



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“OPTIMIZACIÓN DEL APERO BIFUNCIONAL DEL
MOTOCULTOR YTO-DF15L APLICANDO LA NORMA ISO
25119 QUE PERMITA EL MEJORAMIENTO DE
RENDIMIENTO, ERGONOMÍA Y SEGURIDAD PARA EL
MAG DE CHIMBORAZO”**

**DARWIN MARCELO CADENA GALLEGOS
FRANCISCO JAVIER SACA PAQUI**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
TIPO: PROPUESTAS TECNOLÓGICAS**

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

**RIOBAMBA – ECUADOR
2019**

CERTIFICADO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

2018-10-23

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

DARWIN MARCELO CADENA GALLEGOS

Titulado:

**“OPTIMIZACIÓN DEL APERO BIFUNCIONAL DEL MOTOCULTOR YTO-
DF15L APLICANDO LA NORMA ISO 25119 QUE PERMITA EL
MEJORAMIENTO DE RENDIMIENTO, ERGONOMÍA Y SEGURIDAD PARA EL
MAG DE CHIMBORAZO”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas
DIRECTOR

Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy
MIEMBRO

CERTIFICADO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

2018-10-23

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

FRANCISCO JAVIER SACA PAQUI

Titulado:

**“OPTIMIZACIÓN DEL APERO BIFUNCIONAL DEL MOTOCULTOR YTO-
DF15L APLICANDO LA NORMA ISO 25119 QUE PERMITA EL
MEJORAMIENTO DE RENDIMIENTO, ERGONOMÍA Y SEGURIDAD PARA EL
MAG DE CHIMBORAZO”**

Sea aceptado como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas
DIRECTOR

Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy
MIEMBRO

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: DARWIN MARCELO CADENA GALLEGOS

TRABAJO DE TITULACIÓN: “OPTIMIZACIÓN DEL APERO BIFUNCIONAL DEL MOTOCULTOR YTO-DF15L APLICANDO LA NORMA ISO 25119 QUE PERMITA EL MEJORAMIENTO DE RENDIMIENTO, ERGONOMÍA Y SEGURIDAD PARA EL MAG DE CHIMBORAZO”

Fecha de Examinación: 2019-01-23

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas DIRECTOR			
Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy MIEMBRO			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. José Francisco Pérez Fiallos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: FRANCISCO JAVIER SACA PAQUI

TRABAJO DE TITULACIÓN: “OPTIMIZACIÓN DEL APERO BIFUNCIONAL DEL MOTOCULTOR YTO-DF15L APLICANDO LA NORMA ISO 25119 QUE PERMITA EL MEJORAMIENTO DE RENDIMIENTO, ERGONOMÍA Y SEGURIDAD PARA EL MAG DE CHIMBORAZO”

Fecha de Examinación: 2019-01-23

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Francisco Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB.DEFENSA			
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas DIRECTOR			
Ing. Carlos Ramiro Cepeda Godoy MIEMBRO			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. José Francisco Pérez Fiallos
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORIA

El Trabajo de Titulación que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Darwin Marcelo Cadena Gallegos

Francisco Javier Saca Paqui

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Darwin Marcelo Cadena Gallegos y Francisco Javier Saca Paqui, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Darwin Marcelo Cadena Gallegos

Cedula de identidad: 060475251-9

Francisco Javier Saca Paqui

Cedula de identidad: 110521776-2

DEDICATORIA

Dedico este éxito académico a Dios que me dio fortaleza al obtener esta abnegada recompensa, a mi patria con su pureza que me brinda la oportunidad de crecer en su espacio y a mi hogar que ha sabido inculcarme sabios valores de lealtad, lucha, perseverancia, paciencia y amor.

Darwin Marcelo Cadena Gallegos

Dedico el presente trabajo de investigación, con mucho amor a mis padres: Ángel Polivio Saca Tene y María Gertrudis Paqui Sarango, quienes confiaron en mí, para así cumplir un tan anhelado sueño. Mismos que me supieron brindar su apoyo económico y moral. A mi compañera de vida Leydi Anabel Paqui a mi hijo Frans Israel Saca Paqui, ya que ellos son la inspiración para superarme día a día. A mis hermanos que siempre han estado ayudándome, apoyándome en cada momento de mi vida estudiantil, a todos los familiares y amigos que de una u otra manera estuvieron presentes en esta etapa de mi vida.

Francisco Javier Saca Paqui

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento a cada ser vivo, al apoyo de toda la gente a mi alrededor que estuvo desde el principio y algunos hasta el día de hoy, gracias totales.

Darwin Marcelo Cadena Gallegos

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, de manera especial al director de mi tesis Ing. Marcelo Castillo, al asesor Ing. Ramiro Cepeda, por sus sugerencias, asesoramiento, durante el inicio, desarrollo y culminación de este importante trabajo de tesis.

A los docentes quienes durante los años de formación académica, nos proporcionaron sus conocimientos, experiencias y valores éticos para nuestro crecimiento personal y profesional.

Y en especial a todos que de una u otra manera me ayudaron en desarrollo mi tesis de investigación.

Francisco Javier Saca Paqui

TABLA DE CONTENIDO

	Páginas
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I.....	1
1. MARCO REFERENCIAL	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Justificación.....	3
1.3.1 <i>Justificación teórica</i>	3
1.3.2 <i>Justificación metodológica</i>	4
1.3.3 <i>Justificación práctica</i>	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	5
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Motocultor YTO DF-15L.....	6
2.1.1 <i>Historia del Motocultor en el Ecuador</i>	6
2.1.2 <i>Función del Motocultor YTO DF-15L</i>	6
2.1.3 <i>Partes del Motocultor YTO DF-15L</i>	7
2.1.4 <i>Tipos de Motocultores</i>	7
2.1.5 <i>Especificaciones técnicas del Motocultor YTO DF-15L</i>	8
2.2 Preparación del suelo	9
2.2.1 <i>Tipo de suelo en Chimborazo</i>	9
2.2.2 <i>Propiedades físicas del suelo</i>	10
2.2.2.1 <i>Densidad del suelo</i>	10
2.2.2.2 <i>Textura del suelo</i>	11
2.2.2.3 <i>Porosidad</i>	12
2.2.2.4 <i>Estructura</i>	12
2.3 Tipos de preparación de los suelos o labranzas.....	13
2.3.1 <i>Labranza primaria</i>	13
2.3.2 <i>Labranza secundaria</i>	13
2.3.3 <i>Labranza convencional</i>	13
2.3.4 <i>Labranza vertical</i>	14

2.3.5	<i>Labranza óptima</i>	14
2.3.6	<i>Labranza reducida</i>	14
2.3.7	<i>Labranza mínima</i>	15
2.3.8	<i>Labranza cero</i>	15
2.3.9	<i>Labranza en bandas</i>	15
2.3.10	<i>Labranza en camellones</i>	16
2.4	Clasificación de los aperos de labranza.....	16
2.4.1	<i>Atendiendo a su forma de trabajo</i>	16
2.4.2	<i>Según su acoplamiento al tractor</i>	19
2.4.2.1	<i>Suspendidos</i>	19
2.4.2.2	<i>Semi-suspendidos</i>	20
2.4.2.3	<i>Arrastrados</i>	20
2.4.3	<i>Según la labor que realizan</i>	20
2.4.3.1	<i>Aperos de subsuelo</i>	20
2.4.3.2	<i>Aperos de alzar o de labor primaria</i>	20
2.4.3.3	<i>Aperos para labores complementarias o secundarias</i>	20
2.4.3.4	<i>Aperos especiales</i>	21
2.5	Aperos de labranza	21
2.5.1	<i>Arado de vertedera</i>	21
2.5.2	<i>Arados de disco</i>	21
2.5.3	<i>Gradas de disco</i>	22
2.5.4	<i>Surcadora</i>	22
2.6	Rastras de disco.....	22
2.7	Tipos de gradas de disco	23
2.7.1	<i>Acción simple</i>	23
2.7.2	<i>Doble acción</i>	24
2.7.3	<i>Tipo excéntrico</i>	24
2.8	Surcadoras	25
2.8.1	<i>Características del surcador</i>	25
2.9	Tipos de surcadoras	26
2.9.1	<i>Reja</i>	26
2.9.2	<i>Patín</i>	26
2.9.3	<i>Disco</i>	26
2.10	Diseño	26
2.10.1	<i>Definición de diseño de ingeniería</i>	26
2.10.2	<i>Metodología de diseño</i>	27
2.10.3	<i>Modelo de diseño</i>	28
2.10.3.1	<i>Modelo descriptivo</i>	28
2.10.3.2	<i>Modelo prescriptivo</i>	29

