



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SURCADORA CON ACOPLE A
MOTOCULTOR YTO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

AUTOR: JEFFERSON MARLON GUAMANGATE VARGAS

DIRECTOR: Ing. EDISON PATRICIO ABARCA PERÉZ

Riobamba – Ecuador

2024

©2024, Jefferson Marlon Guamangate Vargas

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

Yo, Jefferson Marlon Guamangate Vargas declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 5 de julio 2024


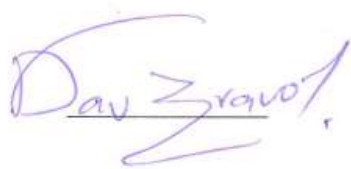
A handwritten signature in purple ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above the printed name.

Jefferson Marlon Guamangate Vargas

C. I: 1501067365

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE SURCADORA CON ACOPLA A MOTOCULTOR YTO**, realizado por el señor: **JEFFERSON MARLON GUAMANGATE VARGAS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Juan Carlos Rocha Hoyos 07-5 PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-
Ing. Edison Patricio Abarca Pérez DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-07-5
Ing. Víctor David Bravo Morocho ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-07-5

DEDICATORIA

Quiero dedicar el trabajo de titulación a mi madre **Elena Clara Vargas Andi** por su apoyo incondicional durante el cumplimiento del objetivo y de manera muy gratificante agradezco por haber creído en mí, siempre enseñarme a ser perseverante y darme un amor incondicional he logrado cumplir el objetivo de ser un Ingeniero Automotriz.

A toda mi familia, que han sido una base fundamental en mi vida y gracias a sus consejos, palabras han sido mi motivación y entusiasmo por el buen camino y llegar a culminar esta carrera profesional.

Jefferson

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por acogerme en sus instalaciones y embarcarme en un mundo de conocimientos.

A los profesores de la Escuela de Ingeniería Automotriz quienes me supieron compartir sus conocimientos, en mi instante estudiantil.

A mi madre por su sacrificio y apoyo económico para realizar mis estudios superiores.

Jefferson

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
CONTENIDO	vii
LISTA DE ILUSTRACIONES	x
LISTA DE TABLAS	xii
LISTA DE ANEXOS	xiii
LISTA DE ABREVIACIONES	xv
RESUMEN	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I.

1.1	Antecedentes	3
1.2	Planteamiento del problema	4
1.3	Justificación	6
<i>1.3.1</i>	<i>Justificación teórica</i> _____	<i>6</i>
<i>1.3.2</i>	<i>Justificación metodológica</i> _____	<i>6</i>
<i>1.3.3</i>	<i>Justificación práctica</i> _____	<i>7</i>
1.4	Objetivos	8
<i>1.4.1</i>	<i>Objetivo general</i> _____	<i>8</i>
<i>1.4.2</i>	<i>Objetivo Especifico</i> _____	<i>8</i>

CAPÍTULO II.

2.1	Estado del arte	9
2.2	Bases teóricas	11
<i>2.2.1</i>	<i>El motocultor</i> _____	<i>11</i>
<i>2.2.2</i>	<i>Forma del apero</i> _____	<i>13</i>
<i>2.2.3</i>	<i>Asurcador</i> _____	<i>16</i>
<i>2.2.4</i>	<i>Capacidad de maquinaria agrícola</i> _____	<i>24</i>
<i>2.2.5</i>	<i>Capacidad en campo</i> _____	<i>25</i>
<i>2.2.6</i>	<i>Potencia a la barra de tiro</i> _____	<i>31</i>

2.2.7	<i>Labranza del suelo</i>	31
2.2.8	<i>Arado del suelo</i>	33
2.2.9	<i>Surcador</i>	34
2.2.10	<i>Materiales utilizados en la fabricación de implementos agrícolas</i>	36
2.2.11	<i>Soldadura</i>	39
2.2.12	<i>Análisis por elementos finitos</i>	44
2.3	Marco Legal	47
2.3.1	<i>Norma INEN 5718</i>	47
2.3.2	<i>Norma ISO 26322</i>	48

CAPÍTULO III.

3.1	Diagrama de etapas del proyecto	49
3.2	Metodología de investigación a realizar	49
3.2.1	<i>Fase de diseño</i>	50
3.2.2	<i>Diseño conceptual</i>	50
3.2.3	<i>Proceso de diseño</i>	52
3.3	Desarrollo del proyecto	53
3.3.1	<i>Parámetros necesarios en el diseño</i>	54
3.3.3	<i>Análisis de alternativas de diseño</i>	58
3.4	Diseño del surcador para el motocultor	61
3.4.1	<i>Cronograma (planificación de actividades)</i>	62
3.4.2	<i>Recursos y materiales</i>	63
3.5	Costos directos	63
3.5.1	<i>Costos de materiales planchas, tubo, perfiles de acero y pernos de sujeción</i>	63
3.5.2	<i>Costos de herramientas utilizadas</i>	63
3.5.3	<i>Costo de mano de obra para la fabricación del surcador</i>	64
3.5.4	<i>Costos indirectos</i>	64
3.5.5	<i>Talento humano</i>	65
3.5.6	<i>Equipos y materiales</i>	65
3.5.7	<i>Equipos</i>	67
3.5.8	<i>Selección de alternativas</i>	69
3.5.9	<i>Evaluación de criterios de diseño</i>	74
3.5.10	<i>Análisis de cargas aplicadas al apero surcador</i>	76
3.5.11	<i>Ensamble del apero surcador</i>	79
3.6	Diseño Estructural	80
3.6.1	<i>Análisis de esfuerzos del apero surcador</i>	86

3.7	Material para la estructura y vertedera del apero surcador	87
3.8	Simulación del apero surcador	88
3.8.1	<i>Pre-procesado</i>	88
3.8.2	<i>Post procesado</i>	89
3.8.3	<i>Análisis de resistencia del apero surcador</i>	89
3.8.4	<i>Propiedades mecánicas del material</i>	89
3.8.5	<i>Condiciones de frontera para simular el apero surcador</i>	90
3.8.6	<i>Mallado del apero surcador</i>	91
3.8.7	<i>Análisis de resultados de resistencia del apero surcador</i>	91
3.9	Construcción del apero surcador	94
3.10	Pruebas realizadas en campo del apero construido	94

CAPITULO IV

4.1	Conclusiones	98
4.2	Recomendaciones	99

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2. 1	Motocultor	11
Ilustración 2.2	Esquema de un Motocultor	12
Ilustración 2. 3	Arado reversible fijo	15
Ilustración 2.4	Arado reversible desplazable	16
Ilustración 2.5	Asurcador	17
Ilustración 2.6	Asurcador	18
Ilustración 2.7	Arado vertedera	19
Ilustración 2.8	Arado vertedera	20
Ilustración 2.9	Arado vertedera	21
Ilustración 2.10	Arado cincel.....	22
Ilustración 2.11	Arado de disco	23
Ilustración 2.12	Arado de disco	24
Ilustración 2.13	Coefficiente de labranza del suelo	28
Ilustración 2. 14	Soldadura arco eléctrico	41
Ilustración 2. 15	Soldadura de gas.....	42
Ilustración 2. 16	Soldadura por resistencia	42
Ilustración 2. 17	Soldadura por puntos.....	42
Ilustración 2. 18	Coefficiente de labranza del suelo	45
Ilustración 3.1	Diagrama de flujo del proyecto	49
Ilustración 3. 2	Diagrama de flujo del proyecto	52
Ilustración 3. 3	Matriz QFD (Casa de calidad).....	56
Ilustración 3. 4	Taladro de pedestal.....	68
Ilustración 3. 5	Taladro de pedestal.....	68
Ilustración 3. 6	Soldadora	69
Ilustración 3. 7	Soldadora.....	69
Ilustración 3. 8	Estructura soporte surcador	71
Ilustración 3. 9	Anclaje de sujeción de la surcadora alternativa A.....	71
Ilustración 3. 10	Anclaje de sujeción de la surcadora alternativa B	72
Ilustración 3. 11	Placa de Anclaje de sujeción de la surcadora alternativa A y B	72
Ilustración 3. 12	Apero surcador tipo vertedera alternativa A.....	73
Ilustración 3. 13	Apero surcador tipo vertedera alternativa B	73
Ilustración 3. 14	Sistema surcador ensamble.....	74
Ilustración 3. 15	Sistema surcador ensamble.....	74

Ilustración 3. 16	Ancho de labranza del apero surcador	77
Ilustración 3. 17	Profundidad de arado del implemento	77
Ilustración 3. 18	Diagrama de cuerpo libre horizontal.....	79
Ilustración 3. 19	Diseño estructural.....	80
Ilustración 3. 20	Diagrama de Cuerpo Libre DCL.....	81
Ilustración 3. 21	Cálculo de esfuerzo máximo	82
Ilustración 3. 22	Área vertical de la estructura	86
Ilustración 3. 23	Geometría simplificada para la simulación.....	89
Ilustración 3. 24	Profundidad de arado del implemento	90
Ilustración 3. 25	Caras de sujeción fija para la simulación.....	90
Ilustración 3. 26	Cargas aplicadas al apero surcador.....	91
Ilustración 3. 27	Calidad de malla	91
Ilustración 3. 28	Esfuerzo de Von Misses	92
Ilustración 3. 29.	Desplazamiento del apero surcador	92
Ilustración 3. 30	Desplazamiento del apero surcador	93
Ilustración 3. 31	Apero surcador	94
Ilustración 3. 32	Apero surcador	94
Ilustración 3. 33	Adaptación del Apero surcador al motocultor	95

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1	Tipos de motocultores.....	13
Tabla 3. 1	Parámetros para diseño del surcador.....	54
Tabla 3. 2	Especificaciones técnicas de la máquina	57
Tabla 3. 3	Alternativas de diseño.....	58
Tabla 3. 4	Ventajas y desventajas	60
Tabla 3. 5	Análisis de propuestas de diseño	61
Tabla 3. 6	Cronograma de actividades.....	62
Tabla 3. 7	Costos directos.....	63
Tabla 3. 8	Costos de herramientas	64
Tabla 3. 9	Costos mano de obra.....	64
Tabla 3. 10	Resumen de costos.....	64
Tabla 3. 11	Costos indirectos.....	65
Tabla 3. 12	Criterios de evaluación anclaje móvil.....	75
Tabla 3. 13	Criterios de evaluación apero surcador.....	75
Tabla 3. 14	Tipo de suelo y resistencia específica.....	78
Tabla 3. 15	Velocidades de trabajo del motocultor.....	78
Tabla 3. 16	Propiedades del acero ASTM A36	81
Tabla 3. 17	Propiedades del acero ASTM A36	88
Tabla 3. 18	Pruebas de tiempo de labranza.....	96

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A:** DESARMADA DE LA GUACHADORA DEL MOTOCULTOR
- ANEXO B:** DESACOPLE TOTAL DE LA GUACHADORA
- ANEXO C:** MEDICIONES EN EL TUBO CUADRADO DE HIERRO DE 75X75X3MM PARA CONSTRUCCIÓN DE SURCADORA
- ANEXO D:** ARMADA Y PUESTA A ESCUADRA TUBO CUADRADO DE LA PRIMERA SECCIÓN DE LA SURCADORA
- ANEXO E:** COLOCACIÓN Y PUNTEADA DE LA SURCADORA DE LA PRIMERA SECCIÓN DE LA SURCADORA AL MOTOCULTOR
- ANEXO F:** ELABORACIÓN DE LAS PALAS DE LA SURCADORA
- ANEXO G:** INSTALACIÓN DE PERNOS REGULADORES DE LAS PALAS U OREJAS DE LA SURCADORA
- ANEXO H:** INSTALACIÓN DE PALAS U OREJAS DE SURCADORA
- ANEXO I:** PINTADA CON FONDO AUTOMOTRIZ A LA SURCADORA
- ANEXO J:** AJUSTES DE PERNOS DE LAS PALAS U OREJAS DE SURCADORA
- ANEXO K:** PRUEBA FINAL DE SURCADORA EN MOTOCULTOR YTO
- ANEXO L:** LIMPIEZA DE SOLDADURA CON LIMPIADOR SPRITE BASE SOLVENTE.
- ANEXO M:** APLICACIÓN DE SPRITE PENETRANTE SOBRE LA SUPERFICIE
- ANEXO N:** APLICACIÓN DE SPRITE AGENTE REVELADOR APLICADO A LA ZONA DE INTERÉS

SIMBOLOGÍA

μ	<i>Resistencia específica del terreno</i>
n	Número de cuerpos del arado a = anchura de cada cuerpo [cm] p = profundidad de trabajo [cm]
S	<i>Sección de arado del surcador</i>
Cs	Carga de esfuerzo del arado
A	Área de la estructura

LISTA DE ABREVIACIONES

QFD Casa de calidad

ASTM Sociedad americana para pruebas y materiales AISI: Instituto americano del hierro y el acero

MEF Método de elementos Finitos

:

RESUMEN

El estudio "Diseño y Construcción de Surcadora con Acople a Motocultor YTO" se enfoca en desarrollar un implemento agrícola específico para su uso en motocultores de la marca YTO. El objetivo principal es proporcionar a los agricultores una herramienta eficiente y económica para realizar labores de surcado en sus terrenos de manera efectiva. El estudio se basa en una metodología que combina el modelo Pahl y Beitz para la generación de soluciones amplias en forma de concepto y esquemas de solución. Se recopilan datos sobre las necesidades y restricciones de los agricultores mediante encuestas y entrevistas, lo que sirve de base para el diseño del implemento. Se proponen dos alternativas de diseño para la surcadora, considerando aspectos como facilidad de construcción, seguridad, mantenimiento y condiciones de trabajo. Cada alternativa se evalúa mediante análisis técnico y económico, priorizando criterios como la resistencia estructural, la capacidad de carga, el costo de fabricación y el diseño funcional. La estructura de la surcadora se diseña para garantizar su resistencia y estabilidad durante la operación, considerando las cargas y fuerzas involucradas. Se emplean materiales como el acero estructural ASTM A-36 o ASTM A-500 grado A, junto con cuchillas de diversos materiales según el diseño propuesto. Se realizan simulaciones controladas por computadora utilizando el método de los elementos finitos para evaluar el comportamiento estructural de la surcadora bajo diferentes condiciones de carga. Además, se analizan los costos asociados con la fabricación del implemento, incluyendo materiales, mano de obra y otros gastos directos e indirectos. El estudio propone una solución práctica y eficiente para la realización de labores de surcado en terrenos agrícolas utilizando motocultores YTO. La surcadora diseñada ofrece un equilibrio entre rendimiento, seguridad, costo y facilidad de uso, lo que la convierte en una herramienta valiosa para los agricultores de la región.

Palabras claves: <MOTOCULTOR> <CONSTRUCCIÓN DE SURCADORA>
<ELEMENTOS FINITOS> <RESISTENCIA ESTRUCTURAL>

1121-DBRAI-UPT-2024



SUMMARY

The study “Design and Construction of a Furrower with YTO motorized plough Attachment” focuses on developing a specific agricultural implement for use with YTO brand motorized plough. The primary objective is to provide farmers with an efficient and cost-effective tool for effective furrowing in their fields. The study employs a methodology that combines the Pahl and Beitz model for generating broad solutions in the form of concepts and solution schematics. Data on farmers’ needs and constraints are collected through surveys and interviews, serving as the basis for the implementation design. Two design alternatives for the furrower are proposed, considering factors such as ease of construction, safety, maintenance, and working conditions. Each alternative is evaluated through technical and economic analyses, prioritizing criteria such as structural strength, load capacity, manufacturing cost, and functional design. The furrower’s structure is designed to ensure strength and stability during operation, accounting for the involved loads and forces. Materials such as ASTM A-36 or ASTM A-500 grade A structural steel are used, along with blades of various materials according to the proposed design. Computer-controlled simulations using the finite element method assess the structural behavior of the furrower under different load conditions. In addition, costs associated with implementing manufacturing, including materials, labor, and other direct and indirect expenses, are analyzed. The study proposes a practical and efficient solution for furrowing tasks in agricultural fields using YTO motorized plough. The designed furrower strikes a balance between performance, safety, cost, and ease of use, making it a valuable tool for farmers in the region.

Keywords: <MOTORIZED PLOUGH>, <FURROWER CONSTRUCTION>, <FINITE ELEMENTS>, <STRUCTURAL STRENGTH>.



Lic. Patricia Moyota A. Mgs

ID number: 0603611013

EFL Teacher

INTRODUCCIÓN

En el contexto agrícola, la mecanización de tareas es una práctica clave para aumentar la eficiencia y productividad en el trabajo del campo, uno de los equipos más utilizados para la tarea es el motocultor, herramienta versátil que facilita diversas labores agrícolas como el arado, la siembra y el cultivo de la tierra. Rivera (2021), afirma que, para optimizar la funcionalidad del motocultor, es importante contar con implementos y accesorios que se adapten a las necesidades específicas de cada tarea.

La surcadora se erige como un implemento esencial para la preparación del suelo en la siembra de diversos cultivos, su diseño y funcionamiento permiten la creación de surcos precisos y uniformes, lo que resulta fundamental para garantizar una siembra adecuada y optimizar el rendimiento de los cultivos. Al crear surcos consistentes y bien definidos, la surcadora facilita la implantación de semillas en la profundidad y separación requeridas, lo que favorece la germinación uniforme y el desarrollo saludable de las plantas, por otra parte, los surcos creados por la surcadora proporcionan un lecho de siembra ideal para retener la humedad del suelo y proteger las semillas de factores ambientales adversos, como la erosión o el exceso de exposición al sol.

A pesar de la importancia de la surcadora en el proceso agrícola, su adquisición puede representar un desafío económico para pequeños agricultores o comunidades rurales con recursos limitados. Villamizar (2022), señala que, las surcadoras disponibles en el mercado suelen ser costosas, lo que puede limitar su accesibilidad para aquellos productores con presupuestos ajustados, la situación plantea una barrera significativa para la mecanización de labores agrícolas y la adopción de prácticas agrícolas más eficientes y productivas en las comunidades. En el contexto, la necesidad de desarrollar una surcadora de bajo costo y fácil acceso se vuelve evidente, con el objetivo de democratizar el acceso a herramientas agrícolas modernas y promover la sostenibilidad y el desarrollo en áreas rurales.

Con el objetivo de superar las limitaciones y promover la accesibilidad a herramientas agrícolas eficientes, surge la necesidad de diseñar y construir una surcadora que pueda acoplarse al motocultor de manera sencilla y económica. El presente estudio se enfoca en el diseño y construcción de una surcadora con acople al motocultor YTO, con el propósito de ofrecer una solución práctica y accesible para la preparación del suelo en labores agrícolas.

El proyecto se basa en la premisa de que la innovación tecnológica puede ser un impulsor fundamental del desarrollo rural, al proporcionar a los agricultores herramientas eficientes y

asequibles que contribuyan a mejorar su productividad y calidad de vida. Reconociendo la importancia de la mecanización agrícola en la optimización de las labores del campo, el objetivo principal está dado por desarrollar una surcadora de bajo costo que permita a los agricultores acceder a tecnología moderna sin incurrir en gastos prohibitivos, el enfoque busca democratizar el acceso a herramientas agrícolas avanzadas y promover la igualdad de oportunidades en el sector agrario.

El proceso de diseño y fabricación de la surcadora se aborda desde una perspectiva interdisciplinaria que integra conocimientos de ingeniería mecánica, agronomía y diseño industrial, la colaboración entre diferentes disciplinas permite considerar una variedad de aspectos técnicos, económicos y sociales para garantizar la viabilidad y aplicabilidad práctica del producto en el campo. Terán (2021), señala que, los conocimientos en ingeniería mecánica son esenciales para desarrollar un diseño funcional y eficiente que cumpla con los requisitos de operación en diferentes condiciones de terreno y cultivo. De esta forma, la aportación de la agronomía asegura que la surcadora esté diseñada para maximizar la calidad del suelo y la salud de los cultivos, mientras que el diseño industrial se centra en aspectos ergonómicos y de usabilidad para garantizar una experiencia de usuario óptima.

Igualmente, importante de considerar aspectos técnicos, el proyecto también aborda cuestiones económicas y sociales para asegurar que la surcadora sea asequible y adecuada para las necesidades de los agricultores, especialmente aquellos en comunidades rurales con recursos limitados, se proyecta maximizar la eficiencia de costos en el diseño y fabricación del producto, sin comprometer su calidad y durabilidad. Torres *et al.* (2022), destacan la importancia de tomar en cuenta las características socioculturales y las condiciones específicas del contexto agrícola para la mejora y desarrollo de maquinaria y herramientas agrícolas, de forma tal que se asegure la aceptación y utilización de dichos avances técnicos por parte de los agricultores locales.

CAPÍTULO I.

1 DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

En las últimas décadas, la implementación de tecnologías en la agricultura de América Latina y, específicamente en Ecuador, ha mostrado un crecimiento notable, sin embargo, el avance no se refleja proporcionalmente en la contribución del sector agrícola al Producto Interno Bruto (PIB) del país, donde el sector no alcanza a superar el 10%, el fenómeno puede atribuirse a varios factores fundamentales en la manera en que los agricultores llevan a cabo sus actividades.

Entre los principales obstáculos es el enfoque empírico con el que muchos agricultores operan, debe destacarse la insuficiente formación técnica y limitado acceso a equipos modernos o maquinaria agrícola avanzada son puntos críticos. Beltrán (2022), señala que, gran parte del sector agrícola actualmente depende de la fuerza animal y de métodos tradicionales para el laboreo de la tierra, métodos que, aunque se revelan como arraigados en la cultura y prácticas locales, limitan significativamente la eficiencia y productividad de las labores agrícolas.

Esta situación resalta la necesidad de una inversión más significativa en tecnología agrícola y educación para los agricultores, de ahí que, la incorporación de maquinaria moderna y técnicas avanzadas incrementa la productividad del sector y mejorar la calidad de vida de los agricultores, al reducir la carga física del trabajo y aumentar los rendimientos de sus cultivos. La transición hacia prácticas agrícolas más modernas y eficientes es esencial para potenciar el desarrollo del sector agrícola en la región y, por extensión, su impacto en la economía nacional.

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ha desempeñado un papel crucial en el avance de la agricultura en Ecuador mediante la realización de diversos estudios enfocados en el diseño y construcción de tecnología, maquinaria y herramientas agrícolas, los estudios están orientados específicamente a mejorar los procesos involucrados en el monocultivo, una práctica prevalente en la provincia y en el país.

La implementación de equipos agrícolas innovadores, desarrollados a través de los estudios, ha demostrado ser fundamental para incrementar la eficiencia en varias etapas críticas del ciclo agrícola, entre las etapas se incluyen el arado de la tierra, cosecha y procesos de postcosecha (Djenderedjian 2020). El uso de maquinaria mejorada optimiza los procesos mediante la reducción del tiempo necesario para completar cada tarea y reduce significativamente la cantidad de mano de obra requerida, aspecto importante en un contexto donde la optimización de recursos es clave para mejorar la rentabilidad y sostenibilidad del sector agrícola.

Chávez y Müller (2020), consideran que, el desarrollo de las tecnologías contribuye a la mejora de la productividad agrícola y representa una oportunidad para los estudiantes y profesionales locales de involucrarse en la innovación tecnológica aplicada a problemas reales. La integración de los avances científicos técnicos adoptados con la finalidad de dar respuesta efectiva a las necesidades prácticas del sector agrícola fomenta un ecosistema de innovación que se expande a otras áreas del conocimiento y regiones del país, fortaleciendo así el tejido económico y social nacional.

En el año 2019 se realizó la optimización del apero bifuncional motocultor YTO -DF15L según normativa 25119 que permite el mejoramiento del rendimiento ergonómico seguridad para el MAG de Chimborazo llegando a la conclusión de que, el análisis realizado al prototipo de apero bifuncional y construido en la universidad en el año 2017 no fue diseñado bajo normativa ISO 25119 por lo que se diseñó el apero considerando el peso, la tracción, estabilidad, potencia y resistencia del motocultor con los cambios se pretende mejorar la eficiencia productiva del apero y garantizar la seguridad de los obreros, de esta forma, se logró optimizar los discos de arado y tensores de regulación, modificando los ejes de los discos y largueros del bastidor.

En la investigación realizada desarrollada por Rivera (2021), propone el diseño y construcción de surcadora para motocultor, el investigador concluye que diseño e implemento un surcador de tierras que servirá como ayuda para las personas beneficiadas mejorando el estándar de vida de los agricultores, y elevando la producción de agrícola haciéndolos competitivos a nivel local y nacional.

Así mismo González (2024), estudia el diseño de un motocultor de labores agrícolas concluyendo que la revisión bibliográfica aporta en el conocimiento de la labranza del terreno entendiendo como se ejecuta un surco para el diseño del apero mediante simulación estructural se comprobó las deformaciones, esfuerzo máximos y factores de seguridad de esta forma se garantiza la construcción de cada elemento del apero.

1.2 Planteamiento del problema

La investigación destaca una problemática significativa que enfrentan los agricultores de la parroquia Palmira, ubicada en la ciudad de Riobamba, evidenciándose como uno de los principales retos la geografía del lugar, caracterizada por terrenos con pendientes pronunciadas que complican enormemente las actividades agrícolas. De ahí que, se ha identificado que los motocultores YTO, de origen chino, encuentran dificultades significativas para operar eficientemente en estas condiciones.

El diseño y las características técnicas de los motocultores, incluyendo su configuración de fábrica, no están adaptados para manejar las exigencias específicas de los terrenos inclinados de Palmira, la inadecuación resulta en una incapacidad para realizar adecuadamente las tareas esenciales de preparación de la tierra, como la descompactación de los suelos, que es vital para una buena práctica agrícola. Apablazza *et al.* (2023), aseguran que, la descompactación del suelo es crucial porque permite una mejor aireación del suelo, una esencial absorción de nutrientes y una óptima gestión del agua, factores todos ellos determinantes para el crecimiento saludable de los cultivos.

Dicha situación subraya la necesidad de reevaluar y posiblemente rediseñar la maquinaria agrícola utilizada en áreas con características geográficas desafiantes, por lo que se verifica un claro requerimiento para que los fabricantes de motocultores y otros equipos agrícolas consideren las condiciones específicas del terreno en sus diseños, ajustando tanto la mecánica como las características técnicas de sus productos para maximizar su eficacia en diferentes entornos agrícolas. De esta forma, el desafío presenta una oportunidad para los investigadores y tecnólogos locales para desarrollar soluciones innovadoras que puedan ser aplicadas específicamente a las condiciones de terrenos difíciles como los que se encuentran en Palmira.

La problemática que enfrentan los agricultores en terrenos con pendientes ha llevado a que muchos motocultores permanezcan inutilizados, ya que su diseño no es adecuado para trabajar en suelos inclinados, situación que afecta especialmente a pequeñas parcelas, donde los agricultores, ante la dificultad de utilizar estas máquinas, se ven obligados a regresar a métodos tradicionales y laboriosos como el trabajo manual y uso de animales de carga (Rocha *et al.* 2022).

Ante esta realidad, se hace evidente la necesidad de innovar y adaptar la tecnología existente para superar los desafíos presentados por las características específicas del terreno, de esta forma, entre las alternativas propuestas destaca el desarrollo de un prototipo de surcadora que pueda acoplarse a los motocultores existentes, el nuevo diseño buscaría mejorar la estabilidad de la máquina en pendientes suaves y optimizar su maniobrabilidad, haciendo posible su uso en parcelas más pequeñas y menos accesibles.

El prototipo de surcadora debería incorporar características que permitan una mayor adaptabilidad a las variaciones del terreno, como ajustes en la tracción y el balanceo, sistemas de estabilización mejorados y un diseño que distribuya el peso de manera más eficaz. Con estas modificaciones, se proyecta que, la surcadora acoplada mejore la estabilidad y reduzca el esfuerzo físico necesario para manejar la máquina y optimice el proceso de surcado, facilitando la preparación del suelo de manera más eficiente y menos laboriosa.

La iniciativa no solo beneficiaría a los agricultores al permitirles aprovechar tecnología avanzada adaptada a sus necesidades específicas, sino que también podría servir como modelo para futuras adaptaciones de maquinaria agrícola en otras regiones con desafíos similares. La colaboración entre ingenieros, diseñadores y agricultores será clave para desarrollar soluciones prácticas que integren las necesidades locales con las posibilidades técnicas avanzadas.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica

Un motocultor es una máquina agrícola diseñada para facilitar diversas tareas en el campo, como arar, sembrar, voltear la tierra, descompactarla, remolcar y regar, el equipo es versátil y opera en terrenos secos, lodosos y con pendientes moderadas, arrastrando distintos implementos de trabajo (Beltrán 2022).

El apero es una herramienta utilizada para preparar el suelo de manera que quede en condiciones ideales para la germinación de las semillas después de la siembra. Terán (2021), señala que, los aperos se clasifican tradicionalmente en dos categorías principales: los que se acoplan a la toma de fuerza y los que no se acoplan. Los que se conectan a la toma de fuerza realizan su función transmitiendo el movimiento del motor a través de un eje cardan, por su parte los que se conectan al tractor no transmiten directamente el movimiento del motor al apero.

