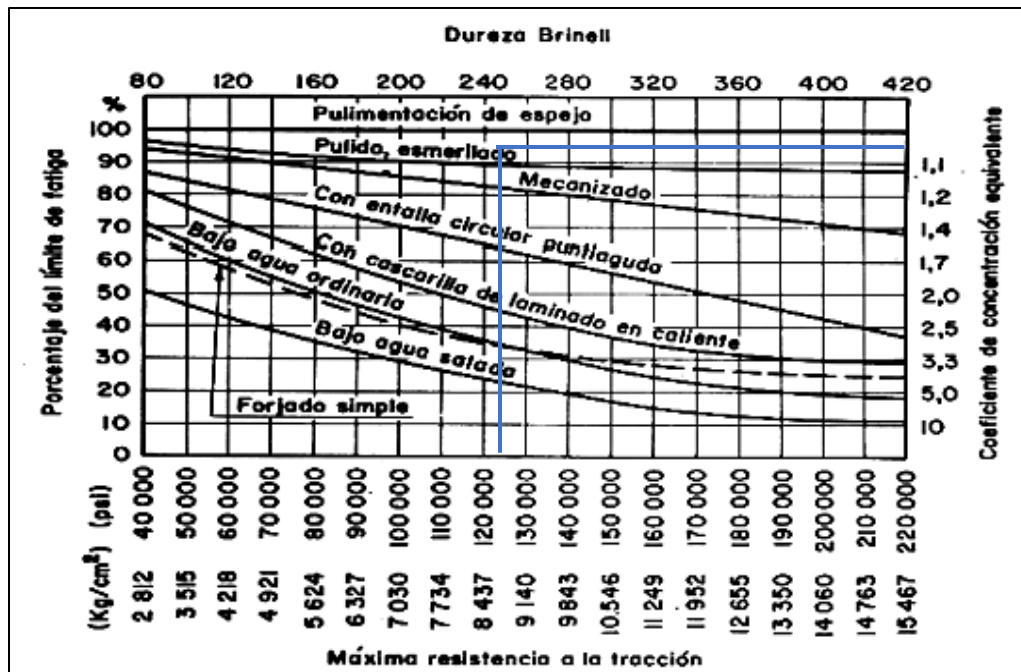


Figura 27. Grafica coeficientes de concentración equivalente para aceros, [20]

Una vez obtenidos todos los datos necesarios, reemplazamos en la Ecuación (17) [20].

$$S'_n = 841,12 \times 10^6 \text{ Pa} \times (1) \times (1) \times (0,81) \times (1,1)$$

$$S'_n = 74943 \times 10^4 \text{ Pa}$$

Mediante la Ecuación (18) [20] se encuentra el diámetro mínimo del eje de reducción 1.

$$\varnothing_{\text{eje1}} = \sqrt{\frac{2,94 \times (Kt) \times (V_{cl}) \times (f)}{S'_n}}$$

(18)

Donde:

$\emptyset_{\text{eje1}}$ : Diámetro mínimo del eje de reducción 1, [m]

$Kt$ : Factor de concentración de esfuerzos

$V_{c1}$ : Fuerza vertical en el eje de reducción 1, [N]

$f$ : Factor de diseño

Como se puede observar en las Figuras 23 y 25 respectivamente, se muestran en el eje de reducción 1 los diagramas de fuerzas cortantes, donde se visualiza las reacciones directas actuantes en los rodamientos de las chumaceras.

Con la ayuda de la Ecuación (19) [20] se obtuvo la fuerza donde se encuentran más reacciones.

$$V_{C1} = \sqrt{R_{DY1}^2 + R_{DZ1}^2} \quad (19)$$

Donde:

$R_{DY1}$ : Reacción en el eje Y, [N]

$R_{DZ1}$ : Reacción en el eje Z, [N]

$$V_{C1} = \sqrt{(485,35)^2 + (1435,55)^2}$$
$$V_{C1} = 1515,37 \text{ N}$$

Para reemplazar los datos en la Ecuación (18) [20], se toma en cuenta que el eje tiene chaveteros, así que se debe manejar un factor de concentración igual a 3 como lo indica Mott [20], también se aconseja utilizar un factor de diseño de entre 2,5 a 4 si se encuentra bajo cargas dinámicas el diseño.

$$\emptyset_{\text{eje1}} = \sqrt{\frac{2,94 \times 3 \times 1515,37 \times 4}{74943 \times 10^4}}$$
$$\emptyset_{\text{eje1}} = 0,0844 \text{ m}$$

#### 4.5.Diseño de eje 2

Para el diseño del eje 2 se necesita calcular los siguientes ítems:

#### 4.5.1. Esfuerzo total de la cadena 2

Mediante la Ecuación (20) [20] se calcula el esfuerzo total, teniendo en cuenta que  $T_1=T_2$ .

$$T_1 = F_{C2} \times r_p \quad (20)$$

Donde:

$F_{C2}$ : Fuerza total, [N]

$r_p$ : Radio del piñón, [m]

$$F_{C2} = \frac{98,79 \text{ N} \cdot \text{m}}{0.035 \text{ m}}$$

$$F_{C2} = 2822,6 \text{ N}$$

Mediante la Figura 20, se observa que el ángulo formado de  $18,5^\circ$  para obtener las fuerzas  $F_{cy2}$  y  $F_{cz2}$ , y conjuntamente con la Ecuación (21) [20] se determina el valor de  $F_{cy2}$ .

$$\sin\theta = \frac{F_{C_{y2}}}{F_{C2}} \quad (21)$$

Donde:

$F_{C_{y2}}$ : Esfuerzo total de la cadena 2 en el eje Y, [N]

$\theta$ : Ángulo entre la horizontal y la cadena 2

$$\therefore FC_{y2} = \sin 18,5 \times 2822,6 \text{ N}$$

$$FC_{y2} = 895,63 \text{ N}$$

Y mediante la Ecuación (22) [20] se determina el valor de  $FC_{z2}$ .

$$\cos \theta = \frac{FC_{z2}}{F_{c2}}$$

(22)

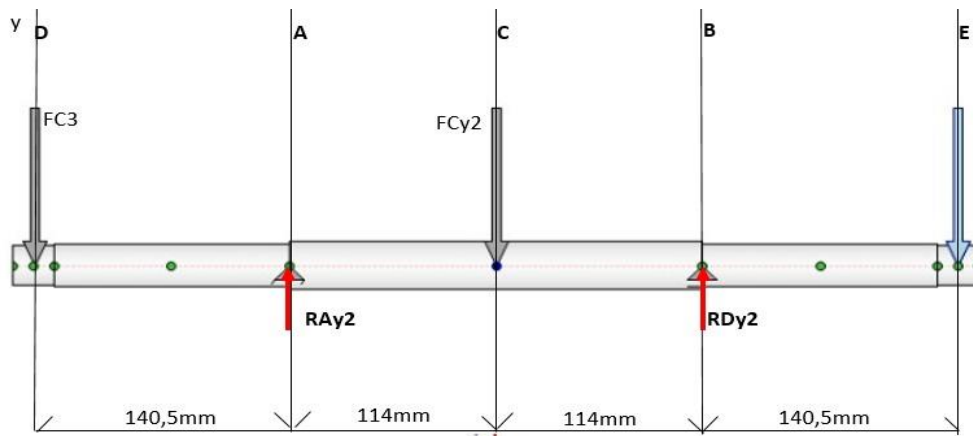
Donde:

$FC_{z2}$ : Esfuerzo total de la cadena 2 en el eje Z, [N]

$$\therefore FC_z = \cos 18,5 \times 2822,6 \text{ N}$$

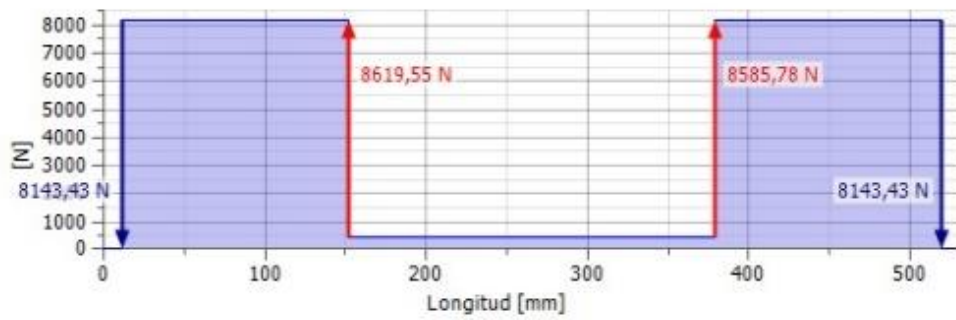
$$FC_{z2} = 2676,74 \text{ N}$$

Se observa en la Figura 28 el esquema de cuerpo libre del eje de reducción 2, donde se indican las fuerzas y momentos en el eje 2.



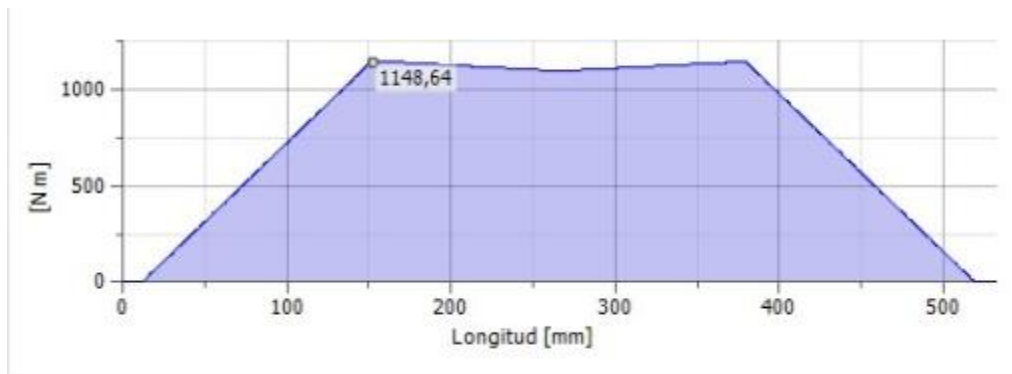
**Figura 28.** Esquema de cuerpo libre del eje de reducción 2, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

Se observa en la Figura 29, el eje 2 de reducción el diagrama de fuerza en el plano x-y.