2.10.3.3	<i>Modelo cognitivo</i>	33
2.10.3.4	<i>Modelo computacional</i>	33
2.11	Proceso de manufactura	33
2.11.1	<i>Procedimiento de producción</i>	34
2.11.2	<i>Proceso de fundición</i>	35
2.11.3	<i>Tratamientos termoquímicos de los metales</i>	36
2.11.4	<i>Proceso de corte</i>	36
2.11.5	<i>Proceso de taladrado</i>	36
2.11.6	<i>Proceso de corte de rosca</i>	37
2.11.7	<i>Proceso de soldadura</i>	37
2.11.7.1	<i>Soldadura por arco de electrodo revestido</i>	38
CAPÍTULO III		39
3.	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	39
3.1	Parámetros de diseño.....	39
3.1.1	<i>Peso mínimo</i>	39
3.1.2	<i>Máxima capacidad de tracción</i>	40
3.1.3	<i>Máxima estabilidad</i>	40
3.1.4	<i>Potencia óptima</i>	40
3.1.4.1	<i>Potencia en la barra de tiro</i>	40
3.1.4.2	<i>Potencia a la toma de fuerza</i>	41
3.1.5	<i>Resistencia</i>	41
3.1.5.1	<i>Energía consumida al labrar</i>	42
3.1.5.2	<i>Fricción</i>	43
3.1.5.3	<i>Topografía</i>	43
3.1.5.4	<i>Perdidas mecánicas</i>	44
3.2	Variables de diseño	44
3.2.1	<i>Seguridad</i>	44
3.2.2	<i>Maniobrabilidad</i>	44
3.2.3	<i>Dimensiones adecuadas</i>	44
3.2.4	<i>Normativas para maquinaria agrícola</i>	45
3.2.4.1	<i>Normas Ecuatorianas</i>	46
3.2.4.2	<i>Consideraciones INEN</i>	47
3.2.4.3	<i>INEN 5718</i>	47
3.2.4.4	<i>Consideraciones ISO</i>	48
3.2.4.5	<i>Consideraciones ISO 26322</i>	48
3.2.5	<i>Homologación</i>	51
3.2.5.1	<i>Desgaste</i>	51
3.2.5.2	<i>Impacto</i>	51
3.2.5.3	<i>Dureza</i>	52

3.2.5.4	<i>Simulación CAD</i>	52
3.2.6	<i>Análisis del ciclo de vida en la seguridad de las máquinas agrícolas</i>	52
3.2.7	<i>Evaluación de riesgo</i>	53
3.2.8	<i>Riesgos del proyecto</i>	55
3.2.9	<i>Reducción de riesgo mediante información de uso</i>	62
3.2.10	<i>Sistema de control relativos a la seguridad de las máquinas</i>	62
3.2.11	<i>Eliminación de fallos sistemáticos</i>	63
3.2.12	<i>Funciones de seguridad</i>	63
3.2.13	<i>Nivel de verificación del diseño de una máquina agrícola</i>	64
3.3	<i>Diseño del equipo</i>	64
3.3.1	<i>Geometría A</i>	64
3.3.2	<i>Requerimientos de potencia para la geometría A</i>	65
3.3.3	<i>Geometría B</i>	65
3.3.4	<i>Requerimientos de potencia para la geometría B</i>	66
3.3.5	<i>Procedimiento sugerido por los autores</i>	67
3.3.6	<i>Elección de alternativa</i>	67
3.3.7	<i>Estudio ANSYS WORKBENCH</i>	68
3.3.8	<i>Fuerzas aplicadas</i>	68
3.3.9	<i>Simulación</i>	69
3.3.9.1	<i>Modelado</i>	70
3.3.9.2	<i>Mallado</i>	70
3.3.9.3	<i>Aplicación de cargas</i>	71
3.3.9.4	<i>Deformación total</i>	72
3.3.9.5	<i>Esfuerzo de Von Mises</i>	72
3.3.9.6	<i>Factor de seguridad</i>	73
3.4	<i>Construcción del equipo</i>	74
3.4.1	<i>Planos</i>	74
3.4.2	<i>Procedimiento tecnológico</i>	75
3.4.2.1	<i>Discos de rastra</i>	75
3.4.2.2	<i>Fundición de discos</i>	75
3.4.2.3	<i>Surcador</i>	76
3.4.2.5	<i>Elementos optimizados</i>	77
3.4.2.6	<i>Discos de arado</i>	77
3.4.2.7	<i>Importación de discos seleccionados</i>	77
3.4.2.8	<i>Tensor de regulación</i>	78
3.5	<i>Pruebas y funcionamiento</i>	79
3.5.1	<i>Ensayo de metalografía</i>	79
3.5.1.1	<i>Análisis metalográfico</i>	79
3.5.1.2	<i>Tamaño de grano</i>	79

3.5.1.3	<i>Ataque químico de la muestra</i>	79
3.5.1.4	<i>Microestructura de los aceros</i>	80
3.5.1.5	<i>Procedimiento</i>	81
3.5.1.6	<i>Resultados</i>	84
3.5.2	<i>Ensayo de espectrometría</i>	86
3.5.3	<i>Ensayo de dureza</i>	87
3.5.3.1	<i>Medición de huellas</i>	88
3.5.3.2	<i>Cálculo de la dureza Brinell</i>	89
3.5.3.3	<i>Estimación de porcentajes de materiales en las probetas</i>	90
3.5.4	<i>Ensayo de impacto Charpy</i>	90
3.5.4.1	<i>Actividades a desarrollar</i>	91
3.5.4.2	<i>Resultados obtenidos</i>	95
3.5.5	<i>Ensayo de desgaste</i>	98
3.5.5.1	<i>Ensayo de desgaste acelerado ASTM</i>	98
3.5.5.2	<i>Ensayo de desgaste acelerado SAT</i>	107
3.6	<i>Análisis de resultados</i>	112
3.6.1	<i>Capacidad de trabajo</i>	112
3.6.1.1	<i>Trabajo teórico</i>	112
3.6.1.2	<i>Trabajo efectivo</i>	113
3.6.1.3	<i>Pruebas de campo</i>	114
3.6.1.4	<i>Manual de operación</i>	122
3.6.1.5	<i>Manual de mantenimiento</i>	123
CAPÍTULO IV		124
4.	ESTUDIO DE COSTO	124
4.1	Costos directos	124
4.2	Costos indirectos	125
4.3	TIR	126
4.4	VAN	127
CONCLUSIONES		128
RECOMENDACIONES		129
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Motocultores según su categoría.....	7
Tabla 2-2: Especificaciones básicas de Motocultor YTO DF-15L.....	8
Tabla 3-2: Clasificación de los aperos de labranza más utilizados.....	17
Tabla 4-2: Características técnicas de las gradas de discos.....	23
Tabla 1-3: Potencia pérdida en el Motocultor YTO DF15L.....	44
Tabla 2-3: Normas aplicadas a maquinaria agrícola.....	46
Tabla 3-3: Evaluación de riesgos en la reconstrucción del apero bifuncional.....	55
Tabla 4-3: Evaluación de riesgos en los ensayos de laboratorio del apero bifuncional...	58
Tabla 5-3: Evaluación de riesgos en pruebas de campo del apero bifuncional.....	60
Tabla 6-3: Comparación de geometrías.....	67
Tabla 7-3: Denominación y codificación de los planos del apero bifuncional.....	74
Tabla 8-3: Tamaños de tensores de regulación.....	78
Tabla 9-3: Medidas Standard de la probeta.....	95
Tabla 10-3: Datos de las probetas.....	95
Tabla 11-3: Área de impacto y resiliencia.....	96
Tabla 12-3: Procedimiento para ensayos de desgaste abrasivo Norma ASTM G-65...	104
Tabla 13-3: Materiales ensayados.....	106
Tabla 14-3: Volumen perdido de los discos.....	107
Tabla 15-3: Valores medios de la resistencia específica para distintos suelos.....	111
Tabla 16-3: Perdida de material en ensayo de desgaste acelerado SAT.....	112
Tabla 17-3: Velocidades de trabajo típicas para diversas máquinas.....	112
Tabla 18-3: Dureza vs. Tipo de suelo.....	119
Tabla 19-3: Peso inicial de los discos.....	119
Tabla 1-4: Costos directos.....	124
Tabla 2-4: Costos indirectos.....	125
Tabla 3-4: Costos totales.....	126
Tabla 4-4: Inversión total.....	126
Tabla 5-4: Ingreso anual.....	126
Tabla 6-4: Egreso anual.....	126
Tabla 7-4: Flujo de caja.....	127
Tabla 8-4: TIR.....	127
Tabla 9-4: VAN.....	127

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Motocultor YTO DF-15L.....	4
Figura 1-2: Partes del Motocultor YTO DF-15L.....	7
Figura 2-2: Motocultores según sus características principales.....	8
Figura 3-2: Distintas formas de montaje de los aperos al tractor.....	21
Figura 4-2: Grada de acción simple.....	23
Figura 5-2: Grada de doble acción.....	24
Figura 6-2: Grada de tipo excéntrico.....	24
Figura 7-2: Surcadora.....	25
Figura 8-2: Modelo descriptivo lineal del diseño.....	29
Figura 9-2: Modelo prescriptivo del diseño de Dym.....	30
Figura 10-2: Modelo prescriptivo del diseño de Roth.....	31
Figura 11-2: Modelo prescriptivo del diseño de Pahl y Beitz.....	32
Figura 12-2: Pasos involucrados en el diseño y manufactura de un producto.....	35
Figura 1-3: Análisis Diseño según ISO 25119.....	53
Figura 2-3: Evaluación de riesgos según la norma ISO 14121.....	54
Figura 3-3: Geometría A.....	64
Figura 4-3: Geometría B.....	66
Figura 5-3: Modelado del apero bifuncional importado de SOLID WORKS.....	70
Figura 6-3: Espectro de calidad de métricas.....	70
Figura 7-3: Promedio de mallado.....	70
Figura 8-3: Elementos de mallado.....	71
Figura 9-3: Aplicación de cargas.....	71
Figura 10-3: Deformación total.....	72
Figura 11-3: Esfuerzo de Von Mises.....	72
Figura 12-3: Factor de seguridad.....	73
Figura 13-3: Factor de seguridad.....	73
Figura 14-3: Tensores DIN 1480 Argolla- Argolla.....	78
Figura 15-3: Probetas de los discos de rastra.....	81
Figura 16-3: Banco de desgaste.....	82
Figura 17-3: Pulido de probetas.....	82
Figura 18-3: Lavado de probetas.....	83