1.3.2 Justificación metodológica

La justificación metodológica para el estudio sobre el "Diseño y Construcción de Surcadora con Acople a Motocultor YTO" se centra en la necesidad de mejorar la eficiencia y efectividad de las máquinas utilizadas en terrenos agrícolas con características desafiantes, como pendientes pronunciadas que impiden el uso óptimo de motocultores convencionales. Torres *et al.* (2022), indican que, las actividades agrícolas en terrenos irregulares enfrentan limitaciones significativas debido a la inadecuación del equipo actualmente utilizado, el cual no está diseñado para manejar la topografía específica de estas parcelas, por lo que, dichos desafíos reducen la productividad y aumentan la carga de trabajo físico, llevando a muchos a evitar el uso de tecnología que, en otras circunstancias incrementarían la eficiencia y eficacia de la actividad agrícola desarrollada.

Para abordar estas dificultades, se propone el desarrollo de una surcadora especialmente adaptada que se pueda acoplar eficientemente a los motocultores YTO existentes, la modificación permitirá a los dispositivos trabajar en terrenos inclinados más eficazmente, optimizando las actividades como la preparación del suelo para la siembra. El estudio se enfocará en diseñar un sistema de acoplamiento y adaptación que mejore la distribución del peso y la estabilidad del motocultor, así

como en ajustar la maquinaria con la finalidad de realizar surcados precisos en condiciones adversas del terreno.

La metodología propuesta para el estudio incluye el diseño asistido por computadora para la creación de prototipos, seguido de pruebas de campo que evaluarán la eficacia del acople y la surcadora en diversos tipos de terreno, las pruebas propiciarán el desarrollo de un diseño óptimo, asegurando de esta forma que, el producto final sea robusto y eficiente, el enfoque no se limita a buscar una solución efectiva a una problemática técnica, sino que contribuirá a la sustentabilidad y mejora de las condiciones laborales de los agricultores, garantizando el acceso a la tecnología agrícola que se adapte a las necesidades reales.

1.3.3 Justificación práctica

La justificación práctica del estudio "Diseño y Construcción de Surcadora con Acople a Motocultor YTO" se basa en la urgente necesidad de proporcionar soluciones efectivas y adaptadas a los agricultores que enfrentan retos específicos debido a las características geográficas de sus terrenos. En áreas como la parroquia Palmira de Riobamba, los terrenos con pendientes pronunciadas limitan severamente el uso de equipos agrícolas estándar, lo cual complica significativamente la preparación de la tierra y otros procesos agrícolas esenciales. Actualmente, muchos agricultores se ven forzados a regresar a métodos de labranza manual o al uso de animales, prácticas que son menos eficientes y más exigentes físicamente.

Al diseñar y construir una surcadora con la capacidad de acople adecuado a los motocultores YTO, la investigación proyecta el posicionamiento de una herramienta con la capacidad de manejarse con éxito en terrenos difíciles, mejorando la eficiencia de las labores agrícolas, tal tipo de innovación posee el potencial de aumentar la productividad de las pequeñas parcelas agrícolas y de reducir la carga física sobre los agricultores, permitiéndoles completar sus tareas con mayor rapidez y menos esfuerzo.

El desarrollo de esta herramienta también tiene implicaciones económicas y sociales significativas, de esta forma, al mejorar la eficacia de las herramientas disponibles, se incrementa la producción agrícola y, por ende, el bienestar económico de los agricultores. Villamizar (2022), asegura que, el desarrollo de nuevas tecnologías agrícolas facilita el cultivo en terrenos irregulares contribuyéndose así, al uso eficiente del suelo y, a la mejor gestión de los recursos naturales disponibles, aspectos cruciales para la sostenibilidad agrícola en regiones montañosas. De esta forma es posible afirmar que, la investigación aborda una problemática técnica y apoya el desarrollo agrícola e innovación tecnológica en un contexto desafiante.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Implementar una surcadora que permita ser acoplada al motocultor YTO, mediante el diseño y construcción de un prototipo para satisfacer las necesidades a baja escala de la agricultura de la comunidad de Palmira perteneciente a la provincia de Chimborazo.

1.4.2 Objetivo Especifico

- Revisar el estado del arte mediante la recopilación de información técnica disponible que permita obtener un diseño previo de la surcadora con acople al motocultor.
- Diseñar analíticamente las piezas más sustanciales concernientes a la estructura y acople de la surcadora al motocultor, a través de las teorías de falla mecánica que facilite estimar a priori la geometría y/o sección transversal de los elementos más comprometidos mecánicamente.
- Simular y validar el diseño preliminar de la estructura y acople de la surcadora al motocultor aplicando software CAE para verificar el factor de seguridad y garantizar su funcionamiento.
- Construir el prototipo validado en software CAE, mediante los planos de construcción generados en el CAD de tal forma que se pueda implementar y evaluar su funcionamiento.

CAPÍTULO II.

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 Estado del arte

El análisis del estado del arte se desarrolla con la finalidad de profundizar en el diseño y construcción de aperos para motocultores, basándose en diversas investigaciones que han examinado diferentes variables críticas del problema en cuestión. Entre las investigaciones abordadas destaca la realizada por: Vargas Leonardo y Edwin Vera en 2017. Su investigación se centró en el "Diseño y construcción de un apero bifuncional para motocultor YTO-DF15L" en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, de la Facultad de Mecánica en el área de ingeniería automotriz.

El estudio concluyó que el apero bifuncional, diseñado utilizando el software de diseño asistido por computadora (CAD) SolidWorks, consiste en dos cuerpos de rastra y un surcador. La validación del diseño se realizó utilizando el programa de simulación Ansys Workbench, que permitió determinar el comportamiento mecánico de la geometría propuesta. Por lo que, se llevaron a cabo ensayos de materiales que confirmaron la viabilidad de la propuesta tecnológica. Los resultados de los ensayos permitieron realizar comparaciones entre las propiedades mecánicas simuladas en Ansys y las propiedades reales de los materiales utilizados para la fabricación del apero bifuncional (Camacho y Vera 2017).

El enfoque metodológico garantiza la funcionalidad y eficacia del apero diseñado y aporta una base teórica sólida para futuras investigaciones en el ámbito de maquinaria agrícola adaptada a condiciones específicas de trabajo, promoviéndose así innovaciones crucialmente beneficiosas para mejorar la productividad y eficiencia en el sector agrícola.

En el año 2017, Eduardo Alcagiega llevó a cabo una investigación relevante en la Universidad Técnica de Ambato, específicamente en la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, enfocada en el "Diseño y construcción de un apero para cosechar papa en campos agrícolas", el estudio se centró en analizar diversas alternativas para optimizar el proceso de cosecha de papas, una actividad crucial en la agricultura de la región.

La investigación concluyó que el diseño más eficiente del apero incluye un sistema de suspensión de tipo disco y una transmisión de potencia operada a través de un sistema de bandas y poleas, el diseño fue seleccionado por cumplir adecuadamente con los requisitos técnicos necesarios para la construcción efectiva del apero. Los parámetros de diseño considerados incluyen la velocidad de operación, toma de fuerza y potencia de la máquina, así como la velocidad de avance del tractor

y los ángulos críticos como el de ataque y de penetración del apero (Alcaciega 2017).

Alcaciega (2017), identificó que al ajustar los parámetros se maximiza la eficiencia del apero, lo cual es vital para asegurar una cosecha efectiva y minimizar el daño al cultivo, el estudio destacó la importancia del diseño cuidadoso que integre correctamente todos los elementos mecánicos para mejorar la funcionalidad y durabilidad del apero, dicho enfoque promueve la eficiencia en la recolección de papas y ofrece insights valiosos para la mejora continua de la maquinaria agrícola en contextos similares.

Wifredo Cruz llevó a cabo un estudio titulado “Implementación de un motocultor con motor de motocicleta para remplazar el método tradicional de arado en la agricultura, en el distrito de Asillo - Azangaro,2022”, realizado en la Universidad César Vallejo, el proyecto abordó el desarrollo de maquinaria agrícola adaptada a las necesidades específicas de la comunidad local, integrando tecnología avanzada en el proceso de diseño.

El estudio se centró en el diseño y construcción del bastidor y de un arado rotativo para un motocultor, utilizando softwares de diseño y análisis por elementos finitos CAD-CAE (Diseño Asistido por Computadora e Ingeniería Asistida por Computadora, respectivamente), las herramientas fueron esenciales para garantizar la fiabilidad del diseño, permitiendo al investigador, así como a su equipo verificar la resistencia estructural de los componentes antes de proceder a su fabricación (Cruz 2023).

El material seleccionado para la construcción fue el acero estructural ASTM A36, conocido por su durabilidad y resistencia, lo que es particularmente importante en equipos destinados al uso en terrenos agrícolas difíciles, el tipo de acero garantiza que el motocultor, el arado y sembrador resistan las condiciones de trabajo en el campo sin sufrir deterioros prematuros, el enfoque de diseño integrado y la elección cuidadosa de materiales aseguran la funcionalidad de la maquinaria y contribuyen a la sostenibilidad y eficiencia de las prácticas agrícolas. También, al adaptar la tecnología a las condiciones locales, la investigación ofrece pautas en la aplicación de la ingeniería para dar resolución efectiva a las necesidades de comunidades específicas, mejorando por consecuencia las capacidades agrícolas y calidad de vida.

Víctor Bravo y Edison Castillo, llevaron a cabo un estudio crucial titulado "Diseño y construcción de una máquina de desgaste acelerado para homologación de maquinaria agrícola en motocultores para suelos típicos de la región centro del Ecuador: caso de estudio aspas del motocultor YTO DF151". La investigación abordó la falta de normativas específicas para las herramientas utilizadas en motocultores, situación que se revela como una brecha significativa en la regulación de equipos esenciales para la agricultura.

El estudio propuso la implementación de una serie de ensayos destinados a evaluar la calidad y la seguridad de los elementos de labranza utilizados en motocultores, los ensayos pretendían establecer condiciones mínimas de rendimiento para garantizar la efectividad y seguridad de los implementos agrícolas. El objetivo de la investigación estaba dado por establecer un protocolo de homologación a ser aplicado a los elementos construidos para motocultores y otras maquinarias agrícolas (Bravo y Castillo 2017).

El enfoque investigativo se subordinó a la necesidad inmediata de regular y mejorar la calidad de las herramientas agrícolas y desarrollar un precedente para la estandarización futura en el sector. Al proponer un método sistemático para la evaluación y aprobación de maquinaria agrícola, se contribuía a la seguridad y eficiencia de las prácticas agrícolas en la región. Asimismo, la investigación subraya la importancia de contar con marcos regulatorios adecuados que aseguren que la maquinaria agrícola sea eficiente, segura, y sostenible, para el medio ambiente.

2.2 Bases teóricas

El capítulo tiene como objetivo estudiar los conceptos básicos en el diseño de elementos y equipos agrícolas, así como la tendencia actual de estas herramientas agrícolas a nivel nacional e internacional y así verificar que cumplan con las funciones necesarias para la investigación.

2.2.1 El motocultor

Se considera una maquinaria con la posibilidad de ser conducida a pie o mediante un brazo que se denomina manceras al que se acoplan implementos agrícolas diferentes parecidos a los tractores, la función principal es el trabajo del suelo y su diseño se condiciona con el objetivo de garantizar mejores prestaciones en la operación que habitualmente se realiza mediante azadas rotativas integradas en el apero conocido como roto cultor en la Ilustración 1 se muestra el motocultor con roto cultor (Quimís *et al.* 2020).



Ilustración 2. 1 Motocultor

Fuente: Alarcón y Tequen 2022

2.2.1.1 Elementos del motocultor

El motocultor tiene baja potencias sin embargo es muy versátil para ensamblar con los diferentes tipos de aperos que se ha desarrollado esta maquinaria es ideal para parcelas pequeñas la fuerza de los motores bastante reducida, pero es recompensada por la escasa velocidad lo que aumenta la potencia.

Los elementos del motocultor varían de acuerdo con la necesidad del agricultor y se pueden utilizar en fumigadoras, sembradoras cosechadoras, transporte y en bombas de riego, pero su principal aplicación es en las parcelas de terrenos bastantes desnivelados y fragmentados por las condiciones geográficas (Alarcón y Tequen 2022).

El motocultor no es difícil de operar de forma que, el operario se ubica detrás del apero que es el acople con el motocultor que lo sujeta las manceras seguidamente se pone en marcha la máquina y avanza hacia adelante y realiza las labores agrícolas que desee y en la Ilustración 2-2 se presenta los componentes principales del motocultor.

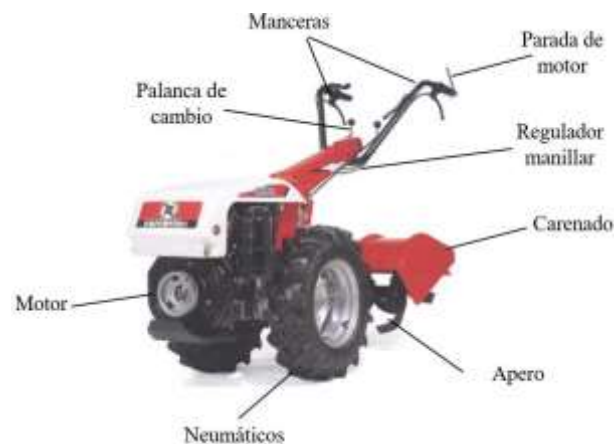


Ilustración 2.2 Esquema de un Motocultor

Fuente: Alarcón y Tequen 2022

- **Bastidor:** conocido como chasis es la estructura metálica que contiene al motor y demás elementos mecánicos.
- **Motor:** es un motor de diésel de 4 tiempos con enfriamiento mediante aire para arrancar el motor se realiza de forma manual por medio de una manivela el motor es protegido por un carenado de metal.
- **Manceras:** Conocida como empuñaduras de forma similar al arado manual y sirve para cambiar la dirección de desplazamiento, en las manceras se sitúan todas las palancas y elementos de control para el correcto funcionamiento del motos y demás

elementos de la máquina.

- **Neumáticos:** Contiene dos neumáticos con rayado agrícola y trocha regulable, además se puede cambiar los neumáticos por fangueadoras para trabajo de preparación del suelo en arrocetas.

Los motocultores se clasifican según de acuerdo con la categoría eso se muestra en la siguiente tabla 2.1.

Tabla 2.1 Tipos de motocultores

MOTOCULTORES	
Categoría	Tipo
Categoría I	Motoazadas
Categoría II	Motoazadas transformables
Categoría III	Motocultores de menos de 9KW (12hp)
Categoría IV	Motocultores de mas o igual 9 KW (12hP)

Fuente: Sangurima 2020

Realizado por: Guamangate.J,2024

2.2.1.2 *Función del motocultor*

La principal función de esta máquina es labrar el suelo para diversas labores agrícolas, y para ello ha sido especialmente diseñada para operar en condiciones óptimas. Herrera (2021), destaca que, la operación se lleva a cabo mediante un elemento de labranza conocido como rotovator, que es fundamental en el proceso de preparación del terreno, la máquina destaca por su versatilidad y resulta extremadamente útil para pequeños agricultores debido a su adaptabilidad a diferentes tipos de suelos y condiciones.

Gracias a su tamaño compacto, es posible acoplarle diversos implementos, conocidos comúnmente como aperos, los aperos son muy valorados dentro de la industria agrícola por su capacidad para mejorar la eficiencia y efectividad de las prácticas agrícolas, adaptándose a las necesidades específicas de cada tarea y tipo de cultivo. Su gran acogida se debe a cómo facilitan y optimizan las operaciones agrícolas, haciéndolas más accesibles y manejables para los agricultores.

2.2.2 **Forma del apero**

El segundo factor fundamental es el uso de elementos adecuados para remover la tierra, los elementos, comúnmente conocidos como aperos de labranza, como arados, cultivadores o rotovadores, son esenciales para ejecutar las técnicas de labranza. Llatas y Rodrigo (2020), consideran que, la elección del apero adecuado depende de varios factores, incluyendo el tipo de suelo, la profundidad de labrado deseada, y las características específicas del terreno, de esta

forma, al utilizarse el implemento adecuado se incrementa la eficiencia del trabajo y se preservan las propiedades naturales del suelo, evitando su degradación y promoviendo una agricultura más sostenible.

2.2.2.1 *Aperos para motocultor*

Para la labranza del suelo, se emplean diversas herramientas agrícolas, entre las cuales destacan los aperos de motocultor de gran importancia por la versatilidad y eficacia, la comercialización de estos en el mercado, presentan en varias formas y acabados diferentes, adaptados a las necesidades específicas de cada agricultor. Entre los más importantes y comúnmente utilizados se encuentran:

- **Arados:** Utilizados para voltear la tierra, los arados son fundamentales para preparar el suelo para la siembra, ayudando a enterrar residuos de cultivos anteriores y a controlar las malas hierbas.
- **Cultivadores:** Perfectos para romper y airear el suelo sin voltearlo completamente, los ayudan a mejorar la estructura del suelo y facilitan el drenaje.
- **Rotovatores:** Los implementos son eficaces para mezclar y pulverizar el suelo. Son ideales para la preparación de la cama de siembra, asegurando que el suelo esté fino y suelto.
- **Surcadores:** Se utilizan para crear surcos en los cuales se depositarán las semillas. Son esenciales para asegurar que las semillas se planten a la profundidad y el espaciado adecuados.
- **Descompactadores:** Diseñados para romper suelos compactados, mejoran la penetración del agua y el desarrollo de las raíces.

Cada uno de los aperos tiene un propósito específico que contribuye a la mejora de las condiciones del suelo y al éxito del cultivo. Sapatanga (2021), afirma que, la elección del apero adecuado dependerá de las condiciones del suelo, el tipo de cultivo, y otros factores ambientales y agronómicos, de esta forma, la correcta selección y uso de los aperos permite a los agricultores maximizar la productividad y sostenibilidad de sus prácticas agrícolas.

2.2.2.2 *Arado reversible fijo*

El tipo de apero, un arado reversible, está diseñado para labrar la tierra de manera eficiente y adaptable, similar en función al arado de vertedera, su capacidad para desplazarse tanto a la

izquierda como a la derecha permite que todo el conjunto de varillas oscile, facilitando la inversión del suelo de un lado a otro, lo que es especialmente útil en terrenos grandes donde se busca optimizar el tiempo y el esfuerzo durante el arado. González (2024), señala que, el diseño del arado reversible fijo incluye un control de profundidad que permite al usuario ajustar cuán profundo penetra el arado en el suelo, lo que es crucial para adaptarse a diferentes tipos de terreno y necesidades específicas del cultivo.

El arado está equipado con ruedas neumáticas, recomendadas por su capacidad para manejar mejor las irregularidades del terreno y reducir la compactación del suelo comparado con las ruedas sólidas, dicho aspecto mejora significativamente la maniobrabilidad y la facilidad de uso del arado en una variedad de condiciones del suelo.

Por otra parte, el arado se complementa con diversos kits que amplían su funcionalidad, entre los que destacan el surcador para la creación de surcos precisos para la siembra, una reja de arrancar patatas diseñada para la cosecha eficiente del tubérculo, y una pala especialmente concebida para terrenos arenosos, los accesorios hacen del arado un apero extremadamente versátil y valioso para diferentes prácticas agrícolas, adaptándose a las necesidades específicas de los agricultores.



Ilustración 2. 3 Arado reversible fijo
Fuente: Quimís *et al.* 2020

2.2.2.3 Arados reversibles desplazable

El arado reversible está meticulosamente diseñado para la labor de labrar la tierra, funcionando de manera similar a un arado de vertedera, un aspecto que distingue el arado está dado por el mecanismo de volteo de tierra, que se opera a través de una palanca trasera. Al mover esta palanca hacia la izquierda o hacia la derecha, se provoca el movimiento vascular de todo el conjunto de varillas, permitiendo así que, el arado cambie la dirección del surco de manera eficiente, el diseño es útil para optimizar la inversión del suelo y mejorar la mezcla de nutrientes y aireación del terreno.

Herrera (2021), señala que, el arado incluye un sistema de control de profundidad que funciona mediante una rosca de regulación, mecanismo permite al operador ajustar con precisión la profundidad a la que debe penetrar en la tierra, aspecto esencial para adaptar la labor a diferentes tipos de suelo y condiciones de cultivo. Es de tomar en cuenta que, la capacidad de ajustar la profundidad asegura que el suelo sea laborado uniformemente, aspecto clave en la germinación de semillas y crecimiento de las plantas.

El diseño del arado permite su desplazamiento lateral, lo que facilita la regulación de la anchura de labor, de esta forma el arado se adapta a diferentes anchos de surcos según las necesidades específicas del campo, lo que incrementa la versatilidad y eficacia de este. Se recomienda el uso de ruedas neumáticas para el arado, ya que proporcionan una mejor amortiguación y minimizan el impacto sobre el suelo, reduciendo la compactación y facilitando el movimiento sobre superficies irregulares.

Alarcón y Tequen (2022), afirman que, el arado está equipado para la inserción de diversos kits adicionales que amplían su funcionalidad, los cuales incluyen un surcador para la preparación de surcos de siembra, una reja de arrancar patatas diseñada para extraer tubérculos con eficacia y una pala especializada para su uso en terrenos arenosos, accesorios que transforman el arado en herramienta integral para una amplia gama de tareas agrícolas, asegurando la adaptación del mismo a las diferentes necesidades de la operación agrícola moderna.



Ilustración 2.4 Arado reversible desplazable
Fuente: Quimís *et al.* 2020

2.2.3 Asurcador

Se revela como, un apero agrícola específicamente diseñado para crear surcos en el suelo, los cuales son esenciales para la siembra de semillas, proceso que facilita la distribución uniforme de las semillas en el campo y asegura que sean depositadas a la profundidad adecuada para una óptima germinación y crecimiento.

El modelo específico de surcador que se muestra en la Ilustración 2-5 está diseñado para ser eficiente y fácil en su operación, dicho apero se adapta a diferentes tipos de terreno y se ajusta con el objetivo de variar la profundidad y ancho de los surcos según las necesidades del cultivo y las condiciones del suelo, aspecto crucial para lograr la adaptación específica a las diferentes demandas de las plantas y, así asegurar que cada semilla tenga el mejor ambiente posible de desarrollo.

El diseño del surcador incluir características adicionales que mejoran su eficacia y durabilidad, lo cual se evidencia al estar el mismo equipado con componentes resistentes al desgaste que soportan condiciones de suelo más duras y extienden la vida útil del equipo, detalles vitales para los agricultores que dependen de herramientas fiables y efectivas para maximizar la productividad de las operaciones agrícolas (Rocha *et al.* 2022). El uso de un surcador como el mostrado en la Ilustración 2-5 representa una solución práctica y efectiva para la preparación de campos agrícolas, permitiendo una siembra precisa y eficiente fundamental en el éxito de cualquier temporada de cultivo.



Ilustración 2.5 Asurcador
Fuente: Quimís et al. 2020

2.2.3.1 *Apero pala*

Se revela como el accesorio recomendado para arados reversibles que operan en terrenos arenosos, el mismo es una pala específicamente diseñada para ser operada en suelos arenosos, terrenos que, por su naturaleza suelta y granulada, representan desafíos únicos en términos de labranza, ya que el suelo puede desplazarse fácilmente y carece de la cohesión necesaria para mantener la estructura del surco.

La pala para terrenos arenosos está configurada para penetrar y mover eficientemente la arena sin permitir que colapse el surco tras la labranza, estas palas poseen una forma y ángulo de ataque que permiten a levantar y voltear la arena de manera efectiva, asegurando que el suelo se

encuentre adecuadamente aireado y mezclado, aspecto esencial para la preparación de la cama de siembra.

Por lo que, de su diseño especializado, estas palas suelen estar fabricadas con materiales resistentes a la abrasión y la corrosión, características importantes dada la naturaleza potencialmente erosiva de los suelos arenosos, lo cual no solo mejora la eficacia del arado en los terrenos, sino que también aumenta la durabilidad del accesorio, asegurando que pueda soportar las condiciones desafiantes sin sufrir daños prematuros. Chávez y Müller (2020), afirma que, la incorporación de la pala adecuada para terrenos arenosos en un arado reversible optimiza la labor de labranza en los suelos específicos y contribuye a la mejor gestión del terreno, facilitando operaciones agrícolas productivas y sostenibles.



Ilustración 2.6 Asurcador

Fuente: Quimís et al. 2020

2.2.3.2 *Arados vertedera*

El arado de vertedera simple es una herramienta fundamental en la agricultura para la preparación del suelo, el mismo difiere en su funcionamiento del arado de media vuelta, aspecto que queda en evidencia en su método de operación. Mientras que el arado de media vuelta permite voltear la tierra a ambos lados alternativamente y avanzar en líneas rectas, el arado vertedera simple requiere una técnica de labrado en círculo.

El arado de vertedera simple es útil en situaciones en las cuales la estructura del campo o las prácticas agrícolas requieren que la labranza se realice desde un punto central del terreno hacia el exterior, o viceversa, dicho método es eficiente en campos pequeños o de orografía irregular, en los cuales la labranza en líneas rectas no es práctica o eficiente. De esta forma, al trabajar en círculo el agricultor mantiene un flujo continuo sin necesidad de realizar giros bruscos o frecuentes, aspectos que producen menos afectaciones en el suelo y permite un manejo efectivo con determinados cultivos.

Djenderedjian (2020), afirma que, el uso del arado de vertedera simple en el método circular permite distribuir uniformemente el suelo y nutrientes, aspecto beneficioso para la gestión del suelo y la conservación de la humedad, dado que, al voltear la tierra de manera consistente y uniforme desde el centro hacia afuera, o en dirección inversa, se evita la compactación excesiva del suelo y se promueve una mejor aireación, aspectos cruciales para la salud del suelo y el éxito del cultivo.

Es importante destacar que, la eficiencia del tipo de arado y método de labranza depende de varios factores que abarcan: el tipo de suelo, topografía del terreno y condiciones meteorológicas. La selección adecuada del equipo y la adaptación de las técnicas de labranza a las condiciones locales son esenciales para maximizar los beneficios y minimizar los posibles impactos negativos en el terreno agrícola.



Ilustración 2.7 Arado vertedera
Fuente: Quimís et al. 2020

A diferencia del arado simple, que generalmente opera en un patrón circular desde un punto central del terreno hacia el exterior, el arado reversible permite trabajar de forma lineal, avanzando en líneas rectas a lo largo del campo, dicha característica se contempla como valiosa en grandes extensiones de tierra en las cuales, la eficiencia y uniformidad de la labranza son cruciales.

El arado reversible facilita el cambio de sentido al final de cada pasada sin necesidad de levantar el arado del suelo o realizar maniobras complicadas, de esta forma, al llegar al final de una línea, el agricultor activa el mecanismo de reversión del arado, el cual gira la herramienta para que esté lista para labrar en la dirección opuesta, lo cual ahorra tiempo, reduce el esfuerzo físico requerido para preparar el campo, y mejora la consistencia del surco.

El método lineal y el cambio de sentido al final del terreno contribuyen a la mayor precisión en la labranza, permitiendo que el suelo sea trabajado de manera más homogénea, por lo que, la capacidad de mantener un patrón constante y recto es útil para la implementación de técnicas agrícolas modernas, tales como la agricultura de precisión, que depende de la exactitud en la preparación del terreno para optimizar el rendimiento de los cultivos y eficiencia de los recursos.

El arado reversible, se contempla como una herramienta versátil y eficiente para la agricultura

moderna, adaptándose a una variedad de entornos y necesidades agrícolas, y ofreciendo una alternativa práctica y efectiva al más tradicional arado simple, su diseño y funcionalidad lo hacen ideal para operaciones agrícolas que buscan maximizar la productividad y minimizar el impacto en el terreno (Apablazza *et al.* 2023).



Ilustración 2.8 Arado vertedera

Fuente: Quimís et al. 2020

El arado de 1/4 de vuelta es considerado una herramienta fundamental en la agricultura para realizar labores como el volteo del suelo, preparando así el terreno para la siembra, de igual forma, se contempla como la variante específica del arado que ha sido diseñada para adaptarse a máquinas con manillar bajo, lo que facilita su uso en equipos diseñados para mejorar la ergonomía y la maniobrabilidad durante las operaciones de labranza.

La adaptación es útil en equipos compactos y ligeros, comúnmente usados en agricultura a pequeña escala o en terrenos con espacio limitado, de esta forma, el diseño para manillar bajo permite que, el operador mantenga un control directo y firme sobre el arado, aspecto esencial para manejar con precisión la herramienta a través del suelo, la proximidad y control mejorados permiten asegurar que el arado se opere efectivamente, siguiendo las líneas de labranza deseadas sin desviarse, ítem que se considera a menudo como un desafío en terrenos pequeños o irregulares.