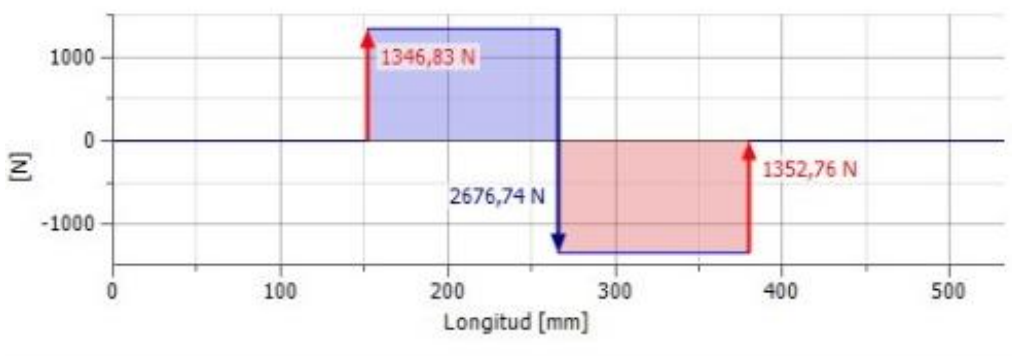
**Figura 29.** Esquema de fuerza cortante en el eje de reducción 2, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

Se puede visualizar en la Figura 30, el momento máximo en el punto más crítico en el eje 2 del esquema de momento.



**Figura 30.** Esquema de momento máximo en el eje de reducción 2, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

Mediante la Figura 31 se muestra en el eje de reducción 2, el esquema de fuerza cortante en el plano x-z.



**Figura 31.** Esquema en el eje 2 de fuerza cortante, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

En la figura 32 se muestra el punto crítico máximo a tratar del eje de reducción 2 mediante el esquema de momento. En el plano X-Z.

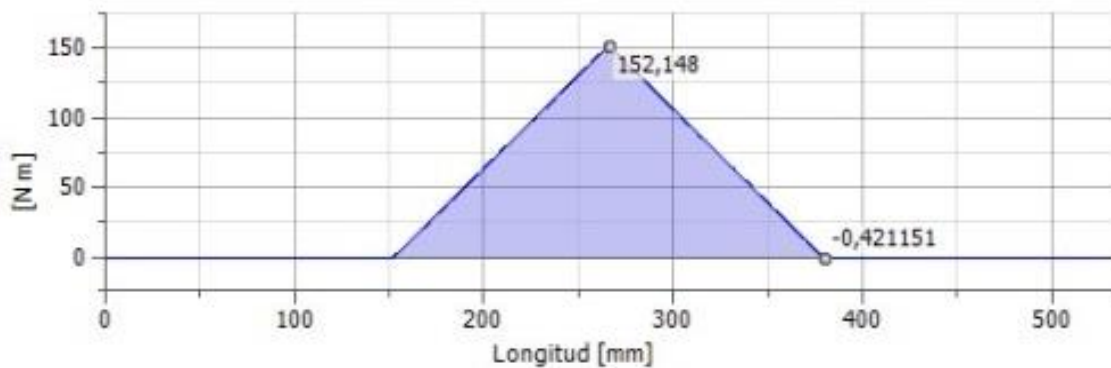


Figura 32. Esquema de momento máximo del eje de reducción 2, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

#### 4.5.2. Torque

Se calcula mediante la Ecuación (23) [20], la fuerza del piñón se considera igual a la fuerza de la Catarina como se indica en la Figura 22, la fuerza transmitida por la misma cadena, se expresar como  $F_{c2}=F_{c3}$ .

$$\therefore T_2 = F_{c2} \times r_c \quad (23)$$

Donde:

$T_2$  : Torque en el eje 2 [N. m]

$$T_2 = 2822,6 \text{ N} \times 0,101 \text{ m}$$

$$T_2 = 285,02 \text{ N} \cdot \text{m}$$

#### 4.5.3. Diámetro mínimo

Las Figura 29 y 31 muestran el esquema de fuerza cortante del eje de reducción 2, donde se puede observar la fuerza de reacción actuando sobre el rodamientos de las chumaceras, analizando el lado del eje con más fuerza reacciones, se utiliza la Ecuación (24) [20].

$$\varnothing_{\text{eje2}} = \sqrt{\frac{2.94 \times K_t \times V_{c2} \times f}{S_n}} \quad (24)$$

Donde:

$\varnothing_{\text{eje2}}$ , es el diámetro mínimo requerido del eje 2 [m]

$V_{c2}$ , es la fuerza vertical en el eje 2 [N]

$$V_{c2} = \sqrt{R_{DY2}^2 + R_{DZ2}^2} \quad (25)$$

Donde:

$R_{DY2}$ : Reacción en el eje Y [N]

$R_{DZ2}$ : Reacción en el eje Z [N]

$$V_{c2} = \sqrt{(8619,55)^2 + (1346,83)^2}$$

$$V_{c2} = 8724,14 \text{ N}$$

Para reemplazar los datos en la Ecuación (24) [20], se toma en cuenta que el eje tiene chaveteros, así que se debe recurrir a un factor de concentración de tensiones es igual a 3 como lo indica Mott [20]. El factor  $f$  es el mismo del diámetro del eje 1.

$$\varnothing_{\text{eje2}} = \sqrt{\frac{2.94 \times 3 \times 1515,37 \times 4}{74943 \times 10^4}}$$

$$\varnothing_{\text{eje2}} = 0,0844 \text{ m}$$

#### 4.6. Diseño de eje 3

En los siguientes ítems, calcularemos el diámetro requerido para el eje 3 y el esfuerzo total soportado en la cadena 3.

#### 4.6.1. Esfuerzo total cadena 3

La fuerza en la cadena 3 ( $F_{C3}$ ) es igual a la fuerza en la cadena 4 ( $F_{C4}$ ), porque esta se distribuye de la misma manera, es decir que  $T_2=T_3$  y calcula una vez utilizando la Ecuación (26) [20].

$$\therefore F_{C3} = \frac{T_2}{r_p}$$

(6)

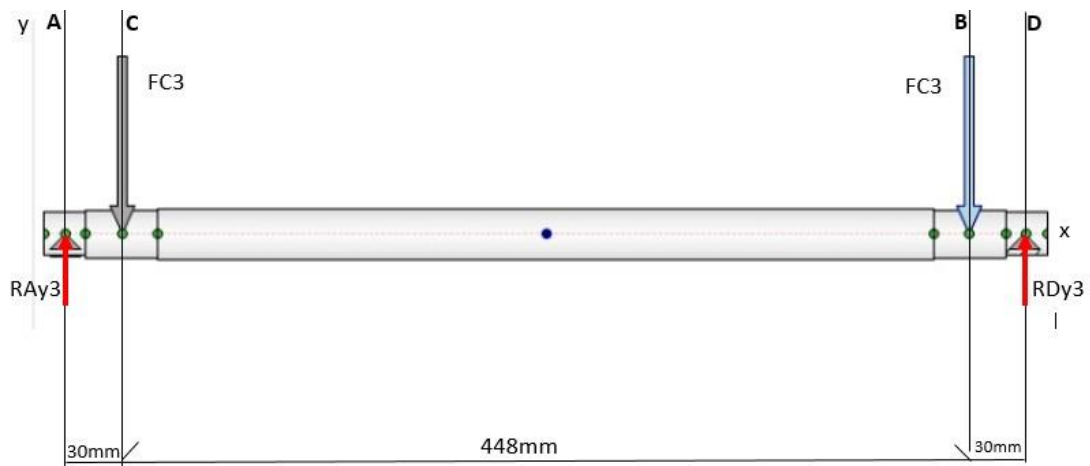
Donde:

$F_{C3}$ : Esfuerzo total, [N]

$$F_{C3} = \frac{285,02 \text{ m}}{0,035 \text{ m}}$$

$$F_{C3} = 8143,43 \text{ N}$$

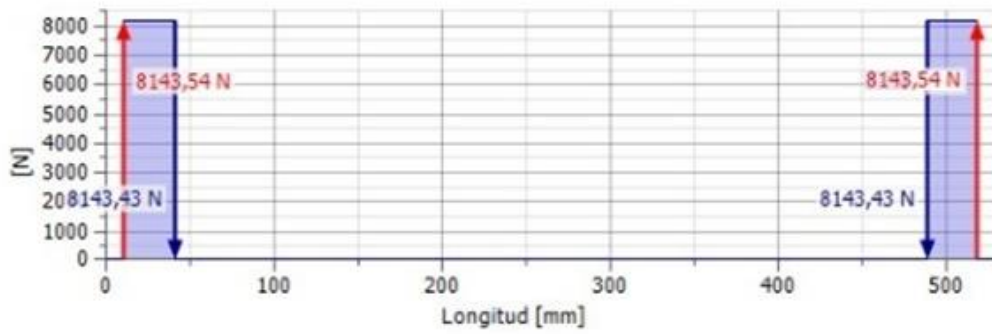
La Figura 33 muestra el esquema de fuerza y momento para el eje 3, para lo cual se genero un esquema de cuerpo libre.