Figura 19-3: Secado de probetas.....	83
Figura 20-3: Ataque químico a las probetas.....	84
Figura 21-3: (Perlita + cementita) 100x.....	84
Figura 22-3: (Perlita + cementita) 200x.....	85
Figura 23-3: (Perlita + cementita) 200x.....	85
Figura 24-3: Martensita 100x.....	85
Figura 25-3: Martensita 200x.....	86
Figura 26-3: Espectrómetro de emisión óptica.....	86
Figura 27-3: Reporte de análisis del disco de fundición artesanal.....	87
Figura 28-3: Reporte de análisis del disco adquirido en el mercado local.....	87
Figura 29-3: Identador en disco de fundición artesanal.....	88
Figura 30-3: Identador en disco adquirido en el mercado local.....	88
Figura 31-3: Esquema del ensayo de dureza Brinell.....	89
Figura 32-3: Esquema de un aparato para la prueba de impacto.....	91
Figura 33-3: Ensayo Izod.....	92
Figura 34-3: Péndulo Charpy I.....	92
Figura 35-3: Péndulo Charpy II.....	93
Figura 36-3: Tipos de entalles.....	94
Figura 37-3: Medidas permisibles del brazo de colocación de probetas.....	94
Figura 38-3: Forma de la probeta.....	94
Figura 39-3: Medidas de la probeta.....	95
Figura 40-3: Probetas listas para el ensayo.....	95
Figura 41-3: Lectura de la energía absorbida en los péndulo Charpy I & II.....	96
Figura 42-3: Probeta de disco comercial ensayada.....	97
Figura 43-3: Probeta de disco de fundición artesanal ensayada.....	97
Figura 44-3: Máquina de desgaste acelerado.....	98
Figura 45-3: Calibrador.....	99
Figura 46-3: Tamizador.....	99
Figura 47-3: Balanza.....	99
Figura 48-3: Cronómetro.....	100
Figura 49-3: Probetas listas para el ensayo.....	100
Figura 50-3: Máquina de desgaste acelerado.....	102
Figura 51-3: Huellas de desgaste abrasivo obtenidas en el equipo construido.....	104
Figura 52-3: Peso inicial de las probetas.....	105

Figura 53-3: Regulación de caudal.....	105
Figura 54-3: Colocación de la pesa.....	106
Figura 55-3: Máquina de desgaste en funcionamiento.....	106
Figura 56-3: Máquina de desgaste acelerado.....	107
Figura 57-3: Higrómetro.....	108
Figura 58-3: Balanza romana de mano.....	108
Figura 59-3: Cronómetro.....	108
Figura 60-3: Factores que influyen en el desgaste de los materiales.....	110
Figura 61-3: Peso inicial del disco.....	110
Figura 62-3: Medición de la humedad del suelo.....	111
Figura 63-3: Suelos para el ensayo.....	111
Figura 64-3: Motocultor con el apero.....	115
Figura 65-3: Medición de suelo con higrómetro.....	115
Figura 66-3: Penetrómetro.....	116
Figura 67-3: Motocultor.....	118
Figura 68-3: Penetrómetro.....	118
Figura 69-3: Medición de la dureza del suelo.....	119
Figura 70-3: Medición de la humedad, acidez, luminosidad del suelo.....	120
Figura 71-3: Labranza primaria (rompimiento de la solera).....	120
Figura 72-3: Apero optimizado aplicando la norma ISO 25119.....	121
Figura 73-3: Suelo óptimo para la siembra.....	122

LISTA DE SIMBOLOGÍA

K	Resiliencia	kgf.m/cm ³
St	Capacidad de trabajo teórico	ha/h
v	Velocidad intervalo	km/h
TE	Tiempo eficaz	h/ha
Se	Capacidad de trabajo específico	ha/h
Te	Tiempo efectivo	h/ha
ho	Altura inicial	m
hf	Altura final	m

LISTA DE ABREVIATURAS

AgPL	Nivel De Rendimiento Agropecuario
AISI	American Iron and Steel Institute
ANSYS	Swanson Analysis Systems
ASABE	American Society of Agricultural and Biological Engineers
ASTM	American Society for Testing and Materials
BCC	Body Centered Cubic Structure
CAD	Computer Aided Design
CAE	Computer Aided Engineering
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAPP	Computer Aided Process Planning
CE	Conformidad Europea
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CNC	Control Numérico Computarizado
DIN	Deutsches Institut für Normung
EPP	Equipo de Protección Personal
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censo
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
ISO	International Organization of Standardization
LER	Lesiones por Esfuerzos Repetitivos
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
MEF	Métodos de Elementos Finitos
PLC	Programable Logic Controller
QM	Quality Management
SAE	Society of Automotive Engineers
SMAW	Shielded Metal Arc Welding
SRP/CS	Partes Relacionadas con la Seguridad de los Sistemas de Control
UPA'S	Unidades de Producción Agrícola

ANEXOS

- Anexo A.** NORMA ISO 26322
- Anexo B.** MATRIZ DE RIESGOS
- Anexo C.** PLANOS DE CONSTRUCCIÓN

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como objetivo principal realizar la optimización de los aspectos de rendimiento, ergonomía y seguridad para el apero bifuncional del motocultor YTO-DF15L, mismo que fue diseñado y construido en la Facultad de Mecánica por los Ingenieros Camacho Jonnathan y Vera Edwin en la Carrera de Ingeniería Automotriz en el año 2017, luego de la fabricación del prototipo y las pruebas en campo se evidenció que la eficiencia no era la esperada y otras inconformidades en la construcción del apero bifuncional. El mejoramiento en el diseño y construcción del apero bifuncional para la labranza del suelo en amelgas bajo la tentativa de la norma ISO 25119, proporcionará mayor desempeño de labranza del suelo, optimizando el tiempo y recursos. Mediante la información, recomendaciones y peticiones de los agricultores beneficiarios y al personal del Ministerio de Agricultura y Ganadería, así como la norma ISO 25119, se realizó el rediseño del apero a fin de evaluar el nivel de los aspectos de eficiencia, ergonomía y seguridad. Este rediseño se realizó con el software CAD (Solidworks) para determinar sus magnitudes y el análisis de simulaciones se realizó con el software CAE (Ansys Workbench), mediante el estudio estadístico tomando en cuenta la energía consumida al labrar bajo condiciones de suelo de la provincia de Chimborazo, tomando muestras de las características del suelo mediante equipos y herramientas para conocer la profundidad de labor y las propiedades mecánicas de los materiales para simular los esfuerzos de Von Mises, deformación total y factores de seguridad que permitan la validación en laboratorios y en campo del prototipo. El proyecto tiene como finalidad optimizar el prototipo de apero de labranza que fue conformado por dos ejes de labranza con dos rastras cada uno y un surcador, a un nuevo apero el cual tiene un eje de labranza con cuatro discos y un eje de labranza con cuatro rastras que trabajan de forma conjunta.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <MOTOCULTOR (MAQUINARIA AGRÍCOLA)>, <OPTIMIZACIÓN>, <APERO BIFUNCIONAL>, <LABRANZA DE SUELO>, <EJE DE LABRANZA>, <RASTRA>, <DISCO>, <SURCADOR>.

ABSTRACT

The objective of this study was to optimize the performance, ergonomics, and safety of a bifunctional tool for a YTO-DF15L tiller that was designed and constructed by Jonnathan Camacho and Edwin Vera in the Automotive Engineering School of the mechanical Engineering Faculty in 2017. Having made the prototype and carried out field experiments, it was shown that it was not as efficient as it was expected, and there were other issues related to the bifunctional tool construction. Improving the bifunctional tool design and construction for soil tillage in ridges complying with the requirements in the safety standard ISO 25119 will improve the performance of soil tillage and optimize time and resources. With information, recommendations, requests from beneficiary farmers and staff of the Ministry of Agriculture and Livestock, and ISO 25119, the tool was redesigned to assess efficiency, ergonomics, and safety. When redesigning it, CAD (Solidworks) was used to determine its magnitudes, and CAE (Ansys Workbench) was used for the simulation analysis. The statistical study was done considering consumed energy when tilling soil in the province of Chimborazo. Samples of the soil characteristics were taken using equipment and tools to determine the depth of tillage and mechanical feature of the materials to simulate Von Mises stresses, total deformation, and safety factors enabling the prototype validation under field and laboratory conditions. The project aims to optimize the tilling tool prototype that has two tilling axes with two harrows each one and a furrower; a new tool that has a tilling axis with four discs and a tilling axis with four harrows working together.

KEYWORDS: <ENGINEERING SCIENCE AND TECHNOLOGY>, <TILLER (AGRICULTURE MACHINERY)>, <OPTIMIZATION>, <BIFUNCTIONAL TOOL>, <SOIL TILLAGE>, <TILLING AXIS>, <HARROW>, <DISK>, <FURROWER>.