A su vez, al estar diseñado para máquinas de manillar bajo, el arado 1/4 de vuelta reduce la tensión en la espalda y brazos del operador, situación que se deriva de que el usuario no tiene la necesidad de elevar excesivamente los brazos para manejar el arado, permitiéndose así una postura natural y cómoda durante largas jornadas de trabajo, el diseño ergonómico incrementa la comodidad y minimiza el riesgo de lesiones por esfuerzo repetitivo o fatiga muscular, lo que resulta en una mayor productividad y menos interrupciones por descanso o lesiones.



Ilustración 2.9 Arado vertedera
Fuente: Quimís et al. 2020

2.2.3.3 Arado cinceles

El arado cincel es una herramienta esencial para la labranza primaria que se caracteriza por su diseño robusto y funcional, el equipo consta de una barra portaherramientas que soporta varias barras verticales y prolongaciones delanteras, conocidas como punteras o pies, que se utilizan para penetrar en el suelo (Granizo y Gómez 2021). La configuración específica de los componentes permite que el arado cincel realice su función principal de manera efectiva dada por el rompimiento decapas endurecidas de suelo que se han formado en la superficie o en el subsuelo, hasta una profundidad no mayor de 30 centímetros.

El arado cincel es valioso en terrenos donde la compactación del suelo es un problema recurrente, ya que permite airear el suelo y mejorar su estructura sin voltearlo completamente, lo que ayuda a preservar la capa orgánica y la vida microbiana esencial para la fertilidad del suelo, de esta forma, la capacidad del arado cincel para romper la compactación facilita la infiltración de agua y nutrientes, elemento crítico para el desarrollo saludable de las plantas.

En la Ilustración que se muestra a continuación, se observan los diferentes modelos del arado de cinceles fijo, cada modelo varía en número y disposición de los cinceles, así como en características específicas diseñadas para adaptarse a diversos tipos de suelo y condiciones de labranza. Algunos modelos están equipados con cinceles más largos o más cortos, dependiendo de la profundidad de trabajo deseada, y otros incluyen características adicionales como ruedas de control de profundidad o ajustes para la distancia entre cinceles, permitiendo así la personalización de la herramienta según las necesidades agrícolas específicas, los detalles aumentan la efectividad del arado cincel en diferentes entornos agrícolas y ofrecen opciones para que los agricultores elijan el equipo que mejor se adapte a sus requerimientos, optimizando así la inversión y mejorando los resultados de su labor en el campo.



Ilustración 2.10 Arado cincel

Fuente: Alarcón y Tequen 2022

2.2.3.4 *Arado de disco*

Los arados de discos están especialmente diseñados para enfrentar tareas de roturación del suelo, es decir, para romper, quebrar y abrir la tierra, mejorando su porosidad mediante el movimiento hacia arriba de los discos mientras avanzan por el campo, los discos, que son casquetes huecos, se montan sobre rodamientos que permiten que giren libremente, la rotación es crucial para cortar y voltear el suelo de manera eficiente.

Burgos (2019), destaca que, la disposición de los discos en el arado de discos garantiza que mantengan la inclinación precisa respecto a la dirección de marcha, lo que facilita un corte uniforme y continuo del suelo a medida que la máquina avanza, tomar en cuenta que, dicha eficiencia presenta limitaciones con referencia al tipo de suelo y condiciones bajo las cuales el arado de discos opera óptimamente.

Entre las desventajas del arado de discos destaca la generación de una cantidad excesiva de tierra fina, lo cual es contraproducente en suelos sueltos dado que, la tierra fina se compacta fácilmente bajo ciertas condiciones, perjudicando la aireación y retención de humedad, debe señalarse que, el uso de arados de discos no es recomendable en condiciones de alta humedad, ya que existe el riesgo significativo de que, el suelo se alise o compacte más, lo que dificulta la germinación de las semillas y crecimiento de las raíces.

La función primordial de los arados de romper y airear el suelo es vital para preparar un lecho de siembra adecuado, permitiendo que el agua y nutrientes se distribuyan uniformemente a través del suelo y sean accesibles para las plantas, para maximizar la efectividad de los arados de discos, es crucial evaluar y seleccionar el equipo adecuado a partir de las características específicas del suelo y condiciones climáticas prevalentes en el área de cultivo.



Ilustración 2.11 Arado de disco
Fuente: Alarcón y Tequen 2022

2.2.3.5 *Arado subsolador*

El arado subsolador se revela como aquel equipado con varios dientes o púas que, representan una categoría específica de herramientas agrícolas destinadas a mejorar la estructura del suelo mediante la roturación, de esta forma, los dientes están diseñados para trabajar clavados en el suelo, espaciándose estratégicamente según la profundidad de labor requerida. Al avanzar a través del terreno, los dientes penetran en el suelo, rompiendo las capas compactadas sin realizar una inversión completa del perfil del suelo, lo cual es particularmente útil para mantener la estratificación natural del suelo y evitar perturbar la capa superficial rica en materia orgánica.

Herrera (2022), considera que, la efectividad del arado subsolador radica en su capacidad para actuar profundamente, justo por debajo de las capas que se necesitan romper, idealmente, los dientes deben alcanzar al menos 10 cm por debajo de la capa compactada objetivo, método que asegura que las capas inferiores o profundas del suelo sean adecuadamente fracturadas, mejorando así la aireación y permeabilidad del suelo. La fracturación que producen los dientes del arado subsolador mejoran significativamente la textura del suelo, lo cual es esencial para el crecimiento saludable de las raíces, eficiente absorción de agua y nutrientes.

El uso de arados con dientes es particularmente beneficioso en suelos que han sufrido compactación debido a técnicas de labranza inadecuadas, tráfico pesado de maquinaria o condiciones climáticas adversas que han apelmazado la tierra, de esta forma, al romperse estas capas sin invertir el suelo, se conservan las propiedades beneficiosas de las capas superiores mientras se mejora la estructura de las capas más profundas.



Ilustración 2.12 Arado de disco
Fuente: Alarcón y Tequen 2022

2.2.4 Capacidad de maquinaria agrícola

El rendimiento de una maquinaria agrícola es un indicador crucial que evalúa la eficiencia con la que se realiza el trabajo en términos de la cantidad de trabajo completado en un período de tiempo específico, el índice es fundamental para medir la productividad y rentabilidad de las operaciones agrícolas, ya que afecta directamente los costos de producción y el tiempo necesario para completar las tareas agrícolas. Existen varios métodos utilizados para determinar el rendimiento de la maquinaria, pero algunos de los más importantes incluyen:

- **Método del área cubierta:** El método calcula el rendimiento de la maquinaria agrícola en función del área de terreno que es capaz de cubrir en un período de tiempo determinado, de esta forma, se mide la superficie total trabajada por la máquina, ya sea arada, sembrada, cosechada, entre otras, y se compara con el tiempo empleado para realizar la tarea, el método es particularmente útil para evaluar máquinas como tractores con implementos agrícolas que realizan operaciones de campo a campo (Burgos 2019).
- **Método del volumen procesado:** En dicho método se aborda que, el rendimiento es determinado en función del volumen de material procesado por la maquinaria agrícola en un período de tiempo dado, el método es utilizado para evaluar máquinas como cosechadoras, picadoras de forraje o empacadoras, donde el objetivo principal está dado por procesar y recolectar productos agrícolas específicos, de esta forma se mide la cantidad total de producto procesado, como granos, forraje o heno, y se compara con el tiempo empleado para realizar la actividad.
- **Método del consumo de combustible:** El método evalúa el rendimiento de la maquinaria agrícola en función del consumo de combustible durante la realización de una tarea específica, por lo que, se registra la cantidad de combustible consumida por la maquinaria

durante el tiempo de operación y se compara con la cantidad de trabajo realizado, evidenciándose así que, el menor consumo de combustible por unidad de trabajo indica un mayor rendimiento y una mayor eficiencia operativa de la máquina (Granizo y Gómez 2021)

Los elementos anteriormente representados se revelan como algunos de los métodos más importantes utilizados para determinar el rendimiento de la maquinaria agrícola. La elección del método adecuado depende del tipo de máquina, la tarea específica realizada y los objetivos de evaluación de rendimiento de la operación agrícola. Es de destacar que, el análisis del rendimiento de la maquinaria se revela como fundamental para optimizar las operaciones agrícolas, maximizar la productividad y minimizar costos.

2.2.5 Capacidad en campo

La maquinaria agrícola utilizada en la preparación del suelo y la siembra, así como en la cosecha de cultivos, juega un papel fundamental en el proceso agrícola, por lo que, el rendimiento de la maquinaria se evalúa en términos de hectáreas por hora, lo que significa la cantidad de terreno que puede ser trabajado o cultivado en una unidad de tiempo específica, el indicador de rendimiento se determina principalmente por dos factores clave: la velocidad de la máquina y ancho de trabajo del implemento.

- **Velocidad de la máquina:** La velocidad a la que la maquinaria agrícola opera afecta directamente la cantidad de terreno a ser cubierto en un período determinado, de esta forma, los avances en tecnología posibilitan que las máquinas agrícolas operen a altas velocidades, aspecto que incrementa la eficiencia y productividad. Cabe destacar que, la velocidad óptima de operación varía según el tipo de terreno, condiciones climáticas y tipo de cultivo, siendo de esta forma importante mantener el equilibrio entre la velocidad y calidad del trabajo realizado (Herrera 2022).
- **Ancho de trabajo del implemento:** El ancho de trabajo del implemento agrícola, como un arado, sembradora o cosechadora, influye en el rendimiento de la máquina, de esta forma, cuanto más ancho sea el implemento, mayor será la cantidad de terreno a trabajar en cada pasada, lo cual reduce el tiempo requerido para completar la actividad y, por lo tanto, incrementa la productividad global de la máquina. Debe señalarse que, el ancho de trabajo óptimo varía según el tamaño y forma del campo, así como las características del cultivo (Alarcón y Tequen 2022)

Al combinar la velocidad de la máquina con el ancho de trabajo del implemento, los agricultores

determinan la capacidad de la maquinaria para trabajar eficientemente en un campo dado, el cálculo de hectáreas por hora es esencial para planificar y optimizar las operaciones agrícolas, maximizando la productividad y minimizando costos asociados con el tiempo de inactividad y mano de obra. Queda así de manifiesto que, el rendimiento de la maquinaria agrícola juega un papel crítico en la rentabilidad y sostenibilidad de la agricultura moderna.

2.2.5.1 Velocidad de operación de maquinaria agrícola

El correcto funcionamiento del apero durante su tiempo de trabajo es esencial para lograr resultados satisfactorios en las operaciones agrícolas, de esta forma, para asegurar el rendimiento óptimo, es crucial que el implemento opere a una velocidad adecuada que permita un corte y desmenuzado efectivo del suelo. La fuerza de tracción juega un rol fundamental y debe ser controlada de manera adecuada. A continuación, se detallan algunos puntos importantes relacionados con el aspecto:

- **Velocidad óptima:** La velocidad a la que se mueve el apero a través del suelo es un factor clave para garantizar un corte y desmenuzado eficaz de la tierra, por lo que, la velocidad inadecuada compromete la calidad del trabajo realizado. De esta forma, si la velocidad es demasiado alta, el apero tiende a patinar sobre la superficie del suelo, resultando en un corte superficial y poco efectivo. En cambio, si la velocidad es demasiado baja, el apero se hunde en el suelo y produce un corte irregular o incompleto. Queda así de manifiesto la importancia de ajustar la velocidad de operación del apero en concordancia con las condiciones del terreno y las especificaciones del implemento (Pérez y Quinto 2020).
- **Control de la fuerza de tracción:** La fuerza de tracción necesaria para operar el apero debe ser controlada y monitoreada de cerca, la fuerza está determinada por varios factores, como el peso del implemento, resistencia del suelo e inclinación del terreno. Un exceso de fuerza de tracción resulta en un consumo excesivo de combustible, un desgaste prematuro de los componentes del apero y la compactación excesiva del suelo. En contraposición, la fuerza de tracción insuficiente dificulta el avance del apero y afectar negativamente su capacidad para realizar un corte efectivo del suelo. Se evidencia, por lo tanto, la importancia de ajustar la fuerza de tracción de manera adecuada para garantizar el rendimiento óptimo del apero.
- **Consideración de las condiciones del suelo:** Las características del suelo, tales como la humedad, textura y compactación, influyen en el rendimiento del apero, por lo que, deben tomarse en cuenta tales condiciones al ajustar la velocidad de operación y fuerza de tracción del implemento (Andrade 2023). De esta forma, en suelos pesados o

compactados, es necesario reducir la velocidad e incrementar la fuerza de tracción para garantizar el corte efectivo del suelo. Situación que se evidencia aún más, en terrenos con pendientes pronunciadas, en los cuales es necesario ajustar la velocidad y fuerza de tracción para evitar el deslizamiento o la pérdida de control del apero.

2.2.5.2 Ancho de trabajo o de corte

Es el ancho de trabajo de los discos y se determina bajo la siguiente ecuación

$$AC = D * N * Fr$$

Donde:

D = diámetro de disco (mm)

N = Numero de discos

Fr = Factor de corrección

2.2.5.3 Fuerza para el trabajo de labranza

La energía consumida durante el proceso de labrado de la tierra es un factor crítico que influye en la eficiencia y rendimiento de la maquinaria agrícola, debe tomarse en cuenta que, la energía está directamente relacionada con el coeficiente de labrado (μ), el cual es una medida de la resistencia que ofrece el suelo al ser trabajado por el implemento agrícola. La determinación del coeficiente es fundamental para calcular la potencia requerida por la máquina y, por ende, la energía consumida durante la operación.

El coeficiente de labrado (μ) varía según el tipo de suelo y velocidad de trabajo de la maquinaria, de esta forma, en suelos compactos o arcillosos, el coeficiente de labrado tiende a ser mayor debido a la mayor resistencia que ofrecen los tipos de suelos. Por otro lado, en suelos más sueltos o arenosos, el coeficiente de labrado es bajo debido a la menor resistencia al corte (Yam *et al.* 2019).

La velocidad de trabajo también influye en el coeficiente de labrado de tal forma que, a velocidades más altas, la energía requerida aumenta debido a la mayor fuerza de tracción necesaria para mantener la operación del implemento agrícola. Sin embargo, a velocidades excesivamente bajas, el coeficiente de labrado aumenta debido a la compresión adicional del suelo por el implemento, lo que resulta en un aumento en el consumo de energía.

La Ilustración 2-13 proporciona información visual sobre cómo varía el coeficiente de labrado en

función de la velocidad de trabajo y los tipos de suelos, la representación gráfica es invaluable para los agricultores y operadores de maquinaria agrícola, ya que les permite seleccionar la velocidad de trabajo óptima y ajustar adecuadamente la configuración de la máquina para minimizar el consumo de energía y maximizar la eficiencia de la operación.

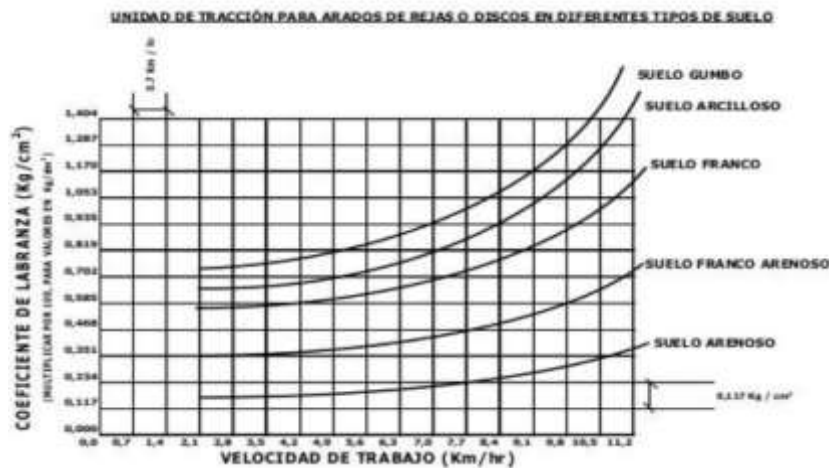


Ilustración 2.13 Coeficiente de labranza del suelo
Fuente: Sapatanga 2021

De esta manera la fuerza necesaria para el trabajo del disco o apero se determina mediante la siguiente ecuación:

$$F = \mu * p * AC * 100$$

Donde:

μ = Coeficiente de labranza (dm²)

p = Profundidad de trabajo (m)

AC = ancho de corte (m)

2.2.5.4 Profundidad de corte del arado (p)

La profundidad de trabajo es un aspecto crucial en las labores agrícolas, y es fundamental para lograr una preparación efectiva del suelo antes de la siembra, en países andinos se ha establecido que la profundidad de trabajo óptima para los aperos agrícolas debe situarse alrededor de los 30 cm (Moreano *et al.* 2019). Es de tomar en cuenta que, dicha profundidad no siempre es la más adecuada, ya que trabajar a una profundidad mayor se evidencian diversos problemas.

Cuando se trabaja a profundidades superiores a los 30 cm, se observa un aumento significativo

en el consumo de energía requerida para llevar a cabo la labor de labranza. De la misma forma, se tiende a generar terrones de mayor tamaño en el suelo, los cuales pueden ser difíciles de romper durante las tareas de preparación del terreno, los terrones grandes afectan negativamente la calidad del suelo, así como la siembra, y el crecimiento de los cultivos.

De esta forma, se recomienda que la profundidad de trabajo de los aperos agrícolas no exceda el 35% de su tamaño total, la recomendación se basa en la experiencia e investigación realizada en el campo agrícola, y tiene como objetivo optimizar la eficiencia y productividad de las operaciones de labranza. Moreano *et al.* (2019), señala que, al limitar la profundidad de trabajo a un porcentaje específico del tamaño del apero, se reduce el consumo de energía y se evita la formación de terrones grandes, lo que facilita la preparación del suelo y mejora las condiciones para la siembra.

2.2.5.5 *Potencia de maquina agrícola*

La potencia de la máquina agrícola es el factor a ser analizado con la finalidad de desarrollar las operaciones en el campo con costos mínimos, de ahí que, si la potencia del tractor es grande la relación a la demanda de los implementos y del suelo será elevada, en cambio si los implementos son demasiado grandes para la potencia del motor la calidad de trabajo se verá disminuido o sufrirá una sobrecarga provocando daños y averías costosas. Nieto y López (2021), consideran que, es importante combinar de forma adecuada la potencia del tractor en relación con el tamaño del implemento por lo que se deben considerar las diferentes clases de potencia que desarrolla el tractor.

- Potencia al volante
- Potencia a la toma de fuerza
- Potencia a la barra de tiro

2.2.5.6 *Potencia al volante*

La potencia nominal es una medida fundamental que describe la capacidad máxima de un motor para realizar la labor sin experimentar alteraciones significativas en el funcionamiento, la fuerza se revela como imprescindible para determinar el tamaño adecuado de los motores, especialmente en aplicaciones específicas donde se requiere una potencia constante y confiable. De esta forma, en el caso de motores estacionarios utilizados para bombas de irrigación, rectificadores y otras aplicaciones industriales, la potencia nominal es un factor crucial para tomar en cuenta.

La potencia nominal evidencia la capacidad del motor para proporcionar energía de manera consistente y eficiente, sin exceder sus límites de operación seguros, la medida es particularmente importante en aplicaciones donde se requiere un rendimiento estable y continuo durante períodos prolongados de tiempo, como en el caso de bombas de irrigación que deben funcionar durante horas seguidas para suministrar agua a los campos agrícolas (Quevedo *et al.* 2020).

Al seleccionar motores para aplicaciones específicas, es fundamental tener en cuenta su potencia nominal para garantizar un rendimiento óptimo y una operación confiable a largo plazo. Un motor con potencia nominal adecuada proporcionará la energía necesaria para realizar las tareas requeridas sin sobrecargarse ni experimentar fallas prematuras. Es de tener en cuenta la potencia nominal ayuda a evitar el desperdicio de energía y a optimizar la eficiencia del sistema en su conjunto.

2.2.5.7 Potencia a la toma de fuerza

La potencia efectiva, también conocida como potencia en la toma de fuerza (PTO, por sus siglas en inglés), es la medida crucial en aplicaciones donde se utiliza la energía generada por un motor para impulsar otros dispositivos, como maquinaria agrícola, equipos de construcción y vehículos industriales, la potencia se mide en el eje de la toma de fuerza, la cual se revela como la salida mecánica ubicada en el motor o en la transmisión, diseñada específicamente para conectar dispositivos externos y transferir energía.

La potencia efectiva puede ser significativamente menor que la potencia nominal o al volante del motor, y se reduce en un aproximado del 60%, la reducción se debe a diversos factores, entre los que se incluyen el diseño del motor, las características de la transmisión, la fricción interna y los requerimientos del sistema hidráulico.

- **Diseño del motor:** Los motores están diseñados para generar potencia en el cigüeñal o volante, pero al transferir esta potencia a través de la transmisión y otros componentes mecánicos, se producen pérdidas debido a la conversión de energía y la resistencia inherente en el sistema (Espinoza, Serrano, y Andrade 2020)
- **Transmisión:** La transmisión es responsable de cambiar la velocidad y el torque del motor para adaptarse a las necesidades de la aplicación. Sin embargo, el proceso conlleva pérdidas de energía debido a la fricción en los engranajes y los rodamientos.
- **Fricción:** La fricción interna en los componentes mecánicos, como los rodamientos y los sellos, contribuye a la pérdida de potencia a medida que la energía se disipa en forma de calor durante el funcionamiento.

- **Sistema hidráulico:** En aplicaciones que utilizan sistemas hidráulicos, parte de la potencia del motor se destina a impulsar bombas y otros dispositivos hidráulicos, lo que reduce aún más la potencia efectiva disponible en la toma de fuerza (Hernández 2022).

2.2.6 Potencia a la barra de tiro

La potencia de tracción del motor es un factor crucial en vehículos y maquinaria que utilizan orugas o neumáticos para desplazarse, ya que determina la capacidad de tracción y la eficiencia del sistema de propulsión, la potencia se ve afectada por una variedad de factores, incluyendo la superficie y las condiciones del suelo, el tipo de enganche, la velocidad de avance y el tamaño y la superficie del área de contacto de las ruedas o las orugas.

La superficie y las condiciones del suelo desempeñan un papel importante en la potencia de tracción del motor, de ahí que, en terrenos blandos o resbaladizos como el barro o la nieve reduce la capacidad de tracción significativamente, mientras que superficies duras y compactas proporcionan mejor tracción. Andrade (2023), señala que, la inclinación del terreno y la presencia de obstáculos afecta la eficiencia del sistema de tracción, es importante tomar en cuenta que, tipo de enganche utilizado influye en la potencia de tracción. De esta forma, vehículos y la maquinaria utilizan enganches delanteros, traseros o de tres puntos, cada uno con ventajas y desventajas en términos de tracción y estabilidad.

La velocidad de avance es un factor importante que afecta la potencia de tracción del motor, por lo que, a velocidades altas, se requiere mayor potencia para superar la resistencia al avance, lo que reduce la capacidad de tracción del vehículo o la maquinaria. El tamaño y la superficie del área de contacto de las ruedas o las orugas tienen un impacto significativo en la potencia de tracción, de esta forma, el área de contacto más grande proporciona mejor tracción, mientras que la superficie de contacto irregular o desgastada disminuye la eficiencia del sistema de propulsión.

2.2.7 Labranza del suelo

La labranza se contempla como el proceso fundamental para la agricultura, el mismo se fundamenta en la preparación del suelo para la siembra de cultivos, el proceso implica la remoción y aflojamiento de la tierra, así como la eliminación de malezas y otros materiales que puedan afectar el crecimiento y desarrollo de las plantas (Moreano *et al.* 2019). Desde tiempos antiguos, la labranza ha sido una práctica esencial para el cultivo de alimentos, y ha evolucionado significativamente a lo largo de la historia.

En los inicios de la prehistoria, los seres humanos realizaban la labranza utilizando herramientas rudimentarias fabricadas principalmente de madera o materiales disponibles en el entorno, las

herramientas eran diseñadas para aflojar el suelo y prepararlo para la siembra. Desde simples ramas de árboles hasta herramientas de piedra, los primeros agricultores utilizaron una amplia gama de implementos para trabajar la tierra.

El desarrollo de técnicas agrícolas avanzadas llevó a la creación de herramientas de labranza sofisticadas, de esta forma, los agricultores moldearon la madera, así como otros materiales para crear arados y timones, que permitían romper y voltear el suelo eficientemente, las herramientas a menudo estaban equipadas con una punta aguda para penetrar en el suelo y facilitar el proceso de labranza (Pérez y Quinto 2020).

La labranza ha sido una práctica fundamental en la agricultura durante milenios, y ha desempeñado un papel crucial en el desarrollo de las civilizaciones humanas al permitir la producción de alimentos en gran escala. A lo largo de la historia, la labranza ha continuado evolucionando con el desarrollo de nuevas tecnologías y técnicas, pero su objetivo fundamental sigue siendo el mismo: preparar el suelo para la siembra y garantizar el éxito de los cultivos.

2.2.7.1 *Objetivos de labranza del suelo*

Entre los objetivos principales para preparar una cama de siembra se tiene los siguientes:

- Las condiciones deben ser las más adecuadas para el desarrollo del cultivo.
- Realizar composta mezclando residuos vegetales y animales para mejorar la fertilidad del suelo.
- La maleza o vegetación de la zona debe ser enterrada.
- Romper el suelo para que exista buena circulación de aire.
- Aprovechar y crear condiciones para retener aguas de lluvia que mejoren el suelo.
- Eliminar ciclos de vida de insectos, lavar y nidos que afecten el cultivo.
- Evitar la erosión eólica del suelo.

2.2.7.2 *Importancia de conservar el suelo*

Se parte de un conocimiento más profundo de los efectos de la labranza y de los factores que afectan a la misma. A el respecto, Yam *et al.* (2019), señalaron que la labranza es quizás uno de los mayores procesos en la alteración de las propiedades del suelo. Los cambios en la densidad aparente y la compactación después de la labranza, son difíciles de predecir debido al limitado

conocimiento de cómo un implemento interactúa con el suelo, influenciado por la velocidad y profundidad de la labranza y la cohesión.

Las profundidades promedio de trabajo fueron hasta 30 cm con los arados de discos y vertedera, y a 45 cm con el arado subsolador, con el arado de cinceles se trabajó a una profundidad de 17 cm y con la rastra de discos a 17 cm. Se utilizaron tractores de 80 a 100 HP. Los arados de discos y vertedera fueron integral reversible de tres cuerpos, el arado subsolador de dos timones, el de cinceles de siete cuerpos y la rastra integral de 20 discos.

2.2.8 Arado del suelo

El arado de vertedera se ha contemplado cómo herramienta fundamental en la agricultura desde tiempos antiguos, su diseño básico se ha mantenido prácticamente sin cambios durante siglos, el tipo de arado consiste en una reja que abre el surco en el suelo, acompañada por una lámina metálica curva que voltea la tierra, todo lo impulsado por la tracción mecánica, ya sea por animales o por maquinaria agrícola moderna (Espinoza et al. 2020). Desde la época romana, los agricultores han utilizado arados de vertedera para preparar el suelo para la siembra, los arados pueden variar en tamaño y complejidad, desde modelos simples de un solo surco hasta modelos más grandes y sofisticados con múltiples surcos, como los arados bisurcos y trisurcos.

Sin embargo, a medida que la tecnología agrícola ha avanzado, también lo ha hecho el diseño de los arados, entre los desarrollos a ser destacados, debe tomarse en cuenta el arado de discos, que se introdujo en la agricultura a principios del siglo XX y reemplazó gradualmente al arado de vertedera en muchas regiones del mundo. Nieto y López (2021), señalan que, el arado de discos utiliza discos cortantes dispuestos de manera oblicua con respecto al sentido de avance, los discos cortan y voltean la tierra con más eficiencia que las rejas y las láminas metálicas curvas de los arados de vertedera. Es importante tomar en cuenta que, los arados de discos son livianos y fáciles de maniobrar siendo, por lo tanto, ideales para su utilización en terrenos difíciles, o condiciones de humedad.

Los arados han seguido evolucionando con el avance de la tecnología agrícola, actualmente los agricultores tienen la posibilidad de elegir una amplia variedad de arados, con diseños para satisfacer las necesidades específicas de cada operación y tipo de suelo. Quevedo *et al.* (2020), afirma que, con independencia de los avances científico-técnicos, el arado de vertedera es una herramienta importante en muchas operaciones agrícolas, especialmente en regiones donde las condiciones del suelo son más favorables para su uso.