**Figura 33.** Esquema de cuerpo libre del eje 3, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

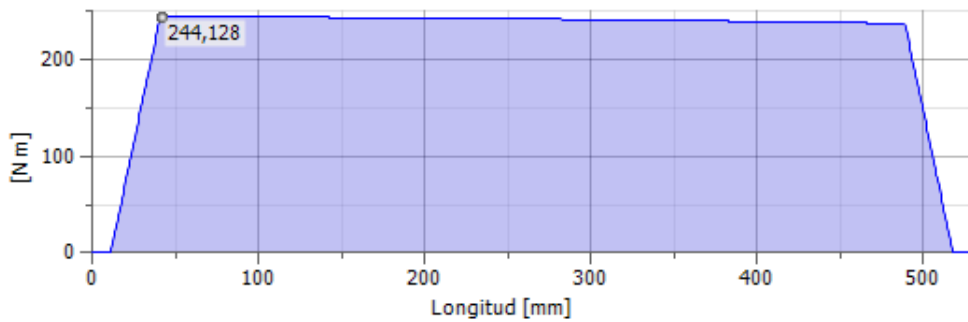
La Figura 34 muestra el esquema en el plano x-y de fuerza cortante en el eje de reducción 3.





**Figura 34.** Esquema de fuerza cortante, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

En la figura 35 se observa el momento máximo del eje 3, por medio de un esquema.



**Figura 35.** Esquema de momento máximo en el plano X-Y, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

#### 4.6.2. Diámetro mínimo

Con la ayuda de la Figura 33, se observa las resistencias que ejercen directamente en los rodamientos de las chumaceras, que da como resultado un valor igual a  $V_{c3} = 8143,43 \text{ N}$ , utilizada en la Ecuación (27) [20], para calcular el diámetro mínimo requerido.

$$\varnothing_{\text{eje3}} = \sqrt{\frac{2.94 \times Kt \times V_{c3} \times f}{S' n}} \quad (27)$$

Donde:

$\varnothing_{\text{eje3}}$ : Diámetro mínimo, [m]

$V_{c3}$ : Fuerza vertical, [N]

$$\begin{aligned}\varnothing_{\text{eje3}} &= \sqrt{\frac{2.94 \times 3 \times 8143,43 \times 4}{74943 \times 10^4}} \\ \varnothing_{\text{eje3}} &= 0.1958 \text{ m}\end{aligned}$$

Después de analizar el diámetro mínimo requerido en cada uno de los ejes, descubriendo que un diámetro de 32 mm es adecuado, ya que, el diámetro mayor de los tres ejes a utilizarse es de 29 mm.

#### 4.7. Selección de chumaceras

Usando la Ecuación (28) [20], se determina la capacidad de carga estática y dinámica soportada en la máquina, donde la carga de diseño ( $C_d$ ) es equivalente a la fuerza cortante total en el eje de reducción 2 ( $V_{c2}$ ), ya que, es el eje más crítico porque posee resistencias elevadas.

$$C_o = f_s \times C_d \tag{28}$$

Donde:

$C_o$  : Carga estática [kN]

$f_s$  : Factor de esfuerzos estáticos

$C_d$  : Carga de diseño [kN]

De acuerdo con NTN Corp [24], se debe usar un factor de tensión estática de 1 para las chumaceras con cojinetes de bolas cargados radialmente.

$$\begin{aligned}C_o &= 1 \times 87,24 \text{ kN} \\ C_o &= 87,24 \text{ kN}\end{aligned}$$

Se calcula mediante la Ecuación (29) [20] la carga dinámica, con la cual trabajarán los rodamientos, para esto se debe tener como dato la duración nominal de un millón de revoluciones.

$$C_n = \frac{C_d \times f_L}{f_N} \quad (29)$$

Donde:

$C_n$  : Capacidad de carga dinámica [N]

$f_L$  : Factor de duración

$f_N$  : Factor por velocidad

$$C_n = \frac{87,241 \times 0,973}{0,53}$$

$$C_n = 160,16 \text{ kN}$$

El valor  $f_L$  y  $f_N$  de 225,5 rpm utiliza un factor de velocidad de 0,53 obtenido a partir de la duración y el factor de velocidad [24]. Para la selección de rodamientos, tiene una vida útil de 460 horas, ya que la máquina trabaja esporádicamente 10 horas al mes.

Para 460 horas de trabajo, se maneja un factor de duración de 0,973 obtenida de la Figura 36.

▼ Valores  $f_L$  para rodamientos de bolas

$$f_L = \sqrt[3]{\frac{L_h}{500}}$$

$L_h$	$f_L$	$L_h$	$f_L$	$L_h$	$f_L$	$L_h$	$f_L$	$L_h$	$f_L$
h		h		h		h		h	
100	0,585	420	0,944	1700	1,5	6500	2,35	28000	3,83
110	0,604	440	0,958	1800	1,53	7000	2,41	30000	3,91
120	0,621	460	0,973	1900	1,56	7500	2,47	32000	4
130	0,638	480	0,986	2000	1,59	8000	2,52	34000	4,08
140	0,654	500	1	2200	1,64	8500	2,57	36000	4,16
150	0,669	550	1,03	2400	1,69	9000	2,62	38000	4,24
160	0,684	600	1,06	2600	1,73	9500	2,67	40000	4,31
170	0,698	650	1,09	2800	1,78	10000	2,71	42000	4,38
180	0,711	700	1,12	3000	1,82	11000	2,8	44000	4,45
190	0,724	750	1,14	3200	1,86	12000	2,88	46000	4,51
200	0,737	800	1,17	3400	1,89	13000	2,96	48000	4,58
220	0,761	850	1,19	3600	1,93	14000	3,04	50000	4,64
240	0,783	900	1,22	3800	1,97	15000	3,11	55000	4,79
260	0,804	950	1,24	4000	2	16000	3,17	60000	4,93
280	0,824	1000	1,26	4200	2,03	17000	3,24	65000	5,07
300	0,843	1100	1,3	4400	2,06	18000	3,3	70000	5,19
320	0,862	1200	1,34	4600	2,1	19000	3,36	75000	5,31
340	0,879	1300	1,38	4800	2,13	20000	3,42	80000	5,43
360	0,896	1400	1,41	5000	2,15	22000	3,53	85000	5,54
380	0,913	1500	1,44	5500	2,22	24000	3,63	90000	5,65
400	0,928	1600	1,47	6000	2,29	26000	3,73	100000	5,85

Figura 36. Valor de  $f_L$  para rodamientos, [25].

La chumacera se ajusta básicamente a las cargas estáticas y dinámicas calculadas anteriormente. Además, debido al análisis de la tensión máxima sobre el rodamiento en su punto más crítico, se concluye que se utilizarán el mismo tipo de rodamientos.

#### 4.8.Fuerza en el apero

Es la fuerza con la se remueve la tierra, esto se calculó mediante la Ecuación (30) [20].

$$T_3 = F_r \times r_p \quad (30)$$

Donde:

$F_r$ : Fuerza de salida del apero [N]

$r_p$ : Radio de apero [m]

$$\therefore F_r = \frac{285,02 \text{ N.m}}{0,135 \text{ m}}$$

$$F_r = 2112 \text{ [N]}$$

Se tiene en cuenta que el motocultor puede utilizar 4 cuchillas en conjuntos de 4 fresas al mismo tiempo, la fuerza generada por este es de 2112 N, es más que suficiente, puesto que la fuerza requerida para romper el suelo es de 1602 N.

Con el cálculo realizado con la Ecuación (31) [20], se comprueba la tracción requerida del apero, dependiendo de las propiedades de la superficie, los parámetros como la profundidad y el ancho del laboreo.

$$F_r = CL \times l \times a \quad (31)$$

Donde:

$CL$ : Coeficiente de labranza [kgf/m<sup>2</sup>]

$l$ : Profundidad de trabajo del apero [m]

$a$ : Ancho de trabajo el apero [m]

$$F_r = 3000 \frac{\text{kgf}}{\text{m}^2} \times 0,1 \text{ m} \times 0,35 \text{ m}$$

$$F_r = 150 \text{ kgf}$$

$$F_r = 150 \text{ kgf} \times \frac{9,8\text{N}}{1\text{kgf}}$$

$$F_r = 1470 \text{ N}$$

Cabe mencionar, donde hay cultivos la superficie es de tierra suelta, ya que, debe haber un buen drenaje para que las raíces de las plantas puedan absorber los nutrientes por lo que del coeficiente de laboreo del suelo  $CL$  se obtiene de la Tabla 22.

**Tabla 22.** Valores aproximados de coeficiente de labranza para diferentes suelos, [26]

TIPO DE SUELO	kg/dm <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>
Muy suelto	30	3000
Suelto	30-40	3000-4000
Medio	40-60	4000-6000
Tendiendo a compacto	60-80	6000-8000
compacto	80-100	8000-10000

#### 4.9.Cálculo de la carga dinámica

El efecto dinámico sobre el diente del engrane, es debido a factores tales como inexactitud en el corte de los dientes especialmente de dientes inadecuado, montaje inadecuada, deflexiones debidos a la elasticidad de los engranes y el eje, demanda irregularidad de la carga, estos son factores que deben considerarse en esta fase de diseño preliminar del engrane. El más sencillo para la obtención de la carga dinámica es por la aplicación de la siguiente Ecuación (32) [27].

$$F_d = \frac{600 + v_p}{600} \times F_t$$

para  $0 < v_p < 2000$  pie/min

(32)

Donde:

$F_d$ : Carga dinámico

$v_p$ : Velocidad de piñón.