INTRODUCCIÓN

La propuesta de este proyecto pretende optimizar el rendimiento, ergonomía y seguridad del apero bifuncional del motocultor YTO-DF15L, ya que su prototipo evidenció inconformidades en los aspectos mencionados.

Teniendo como objetivos la evaluación del estado de funcionamiento del apero bifuncional, analizar mediante normas los parámetros para el trabajo que desempeña, rediseñar el apero bifuncional mediante los software de análisis bajo los criterios recomendados, reconstruir el apero bifuncional según las especificaciones efectuadas, realizar ensayos en laboratorio y campo a fin de conocer la utilización, características y recomendaciones para ser utilizado.

Se espera satisfacer las necesidades de rendimiento y repotenciarlo según la demanda de producción agrícola; tomando en cuenta normativas de construcción, preservando la integridad física del operario y mejorando la eficiencia de funcionamiento.

Los conocimientos referenciales como las características del motocultor, las propiedades y tipos de suelo, tipo de labranza, tipo de aperos, metodología de diseño y el proceso de manufactura brindarán datos base para el desarrollo del proyecto.

Las consideraciones para estructurar el modelo de apero se basa en los parámetros de diseño que indica las características de operación del sistema, las variables de diseño limitantes para cumplir los estándares normativos, el diseño del equipo tomara las recomendaciones y las características de cada elemento que lo conforma para la fabricación del apero bifuncional, la construcción del equipo evidenciara la parte tangible del proyecto constando los elementos fabricados y los elementos que se encuentran en el mercado, así como los procedimientos de producción, las pruebas y funcionamiento del equipo son actividades para conocer la composición, características y forma de operación de varios elementos del apero, el análisis de resultados toma las capacidades de trabajo en campo del apero bifuncional y los manuales de operación y mantenimiento para su uso.

CAPÍTULO I

1. MARCO REFERENCIAL

1.1 Antecedentes

Ecuador es un país pequeño geográficamente y económicamente hablando con una economía basada en el extractivismo de materias primas y el sector agropecuario. Su integración económica a los centros hegemónicos en la época contemporánea se desarrolló desde el siglo XIX, a través del modelo primario exportador. Dicha vinculación económica con el mundo a través del comercio como una decisiva fuente de riqueza y crecimiento para el país, aunque siempre sujeta a las variaciones de los precios de los productos de exportación en el mercado internacional. (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura Y Pesca, 2016, p. 35)

Tradicionalmente, la producción agrícola sustentó la estructura productiva: exportable en la Costa (cacao, banano, café), y para el consumo interno en la Sierra (granos, legumbres y frutas). A partir de 1973 el país perdió su condición de “predominantemente agrícola” y, en su lugar pasó a combinar la explotación petrolera con la agropecuaria, especialización económica que se mantiene. (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura Y Pesca, 2016, p. 35)

Diversos encuentros mundiales y regionales sobre desarrollo han evidenciado los retos futuros en materia de bienestar, sustentabilidad y equidad; han remarcado la importancia de reducir la pobreza, erradicar el hambre, mejorar la nutrición, proteger los ecosistemas y desarrollar economías incluyentes, entre otros. Dichos aspectos están relacionados con la adaptación de la agricultura al cambio climático, la inclusión rural, la seguridad alimentaria y nutricional y el manejo integral y sustentable de recursos naturales (IICA 2014, p. 3). Estos son aspectos clave en un diseño de política agropecuaria. (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura Y Pesca, 2016, p. 36)

En cambio en el mercado internacional de bienes agrícolas, la competitividad de América Latina y el Caribe ha crecido sostenidamente por más de una década. Ecuador hace parte de esa tendencia. La región, altamente especializada en la exportación de productos agrícolas, mantiene un buen dinamismo y se posiciona mejor que otras. Se estima que la demanda internacional de bienes agrícolas continuará creciendo, mientras que la oferta de alimentos y materias primas agrícolas no crecerá al mismo ritmo. (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura Y Pesca, 2016, p. 36)

El sector agrícola no solo es importante por su aporte a la producción, sino también por su capacidad de generar y mantener una significativa proporción de empleo nacional. Pese a las limitaciones metodológicas para captar el empleo agrícola, básicamente por el predominio de lo urbano en la muestra, la Encuesta de Empleo y Desempleo del INEC 2013 muestran la relevancia del sector para generar y mantener una significativa proporción de empleo nacional. (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura Y Pesca, 2016, p. 108)

Los métodos de cultivo en Chimborazo son convencionales y tradicionales con labranza mecanizada en algunas áreas. Existen herramientas como trillas, motocultores, etc. que si bien simplifican el trabajo de los agricultores todavía son rudimentarias en comparación con el avance tecnológico de otros países. (Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura Y Pesca, 2016, p. 112)

1.2 Planteamiento del problema

El sector agrícola del Ecuador ha tenido factores importantes para la toma de decisiones económicas que afectan al desarrollo de la producción agrícola, así con el fin de reducir este problema se desarrolló la implementación de aperos para equipar al Motocultor YTO DF-15L por solicitud del MAG-DPA CHIMBORAZO, para la mejora de la producción de aperos.

El análisis realizado al prototipo de apero bifuncional diseñado y construido en la Facultad de Mecánica, por los Ingenieros Camacho J. y Vera E. en la Carrera de Ingeniería Automotriz en el año 2017 evidenció los siguientes problemas:

- El prototipo no está construido bajo las normas internacionales relacionadas a tema.
- La ergonomía, seguridad no cuentan con estándares de calidad; sin estos aspectos existe la alta probabilidad de Lesiones por Esfuerzos Repetitivos (LER) y potenciales accidentes.
- Eficiencia, el número de discos de rastra no cumple con la eficiencia de campo esperada según ensayos realizados.

Para satisfacer esta necesidad se pretende analizar el rendimiento del apero y repotenciarlo a nivel de la demanda solicitada en la agricultura.

1.3 Justificación

1.3.1 Justificación teórica

En la provincia de Chimborazo según el III Censo Nacional Agropecuario del año 2000, durante el período 1954 – 2000, el número de (UPA's) Unidades de Producción Agropecuaria pasó de 33.221 a 81.699, dándose el mayor incremento luego del Censo Agropecuario de 1974. Así, actualmente, más del 59% de familias campesinas que poseen propiedades inferiores a dos hectáreas, estos datos sobre todo en la sierra. Estos datos demuestran el alto grado de polaridad en la estructura agraria que se mantiene hasta la actualidad, como consecuencia de un inadecuado proceso de reforma agraria.

El motocultor es una alternativa para la producción agrícola, debido a la migración de campesinos hacia el sector urbano y como consecuencia la falta de mano de obra.



Figura 1-1: Motocultor YTO DF-15L

Fuente: (JINMA TRACTOR)

El motocultor es un equipo agrícola concebido para ser conducido a pie y destinado a accionar y/o arrastrar diferentes equipos de trabajo, puede ser dotado de diversos tipos de implementos para desarrollar varias actividades como: arar, sembrar, voltear, descompactar el suelo, regar y remolcar, además es adecuado para utilizarlo en campos lodosos o secos y en terrenos con pendientes moderadas.

El apero como herramientas de labranza tiene por misión la labranza del suelo con todas aquellas actividades que se llevan a cabo directamente al terreno con el propósito de adecuar el suelo para la siembra de las semillas, proporcionando las condiciones óptimas para su germinación, crecimiento, nutrición y producción.

1.3.2 Justificación metodológica

Debido a que no se cuenta con los estudios necesarios para el alcance de trabajo, la presente propuesta afianza un desarrollando de la capacidad de funcionamiento del apero bifuncional, con este prototipo permitirá a la población campesina el ahorro de tiempo, dinero y se evita las lesiones por esfuerzos repetitivos.

1.3.3 Justificación práctica

La presente propuesta surge de la necesidad de optimizar el apero bifuncional construido en la facultad de mecánica en el año 2017, a fin de que este realice un eficiente trabajo en campo, bajo las normas de ergonomía y seguridad.

Los elementos del apero bifuncional serán estudiados mediante diseños y análisis de esfuerzos en software, ensayos de laboratorio de materiales y pruebas de campo, a fin evaluar la mejor opción para su funcionamiento.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Optimizar el apero bifuncional del motocultor YTO-DF15L, mediante el uso de la Norma ISO 25119 que permita el mejoramiento de rendimiento, ergonomía y seguridad para el MAG de Chimborazo.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar una evaluación en los aspectos de eficiencia, seguridad y ergonomía en el apero bifuncional del motocultor YTO-DF15L construido y diseñado por la Facultad de Mecánica en el año 2017.
- Analizar el uso de las normas internacionales en el trabajo de investigación.
- Rediseñar el apero bifuncional en base a la evaluación realizada a través de software CAD – CAE y a pruebas de campo.
- Reconstruir el apero bifuncional en función de los rediseños realizados.
- Realizar ensayos para validación en laboratorios y campo.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Motocultor YTO DF-15L

Es una máquina automotriz la cual se considera como un tractor de un solo eje, se lo opera a pie para realizar trabajos en el suelo aprovechando la energía y potencia entregada por un motor de combustión interna. A esta máquina se le puede acoplar diferentes implementos o aperos para las labores agrícolas, su principal implemento es el rotovator (Aulla y Morejón, 2016, p.3) o fresadora.