2.2.8.1 Mecanizado del arado

Es importante que las labores del arado se realicen de forma técnica para aumentar la producción reemplazando la mano de obra tradicional que consistía en realizarla con bueyes o de forma manual entre las ventajas se destacan las siguientes:

- Reducir la fatiga del agricultor
- Mejorar las técnicas de labrado de la tierra y la producción
- Facilitar u reducir el tiempo de las labores agrícolas (Sangurima 2020)

2.2.8.2 *Ventajas e inconvenientes de los arados de vertedera y de disco*

Las ventajas de los arados de disco con relación a los de vertedera, se tiene:

Se utilizar en terrenos pedregosos con menor peligro de rotura, debido al giro de los discos cuando trabajan, disminuyendo así el rozamiento y, en consecuencia, se verifica un menor desgaste. La conservación es rápida y sencilla, ya que no se requiere desmontar, forjar y volver a montar las rejas, lo cual hace que el mantenimiento de los arados de disco resulte económico en comparación con los arados de vertedera, sobre todo en terrenos abrasivos, incluso teniendo en cuenta la sustitución periódica de los discos.

La fuerza de tracción necesaria es ligeramente inferior para un mismo tipo de labor, por reducir considerablemente los rozamientos, de esta forma, los discos realizan un mullido perfecto, pues rompen mejor la estructura del suelo y, en consecuencia, crean una capa de suelo más homogénea en cuanto a contenido y distribución de los poros. Hernández (2022), especifica que, los arados de disco realizan un mejor enterrado de cantidades importantes de materia orgánica, lo cual no debe interpretarse como que la calidad de enterrado sea buena, sino que el mezclado se realiza mejor que en los de vertedera.

Las desventajas del arado de disco con frecuencia son insuficientes, lo que obliga a que los constructores diseñen aperos más pesados; lo que supone un mayor precio de adquisición, y por otra parte, realizan un volteo incompleto del suelo, por lo que el aspecto de la labor es menos vistoso que con los arados de vertedera, sobre todo cuando la operación va acompañada de enterrado de rastrojo y malas hierbas.

2.2.9 **Surcador**

El surcador se contempla como el implemento agrícola esencial utilizado en la siembra directa, que desempeña un papel fundamental en la preparación del suelo para la siembra de cultivos. Su diseño básico consta de una punta de hierro que penetra en el suelo, rompiendo la capa

compactada conocida como "pie de arado" y abriendo un surco en el suelo, de igual forma, la profundidad del surco creado por el surcador se ajusta en concordancia al tipo de semilla a ser plantada, lo cual garantiza una siembra precisa y adecuada.

Cruz (2023), afirma que, la función del surcador está dada por crear surcos en el suelo donde se depositarán las semillas, facilitando así la siembra directa de diversos cultivos, de esta forma, dicho implemento es ampliamente utilizado en una variedad de cultivos, incluyendo el tabaco, la papa y otros vegetales que requieren una siembra en hileras o surcos, adicionalmente de su función principal de crear surcos para la siembra.

Es de tomar en cuenta que, el surcador se ajusta para lograr el perfil adecuado del surco y mantener el flujo de tierra óptimo durante la siembra, garantizándose de esta forma que, las semillas se depositen correctamente en el suelo asegurándose así, las condiciones adecuadas para germinar y crecer de manera saludable. En algunas aplicaciones agrícolas, el surcador se utiliza para realizar otras tareas, como el acollamiento de cultivos sembrados en hileras, acción que mantiene el suelo alrededor de las plantas y proporciona un entorno favorable para el crecimiento.

2.2.9.1 Características del surcador

El surcador se observa como un implemento altamente adaptable, el cual ofrece una amplia gama de ventajas en la preparación del suelo y siembra de cultivos, entre sus características destaca la capacidad de adaptación a diversas condiciones y requerimientos agrícolas, lo cual se logra gracias a su diseño versátil, que permite ajustar la altura, el espaciado entre surcos y los ángulos de trabajo según las necesidades específicas de cada cultivo y terreno (Rivera 2021).

Adicionalmente de su versatilidad, el surcador es compatible con una amplia gama de tractores, lo que lo convierte en una opción accesible para agricultores con diferentes equipos, de ahí que, se acople a tractores de diversas potencias, desde pequeños, hasta grandes y potentes tractores utilizados en operaciones agrícolas a gran escala.

Entre las ventajas del surcador destaca su fácil movimiento, manejo, diseño ergonómico, y construcción liviana aspectos que facilitan la operatividad, garantizándose así, una labor eficiente, y sin fatiga durante largas jornadas en el campo, de esta forma, el tamaño compacto lo hace ideal para operar en áreas de difícil acceso o terrenos irregulares (Villamizar 2022). Otra característica del surcador se revela en la precisión para el proceso de preparación del suelo y siembra, debido a su diseño y calidad de los componentes, el surcador garantiza la siembra precisa y uniforme, lo que contribuye al éxito del cultivo y al óptimo rendimiento de la cosecha.

2.2.9.2 Tipos de surcadores

Reja: Se trata de una reja escarificada de las mismas características que son usadas por cultivadores, que la misma se fija a un brazo rígido o flexible unido a un bastidor de la máquina. La parte delantera es recambiable, abre el surco.

Patín: El patín es una cuchilla de sección triangular con bordes rectos o curvados, que se prolonga hacia atrás por medio de dos chapas que alojan el extremo del tubo de caída que llega hasta el fondo del surco.

Disco: Puede ser de una sola cuchilla circular cóncava o dos discos planos. Se alojan al extremo del tubo de caída. Son utilizados con frecuencia en terrenos que presentan abundantes rastros.

2.2.9.3 *Surcado*

La profundidad y la distancia entre surcos son aspectos cruciales que considerar en el proceso de siembra y dependen en gran medida del tipo de cultivo que se va a sembrar y de las prácticas agrícolas específicas de cada agricultor. Torres *et al.* (2022), señalan que, la profundidad de los surcos debe ajustarse de acuerdo con el tipo de semilla o planta a sembrar, de esta forma, para la siembra de hortalizas, se recomienda una profundidad de entre 10 y 15 centímetros, mientras que para la plantación de posturas y granos, se prefiere una profundidad mayor, que puede oscilar entre los 15 y 20 centímetros, las profundidades óptimas aseguran que las semillas se depositen a la profundidad adecuada para un óptimo desarrollo de las raíces y el crecimiento de las plantas.

Por otro lado, la distancia entre surcos varía según el marco de siembra utilizado y las características específicas del cultivo, la distancia varía entre los 45 y 90 centímetros, proporcionando el espacio necesario para el crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas, así como, para facilitar las labores de manejo y cosecha en el campo.

El tipo de tracción utilizado se adapta al surcador, pudiendo ser de tracción animal o mecánica. En el caso de la tracción animal, se utiliza un solo elemento de surcador, simplificándose así el proceso y reduciéndose el consumo energético. En la tracción mecánica, es posible montar varios elementos de surcador en un mismo bastidor, lo que posibilita una mayor cobertura y eficiencia en la siembra, de esta forma, la tracción mecánica ofrece la ventaja de mayor potencia y velocidad, lo que incrementa la productividad en el campo.

2.2.10 **Materiales utilizados en la fabricación de implementos agrícolas**

La durabilidad y rendimiento del implemento agrícola se relaciona con la calidad de los materiales utilizados en la fabricación, de ahí que, se busca mejorar el rendimiento de los implementos agrícolas con la utilización de materiales avanzados y eficientes. Djenderedjian (2020), señala

entre los enfoques para mejorar los implementos agrícolas el reemplazo de la fundición tradicional por acero estampado, transición que se realiza con el objetivo de reducir los costos de fabricación y el peso del implemento, al tiempo que se busca aumentar su durabilidad y resistencia. El acero estampado ofrece una mayor resistencia a la fatiga y la deformación, lo que se traduce en una prolongada vida útil y mejor rendimiento.

Los materiales utilizados en la construcción de un implemento agrícola se clasifican en tres categorías principales:

Materiales no metálicos: Los incluyen materiales como plásticos reforzados con fibra de vidrio, polímeros y materiales compuestos. Aunque son menos comunes en la fabricación de implementos agrícolas, pueden ofrecer ventajas en términos de resistencia a la corrosión, peso ligero y durabilidad en ciertas aplicaciones específicas (Apablazza *et al.* 2023).

Metales no férreos: La categoría incluye metales como el aluminio, el titanio y el magnesio, los metales son conocidos por su ligereza, resistencia a la corrosión y facilidad de procesamiento. Sin embargo, su uso en implementos agrícolas puede ser limitado debido a su costo relativamente alto y a su menor resistencia en comparación con los metales férreos.

Metales férreos: Los metales férreos, como el acero y el hierro fundido, son los materiales más comúnmente utilizados en la fabricación de implementos agrícolas, los materiales ofrecen una combinación de resistencia, durabilidad y costo efectivo que los hace ideales para aplicaciones agrícolas (Quimís *et al.* 2020). Sin embargo, el tipo específico de metal férreo y el proceso de fabricación utilizado pueden afectar significativamente la calidad y el rendimiento del implemento agrícola resultante.

2.2.10.1 *Materiales no metálicos*

Existe una gran cantidad de materiales no metálicos con importancia industrial, por tanto, es absolutamente necesario conocer la naturaleza y características de estos, así como las ventajas y limitaciones, para determinar cuándo y cómo utilizarlos con rentabilidad en las actividades agrícolas proyectadas. La mayoría de los tipos de materiales son artificiales, como el plástico utilizado en la construcción de tolvas para sembradoras.

El caucho es otro material que se usa para fabricar herramientas agrícolas y llantas para tractores. El cuero sintético se usa para hacer cinturones, fibras sintéticas y materiales naturales conocidos no metales como la madera, se utilizan en la fabricación de muebles, y algunas herramientas agrícolas, como arados y yugos para animales de granja.

2.2.10.2 Metales no férricos

Los metales no férricos se clasifican en pesados y ligeros según su densidad, de esta forma, los metales pesados poseen una densidad igual o superior a 5 kg/dm^3 , mientras que los metales ligeros poseen una densidad que oscila entre 2 y 5 kg/dm^3 . Herrera (2021), destaca que, entre los metales no férricos pesados, el plomo es ampliamente utilizado en la fabricación de baterías y soldaduras debido a su alta densidad y maleabilidad, por su parte, el cobre, señalado por la excelente conductividad térmica y eléctrica, es empleado en la producción de cables y componentes eléctricos.

Es de tomar en cuenta que, el níquel se utiliza en la fabricación de llaves y cigüeñales, mientras que el cromo se emplea principalmente en la fabricación de catalizadores para procesos químicos, de igual forma, el cobalto se utiliza en la preparación de aleaciones resistentes a altas temperaturas, siendo un componente crucial en aplicaciones industriales exigentes.

Entre los metales no férricos ligeros, el aluminio destaca por la amplia aplicación en la fabricación de culatas, pistones y carrocerías de vehículos debido a la ligereza y resistencia a la corrosión. El magnesio es utilizado principalmente en la industria aeronáutica debido al bajo peso y alta resistencia, contemplándose como componente esencial en la fabricación de estructuras y componentes de aeronaves. Sapatanga (2021) señala que, el titanio destaca por la resistencia a la corrosión y alta resistencia, utilizándose en la construcción de turbinas y aplicaciones aeroespaciales en las cuales se demanda de materiales ligeros y resistentes.

2.2.10.3 Materiales férricos

Son aquellos que contienen hierro (Fe) como elemento principal y carbono (C) en proporciones variables. El contenido de carbono es el que clasifica y determina las propiedades de los productos. El uso del acero es de gran importancia ya que con él se pueden realizar grandes cantidades de aleaciones y tratamientos que mejoran sus cualidades y propiedades, otra de las ventajas que tiene el acero es el de poder conformarse mediante la mayoría de los procesos industriales actuales.

Entre las aleaciones más importantes destacan los Aceros al Carbono, en este tipo de acero el carbono y elementos residuales, como el Manganeso, Silicio, Fósforo y Azufre, se encuentran en cantidades normales, pero en los aceros de baja aleación los elementos residuales se encuentran por encima de las cantidades normales, en los cuales se verifican nuevos elementos, la cantidad total no debe sobrepasar el 3.5% mientras que, los en los aceros de alta aleación la cantidad total de elementos aleantes se encuentra de un 10 a 12%. En estas condiciones, la microestructura de

los aceros se encuentra profundamente alterada de esta forma los tratamientos térmicos comerciales se modifican, siendo necesario el desarrollo de múltiples operaciones.

2.2.11 Soldadura

La soldadura es un proceso fundamental en la construcción y el diseño de estructuras metálicas, donde se unen dos o más piezas mediante la aplicación de calor y presión, el método proporciona una unión robusta y duradera, esencial para garantizar la integridad estructural y la seguridad de la construcción. La soldadura se utiliza en una amplia variedad de aplicaciones, desde la fabricación de puentes y rascacielos hasta la construcción de maquinaria industrial y vehículos (Sánchez y Diego 2019).

En el contexto de la ingeniería estructural, la soldadura desempeña un papel crucial en la unión de componentes metálicos, como vigas, columnas y placas, para formar una estructura cohesiva y resistente. Los ingenieros deben tener en cuenta una serie de factores al diseñar y ejecutar las soldaduras, incluida la selección del proceso de soldadura adecuado, el tipo de electrodo, las técnicas de preparación de las superficies y los parámetros de soldadura.

Además de su importancia en la fase de construcción, la soldadura también es fundamental durante la inspección y el mantenimiento de las estructuras metálicas. Las soldaduras deben ser inspeccionadas regularmente para detectar posibles defectos, como grietas, porosidades o discontinuidades, que podrían comprometer la integridad estructural. La reparación o el refuerzo de las soldaduras defectuosas son procesos críticos para garantizar la seguridad y la longevidad de la estructura en su conjunto (Castillo y Rodríguez García 2021).

La soldadura desempeña un papel esencial en el diseño y la construcción de la surcadora con acople a motocultor YTO, ya que permite unir los diferentes componentes metálicos de manera sólida y segura. En este proyecto, la soldadura se utiliza para unir las piezas estructurales clave de la surcadora, como los brazos de soporte, los cuchillos y las placas de refuerzo. La elección adecuada del proceso de soldadura, los materiales de relleno y los parámetros de soldadura son fundamentales para garantizar una unión robusta y duradera que pueda soportar las cargas y tensiones durante el uso.

Los ingenieros y diseñadores deben prestar especial atención a la calidad de las soldaduras, ya que cualquier defecto podría comprometer la integridad estructural de la surcadora y afectar su rendimiento, lo que incluye la inspección visual de las soldaduras durante y después del proceso de soldadura, así como pruebas no destructivas, como radiografías o ultrasonidos, para detectar posibles defectos internos.

Además de su papel en la construcción inicial de la surcadora, la soldadura también es crucial durante el mantenimiento y las reparaciones posteriores. Las soldaduras defectuosas o dañadas deben repararse de manera adecuada y oportuna para garantizar la seguridad y la eficacia de la surcadora en el campo, lo cual puede implicar la eliminación de la soldadura defectuosa, la preparación adecuada de las superficies y la aplicación de soldadura de refuerzo según sea necesario.

2.2.11.1 Importancia de la soldadura

La soldadura es un proceso de unión que desempeña un papel crítico en una amplia gama de industrias y aplicaciones. Desde la fabricación de estructuras metálicas hasta la construcción de vehículos y maquinaria, la soldadura es fundamental para unir componentes de manera segura y eficiente. Su importancia radica en la capacidad de crear uniones sólidas y duraderas entre materiales metálicos, lo que permite la creación de estructuras y productos resistentes a las tensiones y cargas a las que pueden estar expuestos en su funcionamiento (Castillo y Rodríguez 2021).

En el ámbito de la ingeniería, la soldadura es esencial para la construcción de estructuras complejas, como puentes, edificios y torres de energía, las estructuras requieren uniones soldadas que sean capaces de soportar cargas estáticas y dinámicas, así como condiciones ambientales adversas. La soldadura también es crucial en la fabricación de equipos y maquinaria industrial, donde las uniones soldadas deben ser lo suficientemente fuertes como para resistir las fuerzas y vibraciones generadas durante su operación.

Además de su importancia en la construcción y fabricación, la soldadura juega un papel clave en la reparación y el mantenimiento de estructuras y equipos. Permite la restauración de componentes dañados o desgastados, prolongando así su vida útil y evitando la necesidad de reemplazo costoso. La soldadura también se utiliza en la modificación y personalización de productos existentes, adaptándolos a nuevas necesidades o especificaciones (Sangroni et al. 2021).

En el diseño y construcción de la surcadora con acople a motocultor YTO, la soldadura desempeña un papel fundamental, la técnica de unión metálica permite ensamblar de manera sólida y segura los distintos componentes de la surcadora, garantizando su integridad estructural y funcionamiento eficiente. La soldadura se emplea para unir elementos clave como los brazos de soporte, los cuchillos y las placas de refuerzo, asegurando una conexión resistente capaz de soportar las tensiones y cargas inherentes al trabajo agrícola.

La elección adecuada del proceso de soldadura, los materiales de relleno y los parámetros de soldadura son aspectos cruciales en este proyecto. Una soldadura de calidad es esencial para garantizar la resistencia y durabilidad de la surcadora en el campo, así como para minimizar el riesgo de fallas estructurales que podrían afectar su desempeño. Por lo tanto, los ingenieros y diseñadores deben prestar especial atención a la ejecución correcta de las soldaduras, así como a su inspección y prueba para detectar posibles defectos.

Además de su papel durante la construcción inicial, la soldadura también es relevante en el mantenimiento y las reparaciones posteriores de la surcadora. Las soldaduras dañadas o defectuosas deben ser reparadas de manera oportuna para garantizar la seguridad y eficacia continua de la máquina en el campo, lo cual implica la aplicación de técnicas de soldadura adecuadas y la atención meticulosa a los detalles para asegurar una reparación duradera y confiable.

2.2.11.2 Tipos de soldadura

En el contexto del diseño y la construcción de la surcadora con acople a motocultor YTO, es importante comprender los diferentes tipos de soldadura disponibles y sus aplicaciones específicas. Los tipos de soldadura varían en función de los materiales a unir, las condiciones de trabajo y los requisitos de resistencia. Entre los tipos de soldadura más comunes se encuentran la soldadura por arco eléctrico, la soldadura de gas, la soldadura por resistencia y la soldadura por puntos. Cada tipo de soldadura tiene sus propias ventajas y limitaciones, y es importante seleccionar el método adecuado según las necesidades del proyecto y las características de los materiales involucrados (Herrera 2021).

La soldadura por arco eléctrico es uno de los métodos más utilizados en la industria debido a su versatilidad y eficiencia. En este proceso, se genera un arco eléctrico entre un electrodo y el material base, fundiendo ambos y creando una unión sólida al enfriarse.



Ilustración 2. 14 Soldadura arco eléctrico

Fuente: enerweld.com/, Sitio Web

La soldadura de gas, por otro lado, utiliza una llama o un arco eléctrico y un gas protector para

crear una unión entre los materiales, el método es comúnmente utilizado en la soldadura de acero y aluminio en aplicaciones industriales y de fabricación (González 2024).



Ilustración 2. 15 Soldadura de gas

Fuente: 0grados.com/soldadura-oxiacetilenica, Sitio Web

La soldadura por resistencia implica el paso de una corriente eléctrica a través de las piezas a unir, generando calor y presión que funden los materiales y los unen, este tipo de soldadura es particularmente adecuado para materiales conductores, como el acero y el cobre, y se utiliza en aplicaciones donde se requiere una alta velocidad de producción y una unión uniforme (Sapatanga 2021).

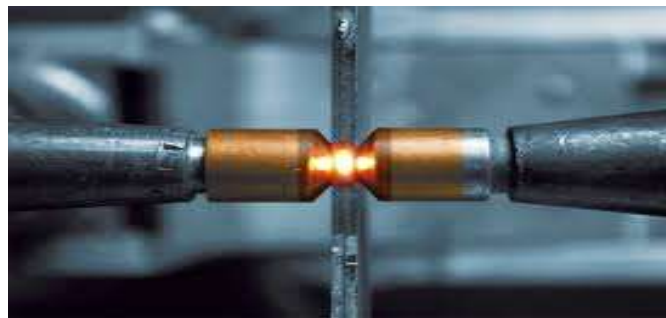


Ilustración 2. 16 Soldadura por resistencia

Fuente: enerweld.com/, Sitio Web

Por último, la soldadura por puntos es un método de soldadura por resistencia que implica la aplicación de corriente eléctrica en puntos específicos de las piezas a unir, formando uniones sólidas y duraderas (Llatas y Rodrigo 2020).



Ilustración 2. 17 Soldadura por puntos

Fuente: grupoingman.com, Sitio Web

2.2.11.3 Inspección por soldadura por líquidos penetrantes

La inspección por líquidos penetrantes es un método altamente efectivo y no destructivo que se emplea para detectar minuciosos defectos superficiales en una amplia gama de materiales no porosos, incluyendo metales, cerámicas y algunos tipos de plásticos, el proceso meticuloso y detallado involucra la aplicación de un líquido penetrante, que puede variar en viscosidad y composición química, sobre la superficie de la pieza que se someterá a inspección (Alarcón y Tequen 2022).

El líquido penetrante, que puede ser fluorescente o no fluorescente según los requisitos específicos de la aplicación, se aplica uniformemente sobre la superficie mediante pulverización, inmersión o cepillado, dependiendo del tamaño y la geometría de la pieza. Una vez aplicado, se le permite al líquido tiempo suficiente para penetrar en cualquier fisura, grieta o porosidad presente en la superficie, utilizando la acción capilar para alcanzar incluso las discontinuidades más diminutas.

El método de inspección se destaca por su capacidad para revelar defectos extremadamente pequeños y superficiales que pueden pasar desapercibidos incluso para una inspección visual detallada. Las fisuras, grietas o porosidades, una vez impregnadas con el líquido penetrante, se hacen visibles cuando se aplica un revelador adecuado, el revelador, que puede ser en forma de polvo, aerosol o película, actúa absorbiendo el líquido penetrante que ha penetrado en las discontinuidades, creando así un contraste visible que resalta la presencia de los defectos (Alarcón y Tequen 2022).

La inspección por líquidos penetrantes no solo es una herramienta poderosa para detectar defectos superficiales, sino que también es altamente versátil y puede adaptarse a una amplia variedad de formas, tamaños y materiales de piezas. Además, este método es relativamente rápido y económico en comparación con otras técnicas de inspección no destructiva, lo que lo convierte en una opción preferida en muchas aplicaciones industriales y de fabricación. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la inspección por líquidos penetrantes solo puede detectar defectos superficiales y no proporciona información sobre posibles defectos internos en la pieza inspeccionada.

Una vez que se ha permitido que el líquido penetre adecuadamente en las posibles discontinuidades, se elimina el exceso de líquido de la superficie y se aplica un revelador, el revelador absorbe el líquido penetrante que ha penetrado en las discontinuidades, lo que hace que estas sean visibles a simple vista. Las discontinuidades aparecen como líneas o manchas en la superficie, lo que indica la presencia de defectos (Bravo y Castillo 2017).

La inspección por líquidos penetrantes es particularmente útil para detectar defectos superficiales que pueden no ser visibles a simple vista, como grietas finas o porosidad. Este método es relativamente rápido y económico, y puede ser aplicado en una amplia variedad de materiales y formas de piezas. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la inspección por líquidos penetrantes solo es efectiva en materiales no porosos y no puede detectar defectos internos.

2.2.12 Análisis por elementos finitos

El análisis de elementos finitos (AEF) ha emergido como herramienta crucial en el campo de la ingeniería, el enfoque computacional permite el modelado, y análisis detallado de estructuras y componentes, lo cual deriva en una amplia gama de aplicaciones para la ingeniería.

Una de las áreas donde el análisis de elementos finitos ha tenido un impacto significativo es en el análisis y diseño de elementos y estructuras, dado que, mediante la descomposición de modelos complejos en elementos pequeños y manejables. Burgos (2019), afirma que, el análisis de elementos finitos permite una comprensión más profunda del comportamiento estructural y el rendimiento de los materiales, aspecto invaluable en la predicción de la forma en la cual se desempeñarán los componentes bajo diferentes cargas y condiciones de funcionamiento.

El análisis de elementos finitos se utiliza en el diseño y creación de prototipos de productos, de esta forma, al simularse el comportamiento de un producto, los ingenieros identifican y dan resolución a problemáticas potenciales en las etapas iniciales del diseño, acción que se traduce en ahorro de tiempo y costos en el desarrollo del producto, abarcándose igualmente la optimización geométrica y de materiales, para así mejorar el rendimiento y eficiencia (Pérez y Quinto 2020).

La capacidad del análisis de elementos finitos para modelar y simular una amplia variedad de fenómenos físicos lo hace invaluable en áreas como la mecánica de fluidos, transferencia de calor y dinámica estructural, lo cual permite a los ingenieros abordar problemas complejos en una amplia variedad de campos, que se extienden desde la aeronáutica, automoción, medicina, y energía renovable.

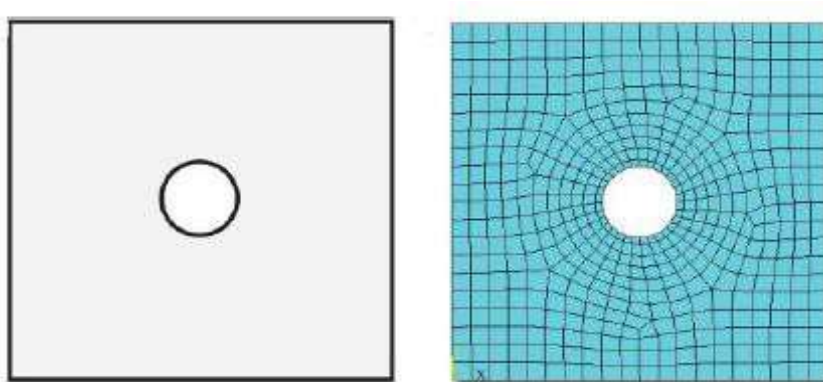


Ilustración 2.18 Coeficiente de labranza del suelo
Fuente: (Sapatanga 2021)

El método de los elementos finitos (MEF) ha revolucionado la forma en que se abordan los problemas de ingeniería garantizándose así la realización de simulaciones controladas por computadora sin que, se evidencie la dependencia de cálculos manuales y procesos complejos, Yam *et al.* (2019), afirma que, el método de los elementos finitos divide el objeto en una conjunto de elementos finitos interconectados, los cuales representan una parte específica del objeto real, los elementos se interrelacionan entre sí a través de nodos, y el comportamiento de los nodos se define mediante condiciones de contorno.

Al discretizar el modelo inicial en elementos finitos, se obtiene un sistema de ecuaciones que se resuelve numéricamente, dando solución así a problemas que no pueden ser abordados analíticamente, o que representan una mayor complejidad para ser abordados tradicionalmente, de esta forma, es posible simular el comportamiento de una estructura bajo cargas variables, predecir la distribución de temperaturas en un componente durante el proceso de manufactura, o estudiar el flujo de fluidos alrededor de un cuerpo en movimiento.

Al utilizar el método de los elementos finitos, se realizan simulaciones precisas y detalladas que proporcionan información valiosa sobre el comportamiento de sistemas físicos en una amplia variedad de condiciones, lo cual optimiza el diseño de productos, mejorar la eficiencia de procesos de fabricación, y prevé problemas antes de que se materialicen.

2.2.12.1 *Software para análisis por elementos finitos*

Debido al creciente uso del método de elementos finitos, se evidencia el desarrollo de una amplia gama de programas especializados, destacándose aquellos que ofrecen significativas capacidades en la materialización de análisis, abarcando problemas estructurales, análisis de fluidos, y electromagnéticos. De igual forma se verifican programas enfocados en análisis específicos, entre los programas más reconocidos y ampliamente utilizados para el análisis por elementos finitos se encuentran:

Abaqus: El software ofrece una amplia gama de capacidades de simulación para resolver problemas complejos de ingeniería en múltiples disciplinas (Nieto y López 2021).

Advance Design: Especializado en análisis estructurales, el programa proporciona herramientas avanzadas para la modelización y análisis de estructuras.

ANSA: Centrado en el preprocesamiento de modelos para análisis por elementos finitos, ANSA ofrece una variedad de herramientas para la preparación eficiente de geometrías complejas.

ANSYS: El software es ampliamente utilizado en la industria para realizar análisis estructurales, térmicos, de fluidos y electromagnéticos, entre otros.

Autodesk Simulation: Ofrece capacidades para el análisis de estructuras, fluidos y transferencia de calor, integrado con otros productos de Autodesk para un flujo de trabajo completo (Espinoza et al. 2020).

AutoForm: Especializado en la simulación de procesos de formado de chapa metálica, AutoForm es utilizado en la industria automotriz y de fabricación.

COMSOL Multiphysics: El programa es conocido por su capacidad para resolver problemas acoplados en múltiples físicas, como mecánica estructural, transferencia de calor y electromagnetismo.

DYNA 3D: Especializado en análisis de impacto y dinámica estructural, DYNA 3D se utiliza en aplicaciones como la seguridad de vehículos y estructuras ante colisiones.

Hyperworks: Ofrece una amplia gama de herramientas para el modelado, análisis y optimización de sistemas estructurales y mecánicos.

LS-DYNA: Especializado en análisis de elementos finitos explícitos, LS-DYNA se utiliza para problemas de alta velocidad, como impacto y colisiones.