$F_t$ : Fuerza tangencial.

Primero se debe calcular la velocidad del piñón ( $V_p$ ) con la Ecuación (33) [27].

$$v_p = \frac{\pi \times D_p \times n}{12}$$

(33)

Donde:

$n$ : Velocidad en la línea del piñón.

$D_p$ : Diámetro primitivo.

$$v_p = \frac{\pi \times 0,0844 \times 2,39}{12}$$

$$v_p = 0,0531 \left[ \frac{\text{pie}}{\text{min}} \right]$$

Se obtiene la fuerza tangencial que actúa sobre los piñones, mediante la Ecuación (34) [27].

$$F_t = \frac{2 \times T}{D_p}$$

(34)

Donde:

$T$ , torque transmitido.

$$F_t = \frac{2 \times 98.78}{0.0844}$$

$$F_t = 238.69 \text{ kg}$$

Una vez obtenido todos los datos necesarios, reemplazamos en la Ecuación (32) [27] para obtener la carga dinámica.

$$F_d = \frac{600 + 0.531}{600} \times 238.69$$
$$F_d = 239 \text{ N}$$

La carga dinámica ayuda a distinguir cuanta fuerza puede soportar, en comparación a la dureza de la tierra, que podemos observar en la Tabla 7, sin arar tenemos la fuerza necesaria máximo para el laboreo de 274,59 N, entonces en este caso el peso dinámico en el trabajo será solamente en espacios arados que puedes soportar las fuerzas.

#### **4.10. Diseño de bastidor**

Para el diseño se utilizó como material principal acero A-36, ya que, es económico y el más utilizado en fabricación de estructuras. De dimensiones 40 x 40 x 2 mm dándonos una geometría rectangular, capaz de soportar el peso de todos los elementos.

Como soporte para los neumáticos y el apero se utilizó el mismo perfil cuadrado de acero al carbono, con una lámina de espesor 2 mm que le diera ese soporte a los ejes, también se pensó que los neumáticos están en contacto directo con la superficie, mientras que el apero se encuentre 100 mm más abajo, para facilitar el trabajo de deshierbe.

Para el manubrio se utilizó como material Tubo redondo mecánico ASTM A-36 de dimensiones 25,4 x 2 mm.

##### ***4.10.1. Selección de neumáticos***

Los neumáticos en el motocultor son los que soportan todo el peso de la máquina, tomando en cuenta este criterio, la forma más adecuada de seleccionar los neumáticos fue tomar en cuenta todos los elementos que van en el equipo y sus respectivos pesos como podemos ver en la Tabla 23, y así obtener un peso total de la máquina.

**Tabla 23.** Característica de peso de cada elemento, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

UNIDADES	DESCRIPCIÓN	MATERIAL	PESO [kg]
1	Chasis	Acero ASTM A36	23,01
1	Manubrio	Acero ASTM A36	2,72
1	Eje 1 transmisión	Acero 4140	1,48
1	Eje 2 transmisión	Acero 4140	2,30
1	Eje 3 transmisión	Acero 4140	0,14
1	Eje 4 neumáticos	Acero 1018	1,94
6	Piñones		1,80
2	Catarinas		5,04
1	Cadena N°40		2,50
6	Chumaceras		9,90
1	Motor		50,00
1	Tanque de combustible (lleno)		2,62
1	Rotovator	Acero Chronit 400	6,94
-	Elementos de sujeción		3,00
<b>TOTAL</b>			<b>113,39</b>

Este análisis de pesos nos ayuda a determinar cuál es el peso total a soportar y escoger los neumáticos que cumplan con los requerimientos, es decir que soporte la carga de 113,39 kg.

En la Figura 37 se observa el neumático 13" x 5,00 - 6" seleccionado, ya que, por el diseño de sus surcos lo hacen el más idóneo en el sector agrícola.



**Figura 37.** Neumático 13"x5.00-6", [28]



Los neumáticos poseen un soporte del 50% en referencia al peso total de la máquina, por lo que cada neumático soportará una carga de 56,69 kg. Por esta razón, el neumático seleccionado de acuerdo con las especificaciones técnicas del neumático, es capaz de aguantar una carga máxima de hasta 300 kg, como se observa en la Tabla 24, cada uno cumpliendo con la carga necesaria.

**Tabla 24.** Especificaciones técnicas de neumáticos, [28]

MODEL	8x2.50-4	10**350-4	12**3.50-8	14**350-8	16**400-8	13**500-8	16x6.50-8
Tire type	Air/pu/solid	Air/pu/solid	Air/pu/solid	Air/pu/solid	Air/pu/solid	Air /pu foam	Air /pu foam
Ply rating	2,4,6						
Wheel diameter	8"	10"	12"	14"	16"	13"	16"
Wheel diameter	200mm	250mm	304mm	355mm	408mm	250mm	408mm
Tread width	2.5"	3.5"	3"	3.5"	4.0"	5"	6.5"
wheel diameter	63mm	88mm	78mm	88mm	100mm	127mm	165mm
Rim included	Yes						
Rim size	4"	4"	8"	8"	8"	6"	8"
Rim type	Metal & plastic						
Rim color	customized						
Load	100kg	150kg	200kg	250kg	300kg	300kg	500kg
Hub length	56mm	85mm	91mm	91mm	155mm	113mm	113mm

## Capítulo V

### Construcción del motocultor

#### 5.1. Construcción

La construcción de la estructura del motocultor, es construida con los implementos necesarios obtenidos en un taller mecánico como se indica en la Tabla 25.

**Tabla 25.** Máquinas y herramientas [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>Máquinas y equipos</b>	<b>Herramientas</b>	<b>Instrumentos de medición</b>	<b>Equipos de protección personal</b>
Cortadora plasma	Juego de brocas	Calibrador o pie de rey	Gafas de soldador
Torno	Útiles para tornear	Compás	Guantes para soldar
Fresadora	Martillo	Flexómetro	Casco con pantallas faciales
Plegadora	Gratas	Graduador	Puntas de acero
Cizalla	Juego de llaves	Nivel	Delantal de soldador
Taladro vertical	Juego de machuelos	Escuadra	Mangas de alta resistencia
Taladro de mano	Pistola de pintura		
Amoladora	Discos de corte		
Soldadora	Discos de polifan		
	Discos de desbaste		
	Entenalla		
	Electrodos		

#### 5.2. Montaje

El montaje del motocultor se lo realizó en el siguiente orden:

- Como primer paso se realizó todos los cortes a  $45^\circ$  mostrado en la Figura 38, especificados en los planos para el perfil cuadrado de 40 x 40 x 2 mm mediante la ayuda de una máquina tronadora.

Es necesario que todos los cortes sean verificados a escuadra para el correcto ensamblado del bastidor.



**Figura 38.** Operación de corte, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

- Una vez cortado el tubo cuadrado, se procede a cortar los ángulos de 40 x 40 x 3 mm, con la ayuda de la tronadora, luego se perfora según el diámetro de los pernos que requiere las chumaceras con el taladro y se desbasta cualquier arista viva, para así soldar en el bastidor donde se montarán las chumaceras.
- El proceso de soldadura se realiza sobre los perfiles para el ensamble del bastidor y como se muestra en la Figura 39 verificamos que las medidas sean correctas de acuerdo a los planos de construcción.



**Figura 39.** Verificación de medidas, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

- Una vez comprobadas las medidas se procede a rematar todas las aristas del chasis indicado en la Figura 40.



**Figura 40.** Remate de todas las aristas, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

- Se procede a cortar el eje de diámetro 16 mm para los neumáticos, maquinarse y realizar la perforación para colocar los seguros, una vez colocados en el chasis se colocan las ruedas.
- Cortar el perfil estructural redondo de 25,4 x 2 mm, para ser doblado en forma del manubrio y ser soldado al bastidor.

- Se mecanizan cada uno de los ejes mostrada en la Figura 41, catarinas y piñones con la ayuda de un torno convencional.



**Figura 41.** Ensamble de partes, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

- Una vez realizados todos los procesos y ensamblado todas sus partes, se procedió a instalar la batería del motor y realizar la conexión del cableado eléctrico para que la maquina pueda cumplir su función indicado en la Figura 42.



**Figura 42.** Cableado y conexión de motor, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

### **5.2.1. Descripción de la soldadura**

Para la estructura en acero ASTM A-36, se utiliza el proceso de soldadura GTAW para ya que realiza uniones limpias y de gran calidad, sin hablar que posee un bajo riesgo de inclusiones de escoria haciendo de la limpieza final una acción más fácil.

También provee de una excelente terminación en la ejecución de su soldadora, que lo hace el ideal para juntas de pequeño espesor, desde 0,2 mm a 3 mm, nuestro chasis al tener un espesor de 2 mm no presento problemas.

### **5.2.2. Pintura**

Para la máquina se ha utilizado pintura sintética, ya que esta pintura contiene una base de aceite, lo que la hace más durable y su cobertura es más amplia en una sola pasada. Es ideal para la actividad del laboreo, por su buena resistencia a la humedad y agua.

Para esto primero se debe fundear todo con una capa de pintura gris, para que la pintura sintética se pueda adherir con más facilidad y sea más resistente, como se ve en la Figura 43.



**Figura 43.** Acabado final carcasas de seguridad, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

Y el mismo procedimiento se realiza para todas las partes que conforman el bastidor como podemos ver en la Figura 44.



**Figura 44.** Acabado final bastidor, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

### 5.3. Ensayos en campo

Realizada la fabricación y ensamble del motocultor, se realizaron los respectivas ensayos en campo, de acuerdo con la Figura 54, 56 y 58, por medio de un formato de prueba que se utilizó para llevar el registro de fallas y observaciones en cada prueba.