El motocultor DF-15L ha sido diseñado con una construcción simple, compacta y ligera, que permite un prolongado tiempo de servicio, fácil operación a campo traviesa. (YTO, 2017, p.5), sin embargo por ser diseñada para batir fangos arroceros originalmente no es apto con la fresadora en suelo ecuatoriano.

2.1.1 *Historia del Motocultor en el Ecuador*

En Ecuador se empezó a utilizar los motocultores a fines de la década de los 50, sin embargo, su utilización no se ha generalizado principalmente debido a que la mayoría de los agricultores encuentran dificultad en la operación. (Ojeda, 2012 p. 112)

Los motocultores pierden potencia debido al pequeño diámetro de las ruedas y su poco peso. Las ruedas que más se utilizan son las que tienen pestaña de acero. (Ojeda, 2012 p. 112) usadas en el cultivo de arroz.

2.1.2 *Función del Motocultor YTO DF-15L*

Es la de labrar el suelo para labores agrícolas por lo que su diseño viene acondicionado para alcanzar las óptimas prestaciones cuando realiza dicha operación, esta operación se la realiza a través del elemento de labranza conocido como “rotovator”. Debido a su tamaño y versatilidad es una máquina utilizada por pequeños agricultores para explotaciones hortofrutícolas y vitivinícolas (siembra y cultivo de la vid) de pequeño

tamaño y debido a su gran cantidad de implementos o aperos este realiza distintas tareas como arar, roturar, surcar, transportar, etc. lo que hace que tenga gran acogida en las industria agrícola. (Aulla y Morejón, 2016, pp.4-5)

2.1.3 Partes del Motocultor YTO DF-15L

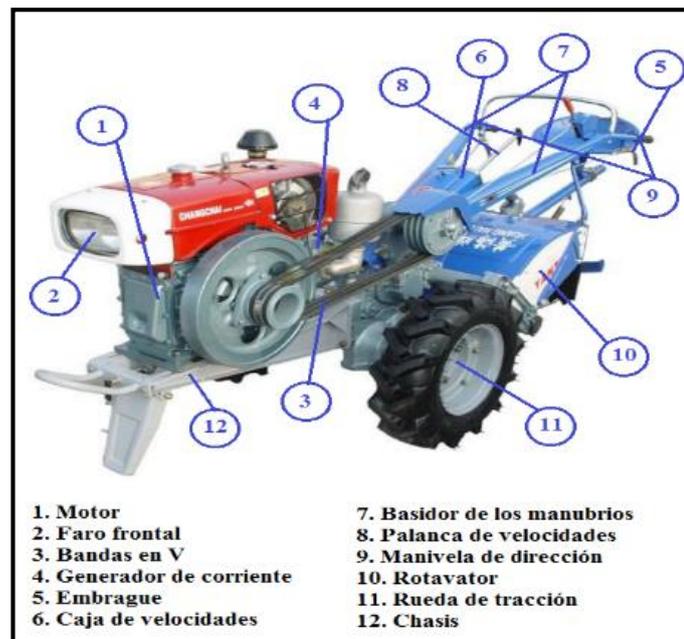


Figura 1-2: Partes del Motocultor YTO DF-15L

Fuente: Autores

2.1.4 Tipos de Motocultores

Los motocultores principalmente se pueden clasificar de dos formas:

- Según su categoría:

Tabla 1-2: Motocultores según su categoría

Categoría	Tipo de motocultor
Categoría I	Motozadas
Categoría II	Motocultores transformables
Categoría III	Motocultores de menos de 9 kW (12hp)
Categoría IV	Motocultores de más o igual a 9 kW (12hp)

Fuente: (Cañavate, 2012)

- Según sus características principales:

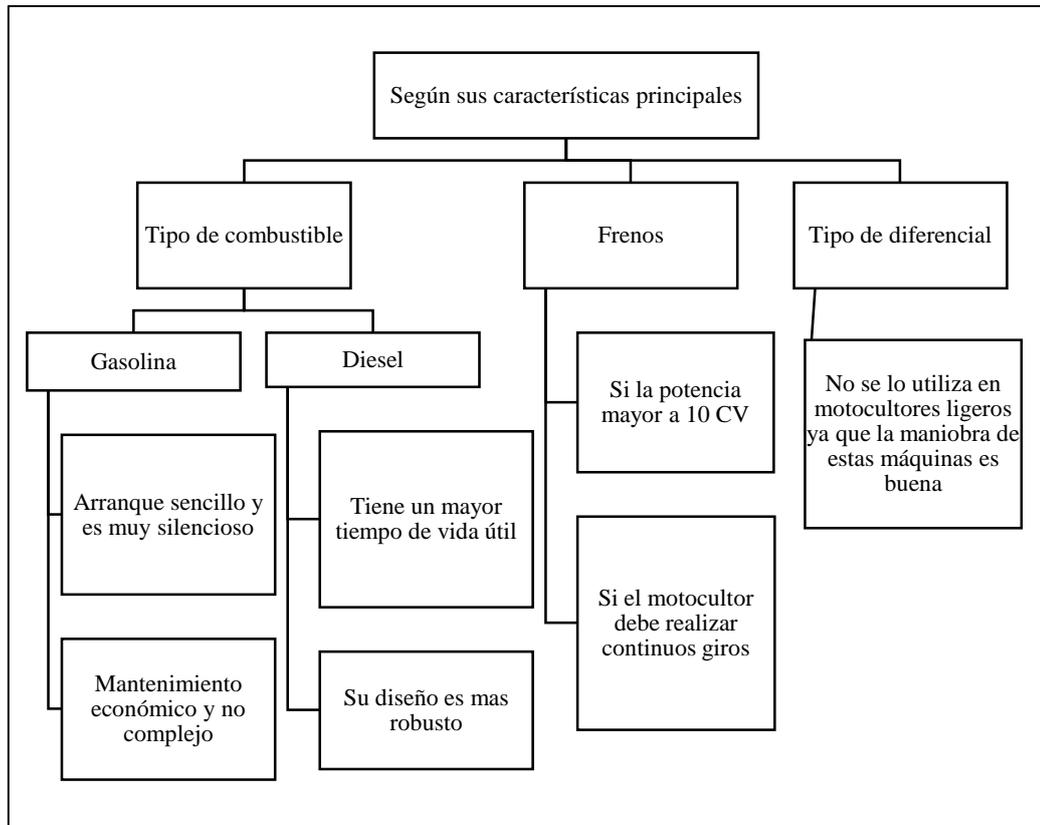


Figura 2-2: Motocultores según sus características principales

Fuente: (Aulla y Morejón, 2016)

2.1.5 Especificaciones técnicas del Motocultor YTO DF-15L

Tabla 2-2: Especificaciones básicas de Motocultor YTO DF-15L

Especificaciones técnicas básicas motocultor YTO DF-15L	
Modelo	DF-15L
Dimensiones generales (L-A-Alt mm)	2680-960-1250
Peso (Kg)	509/499
Tipo de combustible	Diésel
Aceite del motor	3-3,5 litros, aceite SAE 40/30 (invierno)
Transmisión	6,5 litros aceite p/transmisión SAE 90.
Fuerza de tracción	221 kg-f
Potencia de salida (KW/HP)	12/16
Torque máximo (N.m)	257

Fuente: (YTO, 2017)

2.2 Preparación del suelo

Los procedimientos para preparación del suelo son mecánicos y biológicos. La preparación del suelo es analizada mediante procesos físicos que depende de las características del suelo y las actividades que se ha de realizar, esto dependerá del tipo de cultivo y las condiciones del lugar.

Las propiedades dinámicas del suelo, y la aplicación de la maquinaria agrícola tiene importancia por las reacciones que se producen cuando se intenta modificar la estructura por medio de herramientas cortantes. (Ojeda, 2012, p.214)

Para realizar la labranza del suelo es necesaria su rotura y su volteo, la que viene seguida de cierto desplazamiento de éste, dependiente de la labor que se efectúa y del tipo de apero que se utiliza. El suelo como medio físico, puede resistir cierto nivel de esfuerzos sin romperse y este nivel depende de la dirección de las fuerzas que actúan. Cuando el apero rompe con facilidad el suelo los esfuerzos logrados a partir de la tracción que proporciona el tractor, serán menores y el trabajo resultará mucho más económico. Por consiguiente, un mismo suelo puede pasar por una serie gradual de estados mecánicos, en los cuales la resistencia a la acción de los aperos es distinta y depende de la estructura que presenta el suelo en el momento de la labranza. Desde el punto de vista dinámico interesa aprovechar el estado más favorable para hacer actuar las máquinas con mayor economía de energía. (Ojeda, 2012, p.214)

2.2.1 Tipo de suelo en Chimborazo

La zona interandina cuenta con extensas áreas en las que se evidencian problemas de sobreutilización del suelo, principalmente por la incompatibilidad entre el uso actual y la aptitud. Predominan los cultivos en zonas con pendientes moderadas y pronunciadas, a lo que se suma la acción de otros factores como el agua, el viento, la gravedad, el pastoreo y el uso agrícola intensivo de los predios. Todo ello origina erosión y la pérdida de suelo cultivable. La actividad agrícola se ha extendido en forma amplia y ha invadido incluso áreas protegidas y naturales como el páramo, que ocupa una extensión importante en esta zona. Se pierden especies naturales de flora y fauna y se afecta gravemente a las fuentes

de agua de la zona. (Ministerio De Agricultura, Ganadería, Acuacultura Y Pesca, 2016, p.103)

Según el análisis de aptitud de los suelos, Chimborazo tiene una importante potencial para la actividad agropecuaria con el 74% de su superficie. Su mayor tendencia es forestal con 50% de su superficie, el 15% tiene tendencia para pastos y el 9% tiene tendencia para desarrollo de la agricultura.