MADYMO: Utilizado principalmente en la industria automotriz, MADYMO es conocido por sus capacidades de simulación de seguridad en colisiones y biomecánica humana.

MSC Patran/Nastran: Ofrece herramientas para el preprocesamiento y análisis de modelos por elementos finitos, utilizados en una amplia gama de aplicaciones.

SAP 2000: Especializado en análisis estructural y diseño de edificios y puentes, SAP 2000 es ampliamente utilizado en la industria de la construcción y la ingeniería civil.

Los softwares para análisis por elementos finitos ofrecen una amplia gama de capacidades para dar resolución efectiva a las problemáticas de ingeniería, de esta forma son utilizados por ingenieros y diseñadores a nivel mundial en la materialización de simulaciones y análisis avanzados.

2.3 Marco Legal

Es fundamental contar con normas y regulaciones que aseguren la calidad, seguridad y eficiencia de la maquinaria agrícola utilizada en el Ecuador, las normas, derivadas de estándares internacionales como la Norma ISO, son clave para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos disponibles en el mercado y proteger la integridad de los usuarios. Entre las normas específicas relacionadas con la maquinaria agrícola en el Ecuador, se encuentran:

Norma INEN 5674: La norma establece los requisitos y procedimientos para realizar ensayos de desgaste en las tomas de fuerza de la maquinaria agrícola, lo cual es crucial para garantizar su durabilidad y rendimiento a lo largo del tiempo (Hernández 2022).

Norma INEN 4254: La norma aborda la seguridad en la maquinaria agrícola, cubriendo aspectos como protección contra ruidos, dispositivos de seguridad, contactos eléctricos y otros aspectos fundamentales para prevenir accidentes y lesiones durante su uso.

Norma INEN 5718: La norma establece los requisitos para las cuchillas segadoras, asegurando que cumplan con estándares de calidad y seguridad para su uso en la agricultura.

Norma INEN 26322: La norma se centra en los tractores agrícolas, estableciendo los requisitos y estándares que deben cumplir para garantizar su seguridad y funcionamiento eficiente en el campo.

Otras normas abordan aspectos específicos de seguridad y rendimiento para diferentes tipos de maquinaria agrícola, como cosechadoras de cereal, rastillas, segadoras rotativas, y desbrozadoras. Moreano *et al.* (2019), destacan que, las normas ISO, no cuentan con una regulación específica para motocultores en cuanto a análisis de materiales o ensayos, lo cual representa una brecha en el proceso de homologación de maquinaria agrícola, ya que no se consideran todos los modelos disponibles en el mercado ni se abordan aspectos específicos relacionados con los motocultores. En consecuencia, es necesario continuar trabajando en el desarrollo de normativas que aborden de manera integral la diversidad de equipos agrícolas utilizados en el país.

2.3.1 Norma INEN 5718

La norma que establece los requisitos para las cuchillas en las segadoras de discos rotativos y tambores giratorios es crucial para garantizar la seguridad y eficacia de los equipos agrícolas. Aunque esta norma no especifica dimensiones específicas para las cuchillas, sí establece pruebas de resistencia y características principales del material que deben cumplir estas piezas.

Las pruebas de resistencia, como las de flexión e impacto, son fundamentales para evaluar la fragilidad y dureza de los materiales utilizados en las cuchillas, las mismas aseguran que las cuchillas sean lo suficientemente robustas para soportar las fuerzas y los impactos a los que están expuestas durante su utilización de campo (Andrade 2023).

Para el diseño del apero propuesto, que implica el uso de discos de arado expuestos a fuerzas e impactos, es crucial realizar los ensayos de validación necesarios para garantizar que el material utilizado cumpla con las características y propiedades requeridas, lo cual abarca la revisión de la resistencia y durabilidad del material garantizándose así que el mismo posea la resistencia y durabilidad adecuadas para resistir el desgaste y los impactos durante la operación en el campo.

Es de tomar en cuenta que, independientemente que la norma no determina las dimensiones de las cuchillas, proporciona una base sólida para evaluar y seleccionar los materiales adecuados en el diseño del apero, de esta forma, es recomendable seguir las pautas de la norma y llevar a cabo los ensayos necesarios para garantizar la calidad y seguridad del equipo agrícola.

2.3.2 Norma ISO 26322

La normativa ISO que especifica los requisitos de seguridad para tractores de vía estrecha y pequeños utilizados en la agricultura y silvicultura es fundamental para garantizar la seguridad de los operadores y otras personas involucradas en su uso y mantenimiento, la normativa establece estándares para el diseño y construcción de los tractores, así como la información que el fabricante debe proporcionar sobre prácticas de trabajo y riesgos laborales Herrera (2022).

Entre los aspectos que aborda la normativa se verifican los niveles de seguridad personal para los operadores, y personas que laboren con los tractores, también se establecen los requisitos para el diseño y construcción de tractores de vía estrecha, definidos como aquellos con al menos dos ejes para ruedas neumáticas o de orugas y un ancho de 1150 mm, incluyéndose de igual modo los tractores pequeños cuya masa no supera los 600 kg.

Granizo y Gómez (2021), señalan que, la normativa ISO proporciona pautas claras para garantizar que los tractores cumplan con los estándares de seguridad necesarios para su funcionamiento en entornos agrícolas y forestales, incluyéndose consideraciones sobre la estabilidad, protección contra vuelcos, sistemas de frenado e información de seguridad proporcionada por el fabricante.

CAPÍTULO III.

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Diagrama de etapas del proyecto

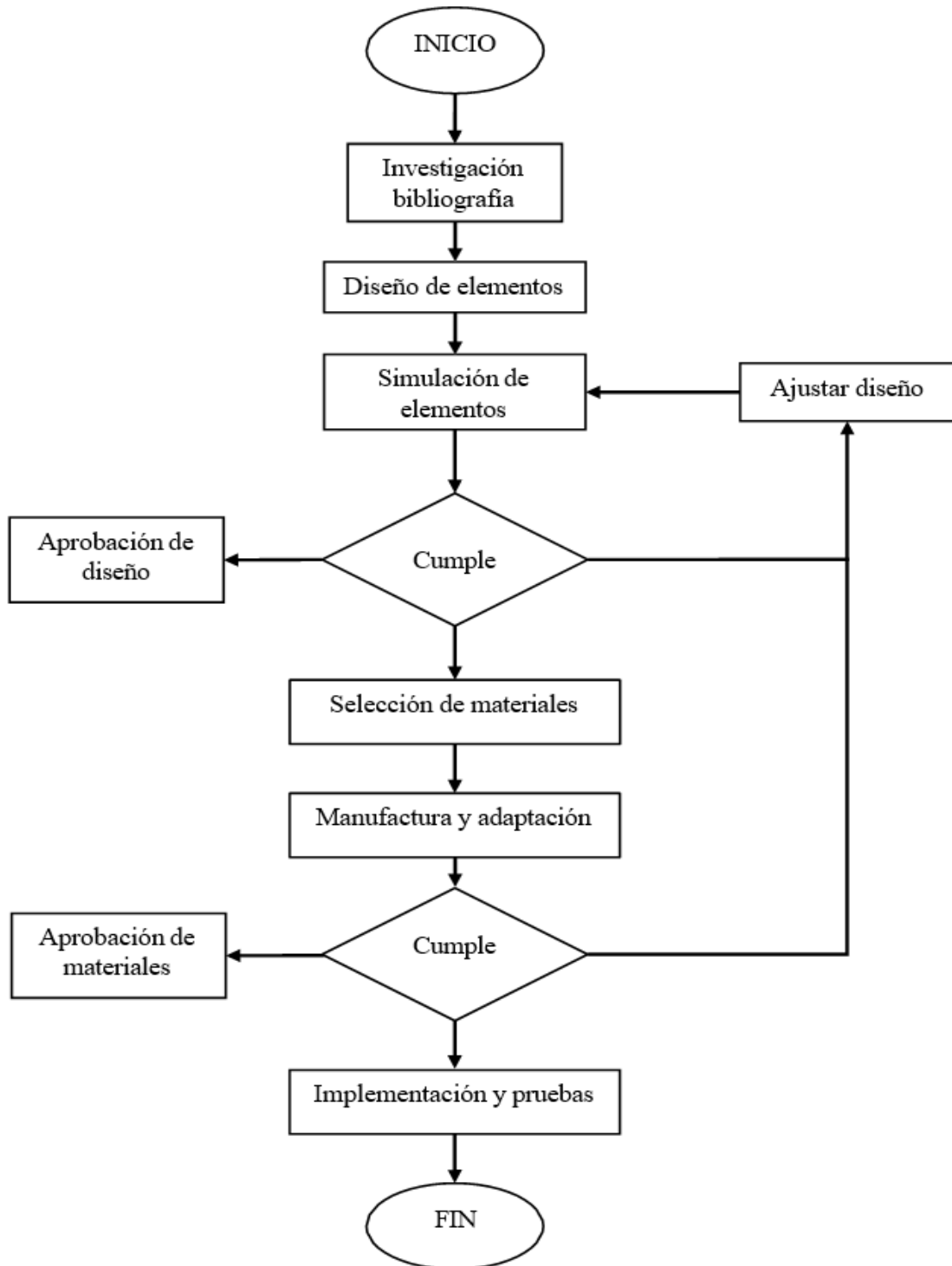


Ilustración 3.1 Diagrama de flujo del proyecto
Realizado por: Guamangate.J.,2024

3.2 Metodología de investigación a realizar

El modelo Pahl y Beitz, ampliamente reconocido en el campo del diseño y la ingeniería, se contempla como la base metodológica para el desarrollo investigativo, dicho enfoque proporciona un marco estructurado en el proceso de diseño, que se extiende desde la identificación de requisitos y objetivos, hasta la generación y evaluación de soluciones. Sin embargo, es importante destacar que esta metodología se adapta y modifica a partir de las necesidades específicas del proceso en cuestión.

La metodología Pahl y Beitz se compone de una serie de pasos secuenciales que guían al diseñador a través del proceso de diseño de manera sistemática y efectiva, los pasos incluyen la recopilación de información, análisis de requisitos, generación de conceptos, evaluación de soluciones y selección final de un diseño óptimo (Llatas y Rodrigo 2020). A lo largo del proceso, se utilizan diversas herramientas y técnicas para facilitar la toma de decisiones y garantizar que se cumplan los objetivos del diseño.

Alarcón y Tequen (2022), afirman que, la metodología Pahl y Beitz fomenta la iteración y retroalimentación continua, lo que permite refinamientos y mejoras en el diseño a medida que avanza el proceso, garantizándose así la toma en cuenta de la totalidad de opciones y amplia gama de factores, dados por la funcionalidad, estética, viabilidad técnica y económica, así como también las necesidades del usuario.

En el contexto investigativo, la metodología Pahl y Beitz se adapta y personaliza en el abordaje de desafíos específicos relacionados con el diseño y la construcción de la surcadora con acople a motocultor YTO, lo cual implica la incorporación de etapas adicionales o modificación de las existentes para el desarrollo de aspectos particulares del proceso, tales como las características técnicas del motocultor, condiciones del terreno agrícola y necesidades de los agricultores.

3.2.1 Fase de diseño

3.2.1.1 Especificaciones del diseño

En la fase 3 de especificaciones del diseño se abarca la totalidad de la información sobre los acoples del motocultor, requerimientos, y restricciones que aportan en el funcionamiento del equipo, así como también se evalúan las problemáticas proyectándose soluciones técnicas y económicas con el objetivo de garantizar el funcionamiento del motocultor.

3.2.2 Diseño conceptual

El diseño conceptual, se define como la fase de concepción en el proceso de diseño, que implica la evaluación exhaustiva de la problemática estudiada y la generación de soluciones en forma de conceptos y esquemas. En esta etapa, los diseñadores se sumergen en la comprensión profunda del problema, identificando los requisitos, limitaciones y oportunidades clave.

El objetivo del diseño conceptual se subordina a la necesidad de explorar los posibles enfoques de abordaje del problema, sin limitarse a soluciones preconcebidas, de esta forma, se fomenta la creatividad e innovación, materializándose ideas novedosas que ofrezcan soluciones efectivas y originales (Rocha *et al.* 2022). Con el objetivo de garantizar el adecuado desarrollo del diseño conceptual, se emplean diversas técnicas y herramientas de diseño, como lluvias de ideas, mapas mentales, prototipado rápido, y análisis de casos comparativos, tales herramientas estimulan la generación de soluciones expedita, eficiente y efectivamente. Durante el diseño conceptual, no se espera que las soluciones sean detalladas o completamente desarrolladas, sino que, se proyecta explorar una amplia variedad de enfoques en el diseño y evaluar determinándose así la viabilidad preliminar de estos.

3.2.2.1 *Diseño de ingeniería*

Etapa que define el proceso de diseño con mayor detalle, en la cual se materializan cálculos básicos necesarios para garantizar el correcto funcionamiento del sistema y desarrollar el acople en concordancia con las especificaciones técnicas y económicas, por lo que, se generan planos del conjunto armado que detallan el proceso del ensamble del acople.

3.2.2.2 *Diseño de detalle*

Chávez y Müller (2020), señalan que, el diseño de detalle se revela como el proceso de diseño desarrollado a partir de los planos de conjunto donde el diseñador especifica mediante el plano, los objetivos y pasos a seguir en el proceso de fabricación de los componentes del acople. Las fases o etapas de diseño mediante la metodología de Pahl y Beitz es importante para establecer los procesos de diseño y prototipos que van de acuerdo con las necesidades detectadas, por lo tanto, se establece la metodología que permite materializar el diseño que dé respuesta plena a las necesidades de los agricultores, tal y como queda en evidencia en la Ilustración siguiente.

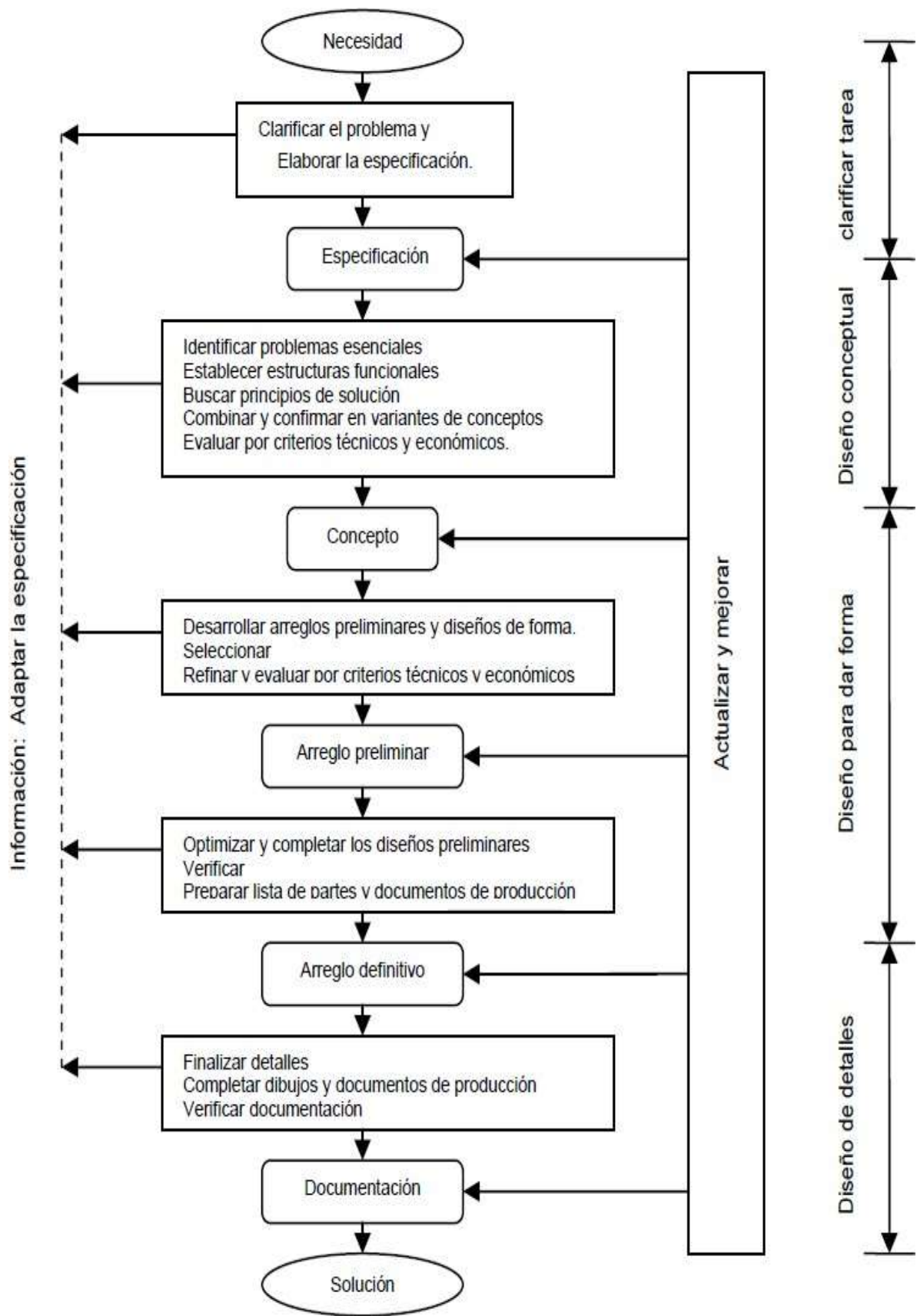


Ilustración 3. 2 Diagrama de flujo del proyecto
 Realizado por: Guamangate.J,2024

3.2.3 Proceso de diseño

3.2.3.1 Definición del problema

Los terrenos en la zona de Riobamba de la parroquia se dividen en pequeñas propiedades, contempladas como parcelas que presentan cierta inclinación la cual dificultan el correcto funcionamiento del motocultor, por otra parte, las precarias condiciones económicas de la población limitan que los propietarios de las parcelas contraten tractores para trabajar los terrenos, de esta forma, se revela importante resolver los problemas en los trabajos agrícolas que generan demoras y pérdidas económicas para los agricultores del sector.

En la actualidad la zona agrícola del sector se enfoca en la labor de arado del suelo mediante mano de obra manual, por lo que, para eliminar dicha problemática se propone la utilización de los motocultores mediante el diseño de un acople que posibilite el adecuado desarrollo de las labores agrícolas, tomándose en cuenta que, dichos equipos son accesibles, y livianos alternativa que permite una reducción significativa de costos, de esta forma queda en evidencia la importancia de construir el acople que aporte al correcto funcionamiento del motocultor.

3.2.3.2 Beneficiarios de estudio

Los principales beneficiarios de la investigación son los agricultores de la provincia de Chimborazo, específicamente en la parroquia Palmira. Se estima que alrededor de 100 agricultores serán favorecidos con el acceso a los nuevos equipos diseñados para el arado de las tierras, la implementación permitirá la mejora significativa de los procesos de producción agrícola, al reducir los tiempos requeridos, así como también costos asociados con la mano de obra.

Al introducir equipos eficientes y adecuados para las necesidades específicas de la zona, los agricultores incrementarán la productividad y rentabilidad, de esta forma con la utilización de los nuevos implementos de labranza, se prepararán las tierras rápida y efectivamente, pudiéndose así optimizar los recursos e incrementar la cantidad y calidad de los cultivos.

Al reducirse la dependencia de la mano de obra, los agricultores dedicarán tiempo y recursos a otras actividades agrícolas, como la siembra, cuidado de los cultivos y comercialización de productos, aspectos que contribuirán a mejorar la economía local y fortalecimiento de la seguridad alimentaria en la región.

3.3 Desarrollo del proyecto

3.3.1 Parámetros necesarios en el diseño

Es importante conocer las necesidades que presenta al momento las labores de labranza del suelo, por ello se recopiló información de todos los agricultores sobre los requerimientos y restricciones del apero surcador para su correcto funcionamiento en la tabla a continuación se presenta los parámetros para el diseño.

Tabla 3. 1 Parámetros para diseño del surcador

INDICADOR	REQUISITOS	OPERACIONES
Equipos y herramientas	Forma manual (azadón)	Herramienta tradicional
	Arado con animales	Obsoleto inestable e inseguro
Tipo de surcador utilizado	Maquinaria (tractor)	Grandes parcelas
	Parcelas grandes	Varios surcadores
Tipo de suelo	Pequeñas parcelas	Uno o dos surcadores
	Terreno inestable inseguro	Con inclinación pronunciada
Costo de trabajo	Terreno seco y duro	Requiero mayor fuerza
	Arado con animales	Relativamente bajo
	Tractor u otra maquinaria	Costos altos
	Azadón	Empleo de fuerza costo bajo

Realizado por: Guamangate.J,2024

3.3.1.1 Descripción del apero surcador

La herramienta es utilizada en labores agrícolas para crear surcos en la tierra, por lo tanto, se diseñó un modelo en 3 dimensiones mediante la ayuda de programas de diseño computacional, posteriormente se realiza un análisis de resistencia mecánica mediante simulación utilizando el método de elementos finitos que garanticen un modelo confiable y resistente para las labores a ser desempeñadas, cabe destacar la importancia de seleccionar el material para la fabricación del surcador. Por otra parte, se proyectó la simplificación del diseño con el objetivo de facilitar el acople para el motocultor con un peso adecuado que garantice el cumplimiento efectivo de las funciones específicas de trabajo.

3.3.1.2 La casa de la calidad

La primera de estas matrices (Ilustraciones 3.15 y 3.16), especifica las demandas de los usuarios en requerimientos técnicos del producto. Esta se revela como la de aplicación de mayor incidencia y distinguiéndose en la misma 6 pasos:

Voz del usuario: Describe las demandas, requerimientos básicos, y características del apero surcador para cumplir con las labores de labrado del suelo. Las características adquiridas para el apero surcador se desarrollan en base al modelo de motocultor existente en las bodegas de la parroquia.

- El apero se sugiere de tipo vertedero
- Fácil operación
- Fácil mantenimiento
- Dimensiones adecuadas para arado en pequeñas parcelas
- Costo de producción del apero
- Apero surcador ligero

Voz del ingeniero: Describe los requerimientos técnicos que deberán articularse para satisfacer las necesidades de los usuarios aquí se describe las características técnicas necesarias para la fabricación del apero surcador.

- Dimensiones del apero surcador
- Volumen de arado del surcador
- Intercambio de elementos del surcador
- Fácil ensamble de los elementos del surcador
- Selección de materiales para el equipo
- Peso del apero surcador
- Ángulos para el arado del terreno
- Ergonomía para un trabajo adecuado.

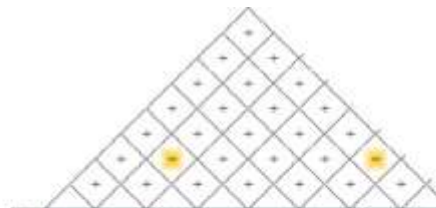
3.3.1.3 Aplicación de la matriz de QFD

Para el análisis de las competencias la columna A se evalúa el producto actual, en el caso se lo califica con 1 en todos los ítems ya que no se cuenta con ninguna maquina previamente elaborado. En las columnas B y C se evalúan el cumplimiento de productos de la competencia de otras empresas que diseñan y construyen máquinas, con los parámetros similares analizados en las siguientes tablas.

QFD Casa de calidad
 Proyecto: Arado surcador

Correlación	
Positiva	+
Negativa	-
no aplica	o

Reacciones	
Fuerte	■
Moderate	○
Débil	▽



VOZ DEL USUARIO	VOZ DEL INGENIERO	Evaluación del usuario																	
		A	B	C	D	E	F	G	H	I									
El apero se sugiera tipo vertedero	B	■	○	○	○	○	○	○	○	○	1	3	5	4	4	4	5	23,5	18,83
Facil operación de la máquina	B	■	■	○	○	○	○	○	○	○	1	3	1	5	5	2	4	20,5	16,43
facil mantenimiento	O	○	○	■	○	○	○	○	○	▽	1	3	3	5	5	1	4	22,2	17,79
Dimensiones adecuadas para arado en pequeñas parcelas	B	■	○	○	○	○	○	○	○	○	1	1	4	5	4	1	3	19,2	15,38
Costo de producción del apero	E	■	○	○	○	○	○	○	○	○	1	3	1	4	4	1	3	17,2	13,78
Apero de acarado ligero	O	■	○	■	○	○	○	○	○	○	1	3	3	4	5	1	5	22,2	17,79
Análisis de la competencia																			
125 100,00																			

Competencia 1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	
Competencia 2	4	3	3	3	4	4	3	3	5	
Incidencia	##	645	750	825	826	720	680	829	710	6835
Incidencia %	12	9,44	10,97	12,07	12,08	10,53	9,95	12,13	10,39	100,00
EVALUACIÓN TÉCNICA	VALORES DE REFERENCIA									
	Dimensiones (400 x 200) mm									
	A la tipo verticalero									
	altura 370 mm									
	Respuestas existentes en el mercado									
	16 elementos para montaje de y desmontaje de elementos									
	Acero estructural A36									
	34 kilogramos									
	Angulo del surcador 44,99º									
	Facil manipulacion con tral de mando manual									

Ilustración 3.3 Matriz QFD (Casa de calidad)

Realizado por: Guamangate.J,2024

Según (Beltrán 2022), el índice de mejora se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$\text{índice de mejora} = \frac{\text{Objetivos}}{\text{Propia empresa}}$$

Según (RIBA ROMEVA, 2002), la ponderación se calcula con la siguiente ecuación:

$$\text{Ponderación} = \text{índice de mejora} \times \text{factor de venta} \times \text{importancia}$$

Según (RIBA ROMEVA, 2002), para la incidencia se emplea la siguiente ecuación:

$$\text{Incidencia} = \text{Ecorre} \times \text{ponderación}$$

Los resultados obtenidos de las diferentes perspectivas, tanto del usuario como del ingeniero, así como la evaluación de competencias, han identificado una serie de criterios técnicos fundamentales que deben considerarse en el diseño del apero surcador para su conexión en el motocultor, los criterios se han determinado como los más relevantes para garantizar el correcto

funcionamiento y la efectividad del equipo. Entre los criterios técnicos más importantes se destacan:

Dimensiones del equipo: Es crucial considerar las dimensiones del apero surcador para asegurar su compatibilidad con el motocultor y facilitar su manipulación y transporte.

Disponibilidad de repuestos: La existencia de repuestos en el mercado es esencial para garantizar la disponibilidad y la facilidad de mantenimiento del apero surcador a lo largo de su vida útil.

Ensamble y montaje: La calidad del ensamblaje y el montaje de los diferentes elementos que componen el surcador son determinantes para su durabilidad y funcionamiento óptimo.

Ángulo de trabajo: El ángulo de trabajo del surcador debe ser ajustable y adecuado para las condiciones específicas del terreno y los requisitos de labranza del usuario.

Altura de trabajo: La altura de trabajo del apero surcador debe ser ajustable para adaptarse a diferentes profundidades de labranza según el tipo de suelo y el cultivo a sembrar.

Entre los requerimientos técnicos críticos a ser tomados en cuenta destaca el tipo de surcador y material de fabricación, aspectos que determinarán la eficiencia y durabilidad del apero surcador en su conexión con el motocultor. Es fundamental seleccionar un surcador adecuado que resista las condiciones de trabajo y garantice resultados óptimos en la preparación del suelo para la siembra.

Tabla 3. 2 Especificaciones técnicas de la máquina

Empresa cliente:	Producto:	Fecha inicial: 06/ 10/2021	
	Apero surcador tipo vertedero	Última revisión: 20/08/2021	
Especificaciones			
Concepto	Propone	R/D	Descripción
Función	D	R	Arado del suelo
Material	C	R	Acero ASTM A-36
Construcción y montaje	D	R	Peso de 34 kilogramos
Vida útil y mantenimiento	D	R	Fácil ensamble y mantenimiento
Dimensiones ala surcador	D	R	400 x 200 mm
Seguridad y ergonomía	C	MR	Control de profundidad manual
Propone: M = Marketing, C = Cliente, D = Diseño, P = Producción, F = Fabricación.			
R/D: R = Requerimiento, D = Deseo, MR = Modificación de requerimiento.			

Realizado por: Guamangate.J,2024

3.3.2 Análisis de alternativas de diseño

Tabla 3. 3 Alternativas de diseño

Procesos de la maquina	Posibles soluciones		
	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Tipo de surcadora			
	Cince	Vertedero	Reja
Cuchilla de surcador			
	Fijación con perno	Fijación en perno en V	Fijación con soldadura
Material para la cuchilla	AISI 1030	AISI 1020	AISI 1018
Material	ACERO ASTM A-36, ASTM A-500	AISI 1020-1040	ACERO AISI 4140
Accionamiento de maquina			
	Manual	Autopropulsado	
Penetración			
	Mediante contrapesos	Fuerza Manual del Obrero	

Realizado por: Guamangate.J,2024

Alternativa 1

Alternativa 2

Alternativa 3

3.3.2.1 Propuesta de diseño tecnológico 1

En la propuesta presentada, se destaca el uso de un arado tipo cincel con fijación de perno plano,

que proporciona estabilidad y resistencia en el proceso de labranza. Para la fabricación de las cuchillas, se proyecta utilizar el material ASTM 1030, reconocido por la durabilidad y capacidad de resistencia al desgaste en condiciones adversas. Para la estructura del arado se recomienda emplear materiales de alta calidad como el ASTM A-36 o ASTM A-500 grado A, que ofrecen una combinación óptima de resistencia y maleabilidad que resiste óptimamente las fuerzas y tensiones del trabajo de campo.