Una vez realizadas algunas pruebas en campo, tomaremos como énfasis el factor tiempo que se demora en recorrer cierta distancia en un determinado espacio del terreno, detallando estos datos en la Tabla 26.

**Tabla 26** Ensayos de tiempo y distancia recorrida, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>NÚMERO DE PRUEBA</b>	<b>TIEMPO (s)</b>	<b>DISTANCIA RECORRIDA (m)</b>
1	20	10
2	16	10
3	13	10
<b>Tiempo promedio</b>	<b>16,3</b>	

Una vez obtenido el tiempo promedio con la ayuda de un cronometro, se determinó la velocidad del motocultor mediante la Ecuación (34) [29].

$$V_m = \frac{d}{t}$$

(34)

Donde:

$V_m$ : Velocidad del motocultor,  $\left[\frac{m}{s}\right]$

$d$ : Distancia recorrida, [m]

$t$ : Tiempo tomado, [s]

Datos:

$d = 10$  [m]

$t = 16.3$  [s]

$$V_m = \frac{10[m]}{16.3[s]}$$

$$V_m = 0.61 \left[\frac{m}{s}\right]$$

El valor de la velocidad del motocultor, la reemplazamos en la siguiente ecuación (35) [29]:

$$\eta_e = \frac{a_t \times V_m \times \eta_{te}}{10}$$

(35)

Donde:

$\eta_e$ : Rendimiento efectivo de campo,  $\left[\frac{m^2}{s}\right]$

$a_t$ : Ancho de trabajo

$v_m$ : Eficiencia del trabajo en campo

Datos:

$a_t = 0,3$  [m] tomado del ancho del apero.



Para el  $\eta_{te}$  utilizaremos el valor de 80 % de la eficiencia de trabajo en campo, ya que este está se encuentra en un intervalo de 70 a 90 como lo indica [30].

$$\eta_e = 0,39 \times 0,61 \times 0,80$$

$$\eta_e = 0,2 \left[ \frac{m^2}{s} \right]$$

Puede trabajar con la eficiencia de  $0,2 \left[ \frac{m^2}{s} \right]$  para el motocultor con arado rotativo.

En las pruebas realizadas, obtuvimos anomalías con el neumático ya que al maniobrar el motocultor sufrió ruptura en la parte izquierda de la manzana, mostrada en la Figura 45.



**Figura 45.** Ruptura en la parte izquierda, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

Entonces se optó por cambiar los neumáticos, por unos más anchos como se muestra en la Figura 46, estos al ser inflados con aire, retiene la vibración realizada por el motor.



**Figura 46.** Cambio de neumáticos, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

## Capítulo VI

### Estudio de costos

En el análisis de costos del motocultor, los costos directos e indirectos deben conocerse de la siguiente manera:

#### 6.1. Costos directos

Son los costos requeridos para la fabricación de la máquina. Se dividen en:

##### 6.1.1. Costo de materia prima

Los que contribuyen directamente al motocultor (Tabla 27), ya que, se trata de los materiales que se adquirieron para su construcción.

Tabla 27. Costos materia prima, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

DESCRIPCIÓN	MATERIAL	CANT	C/U	TOTAL
<b>Perfil cuadrado</b> 25 x 25 x 2 mm	Acero ASTM A36	2	15,10	30,20
<b>Tubo redondo estructural</b> 25, 4 x 2 mm	Acero ASTM A36	1	8,85	8,85
<b>Perfil L 50 x 50 x 6</b>	Acero ASTM A36	1	26,00	26,00
<b>Tubo redondo mecánico</b> ½" x 1,5 mm	Acero ASTM A36	1	5,00	5,00
<b>Plancha e = 6 mm</b>	Acero ASTM A36	1	20,00	20,00
<b>Plancha e= 12 mm</b>	Acero ASTM A36	1	30,05	30,50
<b>TOTAL</b>				<b>USD 93,55</b>

##### 6.1.2. Costo de elementos estandarizados

Los elementos estandarizados contienen una variedad de productos que están disponibles comercialmente, por lo que no se requiere ningún proceso de conversión, se pueden ajustar perfectamente con las máquinas detalladas en la Tabla 28.

**Tabla 28.** Costos elementos normalizados, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANT</b>	<b>C/U</b>	<b>TOTAL</b>
Motor 250 cc	1	195,00	195,00
Tanque de gasolina	1	18,00	18,00
Neumáticos 13"x5.00-6	2	10,05	20,10
Kit de aperos rotovator 40 cm	1	100,00	100,00
Batería de gel 12n7	1	35,00	35,00
Catarina sencilla 40B-50 T	2	42,25	84,50
Piñón sencillo 40B-17 T	6	6,52	39,12
Cadena Challen sencilla paso ½" n°40	1	29,90	29,90
Candados cadena 40-1 KAN	6	0,89	5,34
Chumacera CMB piso 205-16	6	8,91	53,46
Acero 1018 5/8" x 24"	1	6,54	6,54
Bronce Fosfórico 1 ½" x 100 mm	1	17,00	17,00
Acero 705 / 4140 32 x 605 mm	2	15,44	15,44
Acero 705 / 4340 32 x 305 mm	1	7,00	7,00
Perno hexagonal M10 x 1.5 x 16	12	0,73	8,80
Perno hexagonal M12 x 1.75 x 35	6	0,30	1,85
Tuerca hexagonal M12 x 1.75	12	0,10	1,60
Arandelas planas 7/16"	6	0,11	0,66
Caja térmica para cables	1	14,56	14,56
<b>TOTAL</b>			<b>USD 661,11</b>

Los costos directos son el total de todos los costos detallados en la Tabla 29.

**Tabla 29.** Costos directos, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>COSTOS DIRECTOS</b>	<b>TOTAL</b>
Materia prima	93,55
Elementos normalizados	661,11
<b>TOTAL</b>	<b>USD 754,66</b>

## 6.2. Costos indirectos

Son los costos que directamente se obtienen el producto terminado, los recursos utilizados en el paso de la producción donde las materias primas van a obtener el resultado final.

### 6.2.1. Costo de servicios de equipos

La Tabla 30 muestra el costo correspondiente al costo de las máquinas y herramientas utilizadas en el ensamble del prototipo.

**Tabla 30.** Costo de servicios de equipos, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>SERVICIO</b>	<b>HORAS</b>	<b>COSTO/HORA</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Torno	16	10,00	160,00
Taladro vertical	1	2,00	2,00
Suelda	8	5,00	40,00
Plegadora	3	3,00	9,00
Cizalla	3	3,00	9,00
Pintura	3	2,50	7,50
Esmeril	6	1,00	6,00
Técnico de motos	1	70,00	70,00
Herramienta menor	10	2,00	20,00
<b>TOTAL</b>			<b>USD 323,50</b>

### 6.2.2. Costo mano de obra

Son todos los servicios empleados durante la construcción del prototipo que se detallan en la Tabla 31, ya que son los necesarios para el armado y ensamblado del prototipo.

**Tabla 31.** Costo mano de obra, [31]

<b>DETALLE</b>	<b>HORAS DE TRABAJO</b>	<b>PERSONAL REQUERIDO</b>	<b>COSTO/HORA</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Tornero	20	1	3,50	70,00
Fresador	5	1	3,50	17,50
Soldador	4	1	3,00	12,00
Pintor	8	1	2,25	18,00
Armador	20	1	2,50	50,00
Ayudante	20	1	1,75	35,00
<b>TOTAL</b>				<b>USD 202,50</b>

### 6.2.3. Costo de consumibles

La Tabla 32 detalla el costo de los materiales consumibles.

**Tabla 32.** Costo de materiales consumibles, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANT</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Discos de corte de 4 ½"	5	1,90	5,70
Discos de corte de 7"	2	3,50	7,00
Grata 4 ½"	1	8,50	8,50
Pintura	2	20,00	40,00
<b>TOTAL</b>			<b>USD 61,20</b>

El total, es la suma de todos los costos de servicios, mano de obra y consumibles, como se detalla en la Tabla 33.

**Tabla 33.** Costos indirectos, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>	<b>TOTAL</b>
Servicios	323,50
Mano de obra	202,50
Consumible	61,20
<b>TOTAL</b>	<b>USD 587,20</b>

### 6.3. Costo total de la máquina

Se determinó el costo final del prototipo y la suma de los costos vistos anteriormente, detallados en la Tabla 34, es importante recalcar que también se agregó el 10% de cuota de imprevistos utilizada en el proyecto.

*Tabla 34.* Costo total de la máquina, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>COSTOS TOTALES</b>	<b>TOTAL</b>
Costos Directos	754,66
Costos indirectos	587,20
SUB TOTAL	1341,86
Imprevistos 10%	134,19
<b>TOTAL</b>	<b>USD 1478,05</b>

Comercialmente a nivel nacional existe una gran variedad de precios cuando se trata de motocultores, aproximadamente desde los USD 1 500 hasta los USD 3 000 dependiendo la actividad que va a realizar, así que hemos concluido que, por su precio y el estudio realizado, el motocultor es la mejor opción.

### 6.4. Análisis económico

A continuación, se detallará el análisis de costo operativos (en USD) para los métodos de cultivo anteriores, para determinar el propósito de identificar claramente la mejor opción por medio de la comparación de los valores de cada alternativa, y llegar a la conclusión de cuál es la alternativa que nos genere menos costos.

En cada una de las alternativas que se analizará, se toma en cuenta el costo que con lleva realizar la misma actividad que es el laboreo del terreno.

#### 6.4.1. Costos de contratación

En esta alternativa como ya mencionamos anteriormente se tomará en cuenta el tiempo y cuantos obreros se necesitan para realizar el laboreo, como se muestra en la Tabla 35, 36 y 37 se determinan los costos de operación.