Los principales cultivos transitorios son tubérculos (papa, melloco, cebolla), hortalizas, cebada, maíz, leguminosas de grano y trigo. Los cultivos permanentes son manzana, durazno, tomate de árbol, mora, cítricos. Cabe señalar que en las provincias serranas, la mayoría de pequeños productores no siembra en monocultivo, sino trabaja con un sistema de asociaciones de cultivos intercalados y rotación. (Ministerio De Agricultura, Ganadería, Acuacultura Y Pesca, 2016, p.110) estos cultivos en menor grado en el trópico.

La particularidad de los procesos de producción agropecuaria y de distribución en la provincia de Chimborazo es que se efectúan sin ninguna planificación, la mayoría en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre (época lluviosa). En los meses de abril y mayo se obtienen la mayor cantidad de cosechas, incluso se llega a una sobreoferta de productos, por lo que bajan los precios. El MAG está trabajando en implementar sistemas de riego para mejorar la planificación de las siembras. (Ministerio De Agricultura, Ganadería, Acuacultura Y Pesca, 2016, p.112)

2.2.2 Propiedades físicas del suelo

Las propiedades determinan el estado de productividad del suelo y así permite un mejor desarrollo en las prácticas de labranza.

2.2.2.1 Densidad del suelo

En los suelos se consideran dos tipos de densidad la densidad aparente y la densidad real, la densidad aparente es la masa contenida en una unidad de volumen de una muestra del

suelo tal y como es, esta varía según la textura del suelo y estructura entre los 1100 y 1900 kg/m^3 , mientras que la densidad real se la mide de las partículas sólidas del suelo este tipo de densidad en los suelos minerales varía entre 2500 y 2700 kg/m^3 . (Aulla y Morejón, 2016, p.15)

2.2.2.2 *Textura del suelo*

Se define textura del suelo como la relación existente entre los porcentajes de las diferentes fracciones (arena, limo y arcilla). Las combinaciones 16 posibles de estos porcentajes pueden agruparse en unas pocas clases de tamaño de partículas o clases texturales. (Aulla y Morejón, 2016, pp.15-16)

- **Textura arenosa.** Es no cohesiva y forma sólo gránulos simples, las partículas individuales pueden ser vistas y sentidas al tacto fácilmente. Al apretarse en la mano en estado seco se soltará con facilidad una vez que cese la presión. Al apretarse en estado húmedo formará un molde que se desmenuzará al palparlo. (Aulla y Morejón, 2016, p.16)
- **Textura franco arenosa.** Es un suelo que posee bastante arena pero que cuenta también con limo y arcilla, lo cual le otorga algo más de coherencia entre partículas. Los granos de arena pueden ser vistos a ojo descubierto y sentidos al tacto con facilidad. Al apretarlo en estado seco formará un molde que fácilmente caerá en pedazos, pero al apretarlo en estado húmedo el modo formado persistirá si se manipula cuidadosamente. (Aulla y Morejón, 2016, p.16)
- **Textura franca.** Es un suelo que tiene una mezcla relativamente uniforme, en términos cualitativos, de los tres separados texturales. Es blando o friable dando una sensación de aspereza, además es bastante suave y ligeramente plástico. Al apretarlo en estado seco el molde mantendrá su integridad, si se manipula cuidadosamente, mientras que en estado húmedo el molde puede ser manejado libremente y no se destrozará. (Aulla y Morejón, 2016, p.16)

- Textura franco limosa. Es un suelo que posee una cantidad moderada de partículas finas de arena, sólo una cantidad reducida de arcilla y más de la mitad de las partículas pertenecen al tamaño denominado limo. (Aulla y Morejón, 2016, p.16)
- Textura franco arcillosa. Es un suelo de textura fina que usualmente se quiebra en terrones duros cuando éstos están secos. El suelo en estado húmedo al oprimirse entre el pulgar y el resto de los dedos formará una cinta que se quebrará fácilmente al sostener su propio peso. El suelo húmedo es plástico y formará un molde que soportará bastante al manipuleo. (Aulla y Morejón, 2016, p.16)
- Textura arcillosa. Constituye un suelo de textura fina que usualmente forma terrones duros al estado seco y es muy plástico como también pegajoso al mojarse. Cuando el suelo húmedo es oprimido entre el pulgar y los dedos restantes se forma una cinta larga y flexible. (Aulla y Morejón, 2016, p.16)

2.2.2.3 *Porosidad*

Se define como el volumen de aire y agua que contiene una unidad de volumen de suelo, está ligada con la capacidad de aireación y de retención de agua del suelo y depende principalmente de la textura de suelo, de la estructura, contenido de materia orgánica, tipo de cultivo, labranza y manejo del suelo. (Aulla y Morejón, 2016, p.17)

2.2.2.4 *Estructura*

Es la asociación de partículas en agregados (mezcla de arena arcilla y limo) que dan origen a poros que permite la aireación y filtración de agua, es de suma importancia para conocer la compactación del suelo tanto para la capa arable como en el subsuelo. La estructura es una de las propiedades físicas más importantes en la agricultura y además el deterioro que esta sufre es consecuencia del tránsito de maquinaria agrícola cuando ejerce la acción de laboreo con arados (rotovator) y rastras. (Aulla y Morejón, 2016, p.17)

2.3 Tipos de preparación de los suelos o labranzas

La labranza es el arte de acondicionar el suelo para obtener una cama apropiada o lecho de labranza para el desarrollo radicular de las plantas y una cama que permita la óptima germinación de las semillas sin afectar negativamente las características físicas, químicas o biológicas de los suelos. (Ojeda, 2012, p.190)

2.3.1 *Labranza primaria*

La labranza primaria es la acción más agresiva y profunda, consiste en cortar y fragmentar el suelo, enterrar los residuos vegetales por inversión, mezclarlos con el suelo o dejarlo sin disturbarlo teniendo en cuenta que, el objetivo específico es el de crear una buena cama de raíces. (Ojeda, 2012, p.191)

Es el sistema en que se realizan toda las labores primarias en la preparación de un terreno, como son: el desmonte, el retiro de cepas, raíces, piedras de gran tamaño, troncos, aradas profundas, volteo del terreno, primeras rastrilladas y nivelación del terreno, por lo que a esta fase se la conoce como la preparación del terreno y tiene una profundidad de trabajo de 25 a 30 cm. (Aulla y Morejón, 2016, p.18)

2.3.2 *Labranza secundaria*

La labranza secundaria consiste en acciones superficiales cuyo objetivo específico es el de crear una buena cama de semillas. (Ojeda, 2012, p.191)

2.3.3 *Labranza convencional*

La labranza convencional involucra la inversión del suelo, normalmente con el arado de vertedera o el arado de discos como labranza primaria, seguida por labranzas secundarias con la rastra de discos. El propósito principal de la labranza primaria es controlar las malezas por medio de su enterramiento, y el objetivo principal de la labranza secundaria es desmenuzar los agregados y crear una cama de siembra. (Ojeda, 2012, pp.192-193)

La labranza convencional consiste en un conjunto de labores primarias y secundarias con el fin de obtener una buena cama de semillas y una buena cama de raíces. (Ojeda, 2012, p.193)

2.3.4 *Labranza vertical*

Tiene la finalidad de fragmentar las capas inferiores de la superficie del suelo sin que éste se perturbe a fin de facilitar la penetración del agua y del aire. Este sistema causa poca compactación del suelo. (Ojeda, 2012, p.203)

La labranza vertical se refiere a un sistema donde toda la tierra está preparada con implementos que no invierten el suelo y causan poca compactación. Por lo tanto, el suelo queda normalmente con una buena cobertura de rastrojo de más de 30% sobre la superficie. Los implementos más comúnmente utilizados son el arado de cincel, la cultivadora de campo y el vibrocultivador. (Ojeda, 2012, p.204)

2.3.5 *Labranza óptima*

Tiene como principal objetivo el de conseguir una óptima preparación del suelo, sin importar cuantos pases de la maquinaria se dé sobre la misma superficie. (Ojeda, 2012, p.196)

2.3.6 *Labranza reducida*

La labranza reducida se la caracteriza a toda el área del suelo en el cual se elimina los laboreos en comparación con los sistemas convencionales de labranza.