Con referencia al sistema de propulsión, se proyecta la utilización de un motor térmico autopropulsado, que garantiza autonomía y eficiencia en la ejecución de las labores agrícolas, el motor proporcionará la potencia necesaria para impulsar el arado y, permitirá un control preciso de la penetración en el suelo. Para ajustar la profundidad de labranza, se prevé dicha actividad se realice manual y visualmente por el operario, que regulará la penetración del arado según las necesidades específicas del área de cultivo, tal metodología aporta flexibilidad y adaptabilidad al proceso de labranza, permitiendo ajustes precisos en función de las condiciones del suelo y requisitos agrícolas.

3.3.2.2 Propuesta de diseño tecnológico 2

En el diseño tecnológico 2 se propone el uso del arado tipo vertedero, que ofrece ventajas específicas en ciertos tipos de suelos y condiciones de cultivo. En el diseño, las cuchillas se ensamblan mediante fijación de pernos en forma de V, lo que proporciona sujeción segura y estable durante la operación. Se sugiere utilizar material ASTM 1020 para las cuchillas, reconocido por la resistencia y durabilidad ante el desgaste causado por el contacto con el suelo y restos vegetales. En cuanto a la estructura del arado, se recomienda emplear materiales de alta calidad como el ASTM A-36 o ASTM A-500 grado A, que ofrecen la combinación óptima de resistencia y maleabilidad para resistir las fuerzas y tensiones durante el trabajo de campo, los materiales de elevada calidad garantizan la prolongación de la vida útil y el rendimiento confiable en diversas condiciones de uso.

Para el accionamiento del arado, se propone utilizar el sistema autopropulsado mediante un motor térmico, que proporciona autonomía y eficiencia en la ejecución de las labores agrícolas, el motor brindará la potencia necesaria para impulsar el arado y permitirá el control preciso de la fuerza de penetración en el suelo, aspecto crucial en la obtención de resultados óptimos de labranza. La fuerza de penetración del arado será controlada por el operario, el cual la ajustará en concordancia a las necesidades específicas del área de cultivo. Por otra parte, la capacidad de control manual posibilita la adaptación de la profundidad de labranza a las condiciones del suelo y, los requisitos agrícolas particulares, garantizando así un trabajo eficiente y de alta calidad.

3.3.2.3 Propuesta de diseño tecnológico 3

En la propuesta 3, se plantea el uso de un surcador tipo reja, una opción versátil y eficaz para labores de surcado en diversos tipos de suelo. La cuchilla del surcador se fija mediante pernos tipo V, lo que garantiza una sujeción firme y estable durante la operación, minimizando el riesgo de desgaste prematuro o desprendimiento. Se propone utilizar material AISI 1018 para la cuchilla, conocido por su resistencia y durabilidad, lo que garantiza un rendimiento confiable y prolongado en el tiempo. Para la estructura del surcador, se sugiere emplear materiales de alta calidad como ASTM A-36 o ASTM A-500 grado A, que ofrecen una excelente resistencia estructural y una larga vida útil incluso en condiciones de trabajo exigentes, los materiales proporcionan la robustez necesaria para soportar las fuerzas y tensiones durante la operación del surcador, asegurando un desempeño óptimo y una mínima necesidad de mantenimiento.

El accionamiento del surcador será autopropulsado mediante un motor térmico, lo que garantiza una operación eficiente y autónoma en el campo, el tipo de accionamiento proporciona la potencia necesaria para impulsar el surcador a través del suelo, asegurando una penetración adecuada y uniforme en todo el terreno de cultivo. La fuerza de penetración del surcador será controlada por el operario, quien podrá ajustarla según las condiciones específicas del suelo y los requisitos de labranza, el control manual permite adaptar la profundidad y el ángulo de trabajo del surcador en tiempo real, optimizando así el rendimiento y la eficiencia de la operación agrícola.

3.3.2.4 Ventajas y desventajas de las propuestas

Tabla 3.4 Ventajas y desventajas

Alternativas	Ventajas	Desventajas
Propuesta 1	Existe material en el mercado Costos aceptables Resistencia al desgaste de cuchillas Resistencia al impacto de cuchillas	Fácil construcción Apriete de pernos Desgaste de pernos acelerado
Propuesta 2	Existe material en el mercado al desgaste Resistencia al impacto de cuchillas	Buena resistencia Apriete de pernos Desgaste de pernos acelerado
Propuesta 3	Materiales comunes en el mercado Buena resistencia al desgaste durabilidad	Mayor Apriete de pernos Falla de cuchillas Costos de construcción Materiales especiales

Realizado por: Guamangate.J,2024

3.3.2.5 Evaluación de las propuestas de diseño

En la fase de evaluación de las propuestas de diseño, se llevará a cabo un análisis exhaustivo tanto técnico como económico de cada alternativa, el proceso permitirá seleccionar la opción que

obtenga el mejor puntaje, garantizando así la elección de la alternativa más adecuada para satisfacer los requisitos y necesidades del proyecto. Para llevar a cabo esta evaluación de manera efectiva, se utilizará una escala de valores que se detalla a continuación:

Tabla 3.5 Análisis de propuestas de diseño

Descripción	Propuesta 1	Propuesta 2	Propuesta 3
Adquisición de materiales	2	4	2
Costo de mano de obra	2	3	3
Costo de mantenimiento	3	3	3
Facilidad de trabajo	2	3	2
Rendimiento	2	3	3
Seguridad de trabajo	3	4	3
TOTAL	14	20	16

Realizado por: Guamangate.J,2024

Para finalizar la evaluación de las alternativas se determinó que la propuesta 2 presenta mejores características tanto técnicas como económicas que servirá para la construcción e implementación del surcador tipo vertedero en un motocultor.

3.3.2.6 *Determinación de las especificaciones del surcador*

El surcador debe contar con las especificaciones y requerimientos, satisfaciendo las necesidades del usuario cuya actividad se ve reflejada en aflojar el suelo sin ningún inconveniente. La función de calidad QFD (quality function deployment) es un método globalizador cuyo objetivo principal es asegurar que en la definición de un producto o servicio se han considerado las necesidades y requerimientos de los usuarios (o, la voz del usuario), a la vez que también constituye una herramienta para la planificación de la calidad durante el ciclo de vida. Consiste en un proceso estructurado que permite traducir los requerimientos y deseos de los usuarios en requerimientos técnicos de ingeniería en cada fase del diseño y de la fabricación.

3.4 **Diseño del surcador para el motocultor**

El diseño del surcador se realiza en el programa de modelado paramétrico en 3D Solidworks se crean todos los componentes para ensamblar el surcador tipo vertedero a continuación se presenta el cronograma de actividades.

3.4.1 Cronograma (planificación de actividades)

En la tabla, el cronograma de actividades muestra cual fue el proceso para la elaboración del presente proyecto de investigación

Tabla 3. 6 Cronograma de actividades

ACTIVIDADES	SEMANAS															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Investigación Bibliográfica	■															
Recopilación de Información		■														
Desarrollo del marco teórico			■													
				■												
Diseño y simulación de software					■											
Diseño y construcción de prototipo						■										
							■									
Selección de material adecuado y cotización de costos								■								
									■							
Análisis de resultados										■						
Validación del diseño bibliografía											■					
Elaboración y corrección de borradores												■				
													■			
Empaste y entrega de trabajo final														■		
Auditoria Académica															■	
Defensa de proyecto																■

Realizado por: Guamangate.J.,2024

3.4.2 Recursos y materiales

3.4.2.1 Presupuesto

En el análisis del proyecto muestra en detalle los gastos que implica la implementación del apero tipo surcador para el motocultor YTO.

3.5 Costos directos

Hace referencia a los recursos que intervinieron directamente en la implementación del apero, tales como: mano de obra, materiales, equipos y maquinaria.

3.5.1 Costos de materiales planchas, tubo, perfiles de acero y pernos de sujeción

Tabla 3. 7 Costos directos

DESCRIPCIÓN	Cantidad	Precio unitario	Precio Total
Electrodo 6011	3 lb	2,50	7,50
Pintura Negra sintética	1 L	5,00	5,00
Brillo Automotriz	½ L	3,00	3,00
Fondo color gris Automotriz	½ L	4,00	4,00
Lijas de agua N°150	3	0,50	1,50
Lijas de agua N°240	3	0,50	1,50
Disco de corte marca Norton de 7 pl.	1	2,50	2,50
Disco de desbaste marca Norton de 7 pl.	1	2,50	2,50
Mascara de soldar fotosensible marca Ingco	1	18,00	18,00
Pistola de soplete Mediana marca Hamilton	1	20,00	20,00
Escuadra grande de mental industrial	1	25,00	25,00
Tiza industrial	1	0,25	0,25
Cinta métrica de 5metros marca Stanley	1	8,00	8,00
Libras de guaípe	2	1,00	2,00
Tiñer Automotriz	3L	1,75	5,25
Tubo cuadrado de hierro 65x3mm	1	54,00	54,00
Total, costos materiales			210,00

Realizado por: Guamangate.J,2024

3.5.2 Costos de herramientas utilizadas

Se realiza una evaluación de los costos de las herramientas necesarias para la fabricación del apero surcador y se determina en base al tiempo y potencia de consumo.

Tabla 3. 8 Costos de herramientas

DESCRIPCIÓN	COSTO POR HORA	HORAS UTILIZADAS	PRECIO TOTAL
Soldadora Inverter KOHLER(300 Am,110 y 120 Voltios)	2,00	10	20,00
Compresor de aire de 100 litros de 2HP marca BP	0,85	3	2,13
Pulidora grande marca BOSCH	0,85	2	1,70
Entenalla	0,25	22	5,50
Moladora	0,75	15	11,25
Taladro	2,50	8	20,00
Torno	3,00	6	18,00
Sierra circular	1,75	3	5,25
Costo total de herramientas y maquinaria			83,83

Realizado por: Guamangate.J,2024

3.5.3 Costo de mano de obra para la fabricación del surcador

Los costos se evalúan la mano de obra de los trabajos adicionales que se realiza para la construcción del apero para ello se requiere de un taller mecánico externo que aporta para la fabricación del accesorio para el motocultor.

Tabla 3. 9 Costos mano de obra

DESCRIPCIÓN	COSTO POR HORA	HORAS UTILIZADAS	PRECIO TOTAL
Mecánico y ayudante	2,50	24	60,00
Pintor	3,50	2	7,00
Costo total de mano de obra			67,00

Realizado por: Guamangate.J,2024

Respecto a los costos directos, es crucial proporcionar un resumen detallado de todos los gastos que inciden en el proceso de fabricación del surcador, lo cual incluye un desglose pormenorizado de los costos de materiales, mano de obra y otros recursos utilizados en la producción.

Tabla 3. 10 Resumen de costos

Detalle	Valor
Materiales	210,00
Herramientas	83,83
Mano de obra	67,00
	360,83

Realizado por: Guamangate.J,2024

3.5.4 Costos indirectos

Para evaluar los costos indirectos del presente estudio se toma en cuenta los gastos que se presentan durante el avance del proyecto.

Tabla 3. 11 Costos indirectos

Cantidad	Detalle	Precio unitario	Precio total
12	Alimentación	2.50	30
6	Transporte	8.25	49,5
4	Estadía	20	80
1	Empastado	30	30
1	Copias	30	30
1	Impresiones	30	30
Total			249,5

Realizado por: Guamangate.J,2024

El valor actual permite comprobar la inversión necesaria pudiendo sufrir cambios durante el proceso de producción del arado del surcador.

3.5.5 Talento humano

La presente investigación estará dentro del campo de Ingeniería automotriz, específicamente en el área de Diseño Mecánico, Resistencia de los Materiales. Método de elementos finitos por lo que se utilizara documentos bibliográficos, libros, normas, reglamentos que estén relacionados con el estudio para la fabricación del motocultor, también intervienen la experiencia del ingeniero tutor y los conocimientos obtenidos durante el tiempo de estudio del acarrara finalmente interviene la mano de obra no calificada para poder concluir con el proceso de fabricación

3.5.6 Equipos y materiales

3.5.6.1 Materiales

- Acero ASTM A 36

El acero es un material y se aplica a elementos estructurales como ángulos, pletinas, placas, tuberías, etc. Se han definido varias de sus propiedades básicas, así como también varios puntos de su diagrama esfuerzo – deformación unitaria real promedio obtenido de los ensayos reales de materiales, mientras que para la rotura se utiliza la deformación plástica de rotura.

- Acero ASTM A500 grado A

El ASTM A500 Por lo general, se produce como tubos estructurales de acero al carbono sin costura, soldados eléctricamente y conformados en frío, que pueden ser redondos, cuadrados, rectangulares u otras formas especiales. Se utiliza para soldadura eléctrica, remachado o atornillado de estructuras de puentes, edificios, carrocerías de autobuses y para fines generales que requieren estructuras de alta resistencia y buena soldabilidad.

- Acero 4140

Es un objeto de enorme aleación diseñada para obtener un muy buen soporte y tipos de tenacidad, tales como un buen soporte a la corrosión limitada. Regularmente se encuentra utilizable en 2 formas: la más común es la templada, es designada como 4140 HT y Designada sencillamente como 4140, mientras que la forma pre templada es alternada térmicamente en la fundición.

El acero 4140 es uno de los aceros de herramientas de baja aleación, que se caracteriza por pocas cantidades de oligoelementos aumentados a un acero de otro simple modo, los oligoelementos, cuando se presentan con el acero más simple tal como el 1040, generan las características del acero 4140. Sin embargo, debido a que el 4140 persiste congruentemente simple, es manipulado en una gama más extensa de aplicaciones de aceros de herramientas más dominadas, como las series D o S de acero.

- AISI 1030

Es un acero del alto-carbono que contiene aproximadamente 0,30% carbonos que se pueda endurecer por el tratamiento térmico a una dureza máxima aproximadamente de Rockwell C 50. El acero de alto carbono recocido suavidad se piensa para los usos que requieren al moderado que forma, mientras que el producto recocido spheroidized suavidad se piensa para los usos que requieren la formación en frío máxima. El producto recocido spheroidized suavidad se procesa para dar la dureza más baja para la conformabilidad máxima.

- Usos del acero de AISI 1030

El grado de acero se utiliza para las piezas de maquinaria, soportes, frenos, clips, embragues, primavera, lavadoras y para una amplia gama de usos que puedan hacer uso de su buena combinación de propiedades mecánicas (Steel 2020a).

- Soldadura

El acero 1030 de carbono de AISI se puede soldar con autógena por todos los métodos de la soldadura. Es recomendable precalentar las secciones pesadas del acero en 149 a 260°C (300 a 500°F) y entonces poste-calor en 593 a 649°C (1100 a 1200°F) para soldar con autógena (Steel 2020a).

- AISI 1020

Es un hardenability bajo y un acero de carbono extensible bajo con la dureza Brinell de 119 – de

235 y de la resistencia a la tensión de MPa 410-790. Tiene alta manufacturabilidad, ductilidad de alta resistencia, alta y buena soldabilidad. Se utiliza normalmente en condiciones dadas vuelta y pulidas o retiradas a frío. Debido a su contenido con poco carbono, es resistente a la inducción que endurece o temple por flameo.

Debido a la falta de elementos ligantes, no responderá a la nitruración. Sin embargo, la carburación es posible para obtener dureza del caso más que Rc65 para secciones más pequeñas que reduzca con un aumento de tamaño de la sección. Seguirá habiendo la fuerza de la base como se ha suministrado para todas las secciones. Alternativamente, la nitruración del carbono se puede realizar, ciertas ventajas de ofrecimiento sobre la carburación estándar. El acero de AISI 1020 se puede utilizar en gran parte en todos los sectores industriales para aumentar propiedades de la soldabilidad o de la manufacturabilidad. Se utiliza en una variedad de usos debido a su propiedad retirada a frío o dada vuelta y pulida del final.

- Usos del acero suave 1020

Se utiliza el acero de AISI 1020 en caso de que condición endurecida. Los usos del acero de AISI 1020 son:

- Árboles
- Piezas y componentes que dirigen generales
- Piezas de maquinaria
- Árboles de levas
- Pernos del gudgon
- Trinquetes
- Engranajes de poca potencia
- Engranajes de gusano y
- Ejes

3.5.7 Equipos

Motocultor: El equipo o tractor es un vehículo especial autopropulsado de un eje, dirigible por

manceras por un conductor que marche a pie. Utilizada para la labor superficial del suelo. Principalmente se utiliza para labrar pequeñas superficies y es donde se implementará el apero surcador que se diseñó en el estudio.



Ilustración 3. 4 Motocultor
Realizado por: Guamangate.J,2024

Taladro de pedestal: El proceso de construcción del apero surcador se lo realiza con la ayuda de un taladro eléctrico de pedestal en el cual se utilizó para realizar varias perforaciones que se detallan en los planos de construcción.



Ilustración 3. 5 Taladro de pedestal
Realizado por: Guamangate.J,2024

Soldadora: La herramienta está diseñada para realizar soldaduras sobre todo tipo de materiales, como Acero, Acero Inoxidable, Acero Galvanizado, Acero Galvanizado en el caso servirá para el ensamble del apero surcador.



Ilustración 3. 6 Soldadora
Realizado por: Guamangate.J,2024

Amoladora: El proceso de corte de tubería planchas y demás materiales se realiza con una amoladora angular de 11000 rpm modelo Black /Decker C720 y con un disco de corte de filo de diamante.



Ilustración 3. 7 Amoladora
Realizado por: Guamangate.J,2024

3.5.8 Selección de alternativas

Para evaluar las dos alternativas de diseño del apero surcador, se desglosan en diferentes elementos principales, considerando criterios de evaluación como facilidad de construcción, seguridad de diseño, mantenimiento y condiciones de trabajo. Entre las partes principales que se analizan se encuentran las siguientes:

- **Tubo de soporte de los surcadores:** Se evalúa la robustez y estabilidad del tubo de soporte para garantizar que pueda resistir las fuerzas y tensiones durante el trabajo en el campo. Se considera la calidad del material, la resistencia a la corrosión y la facilidad de montaje.
- **Anclajes móviles para sujeción de los surcadores:** Se examina la eficacia y fiabilidad de los anclajes móviles para asegurar los surcadores al apero. Se evalúa la facilidad de ajuste y fijación, así como la capacidad de mantener una posición estable durante la operación.
- **Placa de conexión entre el apero surcador y el motocultor:** Se analiza la resistencia y durabilidad de la placa de conexión para garantizar una conexión segura entre el apero y el motocultor. Se considera la compatibilidad con el sistema de enganche del motocultor y la facilidad de montaje y desmontaje.
- **Diseño del surcador:** Se evalúa la eficacia y eficiencia del diseño del surcador en términos de su capacidad para abrir surcos limpios y uniformes en el suelo. Se considera la forma, tamaño y ángulo del surcador, así como la resistencia al desgaste y la facilidad de reemplazo de las cuchillas.

Al analizar cada uno de los elementos principales en relación con los criterios de evaluación establecidos, se puede determinar la alternativa de diseño del apero surcador que mejor se adapte a las necesidades y requerimientos específicos del usuario, garantizando un rendimiento óptimo y una operación segura y eficiente en el campo.

3.5.8.1 *Tubo de soporte de los surcadores*

De acuerdo a la necesidad y la investigación de varios referentes teóricos se toma para las alternativas A y B un tubo cuadrado de 75mm y espesor de 2mm los valores pueden variar en base a los resultados que se obtengan de los análisis de la estructura.

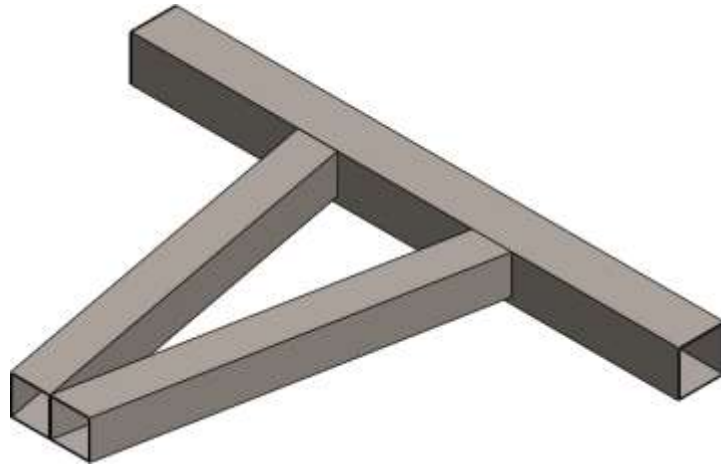


Ilustración 3. 8 Estructura soporte surcador
Realizado por: Guamangate.J,2024

3.5.8.2 Anclajes móviles para sujeción alternativa A

Para la alternativa A se toma un anclaje del surcador tipo C con 4 perforaciones y de espesor de placa de 10 mm y se conecta mediante pernos en la estructura de soporte y para conectar con el surcador se utiliza un tubo rectangular de 50x25 mm como se muestra en la siguiente Ilustración.

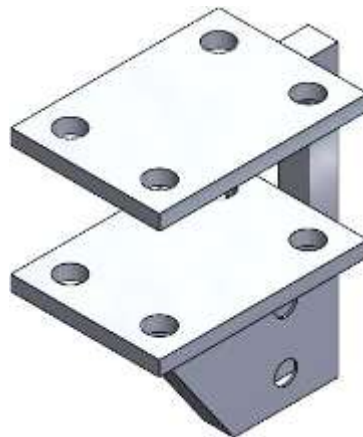


Ilustración 3. 9 Anclaje de sujeción de la surcadora alternativa A
Realizado por: Guamangate.J,2024

3.5.8.3 Anclajes móviles para sujeción alternativa B

Para la alternativa B se propone un anclaje diferente al anterior donde posee un mecanismo para regular la posición del apero mediante un tornillo que conecta el eje del apero surcador con el anclaje de conexión móvil el modelo se presenta en la Ilustración.

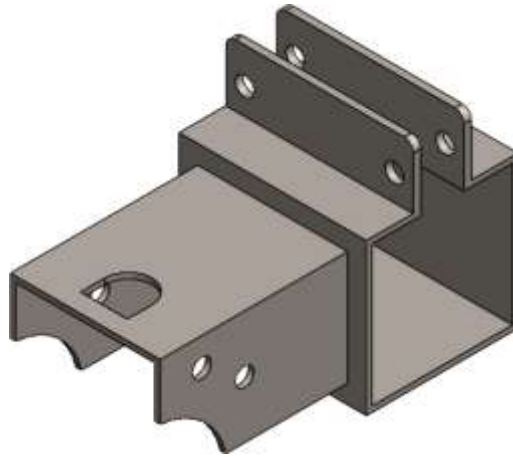


Ilustración 3. 10 Anclaje de sujeción de la surcadora alternativa B
Realizado por: Guamangate.J,2024

3.5.8.4 *Placa de conexión entre el apero surcador y el motocultor*

La placa que conecta el apero surcador con el motocultor se escoge para las dos alternativas el mismo modelo siempre y cuando cumpla con la resistencia y el comportamiento mecánico dentro del tiempo de funcionamiento de la máquina el espesor que se toma para los respectivos cálculos es de 8 mm y medidas de 190 x 190 mm.



Ilustración 3. 11 Placa de Anclaje de sujeción de la surcadora alternativa A y B
Realizado por: Guamangate.J,2024

3.5.8.5 *Apero surcador alternativa A*

Mediante la información bibliográfica y fichas técnicas se establece el tipo de arado conocido como vertedera es fijo no tiene regulación de las aletas y conecta con el anclaje móvil mediante pernos

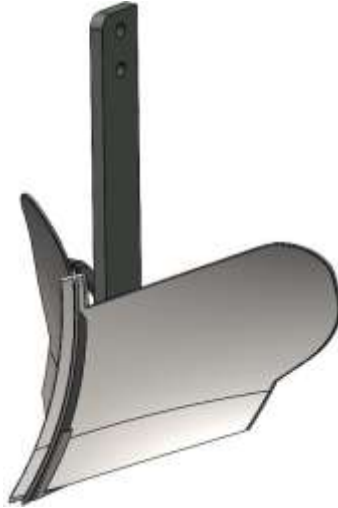


Ilustración 3. 12 Apero surcador tipo vertedera alternativa A
Realizado por: Guamangate.J,2024

3.5.8.6 *Apero surcador alternativa B*

El apero surcador para esta alternativa se tomó como base principal el modelo tipo vertedero sin embargo las aletas no son fijas tiene una regulación para controlar el ángulo para formar los surcos de acuerdo a las necesidades de los agricultores además se controla la posición del apero con el tornillo de sujeción que conecta el apero con el anclaje y finalmente posee una placa de refuerzo que garantiza la vida útil de los elementos que entran en contacto con el suelo.

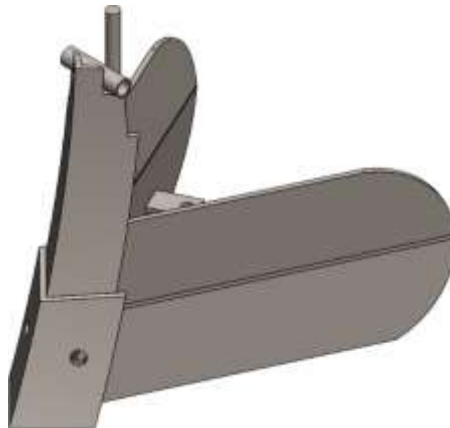


Ilustración 3. 13 Apero surcador tipo vertedera alternativa B
Realizado por: Guamangate.J,2024

3.5.8.7 *Bosquejo alternativo A*

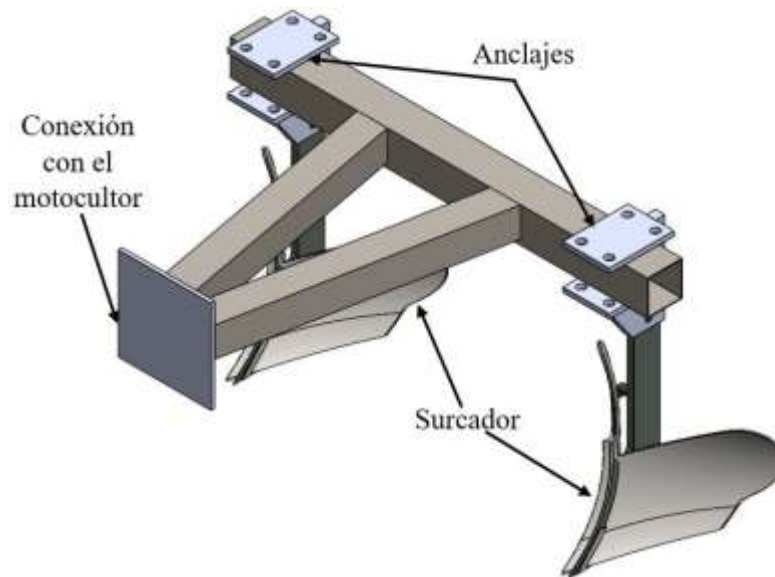


Ilustración 3. 14 Sistema surcador ensamble
Realizado por: Guamangate.J,2024

3.5.8.8 Bosquejo alternativa B

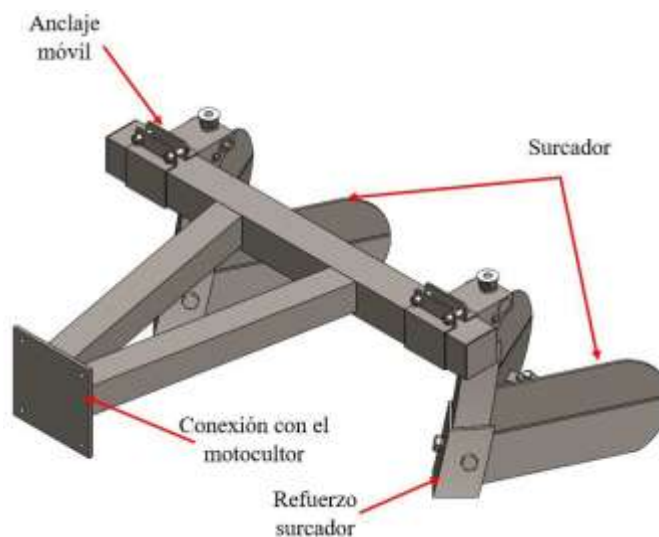


Ilustración 3. 15 Sistema surcador ensamble
Realizado por: Guamangate.J,2024

3.5.9 Evaluación de criterios de diseño

3.5.9.1 Evaluación de los criterios para la estructura

Dado que las dos alternativas de diseño se van a utilizar en el mismo tipo de motocultor y para un modelo específico que requiere dos aperos surcadores, se propone utilizar la misma estructura para ambas alternativas. Sin embargo, es crucial verificar la resistencia de esta estructura durante el funcionamiento del equipo. Por lo tanto, es importante tener en cuenta los siguientes aspectos:

Seguridad: Se debe garantizar que la estructura sea lo suficientemente resistente y estable para soportar las cargas y fuerzas que se generan durante la operación del apero surcador, lo cual incluye asegurarse de que no haya riesgos de fallos estructurales que puedan poner en peligro la seguridad del operador o de otras personas cercanas al equipo.