Otro factor muy importante es que el suelo del terreno no esté preparado, es decir, se procederá a la descomposición del suelo hasta una profundidad máxima de 100 mm y se eliminarán las malas hierbas del terreno.

**Tabla 35.** Costo de mano de obra agrícola, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>SALARIO X HORA</b>	<b>HORAS A CONTRATAR</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Obrero	2	3,56	8	28,40	56,80
<b>TOTAL</b>					<b>USD 58,80</b>

**Tabla 36.** Costo de contratar laboreo con tractor agrícola, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>SALARIO X HORA</b>	<b>HORAS A CONTRATAR</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Tractor agrícola	1	40,00	1	40,00	40,00
<b>TOTAL</b>					<b>USD 40,00</b>

**Tabla 37.** Costo de contratar laboreo con motocultor, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>SALARIO POR HORA</b>	<b>HORAS A CONTRATAR</b>	<b>COSTO UNITARIO</b>	<b>COSTO TOTAL</b>
Motocultor	1	5,00	8	40,00	40
<b>TOTAL</b>					<b>USD 40,00</b>

Como podemos ver en las tablas realizadas tenemos las formas de laboreo más sustentables para el trabajo resulto ser el tractor agrícola y el motocultor, su costo es de USD 40,00 para realizar el laboreo de 1 has. de terreno.

#### 6.4.2. Costo de funcionamiento.

La tabla 38 muestra los costos de operación, es decir, la tabla detalla el precio por cada tipo de cultivo, es importante recalcar que el cultivo manual requiere algunos insumos y la maquinaria agrícola requiere combustible.

**Tabla 38.** Costo de operaciones de laboreo manual de la herramienta, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
Rastrillo	2	10	20,00
Azada	2	15	30,00
Hoces Pesadas	2	8	16,00
<b>TOTAL</b>			<b>USD 66,00</b>

Como se puede ver en la Tabla 38, el costo total de la herramienta para el laboreo manual es alto, sin mencionar que este costo dependerá directamente de la duración de la herramienta.

El tractor motorizado realiza tareas posteriores a la siembra, como eliminar las malas hierbas y aflojar el suelo alrededor del cultivo, pero su consumo de operación lo hace costoso indicado en la Tabla 39, ya que, utiliza como combustible diésel.

**Tabla 39.** Costo de operación de laboreo con tractor agrícola, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

DESCRIPCIÓN	CONSUMO (GALONES/HORA)	COSTO POR GALÓN	HORAS DE TRABAJO	COSTO TOTAL
Combustible Diésel	7,40	1,90	2	28,11
<b>TOTAL</b>				<b>USD 28,11</b>

Mientras que un laboreo con motocultor a gasolina, resulta favorable por su bajo consumo en combustible, mostrado en la Tabla 40.



**Tabla 40.** Costo de operación de laboreo con motocultor, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

DESCRIPCIÓN	CONSUMO (GALONES/HORA)	COSTO POR GALÓN	HORAS DE TRABAJO	COSTO TOTAL
Combustible	0.634	2.55	8	12.93
Gasolina extra				
<b>TOTAL</b>				<b>\$12.93</b>

Los datos obtenidos en las Tablas 39 y 40, la opción más económica es la del motocultor, y cabe aludir que estos costos solo incluyen la labranza de todo el campo antes de la siembra.

### 6.5. Beneficios del proyecto

Se evaluarán utilizando la contradicción entre los costos de labranza manual y labranza manual, así como la diferencia entre labranza y tractores agrícolas. El plazo será semestral durante 2 años.

#### 6.5.1. Motocultor vs tractor agrícola.

##### Beneficio neto en el periodo 1

Podemos hallar el valor del beneficio neto en la Ecuación (36) trabajamos con el valor de 2 que sería el valor que se realiza por año.

$$B_{nlt} = [ C_t \times 2 + C_{ct} \times 2 ] - [ C_{cb} \times 2 + C_{cm} \times 2 ] \quad (36)$$

Donde:

$B_{nlt}$ : Beneficio neto en el período 1

$C_t$ : Costo de contratación del tractor

$C_{ct}$ : Costo del combustible del tractor

$C_{cb}$ : Costo de la contratación de obrero

$C_{cm}$  : Costo del combustible del motocultor

$$B_{nit} = [ 40 \times 2 + 28,11 \times 2 ] - [ 28,40 \times 2 + 12,93 \times 2 ]$$

$$B_{nit} = \text{USD } 53,56$$

El beneficio neto del periodo 1 es igual a los periodos 2, 3 y 4 ya que los gastos son los mismos.

$$\text{FNC} = (\text{USD } 53,56) + (0,72\% (\text{USD } 53,56))$$

$$\text{FNC} = \text{USD } 53,94$$

En la Tabla 41 se obtienen los beneficios netos para motocultor y tractores agrícolas. En la primera etapa, el costo del cultivo manual es mayor, debido a la adquisición de herramienta. El detalle de las tarifas se detalla en las Tablas 38, 39 y 40.

**Tabla 41.** Beneficios netos del motocultor vs tractor agrícola, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>BENEFICIOS</b>		
Periodo	Neto	Flujo neto de caja
T1=1	53,56	-
T1=2	53,56	53,94

### 6.5.2. *Motocultor vs el laboreo manual*

#### **Beneficio neto en el periodo 1**

Podemos hallar el valor del beneficio neto en la Ecuación (37), trabajamos con el valor de 4 que sería el valor que se realiza por año.

$$B_{nit} = [ C_h + C_o \times 2 ] - [ C_{cb} \times 2 + C_{cm} \times 2 ] \tag{37}$$

Donde:

$B_{nit}$  : Beneficio neto en el período 1

$C_h$  : Costo de la herramienta

$C_o$  : Costo de operación de mano de obra

$$B_{n1t} = [66 + 58,80 \times 2] - [28,40 \times 2 + 12,93 \times 2]$$
$$B_{n1t} = \text{USD } 100,94$$

### **Beneficio neto en el periodo 2**

En la ecuación (38), encontramos el costo del beneficio neto para el período 2, donde el dato de 2 es el valor realizado anualmente.

$$B_{n2} = C_o \times 2 - [C_{cb} \times 2 + C_{cm} \times 2]$$

(38)

Donde:

$B_{n2}$  : Beneficio en el periodo 2

$$B_{n2} = 60 \times 2 - [28,40 \times 2 + 12,93 \times 2]$$
$$B_{n2} = \text{USD } 49,34$$

El beneficio neto en el periodo 2 es 49,34 dólares, y en el periodo 3,4 es igual ya que tenemos los mismos gastos.

### **Flujo neto caja**

Obtenemos el flujo neto por medio de la Ecuación (39).

$$\text{FNC} = \text{beneficio neto} + \text{tasa de inflación}$$

(39)

Donde:

FNC: Flujo neto de caja

$$\text{FNC} = (\text{USD } 49,34) + (0,72\% (\text{USD } 49,34))$$
$$\text{FNC} = \text{USD } 49,69$$

Nos referimos al valor de la renta neta del periodo 2, al cual la tasa de inflación en el Ecuador del 2021 es 0,72% [29]

En la Tabla 42 obtenemos los beneficios netos del motocultor vs laboreo manual. Ya que los costos están detallados ya con anticipación.

**Tabla 42.** Beneficios netos del motocultor vs laboreo manual, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>BENEFICIOS</b>		
Periodo	Neto	Flujo neto de caja
T1=1	100,94	-
T1=2	49,34	49,69

### 6.6. Calculo motocultor vs laboreo manual para el escenario 1 (VAN Y TIR).

#### Valor actual neto

VAN es un mostrador financiero donde se obtiene mediante la Ecuación (40), es la suma de todos los flujos netos.

$$VAN = \frac{FNC_1}{(1+j)^1} + \frac{FNC_2}{(1+j)^2} + \dots + \frac{FNC_n}{(1+j)^N} \quad (40)$$

Donde:

FNC: Flujo neto de caja,

N: Periodo en años

N: Factor de riesgo

N, presente en la ejecución del proyecto, para lo cual se optó por un riesgo bajo de 0,015.

#### Periodo 1

$$VAN = \frac{\$100,94}{(1+0,015)^1} + \frac{\$49,69}{(1+0,015)^2}$$

$$VAN = \text{USD } 147,69$$

## Periodo 2

$$\text{VAN} = \frac{\text{USD } 49,69}{(1+0,015)^1}$$
$$\text{VAN} = \text{USD } 48,95$$

La Tabla 43 indica los valores actuales netos para los 2 periodos.

**Tabla 43.** Valor actual en los 2 periodos, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

VAN				
	0	1	2	Flujos
t=0	-	100,94	49,69	USD 147,69
t=1			49,69	USD 48,95

### TRI inmediata para la escena 1 (labranza mecánica vs labranza manual)

Indica el monto optimo se lo encuentra con la Ecuación (41), realizaremos un ejemplo para no extender en documento.

$$\text{TRI} = \frac{\text{FNC}}{\text{inversión inicial}}$$

(41)

Donde:

*TRI*: Tasa de rentabilidad inmediata.

$$\text{TRI} = \frac{100,94}{1498,05}$$
$$\text{TRI} = 0,0674$$

Después de un análisis cada alternativa del proyecto, mostrada en la Tabla 44, obteniendo del TRI resultados favorables, superiores a 1,5 %, manifiesta las razones para invertir en motocultivadores. Por lo tanto, las alternativas a la agricultura mecánica tienen ventajas sobre la agricultura manual.