Se refiere a la eliminación del mayor número de laboreos del suelo en comparación con la labranza convencional. Este sistema a puede o no ser considerada como un sistema conservacionista dependiendo de la cobertura de rastrojos que queda al momento de la siembra. Si la cobertura de rastrojos es al menos 30% se considera un sistema conservacionista. (Ojeda, 2012, p.207)

2.3.7 *Labranza mínima*

Se caracteriza por el mínimo de pases de las máquinas agrícolas sobre una misma superficie con el propósito de reducir los costos de preparación del suelo y evitar la formación del pie de arado. (Ojeda, 2012, p.206)

Se realiza una descompactación del terreno primaria con una profundidad no superior a 20-25 cm, entre los principales aperos que realiza una labranza secundaria que siguen las líneas naturales del terreno tenemos rastras de dientes, rastras niveladoras, cultivadoras de campo, rodillos de campo. Estos implementos rompen el suelo por impacto y presión, descomponiendo los terrones y agregados, la intensidad del desmenuzamiento depende de la velocidad de avance del implemento. Y los aperos que rompen el suelo sin seguir las líneas naturales de estos son las rastras de discos y las fresadoras también conocidas como rotovator. (Aulla y Morejón, 2016, p.18)

2.3.8 *Labranza cero*

La labranza cero se refiere a la siembra dentro de los rastrojos del cultivo anterior sin ninguna labranza o disturbio del suelo, salvo lo necesario para colocar la semilla a la profundidad deseada. El control de las malezas depende mayormente del uso de herbicidas. Mediante esta práctica los residuos vegetales son despedazados y la siembra se realiza sin ninguna otra operación o labor previa que disturbe el suelo, salvo lo necesario para colocar la semilla a la profundidad deseada. Algunos autores consideran que la labranza cero es sinónimo de siembra directa y de no labranza. (Ojeda, 2012, p.196)

2.3.9 *Labranza en bandas*

En este sistema hay mayor remoción del suelo y una menor cobertura de rastrojos en las hileras de siembra que en la labranza cero. Se refiere a un sistema donde se preparan hileras para la siembra. Entre las hileras no se disturba el suelo y se procura que quede cubierto de rastrojos. En este sistema se preparan hileras para la siembra de sólo 5 a 20 cm. de ancho y 5 a 10 cm. de profundidad. El suelo entre las hileras no es disturbado, solamente se controlan las malezas y queda con una cobertura protectora de malezas muertas y rastrojos. (Ojeda, 2012, p.201)

2.3.10 Labranza en camellones

La labranza en camellones se refiere al sistema de camellones y surcos. Los camellones pueden ser angostos o anchos, y los surcos pueden ser paralelos al contorno o contruidos con una ligera pendiente dependiendo de si el propósito es conservar la humedad o drenar su exceso. Los camellones pueden ser semi-permanentes o contruidos cada año, lo que afectará la cantidad de rastrojos que queda sobre el suelo. En los sistemas semi-permanentes que tienen una buena cobertura de rastrojos entre los camellones, habrá más remoción y menor cobertura de rastrojos en comparación con la labranza cero. En general este sistema es menos conservacionista que la labranza en bandas. (Ojeda, 2012, pp.201-202)

2.4 Clasificación de los aperos de labranza

El apero es una herramienta agrícola para trabajar en la producción del suelo, estos elementos pueden ser acoplados a un vehículo de movimiento o pueden realizar su actividad independientemente.

Los aperos de labranza se clasificación y detallan a continuación:

2.4.1 Atendiendo a su forma de trabajo

La clasificación se ha tenido en cuenta sobre la base de dos criterios. El primero corresponde a la profundidad de trabajo, haciéndose distinción entre la capa arable y el subsuelo. Entendemos por capa arable aquella donde se concentra la mayor cantidad las raíces y elementos fertilizantes de las plantas y que puede trabajarse mediante labores profundas hasta 40 cm. Entendemos por subsuelo la capa del suelo situada por debajo de la capa arable donde los aperos realizan labores muy profundas hasta 60 cm y más. Llamamos labores superficiales aquellas donde el apero no sobrepasa los 15 cm de profundidad, pudiendo llevarse a cabo sin haberse efectuado la labor profunda. (Cañavate, 2012, pp.29-30)

El segundo aspecto se refiere al tipo de accionamiento de las herramientas de trabajo del apero. El término fijo corresponde a aquella herramienta que se desplaza linealmente en

la misma dirección y con igual velocidad que el tractor. En un equipo accionado por la toma de fuerza del tractor, la herramienta, además de desplazarse linealmente, está dotada de un segundo movimiento, que puede ser oscilante o rotativo. En un apero giratorio sucede lo mismo que en el caso anterior, pero la herramienta adquiere el movimiento rotativo por la reacción que el suelo ejerce sobre ella y no por estar accionada por la toma de fuerza. En esta clasificación existen aperos que pueden utilizarse tanto en labor profunda como superficial; no obstante, se han incluido en el apartado donde realizan su actividad principal. (Cañavate, 2012, pp.29-30)

Tabla 3-2: Clasificación de los aperos de labranza más utilizados

Clasificación de los aperos de labranza			
Profundidad de la labor	Accionamiento de los elementos de trabajo	Apero	Esquema del apero
Muy profunda (40-60 cm)	Fijos	Subsolador	
		Descompactador	
Profunda (20-35 cm)	Fijos (Arados)	Vertedera	
		Disco	
		Cinzel (chísel)	

Tabla 3-2(Continua): Clasificación de los aperos de labranza más utilizados

Profunda (20-35 cm)	Accionados por la toma de fuerza	Cavadora	
Labor superficial (5-15 cm)	Fijo	Cultivador	
		Vibrocultivador	
		Rastra de púas	
Labor superficial (5-15cm)	Giratorios	Grada de discos	
		Rastra de estrellas rotativas	
		Rodillo	

Tabla 3-2(Continua): Clasificación de los aperos de labranza más utilizados

Labor superficial	Giratorios	Rotocultor	
	Accionados por la toma de fuerza	Fresadora	
		Rotocultor de formones	
		Grada rotativa	
		Grada alternativa	

Fuente: (CAÑAVATE O, 2012)

2.4.2 Según su acoplamiento al tractor

2.4.2.1 Suspendidos

Acoplados al tractor en el enganche en tres puntos, de tal forma que son completamente soportados por aquel en su posición elevada. El guiado y la profundidad de trabajo pueden así ser controlados por el tractor. Está, sin embargo, limitado su tamaño con respecto a los otros dos tipos de acoplamiento por problemas de estabilidad cuando el arado es levantado, lo que obliga a colocar contrapesos frontales en el tractor. (Cañavate, 2012 p.32)

2.4.2.2 Semi-suspendidos

Son básicamente aperos suspendido, pero con apoyo sobre una rueda trasera. Con ello se permiten pesos muchos mayores y longitudes mayores que en los suspendidos. Están enganchados al tractor por medio de una barra de acoplamiento horizontal, siendo parcialmente sustentados por el tractor, nunca por completo, y pudiendo así responder directamente a la dirección de éste. (Cañavate, 2012 p.32)

2.4.2.3 Arrastrados

Enganchados al tractor en un solo punto y nunca soportado totalmente por el mismo. Como el apero se desplaza sobre sus propias ruedas o elementos de soporte, queda independizado de los movimientos del tractor. Las operaciones de enganche y desenganche se realizan fácil y rápidamente. (Cañavate, 2012 p.32)

2.4.3 Según la labor que realizan

2.4.3.1 Aperos de subsuelo

Realizan labores de saneamiento del suelo trabajando a una profundidad superior (40-60 cm) a la que habitualmente llevan a cabo los aperos dedicados a las primarias. Su finalidad es regenerar las zonas compactadas producidas por otros aperos o vehículos. (Cañavate, 2012 pp.32-33)

2.4.3.2 Aperos de alzar o de labor primaria

Realizan labores profundas (20-35 cm) para la incorporación de residuos y disgregación del suelo, aumentando su porosidad y la capacidad de infiltración del agua. En este grupo se incluyen los arados de vertedera y de discos, arados cincel, e incluso aperos accionados tipo cavadora. (Cañavate, 2012 p.33)

2.4.3.3 Aperos para labores complementarias o secundarias

Realizan actividades de labranza de la capa superficial, 5-15 cm, tales como: enterrado de residuos, preparación del lecho de siembra, labores entre líneas, etc. En este grupo se

incluyen: gradas, cultivadores, rastras, rodillos, fresadoras, azadas mecánicas, etc. (Cañavate, 2012 p.33)

2.4.3.4 Aperos especiales

Son los arados abre zanjas, viñeros, alomadores, caballonadores, etc. (Cañavate, 2012 p.33)

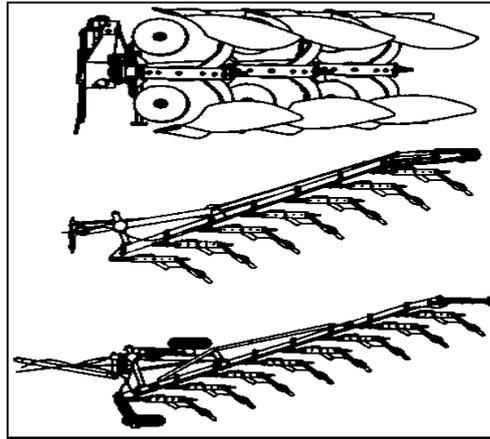


Figura 3-2: Distintas formas de montaje de los aperos al tractor

Fuente: (Cañavate, 2012)

2.5 Aperos de labranza

2.5.1 Arado de vertedera

El arado de vertedera es el apero para labores profundas más extendido en Europa y en gran parte del mundo. Las labores que realizan son: inversión de la capa arable y disgregación de la misma. Los efectos agronómicos en el suelo pueden resumirse en: aumento de porosidad, mayor capacidad de almacenamiento del agua, enterrado de restos orgánicos, malas hierbas y parásitos. (Cañavate, 2012, p.40)