Capacidad de carga: La estructura debe ser capaz de soportar las cargas estáticas y dinámicas que se aplican durante el trabajo en el campo, incluyendo la fuerza de penetración en el suelo, el peso del propio equipo y cualquier carga adicional que se pueda aplicar.

Costo de fabricación: Se debe evaluar el costo de fabricación de la estructura para garantizar que sea económico y viable desde el punto de vista financiero, lo cual incluye considerar el costo de los materiales, el proceso de fabricación y cualquier otro costo asociado.

Diseño: El diseño de la estructura debe ser funcional y eficiente, permitiendo una fácil instalación y mantenimiento de los aperos surcadores. También debe tener en cuenta la ergonomía y la facilidad de uso para el operador.

Al considerar los aspectos, se puede asegurar que la estructura cumpla con los requisitos de resistencia, seguridad, costo y diseño necesarios para garantizar un funcionamiento óptimo y confiable del apero surcador en el motocultor especificado.

3.5.9.2 Evaluación de los criterios para el anclaje móvil

Tabla 3. 12 Criterios de evaluación anclaje móvil

	Fuerza	seguridad	Mant.	Diseño	Costo	Total	Ponderación
Alternativa A	1	2	1	1	1	6	0,4
Alternativa B	2	2	1	2	2	9	0,6
					Total	15	1

Realizado por: Guamangate.J,2024

Por lo tanto, según los resultados la alternativa B presenta mejores características para el diseño y construcción del elemento que compone el apero surcador.

3.5.9.3 Evaluación de los criterios para el apero surcador

Tabla 3. 13 Criterios de evaluación apero surcador

	Fuerzas	Seguridad	Angulo	Diseño	Costo	Total	Ponderación
Alternativa A	2	2	1	1	1	7	0,35
Alternativa B	3	2	3	2	3	13	0,65
					total	20	1

Realizado por: Guamangate.J,2024

Finalmente se determina que la alternativa B cumple con parámetros para el correcto funcionamiento en las tareas agrícolas cabe indicar que para el diseño de las aletas del surcador no existe una normativa que restrinja su diseño por ello se ha tomado como base primordial los referentes teóricos como tesis o dichas técnicas donde se realiza un modelo similar al que se propone para la investigación.

3.5.10 Análisis de cargas aplicadas al apero surcador

3.5.10.1 Fuerza necesaria para surcar

Para realizar el análisis del surcador es necesario realizar un surco en el terreno previamente preparado y se evalúa mediante la siguiente ecuación.

$$F = \mu * S$$

F = Fuerza de traccion del surcador

μ = resistencia especifica del terreno

S = Seccion de arado del surcador

Para el tipo de arados tipo vertedera se determina la sección de laboreo y se calcula con la siguiente ecuación

$$S = n * a * p$$

Donde:

n = Número de cuerpos del arado

a = anchura de cada cuerpo [cm]

p = profundidad de trabajo [cm]

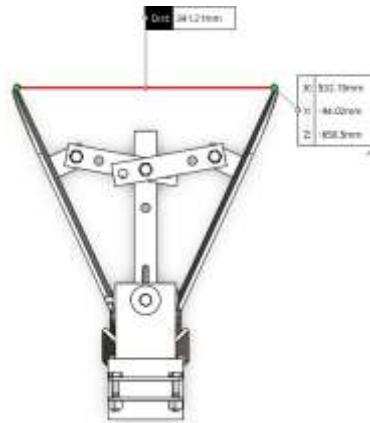


Ilustración 3. 16 Ancho de labranza del apero surcador
Realizado por: Guamangate.J,2024

Para determinar la profundidad de trabajo que realiza el apero surcador se toma como dato la altura del ala de la reja.

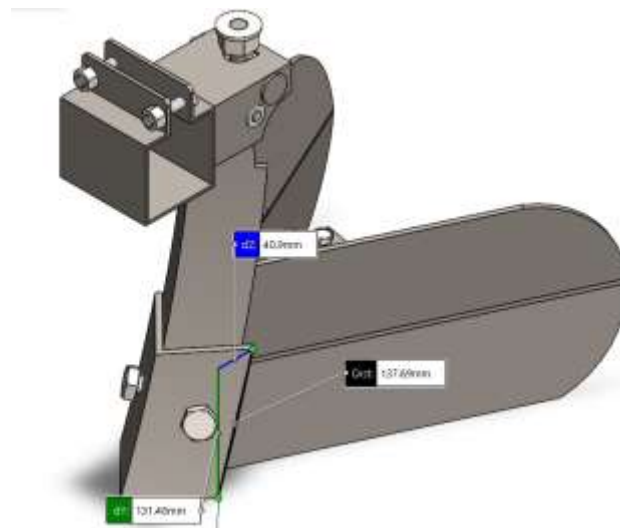


Ilustración 3. 17 Profundidad de arado del implemento
Realizado por: Guamangate.J,2024

Datos:

n = Número de cuerpos del arado: 2

a = anchura de cada cuerpo 34.151 cm

p = profundidad de trabajo 13.148 cm

$$S = (2 * 34.151 * 13.148) \text{cm}^2 \quad S = 898,035 \text{ cm}^2$$

Para determinar el tipo de suelo se toma el tipo franco como indica la siguiente tabla debido a que en la provincia de Chimborazo la mayoría de los suelos tienen elevada productividad en la

agricultura y por la textura heredada del suelo, fertilidad y al tiempo de retención de humedad de la arcilla se determina el tipo de suelo para la investigación.

Tabla 3. 14 Tipo de suelo y resistencia específica

Clase de suelo	Resistencia del suelo [N/ cm ²]
Arcillo-limoso	$u= 7+0.049*v^2$
Arenoso	$u= 2 + 0.013*v^2$
Franco-arenoso	$u= 2.8 + 0.013*v^2$
Limo arenoso	$u= 3+0.032*v^2$
Franco	$u= 3+0.020*v^2$
Franco-arcilloso-limoso	$u= 4.8+0.024*v^2$
Franco arcilloso	$u= 6+0.049*v^2$

Fuente: Sapatanga 2021
Realizado por: Guamangate.J,2024

La velocidad del motocultor en condiciones normales según sus marchas y tomas del manual del motocultor se muestran en la tabla.

Tabla 3. 15 Velocidades de trabajo del motocultor

Marcha	Velocidad (km/h)
1 ^a	1,6
2 ^a	2,8
3 ^a	4,6
4 ^a	5,9
5 ^a	10,5
6 ^a	17,1

Fuente: Llatas y Rodrigo 2020
Realizado por: Guamangate.J,2024

Se toma el valor de la segunda marcha de avance de 2,8 km/h por lo que se requiere velocidad de avance del motocultor por lo que debe ser moderada para que el apero surcador pueda aflojar la tierra de forma adecuada, también el motocultor debe avanzar de forma correcta aprovechando el torque que genera el motor de combustión interna de la máquina.

$$F = \mu * S$$

$$F = (3 + 0,020 * 2,82) \frac{N}{cm^2} * 898,035 cm^2$$

$$F = 2834,92 N$$

Fuerza para cada cuerpo del surcador

$$F_p = \frac{2834.92}{2}$$

$$1417,46 N$$

3.5.11 Ensamble del apero surcador

Los elementos que conforman el ensamble se detallan en los planos de construcción del apero surcador que se presenta en los anexos de la investigación sin embargo es importante describir cada una de las piezas del apero surcador. Cálculo de la potencia necesaria para mover los dos cuerpos de apero surcador.

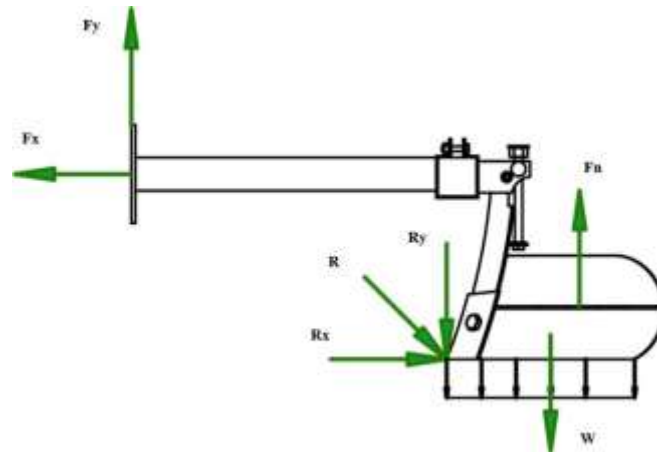


Ilustración 3. 18 Diagrama de cuerpo libre horizontal
Realizado por: Guamangate.J,2024

Se realiza la sumatoria de fuerzas en la horizontal $\sum F_y = 0$ se obtiene, que:

$$F_y - W + F_n - R_y = 0$$

$$F_n = mg - F_y + R_y$$

$$F_n = 353,16 - 2834,92 + R_y$$

$$\sum M_{F_n} = 0$$

$$- R_y(0,17918) - 356,16(0,2397) + 2834,92(0,25806) R_y = 3611,781 \text{ N}$$

$$F_n = 353,16 - 2834,92 + 3611,781 F_n = 1130,021 \text{ N}$$

Se realiza la sumatoria de fuerzas en la horizontal $\sum F_x$ se obtiene, que:

$$\sum F_x = m * a$$

$$-F_x - F_r + R_x = m * a$$

Se asume una aceleración de $1,1 \text{ m/seg}^2$

$$R_x = (u * N) + F_x + (m * a) \quad R_x = 2869,272 + 2834,92 + 34 \quad R_x = 5739,602 \text{ N} = 590,58 \text{ kgf}$$

Donde:

P = Potencia necesaria

F = Fuerza total

V = Velocidad tomada del catálogo del motocultor

$$P = \frac{F * V}{76}$$

$$P = \frac{590,58 \text{ kgf} * 1,11}{76}$$

$$P = 8,62 \text{ Hp}$$

Para mover un surcador de dos cuerpos se necesita una potencia de 8,545 Hp.

3.6 Diseño Estructural

Para el diseño estructural, se tomó en cuenta un solo lado de la estructura, aprovechando su simetría para simplificar los cálculos. Esto permite reducir la complejidad del análisis y la cantidad de datos necesarios, al concentrarse en una porción representativa del conjunto. De esta manera, se garantiza una evaluación precisa y eficiente de las cargas y fuerzas que afectan a la estructura en su totalidad.

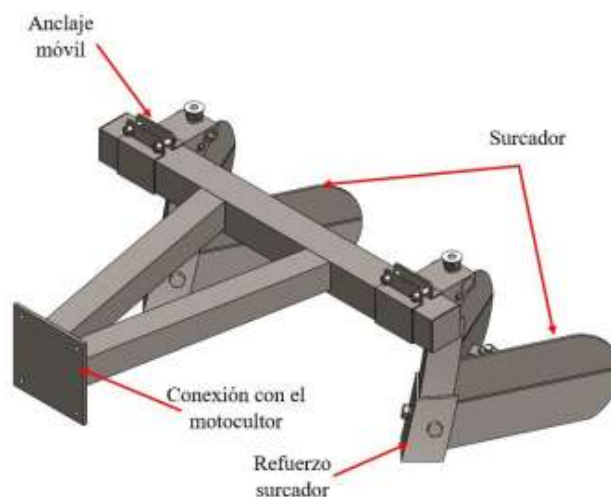


Ilustración 3. 19 Diseño estructural
Realizado por: Guamangate.J,2024

El material seleccionado para los cálculos es el acero A36, escogido por su amplia disponibilidad en el mercado y sus características estructurales adecuadas para el proyecto en cuestión. El acero A36 ofrece una combinación óptima de resistencia, ductilidad y facilidad de trabajo, lo que lo convierte en una opción confiable y económica para diversas aplicaciones de ingeniería. Su disponibilidad generalizada garantiza la viabilidad logística del proyecto y facilita la obtención de los materiales necesarios en tiempo y forma.

Tabla 3. 16 Propiedades del acero ASTM A36

Composición química				
% C	% Mn	% Si	% P	% S
≤ 0,26	0,80 – 1,20	≤ 0,40	≤ 0,04	≤ 0,05
Propiedades mecánicas				
Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo de tracción		Elongación
Kg/cm ²	MPa	Kg/mm ²	MPa	%
25,5	250	40,8	400	20

Realizado por: Guamangate.J.,2024

Material Acero A36

$$S_{ut} = 350 \text{ Mpa}$$

$$S_y = 250 \text{ Mpa}$$

Diagrama de Cuerpo Libre DCL

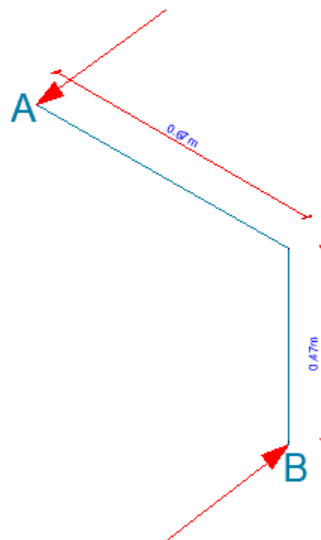


Ilustración 3. 20 Diagrama de Cuerpo Libre DCL

Realizado por: Guamangate.J.,2024

Sumatoria de Fuerza en el Eje X

$$\sum F_x = 0$$

$$F_{arado} - F_{Ax} = 0$$

$$F_{arado} = F_{Ax}$$

$$F_{Ax} = 1417,46 \text{ N}$$

Sumatoria de Momentos en el punto A

$$\sum Ma = 0$$

$$F * d - M_a = 0$$

$$F * d = M_a$$

$$1417,46 * 0,67 = M_a$$

$$M_a = 652,03 \text{ N} - m$$

Calculo Esfuerzo Máximo

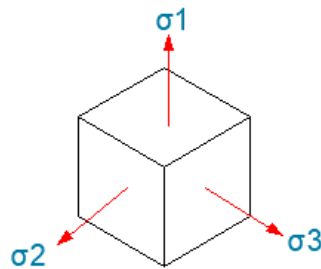


Ilustración 3. 21 Cálculo de esfuerzo máximo
Realizado por: Guamangate.J,2024

$$\sigma = \frac{M * y}{I}$$

Estructura de tubo rectangular de 50x25mm

$$M_a = 652,03 \text{ N} - m$$

$$y = \frac{25 * 10^{-3}}{2} = 0.0125m$$

$$I = \frac{1}{12} * b * h^3$$

$$b = 50 * 10^{-3}$$

$$h = 25 * 10^{-3}$$

$$I = \frac{1}{12} * 50 * 10^{-3} * (25 * 10^{-3})^3$$

$$I = 6.51^{-8}m^4$$

$$\sigma = \frac{652.03 * 0.0125}{6.51^{-8}}$$

$$\sigma = 125.19 * 10^6 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma = 125.19 MPa$$

Calculo Cortante Máximo

$$\tau = M_a = 652.03$$

$$\tau_{max} = \frac{\tau}{b * h^2} * \left(3 + \frac{1.8}{b/h} \right)$$

$$\tau_{max} = \frac{652.03}{(50 * 10^{-3}) * (25 * 10^{-3})^2} * \left(3 + \frac{1.8}{50 * 10^{-3} / 25 * 10^{-3}} \right)$$

$$\tau_{max} = 81.37 MPa$$

Comprobación

$$\sigma_{max} \leq \sigma_{admissible}$$

$$125.19 \leq 250$$

Por lo tanto, se puede concluir que la estructura resiste al esfuerzo que es sometido.

$$\tau_{max} \leq \tau_{admisible}$$

$$81.37 \leq 350$$

Por lo tanto, se puede concluir que la estructura resiste al cortante al cual se encuentra sometido.

Factor de Seguridad

$$FS = \frac{\sigma_{admisible}}{\sigma_{max}}$$

$$FS = \frac{250}{125.19}$$

$$FS \approx 2$$

Por lo tanto, el factor de seguridad que posee nuestra estructura es de 2

Análisis de Fatiga

Para este análisis

Tomares el valor más bajo de resistencia del suelo dándonos como resultado una fuerza de 1349.35N

$$F_{max} = 1417,46 N$$

$$F_{min} = 1349.35N$$

$$F_a = \frac{F_{max} - F_{min}}{2}$$

$$F_a = \frac{1417,46 - 1349.35}{2}$$

$$F_a = 34.055N$$

$$F_m = \frac{F_{max} + F_{min}}{2}$$

$$F_m = \frac{1417,46 + 1349.35}{2}$$

$$F_m = 1383.405N$$

$$M_a = F_a * L$$

$$M_a = 34.055 * 0.67$$

$$M_a = 22.81 \text{ N} - \text{m}$$

$$M_m = F_m * L$$

$$M_m = 1383.405 * 0.67$$

$$M_m = 926.88 \text{ N} - \text{m}$$

$$\sigma_a = \frac{M_a * y}{I}$$

$$\sigma_a = \frac{22.81 * 0.0125}{6.51^{-8}}$$

$$\sigma_a = 4.37 \text{ MPa}$$

$$\sigma_m = \frac{M_m * y}{I}$$

$$\sigma_m = \frac{926.88 * 0.0125}{6.51^{-8}}$$

$$\sigma_m = 177.97 \text{ MPa}$$

Aplicando criterios de Soderberg

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_y} = \frac{1}{n}$$

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

$$S_e = 0.5 * 250$$

$$S_e = 125$$

$$\frac{4.37}{125} + \frac{177.97}{350} = \frac{1}{n}$$

$$n = 1.84$$

Por lo tanto, la estructura posee vida infinita

3.6.1 Análisis de esfuerzos del apero surcador

3.6.1.1 Cargas de diseño

Las cargas de diseño que están presentes en el apero surcador se evalúan a continuación.

3.6.1.2 Cargas permanentes

La carga está presente en todo el proceso de fabricación y funcionamiento se determina como peso propio de los materiales que componen el apero surcador, así como el peso propio del motocultor el dato lo obtenemos de catálogos de materiales y del manual de fabricación del motocultor. De la forma el peso propio de todos los elementos del apero surcador más el motocultor es de 79 kilogramos

3.6.1.3 Carga de esfuerzo del arado

La carga sirve para evitar las fallas que se pueden generar en el apero surcador debido a sobrecargas y concentración de esfuerzos la carga se evalúa mediante la siguiente ecuación.

$$C_s = 20 \frac{Kg}{m^2} * A$$

Donde:

C_s = carga de esfuerzo del arado

A = Área de la estructura

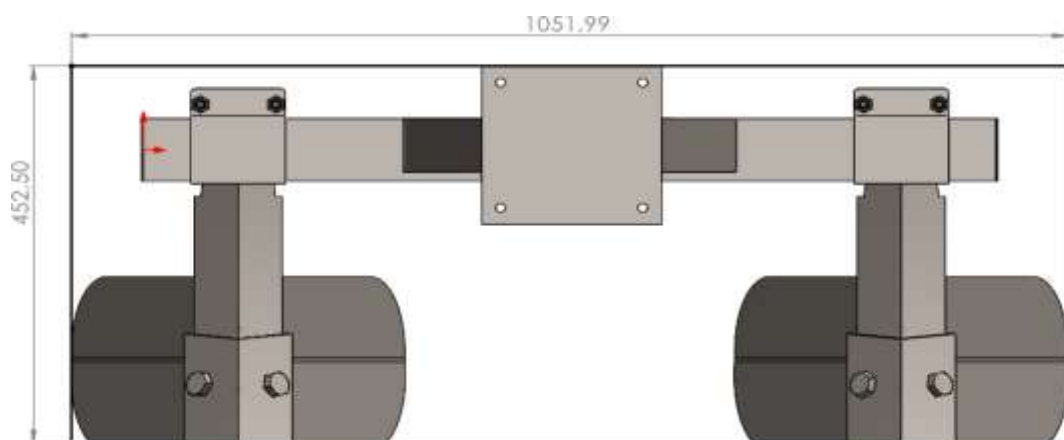


Ilustración 3. 22 Área vertical de la estructura
Realizado por: Guamangate.J,2024

$$C_s = 20 \frac{Kg}{m^2} * (0.4525 * 1.052)m^2$$

$$C_s = 9.5206$$

El peso de todos los elementos del implemento del apero surcador es de 34 kilogramos

$$C_p = 34 \text{ kg}$$

3.6.1.4 Carga muerta

Generalmente la carga es el peso propio de la estructura sumado la carga de sobre esfuerzo

$$C_m = C_p + C_s$$

$$C_m = 43.521 \text{ kg}$$

3.1.1.2 Carga de impacto

Para la carga el factor de impacto se considera en cero puesto que el modelo del surcador va a trabajar en un terreno que ya fue preparado anteriormente y la tierra ya se encuentra aflojada.

$$C_d = C_m + C_i$$

C_i se considera el valor de cero porque el prototipo va a trabajar en un terreno que ya fue arado por lo que la tierra ya se encuentra aflojada.

$$C_d = C_m = 43.521 \text{ kg}$$

3.6.1.5 Selección de material

Para la selección del material se debe realizar varias simulaciones con los diferentes materiales propuestos para la investigación y mediante los resultados obtenidos seleccionar el que mejor comportamiento mecánico presenta durante el tiempo de aplicación de las condiciones de carga que debe soportar la estructura diseñada para el trabajo que debe cumplir en óptimas condiciones.

Para comprobar con los diferentes materiales en la librería de materiales de ANSYS se configura las propiedades mecánicas de cada uno de ellos, así como se aplica las condiciones de borde para comprobar la resistencia del apero surcador.

3.7 Material para la estructura y vertedera del apero surcador

El material para la estructura y para las vertederas del apero surcador seleccionado es el acero ASTM A-36 por ser el material más común utilizado en la fabricación de estructuras y maquinaria agrícola además es el más comercial dentro de la industria ecuatoriana, sin embargo se ha concluido que el materiales el más adecuado para la construcción del apero pues tiene varias aplicaciones dentro de la industria como en cables de puentes colgantes, concreto atirantados varillas, mallas electro soldadas y láminas plegadas para techos y pisos en la siguiente tabla se presenta las propiedades mecánicas del material.

Tabla 3. 17 Propiedades del acero ASTM A36

Composición química				
% C	% Mn	% Si	% P	% S
≤ 0,26	0,80 – 1,20	≤ 0,40	≤ 0,04	≤ 0,05
Propiedades mecánicas				
Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo de tracción		Elongación
Kg/cm ²	MPa	Kg/mm ²	MPa	%
25,5	250	40,8	400	20

Fuente: Herrera 2021

Realizado por: Guamangate.J.,2024

3.8 Simulación del apero surcador

El proceso de simulación se lo realiza mediante el método de elementos finitos por lo que se escoge el programa de simulación multifísica mediante ANSYS que actualmente es el más utilizado para determinar el comportamiento mecánico de componentes de máquinas, estructuras y análisis de materiales compuesto entro otros estudios el tipo de análisis se divide en tres fases como son el pre proceso, solución y post-procesador.

3.8.1 Pre-procesado

En la etapa del análisis se ingresan las características físicas y geométrica del modelo además se aplican las condiciones de contorno también se toma en cuenta las limitaciones que pueden aparecer en el modelo de simulación entre los parámetros para importantes en las etapas se determinan los siguientes.

- Determinar el elemento a utilizar.
- Establecer propiedades de la geometría.
- Aplicar parámetros del material.
- Definir la geometría del modelo simplificarlo.

- Mallas de forma adecuada el modelo para evitar errores en los resultados.
- Definir los resultados del análisis de la estructura.

3.8.2 Post procesado

En la etapa se obtiene resultados del análisis estático del apero surcador mediante diferentes presentaciones como son gráficos, textos, animaciones o curvas que determinan el comportamiento mecánico del material y geometría donde de ser necesario corregir o modificar la geometría con el fin de obtener resultados reales y que garanticen el correcto funcionamiento de la estructura.

3.8.3 Análisis de resistencia del apero surcador

Para realizar el análisis de la estructura del apero surcador se realiza en ANSYS como se especificó anteriormente para ello es necesario definir la geometría simplificando accesorios o elementos que no influyen directamente en el comportamiento mecánico de los componentes a estudiar en la siguiente Ilustración se presenta la geometría simplificada.

En la geometría que se presenta en la Ilustración se eliminan accesorios como pernos, rodajas y curvaturas que para el tipo de análisis estático no es necesario que intervenga en la simulación pues el estudio está centrado en el comportamiento mecánico del apero surcador con el material seleccionado que es el acero A36.

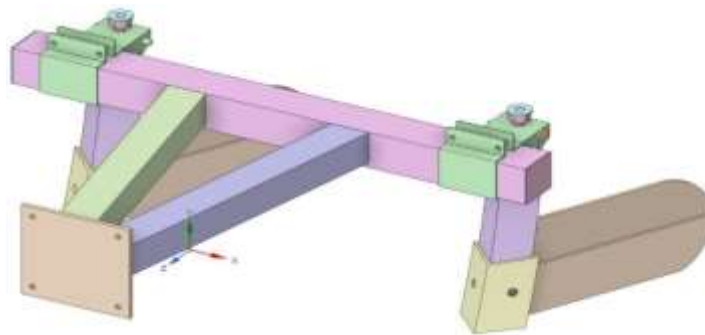


Ilustración 3. 23 Geometría simplificada para la simulación

Realizado por: Guamangate.J,2024

3.8.4 Propiedades mecánicas del material

El material para el estudio es el acero ASTM A36 y se ingresa en el programa varias propiedades básicas, así como la curva del diagrama esfuerzo deformación, las propiedades se presentan en la siguiente Ilustración.

Properties of Outline Row 4: ASTM A36				
	A	B	C	D E
1	Property	Value	Unit	
2	Material Field Variables	Table		
3	Density	7850	kg m ⁻³	
4	Isotropic Elasticity			
5	Derive from	Young's M...		
6	Young's Modulus	2E+05	MPa	
7	Poisson's Ratio	0,3		
8	Bulk Modulus	1,6667E+11	Pa	
9	Shear Modulus	7,6923E+10	Pa	
10	Tensile Yield Strength	250	MPa	
11	Compressive Yield Strength	152	MPa	
12	Tensile Ultimate Strength	450	MPa	

Ilustración 3. 24 Profundidad de arado del implemento
Realizado por: Guamangate.J,2024

3.8.5 Condiciones de frontera para simular el apero surcador

En el análisis de resistencia de la estructura del apero surcador se consideran varias condiciones que detallan a continuación.

Restricciones de movimiento

Para el tipo de análisis se considera que el apero la está conectada con el motocultor por lo que en el área de unión entre los dos elementos se considera como fijos mientras que los demás elementos están en libertad de movimiento en el tiempo que dure el análisis del comportamiento mecánico.

En la siguiente Ilustración se muestra las caras seleccionadas como fijas para el análisis.

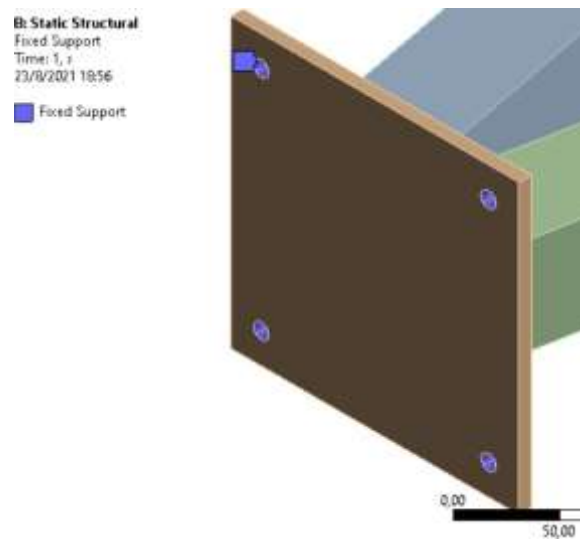


Ilustración 3. 25 Caras de sujeción fija para la simulación
Realizado por: Guamangate.J,2024

Aplicaciones de las cargas en el apero surcador

Las cargas de diseño para el apero surcador se aplican en las caras de los elementos que entran en contacto con el suelo y la carga de arado aplica a toda la estructura y se utiliza como carga remota que el tipo de carga se distribuye de forma uniforme en la estructura y se obtiene datos más cercanos a la realidad, en la siguiente Ilustración se presenta la aplicación de las cargas.