**Tabla 44.** Tasa de rendimiento inmediata, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>INVERSIÓN</b> <b>\$1498,05</b>		<b>TASA</b> <b>0,015</b>				
<b>AÑO</b>	<b>FLUJO NETO</b>	<b>TRI</b>	<b>TRI &gt; &lt;</b> <b>0,015</b>	<b>DECISIÓN</b>	<b>TRI &gt; &lt;</b> <b>1,5%</b>	
1	100,94		>	INVERTIR	5,24%	
2	49,69	0,0674	0,0524	>	INVERTIR	1,82%
		0,0332	0,0182			

### 6.7. Cálculos para la escena 2 (motocultor vs tractor agrícola)

#### Valor actual neto (VAN)

Se calcula sumando todos los periodos de flujo, se muestra en la Ecuación (40), de lo que resultada valores expresados en la Tabla 45.

**Tabla 45.** Valor actual neto en los 2 periodos, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>VAN</b>				
	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>Flujos</b>
t=0	–	53,56	53,94	USD 105,13
t=1			53,94	USD 53,15

#### El TRI (tasa de rentabilidad inmediata)

Después de un análisis cada alternativa del proyecto, mostrada en la Tabla 46, obteniendo del TRI resultados favorables, superiores a 1,5 %, manifiesta las razones para invertir en motocultores.

**Tabla 46.** Toma de decisión con respecto a la tasa de rendimiento inmediato, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

<b>INVERSIÓN</b> <b>\$1498,05</b>		<b>TASA</b> <b>0,015</b>			
<b>AÑO</b>	<b>FLUJO NETO</b>	<b>TRI</b>	<b>TRI &gt; &lt;</b> <b>0,015</b>	<b>DECISIÓN</b>	<b>TRI &gt; &lt;</b> <b>1,5%</b>

1	53,56	0,0358	0,0208	>	INVERTIR	2,08%
2	53,94	0,0360	0,0210	>	INVERTIR	2,09%

### 6.7.1. Cálculo de PRI (período de recuperación de la inversión)

La Tabla 47 refleja los flujos de cada año, considerando que el PRI es considerado como el mejor indicador, para medir la liquidez del proyecto.

**Tabla 47.** Recuperación de inversión. [32]

Concepto	Valores (USD)	Flujo de caja acumulado (USD)
Inversión inicial	1498,05	
Flujo de caja año 1	354,92	354,92
Flujo de caja año 2	404,92	659,84
Flujo de caja año 3	454,92	1114,76
Flujo de caja año 4	504,92	1619,68

PRI es una medida del tiempo que lleva recuperar la inversión total a un valor presente. Puede indicarnos la fecha exacta de cobertura del gasto inicial, en años, meses y días, calculada mediante la Ecuación (42).

$$PRI = a + \frac{(b - c)}{d} \quad (42)$$

Donde:

a: Año anterior al retorno del gasto

b: Gasto inicial

c: Flujo de caja acumulado del año anterior

d: Flujo de caja del año en el que se recupera el gasto

$$\text{PRI} = 3 + \frac{(1498,05 - 1114,76)}{454,92}$$
$$\text{PRI} = 3,842543744$$

Para obtener el número de meses se resta el número entero de PRI y sus decimales se multiplican por 12:

$$0,842543744 \times 12 = 10,11 \text{ meses}$$

Expresamos el número de días, sustrayendo el número entero anteriormente obtenido y multiplicando por 30:

$$0,11 \times 30 = 3,3 \text{ días}$$

El momento de recuperación del proyecto es de:

- 3 años

- 10 meses

- 3 días

## **Conclusiones**



Del estudio bibliográfico se obtuvo una información más clara y detallada sobre el motocultor, sus funciones y componentes, pues de esta manera, con una idea más clara, se puede entender que no se debe remover en exceso la capa de suelo para la labranza, para asegurar una buena oxigenación y preservar los nutrientes esenciales del suelo para futuras cosechas.

Mediante el estudio de alternativas, se seleccionó la alternativa del motocultor a gasolina por su costo y operatividad, en comparación con el motocultor a diésel este tiene un exceso de potencia para el prototipo, el costo del motocultor a gasolina es el 50% menos en el mercado.

Se analizó un eje que soporta esfuerzos combinados, hecho de acero AISI 4340 este material puede llegar a soportar hasta 1230 Mpa y se determinó mediante el peso del motor, apero y sistema de transmisión una estructura de tubo estructural de 40x40x2 que soporta el peso de 113 kg.

Se ha analizado a través de las pruebas de campo la dureza del suelo, donde se obtuvo como resultado una fuerza requerida de 1 471 N para levantar la primera capa de la superficie, así como también se determinó como resultado que el apero trabaja a 400 mm de arado con una profundidad de 100 mm por un ancho de 150 mm entre cada cuchilla.

Mediante el análisis económico VAN, TIR Y PRI se obtuvo el tiempo de recuperación total en 3 años, 10 meses y 3 días, de la inversión en el prototipo que fue de USD 1 498,05.

## **Recomendaciones**

- El operador a cargo de la máquina, debe en primera instancia familiarizarse con el motocultor, para mejorar su maniobrabilidad.
- Se recomienda que al iniciar el uso del motocultor, el responsable de la operación debe contar con equipo de protección personal adecuado como mascarilla, goggles protectores, orejeras y botas, para así evitar cualquier tipo de lesión.
- Antes de arar el suelo, se recomienda comprobar el nivel de gasolina tomando en cuenta que el motor debe siempre estar apagado.
- Al utilizar el motocultor se recomienda inspeccionar el terreno para poder retirar, piedras grandes, palos, etc., objetos que podrían estropear el apero o romper la máquina en sí.
- Se recomienda no trabajar en terrenos con pendientes mayores a 30°, de preferencia en terrenos planos o con pocas inclinaciones, para evitar volcamiento de la máquina.

## Glosario

- **Motor principal:** un motor trifásico es aquel que transforma el combustible en trabajo mecánico a través de interacciones electromagnéticas [33].
- **Resistencia de materiales:** estudia las propiedades mecánicas de cada elemento estructural, así como sus cualidades mecánicas [34].
- **Potencia:** es la velocidad de movimiento que produce el par multiplicado por las RPM [35].
- **RPM:** es una componente de medida manejada para expresar frecuencia o velocidad angular, indicando el número de revoluciones que completa un cuerpo giratorio por minuto [36].
- **Vibraciones:** las vibraciones en los vehículos se producen básicamente por acciones como: anomalía en la calzada, labor de las masas giratorias y la aerodinámica [37].
- **Rotocultor:** Rociado e hinchamiento del suelo pulverizado uniformemente sobre toda la sección de trabajo. A menudo se usa para preparar rápidamente suelos de huerta bien estructurados sin crear un exceso de suelo fino. Los residuos superficiales se incorporan a la mitad superior del perfil del suelo de trabajo [38].

## Lista de referencias

- [1] «DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS,» 30 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.demaquinasyherramientas.com/maquinas/ventajas-y-desventajas-de-un-motocultivador>. [Último acceso: 15 Julio 2022].
- [2] «proain tecnología agrícola,» 07 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://proain.com/blogs/notas-tecnicas/impacto-de-la-compactacion-del-suelo-agricola>. [Último acceso: 10 Julio 2022].
- [3] «Los mejores motocultores para tu campo,» [En línea]. Available: <https://motocultores.pro/>.
- [4] S. Martínez y P. Nájera, Marzo 2020. [En línea]. Available: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/20849/1/CD%2010370.pdf>. [Último acceso: 15 Diciembre 2021].
- [5] C. Salomón, «INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA,» 2007. [En línea]. Available: <https://www.itsa.edu.co/docs/17-S-Consuegra-Modulo-Motores-Diesel.pdf>. [Último acceso: 09 Mayo 2022].
- [6] «Diagramas de piezas BCS.,» [En línea]. Available: <https://www.tracmaster.co.uk/pages/bcs-700-powersafe-parts-diagrams>.
- [7] «Plataforma de conocimientos para el medio rural y pesquero,» Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino, 2008. [En línea]. Available: [https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/Arado-discos\\_tcm30-58101.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/Arado-discos_tcm30-58101.pdf). [Último acceso: 19 12 2021].
- [8] «Arado de discos,» [En línea]. Available: <https://www.agriexpo.online/es/prod/tatu-marchesan/product-173791-54576.html>.
- [9] I. T. W. Olaguibel, «Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias,» Rev Cie Téc Agr v.19 n.1 San José de las Lajas, ene-mar. 2010. [En línea]. Available: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542010000100007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542010000100007). [Último acceso: 19 12 2021].
- [10] «Rotovator zagroda,» [En línea]. Available: <https://agroscoPIO.com/producto/rotavator-2-metros/>.
- [11] «BCS,» Surcador, 2021. [En línea]. Available: <https://www.bcsagricola.com/producto/apero-surcador-bcs>. [Último acceso: 26 Diciembre 2021].
- [12] «Surcador,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.bcsagricola.com/producto/apero-surcador-bcs>.

- [13] «MOTOCULTOR MULTIFUNCION DUCATI DRTL 2100,» [En línea]. Available: <https://www.delagroecuador.com/productos/linea-labranza/motocultores/motocultor-multifuncion-210cc-ducati/>.
- [14] dinatek, «Tractores y cosechadoras/ Motocultor CF151,» [En línea]. Available: <https://dinatek.ec/wp-content/uploads/2021/10/C30-PAG-44-Motocultores.pdf>. [Último acceso: 15 Mayo 2022].
- [15] «MOTOAZADA DUCATI DTL 7000,» [En línea]. Available: <https://www.delagroecuador.com/productos/linea-labranza/motoazada/motoazada-ducati-dtl-7000/>.
- [16] D. Larrea y C. Toledo, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA MOTOCULTORA DE 7HP PARA EL LABOREO DE SUELOS EN LA COMPAÑÍA ALQAMARI S.A, UBICADA EN LA JOYA DE LOS SACHAS PROVINCIA DE ORELLANA.,» Septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19294/1/UPS%20-%20TTS170.pdf>.
- [17] «significados,» ciencia, [En línea]. Available: <https://www.significados.com/dureza/>. [Último acceso: 8 Marzo 2022].
- [18] «motor1,» [En línea]. Available: [https://cc.bingj.com/cache.aspx?q=motor+1+ficha+tecnica&d=5016131289813089&mkt=es-XL&setlang=es-ES&w=m\\_Whk7WDUFjpEvqHBem-bJtGXp9GcPm\\_](https://cc.bingj.com/cache.aspx?q=motor+1+ficha+tecnica&d=5016131289813089&mkt=es-XL&setlang=es-ES&w=m_Whk7WDUFjpEvqHBem-bJtGXp9GcPm_).
- [19] F. Álvarez Mejía, «ARADOS TOTATIVOS FNDAMENTOS TEÓRICOS PARA SU ANÁLISIS CINMÁTICO Y DINÁMICO,» REVISTA FACULTAD NACIONAL DE AGRONOMÍA, 1985.
- [20] R. L. Mott, «Diseño de elementos de máquinas,» 2006. [En línea]. Available: <https://vdoc.pub/documents/diseo-de-elementos-de-maquinas-7helkqldacd0>. [Último acceso: 20 Junio 2022].
- [21] «Piñones para cadenas de rodillos,» [En línea]. Available: <http://www.jocartransmisiones.com/PDF%27s/02-Pinones.pdf>.
- [22] «PIÑONES Y CADENAS,» [En línea]. Available: <file:///C:/Users/rv14/Desktop/ANGHY%20LUCERO/NORMALIZADOS/MANUAL%20DE%20PI%20C3%91ONES%20Y%20CADENAS.pdf>.
- [23] I. G. Bavaresco, «PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO DE EJES,» [En línea]. Available: [https://www.academia.edu/es/35624078/PROCEDIMIENTO\\_PARA\\_EL\\_DISE%20C3%91O\\_DE\\_EJES\\_PARA\\_EL\\_DISE%20C3%91O\\_DE\\_EJES](https://www.academia.edu/es/35624078/PROCEDIMIENTO_PARA_EL_DISE%20C3%91O_DE_EJES_PARA_EL_DISE%20C3%91O_DE_EJES).
- [24] N. Corpotation, «DOYMA,» 2009. [En línea]. Available: [https://grupodoyma.com/catalogos-web/NTN-CHUMACERAS.pdf?fbclid=IwAR3k\\_jGv3S6T5ySCKDIMFRT2aE6qB6Q-fTv7DUyGVYyEHycdYRsyvDE3Mus](https://grupodoyma.com/catalogos-web/NTN-CHUMACERAS.pdf?fbclid=IwAR3k_jGv3S6T5ySCKDIMFRT2aE6qB6Q-fTv7DUyGVYyEHycdYRsyvDE3Mus). [Último acceso: 1 junio 2022].
- [25] «Rodamientos FAG,» [En línea]. Available: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut214/FAG.pdf>.

- [26] I. A. M. Herrera, «MECANIZACIÓN AGRÍCOLA,» [En línea]. Available: <https://mecanizacionagricolafca.files.wordpress.com/2012/10/clase-3-1-labranza-primaria.pdf>.
- [27] W. J. M. C. E. W. Aaron D. Deutschman, «Diseño del engrane,» de *Diseño de Maquinas*, México, CAMPAÑA EDITORIAL CONTINENTAL, S.A., pp. 606-607.
- [28] «Rueda y eje sólido de caucho en polvo de 13"x3",» 2019. [En línea]. Available: Polvo de caucho sólido 13 "x3" rueda y eje para Wb3800 Sudáfrica Mercado - Comprar rueda de polvo de goma, sudáfrica modelo de rueda para Wb3800, eje y oreja producto en Alibaba.com.
- [29] R. R. Cajas Reinos y F. Pullas Pulupa, «Diseño, modelado y construcción de un motocultor mediante elementos finitos destinado a la preparación del suelo para la formación de camas de cultivos,» Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2012.
- [30] F. Ortiz, «Cálculos: Potencias, pérdidas y rendimientos del tractor agrícola,» p. 22, 2009.
- [31] C. Rolando y J. Quiroz, «DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE LABRANZA CON TRACCIÓN ACCIONADA POR UN MOTOR DE COMBUSTION INTERNA PARA EL TALLADO DE UN SURCO DE SIEMBRA A LA VEZ,» Escuela Politécnica Nacional, Quito, 2012.
- [32] «ESAN,» 24 01 2017. [En línea]. Available: <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/el-pri-uno-de-los-indicadores-que-mas-llama-la-atencion-de-los-inversionistas>. [Último acceso: 14 07 2022].
- [33] MOTOREX, «MOTOREX,» 14 marzo 2019. [En línea]. Available: <http://www.motorex.com.pe/blog/motores-trifasicos-ventajas/#:~:text=Los%20motores%20trif%C3%A1sicos%20son%20m%C3%A1quinas,utilizada%20en%20muchas%20aplicaciones%20industriales..> [Último acceso: 6 abril 2021].
- [34] I. J. Grimán, «Resistencia de Materiales,» [En línea]. Available: <https://sites.google.com/site/resistenciadematerialsducua/home/-que-es-la-resistencia-de-materiales>. [Último acceso: 6 abril 2021].
- [35] D. Murias, «motorpasion,» 30 julio 2020. [En línea]. Available: [https://www.motorpasion.com/revision/caballos-potencia-cilindrada-par-motor-fuerza-definiciones-ri#:~:text=En%20un%20motor%2C%20la%20potencia,recuerda%2C%20fuerza\\*distancia\)..](https://www.motorpasion.com/revision/caballos-potencia-cilindrada-par-motor-fuerza-definiciones-ri#:~:text=En%20un%20motor%2C%20la%20potencia,recuerda%2C%20fuerza*distancia)..) [Último acceso: 6 abril 2021].
- [36] «hello auto,» [En línea]. Available: <https://helloauto.com/glosario/rpm#:~:text=Significado%20de%20RPM,realiza%20el%20cig%C3%BCe%C3%B1al%20cada%20minuto..> [Último acceso: 6 abril 2021].
- [37] J. Medina, Febrero 2015. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7956/1/UPS-CT004817.pdf>. [Último acceso: 09 Octubre 2021].

[38] «GREDOS,» [En línea]. Available: <https://gredos.usal.es/handle/10366/125808>. [Último acceso: 09 Octubre 2021].

## Anexos

### Anexo 1: Pruebas de dureza



Figura 47. Prueba de dureza en suelo arado, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]



Figura 48. Prueba de dureza en el suelo no arado, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]



## Anexo 2: Prototipo de motocultor



**Figura 49.** Prototipo 1, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]



**Figura 50.** Prototipo final, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]



**Figura 51.** Producto final, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

### **Anexo 3: Ensayos en campo**



**Figura 52.** Ensayo 1, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA						
FORMATO DE PRUEBAS MOTOCULTOR						
Responsable:	Anghy Lucero - Edwin Tipán					
Tipo de cultivo:	Sin Arar.					
Lugar:	Cayambe - Estación de Inv.	Fecha:	14	06	2022	
Prueba N°:	1					
CRITERIOS	Falla	No falla	Observaciones			
Sistema motriz		×				
Ajuste de estructura		×				
Maniobrabilidad	×		Poca destreza en el manejo de motocultor.			
Fiabilidad de la tarea	×		Los aperos no cumplen con su tarea satisfactoriamente.			
Facilidad de transporte	×		Ancho de los neumáticos no fue el adecuado para la tarea.			
Capacidad (km/h)	1,8					
Profundidad de laboreo (cm)	3					
Tiempo (s):	20					
Distancia recorrida (m):	10,					

Figura 53. Resultado de ensayo 1, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]



Figura 54. Ensayo 2, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA		FORMATO DE PRUEBAS MOTOCULTOR		
Responsable:	Edwin Tipán - Anghy Lucero.			
Tipo de cultivo:	Sin Arado			
Lugar:	Cayambe - Estación de Invi	Fecha:	17	06 2022.
Prueba N°:	2			
CRITERIOS	Falla	No falla	Observaciones	
Sistema motriz		X		
Ajuste de estructura		X		
Maniobrabilidad		X		
Fiabilidad de la tarea		X		
Facilidad de transporte	X		Ruptura de la manzana del neumático.	
Capacidad (km/h)	2,25			
Profundidad de laboreo (cm)	10			
Tiempo (s):	16			
Distancia recorrida (m):	10			

Figura 55. Resultado de ensayo 2, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]



Figura 56. Ensayo final, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]


UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA						
FORMATO DE PRUEBAS MOTOCULTOR						
Responsable:	Edwin Tipán - Anghy Lucero.					
Tipo de cultivo:	Sin Arar					
Lugar:	Cayambe - Estación de Inu	Fecha:	18	07	2022.	
Prueba N°:	3					
CRITERIOS	Falla	No falla	Observaciones			
Sistema motriz		×				
Ajuste de estructura		×				
Maniobrabilidad		×				
Fiabilidad de la tarea		×				
Facilidad de transporte		×				
Capacidad (km/h)	2,77					
Profundidad de laboreo (cm)	10					
Tiempo (s):	13					
Distancia recorrida (m):	10					

Figura 57. Resultado de ensayo 3, [Lucero Anghy & Tipán Edwin]

### Anexo 3: Planos