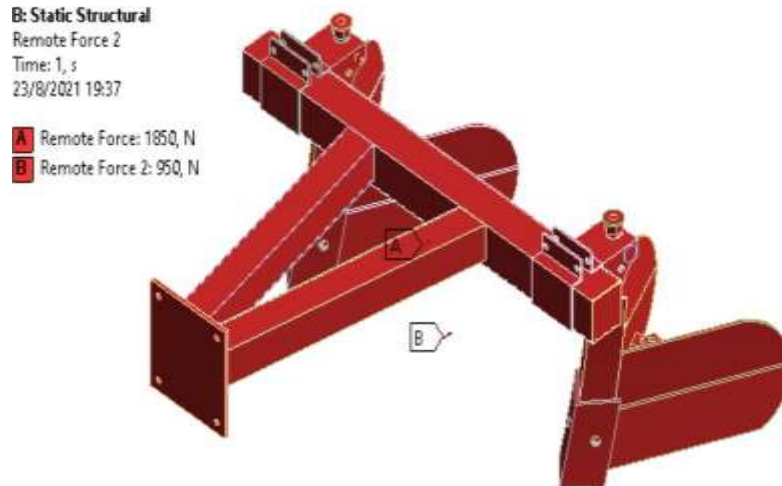


Ilustración 3. 26 Cargas aplicadas al apero surcador
Realizado por: Guamangate.J,2024

3.8.6 Mallado del apero surcador

La estructura para el mallado se selecciona tipo solido la malla está compuesta por 375571 nodos y con elementos 192183 todos triangulares obteniendo una calidad de malla donde la mayor cantidad de elementos se ubican dentro de los valores mínimos de relación de aspecto en la siguiente Ilustración y la gran mayoría de elementos tiene un valor cercano a 1 y que es lo recomendado para el tipo de análisis.

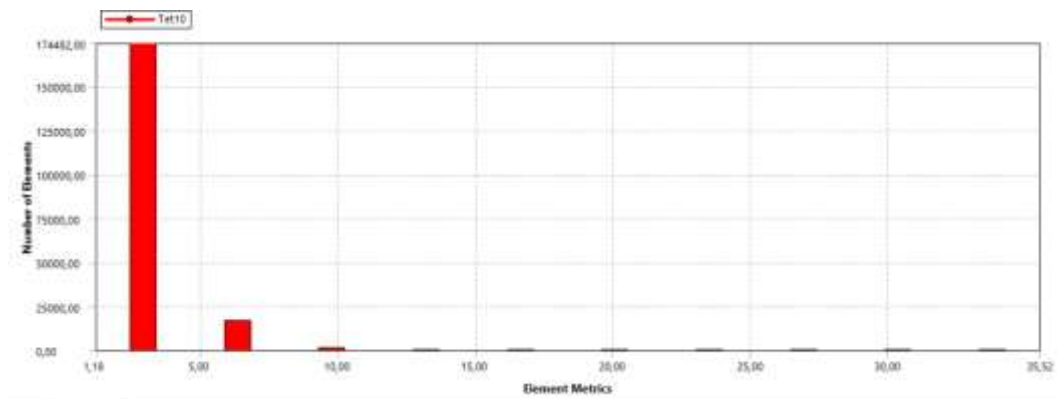


Ilustración 3. 27 Calidad de malla
Realizado por: Guamangate.J,2024

3.8.7 Análisis de resultados de resistencia del apero surcador

Después de aplicar las cargas se comprueba los esfuerzos y desplazamientos que soporta la estructura durante el tiempo que dura el análisis en la siguiente Ilustración se presenta el esfuerzo máximo generado durante la simulación.

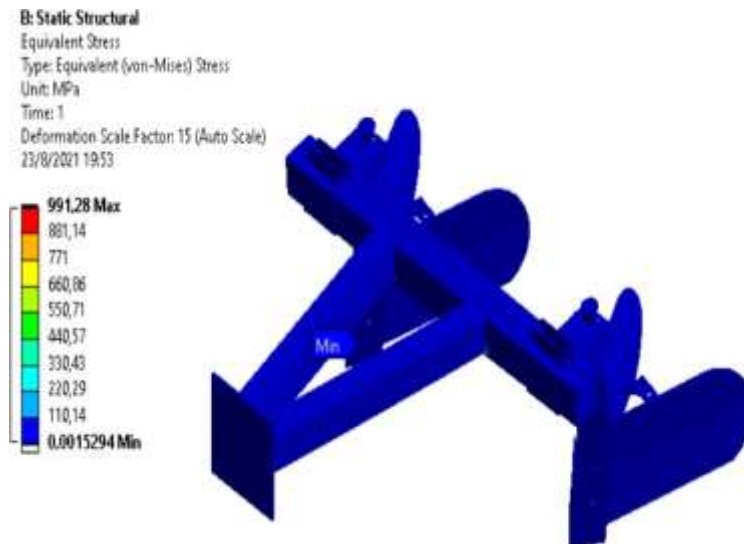


Ilustración 3. 28 Esfuerzo de Von Misses
Realizado por: Guamangate.J,2024

También se evalúa el desplazamiento que sufre la estructura en la Ilustración se muestra la deformación producida por aplicación de las cargas obteniendo un valor máximo de 6,3 mm y se origina en las puntas del ala del surcador tipo vertedero.

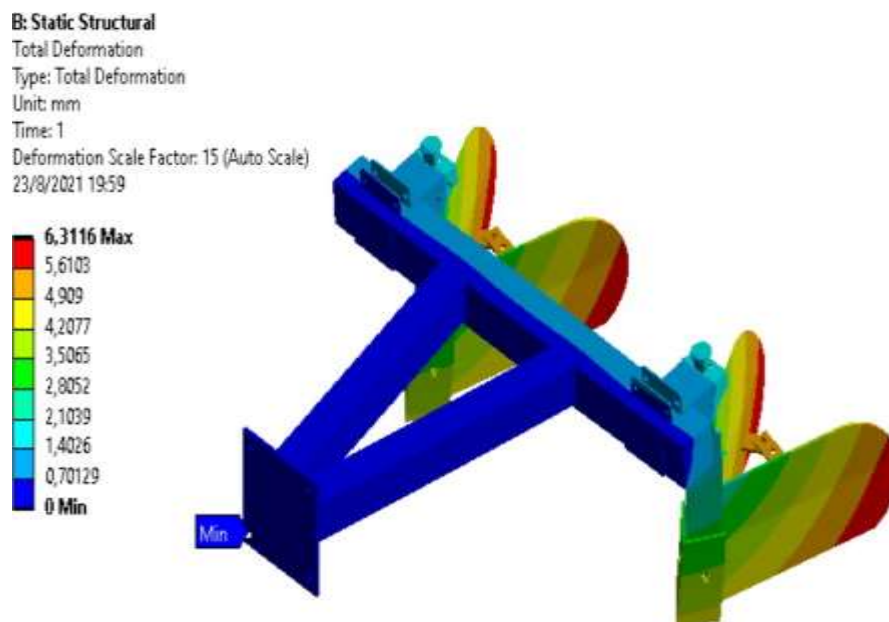


Ilustración 3. 29. Desplazamiento del apero surcador
Realizado por: Guamangate.J,2024

Finalmente es importante determinar el factor de seguridad que garantice el correcto funcionamiento de la estructura en la siguiente Ilustración el pasador que se utiliza para la conexión del apero con la estructura tubular sufre un esfuerzo elevado y su factor de seguridad es mínimo por lo que es importante rediseñar el elemento aumentando su diámetro y de ser posible cambiar el material del pasador para que resista a las cargas de diseño los demás elementos tienen valores superiores a 1, lo cual es aceptable para proceder con la construcción y prueba de funcionamiento del apero surcador

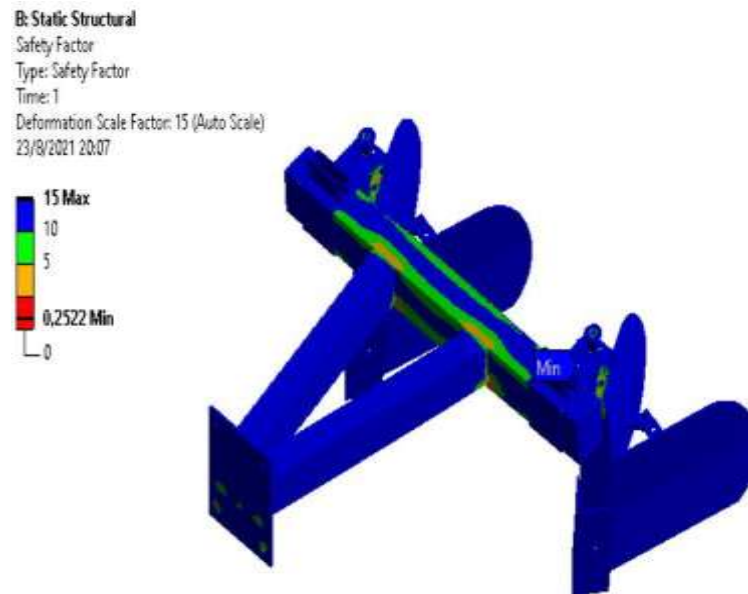


Ilustración 3. 30 Desplazamiento del apero surcador
Realizado por: Guamangate.J,2024

El esfuerzo de Von Mises máximo obtenido en la simulación es de 334 MPa con el factor se calcula el factor de seguridad del basculante mediante la siguiente ecuación.

$$F_s = \frac{\text{limite elastico del material}}{\text{esfuerzo de Von Mises}}$$

Fs: Factor de seguridad

Limite elástico del acero A36 en el pasador = 250 MPa

Esfuerzo máximo de Von Mises = 991 MPa

$$F_s = \frac{250}{991}$$

$$F_s = 0.25$$

Es importante indicar que el valor obtenido en la ecuación se evidencia en la Ilustración, por lo que el elemento fue rediseñado al momento de construir el apero surcador.

3.9 Construcción del apero surcador

Terminado las geometrías de diseño CAD 3D en SolidWorks y realizado el análisis de simulación por el método de elementos finitos se procede a construir el apero surcador aprovechando los datos arrojados en los análisis y la investigación realizada de la manera los materiales y herramientas necesarios se indicaron anteriormente. Se tomó en cuenta las medidas de seguridad de manejo de herramientas en el taller mecánico finalmente se presenta las fases de construcción de apero surcador.



Ilustración 3. 31 Apero surcador
Realizado por: Guamangate.J,2024

En la siguiente Ilustración se presenta el ensamble de las piezas del apero con el motocultor para comprobar las dimensiones generales y así evitar fallas y problemas cuando se ensamble el motocultor con el apero surcador.



Ilustración 3. 32 Apero surcador
Realizado por: Guamangate.J,2024

3.10 Pruebas realizadas en campo del apero construido

En la etapa se traslada el apero surcador al área de trabajo se realiza el acople de todos los elementos y accesorios para realizar pruebas del arado bajo los parámetros se determina que el implemento del apero surcador presenta mejor maniobrabilidad del operario, así como visibilidad al momento de caminar o avanzar como se presenta en la Ilustración. Se realiza la prueba en una parcela de cultivo para realizar el arado para obtener los surcos que va formando el apero surcador de esta manera se comprueba que se obtiene un arado adecuado a las necesidades de los agricultores de la zona.



Ilustración 3. 33 Adaptación del Apero surcador al motocultor
Realizado por: Guamangate.J,2024

También se realiza la prueba de operatividad para comprobar el peso total calculado y determinado en el proceso de diseño del apero. Es importante realizar la prueba de eficiencia de labrado lo que significa que la superficie de la tierra es removida por unidad de tiempo y viene expresada en hectáreas por hora. Para todos tipos de máquinas agrícolas que operan en campo y se utiliza la siguiente ecuación.

$$S = \frac{a * v}{h}$$

Donde:

S = Capacidad de labrado [ha/h]

a = anchura de trabajo del implemento [m]

v = Velocidad de trabajo [km/h]

Para determinar los parámetros se toma los datos de la sección de arado indicado anteriormente, así como la velocidad del motocultor indicado en la tabla.

$$S = \frac{1.051 \text{ m} \times 2.8 \text{ km/h} \times v}{10}$$

$$S = 0.294 \text{ ha/h}$$

3.10.1.1 Comprobación de la capacidad de trabajo

Para medir la capacidad de trabajo se realiza una medición del tiempo de arado en una superficie determinada y de la manera comprobar la eficiencia del motocultor en el arado de la tierra para el análisis se realizaron 6 pruebas de arado en segunda marcha que es la recomendada y con una distancia de 25 metros y de la manera obtenemos los tiempos de labranza que se detallan en la siguiente tabla.

Tabla 3. 18 Pruebas de tiempo de labranza

N. Pruebas de arado	Tiempo empleado (S)
1	40
2	35
3	34
4	34
5	39
6	38
Promedio	36,67 Seg

Realizado por: Guamangate.J,2024

Se determina el área de trabajo generada por el surco formado por el apero surcador y se calcula multiplicando el ancho del surcador por la distancia recorrida en los ensayos realizados obteniendo el siguiente valor.

$$At = 25\text{m} \times 1,051\text{m}$$

$$At = 26,275\text{m}^2$$

La capacidad de trabajo promedio es de 36,67 segundos y se ha labrado un área de 26,275m² para halla la capacidad de trabajo real se realiza la conversión de datos obteniendo los siguientes valores que se indican a continuación.

$$ST = \frac{26,275 \text{ m}^2}{36,67 \text{ seg}} \times \frac{1\text{ha}}{10000} \times \frac{3600\text{seg}}{1\text{h}}$$

$$ST = 0,2578 \frac{\text{ha}}{\text{h}}$$

Finalmente se realiza el análisis del rendimiento del implemento del apero surcador relacionado la eficiencia teórica con la eficiencia real por lo tanto se calcula.

$$nt = \frac{st}{s} * 100$$

$$nt = \frac{0,2578}{0,294} * 100$$

$$nt = 87,69\%$$

Por lo tanto, se tiene un rendimiento de 88% de la manera se aprovecha la energía del motocultor en el arado a través del apero surcador.

CAPITULO IV

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

En el proceso de diseño y desarrollo de la surcadora con acople al motocultor, se han alcanzado una serie de conclusiones significativas que destacan la viabilidad y la eficacia del proyecto:

La implementación de una surcadora diseñada para ser acoplada al motocultor YTO, y la posterior construcción de un prototipo funcional, representa un logro significativo en el ámbito agrícola de la comunidad de Palmira, en la provincia de Chimborazo, el proyecto responde directamente a las necesidades específicas de los agricultores locales, ofreciendo una solución práctica y accesible para optimizar la preparación del suelo en la siembra de cultivos.

Al diseñar y construir el prototipo, se ha demostrado la viabilidad técnica y económica de implementar tecnología apropiada y adaptada a las condiciones y recursos disponibles en la comunidad. La surcadora acoplable al motocultor YTO brinda a los agricultores la oportunidad de mejorar la eficiencia y productividad en sus labores agrícolas, sin incurrir en costos prohibitivos o depender de equipos importados de alto precio.

La revisión exhaustiva del estado del arte permitió recopilar información técnica relevante y establecer una base sólida para el diseño preliminar de la surcadora, la investigación previa facilitó la identificación de características clave y requisitos de diseño necesarios para asegurar la funcionalidad y eficiencia del equipo.

El enfoque analítico utilizado para el diseño de las piezas principales de la surcadora, basado en teorías de falla mecánica, resultó ser una herramienta invaluable para estimar la geometría y sección transversal de los componentes críticos, la metodología permitió optimizar el diseño de la surcadora, garantizando su resistencia y durabilidad bajo condiciones de operación realistas.

La simulación y validación del diseño preliminar mediante software de ingeniería asistida por computadora (CAE) fue un paso crucial para verificar el factor de seguridad y garantizar el funcionamiento adecuado de la surcadora, la etapa proporcionó una evaluación detallada del rendimiento del equipo, lo que permitió realizar ajustes y mejoras antes de la construcción del prototipo.

La construcción del prototipo validado en software CAE, siguiendo los planos de construcción generados en CAD, representó la culminación exitosa del proyecto. El prototipo se implementó y

evaluó en condiciones reales de campo, demostrando su funcionalidad y eficacia en la preparación del suelo para la siembra de cultivos.

4.2 Recomendaciones

Basándose en el éxito y los aprendizajes obtenidos en el proyecto de implementación de la surcadora acoplable al motocultor YTO en la comunidad de Palmira, en la provincia de Chimborazo, se presentan las siguientes recomendaciones para futuras acciones y mejoras:

Es fundamental establecer un programa continuo de monitoreo y evaluación del prototipo en condiciones reales de campo, con el fin de identificar de manera oportuna posibles áreas de mejora y optimización, el proceso permitirá recopilar datos y retroalimentación directa de los usuarios y observadores, lo que facilitará la detección de posibles fallos o limitaciones en el diseño y funcionamiento de la surcadora.

El seguimiento constante permitirá ajustar y perfeccionar la surcadora a lo largo del tiempo, garantizando su eficiencia y durabilidad a largo plazo. Asimismo, el monitoreo continuo brindará la oportunidad de realizar mejoras incrementales y adaptaciones según las necesidades específicas de los agricultores y las condiciones cambiantes del entorno agrícola, lo que contribuirá a maximizar el rendimiento y la utilidad del equipo en beneficio de la comunidad agrícola de Palmira y más allá

Promover la capacitación y el entrenamiento técnico para los agricultores locales sobre el uso adecuado y el mantenimiento preventivo de la surcadora, lo cual ayudará a maximizar su rendimiento y prolongar su vida útil, asegurando así un retorno de inversión óptimo para los agricultores.

Fomentar la colaboración y el intercambio de conocimientos entre diferentes actores, incluyendo agricultores, investigadores, instituciones académicas y entidades gubernamentales, la colaboración multidisciplinaria puede generar nuevas ideas y soluciones innovadoras para abordar los desafíos agrícolas locales de manera más efectiva.

Explorar oportunidades para adaptar y replicar el modelo de la surcadora acoplable al motocultor YTO en otras comunidades agrícolas de la provincia de Chimborazo y del país, lo cual contribuirá a ampliar el impacto del proyecto y promover la adopción de tecnologías apropiadas para el desarrollo rural sostenible.

Investigar y desarrollar soluciones adicionales que complementen el funcionamiento de la

surcadora y mejoren aún más las prácticas agrícolas locales, por ejemplo, se podrían explorar opciones para implementar sistemas de riego eficientes o herramientas para la gestión de cultivos que aumenten la productividad y la rentabilidad de los agricultores.

BIBLIOGRAFÍA

1. **ALARCON, Jordy & TEQUEN, Luis.** Propuesta de diseño de un accesorio mecánico para la cosecha de papas utilizando un motocultor como sistema de potencia. (Trabajo de Titulación) (Pregrado), Universidad Señor de Sipan, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Chiclayo-Perú. 2022
2. **ALCACIEGA, Eduardo E.** Diseño y construcción de un apero para cosechar papas en campos agrícolas. (Trabajo de Titulación) (Pregrado), Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Mecánica. Ambato-Ecuador. 2017.
3. **ANDRADE, Miguel.** Mini motocultor ergonómico doble propósito para optimización de postsiembra de ciclo corto en la sierra ecuatoriana. (Trabajo de Titulación) (Pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Chimborazo-Ecuador. 2023. págs. 9-12. Disponible en: 10.47187/reciena.v1i2.13.
4. **APABLAZZA, Gustavo; et al.** Innovaciones agroecológicas, tecnologías sociales y agricultura familiar. (Trabajo de Titulación) (Pregrado), Universidad de Chile, Chile. 2023. págs.64-78. Disponible en:10.5354/0719-6296.2023.68618.
5. **BELTRAN, Adelaida.** "Plataformas Tecnológicas en la Agricultura 4.0: una Mirada al Desarrollo en Colombia". *Revistas CUC.* (2022), (Colombia). págs.9-18. Disponible en: doi: 10.17981/cesta.03.01.2022.02.
6. **BRAVO, Víctor & CASTILLO, Edison.** Diseño y construcción de una máquina de desgaste acelerado para homologación de maquinaria agrícola en motocultores para suelos típicos de la región centro del Ecuador: caso de estudio aspas del motocultor YTO DF-151. (Trabajo de Titulación). (Maestría), Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, 2017.
7. **BURGOS, Segundo.** Diseño de una niveladora de fango en motocultor Pt-18L para reducir el tiempo de empareje del terreno en cultivo de arroz Oyotún. (Trabajo de Titulación) (Pregrado), Universidad Cesar Vallejo, Lima- Perú. 2019.
8. **CAMACHO, Jonnathan & VERA, Edwin.** Diseño y construcción de un apero bifuncional de motocultor YTO-DF15L para el MAGAP de la Provincia de Chimborazo. (Trabajo de Titulación) (Pregrado), Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Chimborazo-Ecuador. 2017.

9. **CASTILLO, Frank D. & RODRÍGUEZ, Winny.** Análisis y propuesta de mejora de la cadena de suministro de banano orgánico de las provincias de Morropón y Sullan. (Trabajo de Titulación) (Pregrado), Universidad de Piura, Piura-Perú. 2021
10. **CHAVEZ, María & MÜLLER Ana.** "Procesos de innovación tecnológica en la agricultura familiar: análisis de dos modelos de salas queseras implementadas en amblayo". *Revista Americana de Emprendedorismo e Inovação* (2020) (Argentina) págs.:115-25. Disponible en: 10.33871/26747170.2020.2.1.3257.
11. **CRUZ, Wilfredo.** Implementación de un motocultor con motor de motocicleta para remplazar el método tradicional de arado en la agricultura, en el distrito de Asillo - Azangaro, (Trabajo de Titulación) (Pregrado), Universidad Cesar Vallejo, Lima- Perú. 2023.
12. **DJENDEREDJIAN, Julio.** "Del arado criollo al granero del mundo. La transformación tecnológica de la agricultura pampeana Argentina". *Historia mexicana.* (2020) (Argentina), págs.:99-149. Disponible en: 10.24201/hm.v70i1.4077.
13. **ESPINOZA, Enma & ANDRADE Dolores.** "Las mujeres y la producción agrícola mecanizada en el cantón Quinindé - Ecuador". *La Técnica* (2020) (Ecuador). págs.:33-46.
14. **GRANIZO, Bryan, & JONATHAN Gómez.** Optimización en eficiencia, ergonomía y seguridad del prototipo de trilladora portátil de quinua con acople a motor de combustión interna de motocultor YTO DF 15Y para la Empresa COPROBICH. (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2021
15. **HERNÁNDEZ, Orlando.** Diseño de un tractor a escala para espacios pequeños en SolidWorks SP5.0. (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo - México. 2022.
16. **HERRERA, Miguel.** "Mini motocultor ergonómico doble propósito para la rehabilitación muscular humana y postsiembra de ciclo corto". *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía* (2021) (España). págs.:83-103.
17. **HERRERA, Miguel.** "La mejora postsiembra de ciclo corto desde un mini motocultor ergonómico". *Agroecología Global: Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar.* (2022) (España) págs 27-37.
18. **LLATAS, Edinson.** Diseño de un implemento agrícola para la cosecha de papas del tipo monosurco para el motocultor df-15l en el caserío Rodiopampa - Cutervo. (Trabajo de

Titulación) (Pregrado), Universidad Señor de Sipan, Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Chiclayo-Perú. 2022.

19. **MOREANO, Gabriel & CAJAMARCA, Julio.** "Agricultura de Precisión: Preprocesamiento y Segmentación de Imágenes para Obtención de una Ruta de Navegación Autónoma Terrestre". *Revista Politécnica* (2021) (Ecuador). págs:43-50. Disponible en: 10.33333/rp.vol44n2.05.
20. **NIETO, María & LÓPEZ Victoria.** Mecanización agrícola de pequeña escala para la producción de maíz (*Zea mays L.*) en la agricultura familiar campesina con mujeres de comunidades alto andinas. (Trabajo de Titulación) (Pregrado) Universidad San Francisco de Quito. Quito -Ecuador. 2021
21. **PÉREZ, Leonardo & QUINTO Carlos.** Repotenciación del motor de combustión interna del motocultor YTO a una unidad contra incendios en la comunidad de San Juan en la ciudad de Riobamba. (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2020
22. **QUEVEDO, Irania; et al.** Tecnología integrada para cultivos protegidos en la Mesa de Guanipa, Venezuela. (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Ingeniería Agrícola. EBSCO. págs:39. Disponible en: (<https://openurl.ebsco.com/contentitem/gcd:141446533?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:gcd:141446533>).
23. **QUIMÍS, Byron; et al.** "Evaluación tecnológica explotativa del motocultor Dongfeng DF 151L en preparación de suelo para sembrar maíz". *La Técnica* (2020) (España). Edición Especial. págs.:47-64.
24. **RIVERA, Miriam.** Adaptación y evaluación de una cultivadora multiuso de tracción mecánica en cultivos alimenticio. (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Ayacucho-Perú. 2021
25. **ROCHA, Gloria; et al.** "La técnica del cultivo sin suelo y su contribución al mejoramiento tecnológico de la agricultura bajo cubierta: Un análisis bibliométrico".. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. (2022) (España). págs.7053-74. Disponible en: 10.37811/cl_rcm.v6i7.3887.
26. **SÁNCHEZ, Borrero.** "Sistema de trazabilidad de la cadena de suministro agroalimentario para cooperativas de frutas y hortalizas basado en la tecnología". *Revista de economía*

- pública, social y cooperativa*. (2019) (CIRIEC - España) págs.71-94. 2019. Disponible en: 10.7203/CIRIEC-E.95.13123.
27. **SANCHEZ, Yasniel; et al.** Retos actuales de la logística y la cadena de suministro. *Ing. Ind.* [online]. 2021, vol.42, n.1 págs.69-84. 2021. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59362021000100169&lng=es&nrm=iso.
28. **SAPATANGA, Edgar.** Diseño y análisis de un rodillo engrazador para acoplar a motocultor TKC 450 propiedad de la Organización CEFA. (Trabajo de Titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2021
29. **TERÁN, René.** "Medios técnicos de labranza, su tenencia, uso y fuente de energía para la agricultura familiar en el municipio de Pucarani". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. vol. 28. pp.99-112. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S240916182021000300099&lng=es&nrm=iso.ISSN2409-1618.
30. **TORRES, Victoria; et. al.** "Evaluación de los resultados tecnológicos, productivos y económicos de la estrategia de extensionismo Plan Tierra Blanca". *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. vol. 19. pp. 387-04, Disponible en: <https://revista-asyd.org/index.php/asyd/article/view/1288>
31. **VILLAMIZAR, Olger.** Evaluación del proceso de producción de papa en el Municipio de Chitagá Norte de Santander y su optimización mediante la agricultura de precisión. (Trabajo de Titulación) (Pregrado), Universidad de Pamplona. Santander-Colombia. 2020. Disponible <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/handle/20.500.12744/6066>.
32. **YAM, Antonio; et al.** "Evaluación de factores técnicos y de operación de un motocultor con arado y cultivador". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. Universidad del Papaloapan, Campus Loma Bonita, Loma Bonita, Oaxaca, 2019



ANEXOS

ANEXO A: DESARMADA DE LA GUACHADORA DEL MOTOCULTOR



ANEXO B: DESACOPLE TOTAL DE LA GUACHADORA



ANEXO C: MEDICIONES EN EL TUBO CUADRADO DE HIERRO DE 75X75X3MM PARA CONSTRUCCIÓN DE SURCADORA



ANEXO D: ARMADA Y PUESTA A ESCUADRA TUBO CUADRADO DE LA PRIMERA SECCIÓN DE LA SURCADORA



ANEXO E: COLOCACIÓN Y PUNTEADA DE LA SURCADORA DE LA PRIMERA SECCIÓN DE LA SURCADORA AL MOTOCULTOR



ANEXO F: ELABORACIÓN DE LAS PALAS DE LA SURCADORA



ANEXO G: INSTALACIÓN DE PERNOS REGULADORES DE LAS PALAS U OREJAS DE LA SURCADORA



ANEXO H: INSTALACIÓN DE PALAS U OREJAS DE SURCADORA



ANEXO I: PINTADA CON FONDO AUTOMOTRIZ A LA SURCADORA



ANEXO J: AJUSTES DE PERNOS DE LAS PALAS U OREJAS DE SURCADORA



ANEXO K: PRUEBA FINAL DE SURCADORA EN MOTOCULTOR YTO



ANEXO L: LIMPIEZA DE SOLDADURA CON LIMPIADOR SPRITE BASE SOLVENTE.



ANEXO M: APLICACIÓN DE SPRITE PENETRANTE SOBRE LA SUPERFICIE PREPARADA EN TIEMPO DE LAPSO DE SECADO 7MIN DEL LÍQUIDO PENETRANTE.



ANEXO N: APLICACIÓN DE SPRITE AGENTE REVELADOR APLICADO A LA ZONA DE INTERÉS





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 5/ 8 / 2024.

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: Jefferson Marlon Guamangate Vargas
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Mecánica
Carrera: Ingeniería Automotriz
Título a optar: Ingeniero Automotriz
 Ing. Edison Patricio Abarca Pérez Director del Trabajo de Integración Curricular
 Ing. Víctor David Bravo Morocho Asesor del Trabajo de Integración Curricular