2.5.2 Arados de disco

Se trata de arados formados por discos metálicos en forma de casquete esférico que giran alrededor de unos ejes unidos al bastidor. Estos ejes forman un cierto ángulo con la dirección de avance, encontrándose, por otra parte, inclinados con relación al plano horizontal. La tierra cortada por cada disco presiona sobre éste, y le hace girar, arrastrando y elevando el suelo; cuando alcanza una cierta altura, una rasqueta desvía la trayectoria

del suelo, que cae al fondo del surco, produciendo de este modo el volteo. (Cañavate, 2012, p.48)

2.5.3 Gradadas de disco

Está constituido por disco de casquetes esféricos, iguales en forma de los arados del mismo nombre, o cónicos. Van montados en dos o cuatro ejes horizontales. En cada eje los discos se disponen paralelos entre sí girando sobre el libremente cuando se desplazan por el suelo. (Cañavate, 2012, pp.67-70)

2.5.4 Surcadora

Las surcadoras son básicamente dos cuerpos de arado de vertedera unidas por los talones con el objeto de arrojar la tierra a ambos lados. Los cuerpos de las surcadoras son montados en las barras portaherramientas por medio de abrazaderas. (Ojeda, 2012, pp. 265-266)

Las barras portaherramientas pueden ser de tipo integral o de tipo remolque, los cuerpos tienen un ancho de corte variable según el ancho de surco que se desee abrir, las secadoras son utilizadas para abrir surcos para conducir agua para riego principalmente, hay diferentes tipos para ser usados en función al tipo de suelo. (Ojeda, 2012, pp. 265-266)

2.6 Rastras de disco

Las rastras de disco fueron utilizadas por primera vez en Japón. En América se fabricaron las primeras rastras en 1870.

Las rastras de disco son ampliamente utilizadas en el Ecuador tanto para la labranza primaria como para la labranza secundaria. Las rastras de disco de gran peso y tamaño se utilizan para la labranza primaria. (Ojeda, 2012, pp. 252-259)

La mayoría de las rastras tienen discos esféricos y de bordes lisos, pero existen también discos de bordes escotados y de concavidad variable. El tamaño de los discos es variable siendo el más corriente de 50 a 60 cm de diámetro, con varias formas y tamaños. (Ojeda, 2012, pp. 252-259)

Consta de 3 a 13 discos que van en un eje común, generalmente de sección cuadrada. Los discos están separados por los carretes espaciadores. Las distancias entre discos varían entre 15 y 22 cm en las rastras livianas y de 25 a 30 cm en las rastras pesadas. (Ojeda, 2012, pp. 252-259)

Las gradas de disco realizan las siguientes labores:

- Enterrar el rastrojo al concluir la recolección.
- Desterronar tras la labor primaria
- Corte y enterrado de malas hierbas
- Desmonte de vegetación arbustiva.

Tabla 4-2: Características técnicas de las gradas de discos

Tipo	Ligera	Media	Pesada
Diámetro del disco (cm)	40-60	55-65	65-100
Peso del apero por disco (kg)	<60	60-80	>80
Peso del apero por metro lineal (kg/m)	<350	350-700	>700
Separación entre discos (cm)	16-23	16-23	23-30
Anchura de trabajo (m)	1,6-3	2-6	2-7
Velocidad de trabajo (km/h)	5-8	5-8	5-8
Potencia necesaria del tractor (kW/m)	15-19	19-22	22-27

Fuente: (Cañavate, 2012)

2.7 Tipos de gradas de disco

2.7.1 Acción simple

Las rastras de efecto simple constan de dos secciones de discos colocados longitudinalmente una a continuación de otra de tal forma que arrojan la tierra en direcciones opuestas. (Ojeda, 2012, pp.252-259)



Figura 4-2: Grada de acción simple

Fuente: (BUGKINGHAM, F. Tillage. FMO)

2.7.2 *Doble acción*

Las rastras de doble efecto están formadas por dos cuerpos (cada cuerpo se compone de dos secciones) de discos posteriores y otros dos anteriores dispuestos de tal manera que arrojan la tierra en direcciones opuestas, esto es, si la sección del cuerpo delantero arroja la tierra hacia la derecha, viene atrás la sección posterior que arroja la tierra hacia la izquierda. (Ojeda, 2012, pp.252-259)

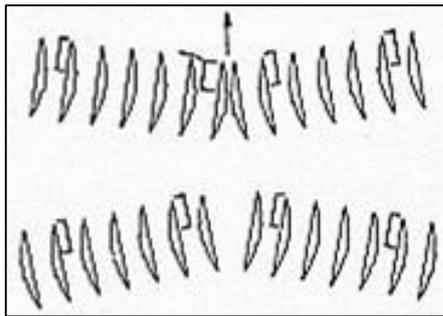


Figura 5-2: Grada de doble acción

Fuente: (BUGKINGHAM, F. Tillage. FMO)

2.7.3 *Tipo excéntrico*

Las rastras excéntricas pueden trabajar con el eje desplazado a voluntad a la derecha o a la izquierda con relación a la marcha del tractor mediante un cambio de enganche, esto permite trabajar la tierra bajo las ramas de los árboles, junto al tronco, donde el tractor no puede acercarse. (Ojeda, 2012, pp. 252-259)

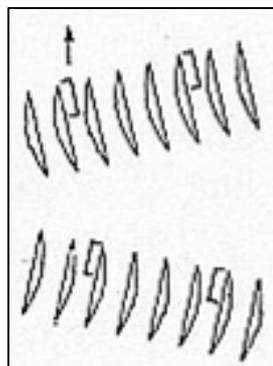


Figura 6-2: Grada de tipo excéntrico

Fuente: (INGOSERMA)

2.8 Surcadoras

Es un implemento que es utilizado para la siembra directa; este tiene una labor principal que consiste en que la punta de hierro permite romper la capa del suelo denominada pie de arado o capa compactada. La profundidad del surco dependerá del tipo de semilla a cultivar. (Colmenarez, 2015, p.1)

El surcador es usado para realizar diferentes surcos como en plantaciones de tabaco, papa entre otros vegetales. Este puede ser totalmente ajustado para obtener el perfil adecuado de surcado y mantener el flujo idóneo del terreno. Este también puede ser usado para acollar los cultivos sembrados en hileras. (Colmenarez, 2015, p.1)

La surcadora generalmente consta de una reja o punta que le da penetración al conjunto y dos alas que desplaza hacia los lados la tierra movida formando el surco. (Polanco Puerta, 2007, p.116)



Figura 7-2: Surcadora

Fuente: (ESPAM MFL)

2.8.1 Características del surcador

- El surcador ofrece buena adaptabilidad, y permite fácil ajuste de surcos, como puede ser en la altura, filas y ángulos.
- Puede ser acoplado a tractores de diferentes potencias.
- Se caracteriza por su fácil movimiento, tamaño, y precisión de proceso. (Colmenarez, 2015, p.1)

2.9 Tipos de surcadoras

2.9.1 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. (Colmenarez, 2015, p.2)

2.9.2 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. (Colmenarez, 2015, p.2)

2.9.3 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 rastrojos. (Colmenarez, 2015, p.2)

2.10 Diseño

2.10.1 Definición de diseño de ingeniería

El diseño se establece a partir de un conjunto de necesidades, características o especificaciones de un elemento para poder crearlo, son factibles no solo para abarcar una necesidad o mejorar la comodidad, esta tiene limitaciones según su ejecución, ambiente, factores y capacidades tecnológicas para la fabricación.

El diseño de ingeniería es organizado y pensado, analizado y probado, tiene una configuración particular y realiza funciones que satisfacen los objetivos planteados sin violar las limitaciones establecidas.

Cada proyecto nuevo comienzan con una necesidad que plantea las intenciones y los objetivos que desea un cliente, así se procede a la clarificación del objetivo este punto clave en la estructura del diseñador para comprender por completo el requerimiento, la identificación de las limitaciones restringe las tareas no permitidas en el proceso de diseño del proyecto para poder transformar los objetivos en dibujos, planos, esquemas.

Un proceso de diseño involucra conocimientos de diseño, información y su manejo por parte del diseñador; esto significa que se necesitan teorías y metodologías para capturar, representar, modelar y codificar el conocimiento y la información del diseño. Al mismo tiempo estas clases de conocimiento deben ser utilizadas apropiadamente. (Torres Charry, 2013, p.3)

El hecho de la intervención cognitiva del individuo además de elementos subjetivos que se unen en un sistema a los elementos técnicos, confieren a la ingeniería del diseño una complejidad elevada. Su estudio ha cobrado relevancia en las últimas décadas, generando un movimiento de investigación importante. Hoy día se habla del diseño como una ciencia y se reconoce la interacción de una gran conjunto de características dentro de su definición, como por ejemplo: soluciones de problemas, toma de decisiones, creatividad, búsqueda heurística, evolución, aprendizaje, negociación, conocimiento, optimización, organización, satisfacción de necesidades, etc.: todas ellas necesarias, pero no suficientes por si solas. . (Torres Charry, 2013, p.3)

2.10.2 Metodología de diseño

Las metodologías de diseño tratan con los procedimientos concretos de diseño al nivel del proceso y de sus actividades, y no del diseño de una clase específica de artefactos (automóviles, aviones, máquinas herramientas) que deberían ser llamados métodos de diseño. (Torres Charry, 2013, p.4)

La metodología de diseño empieza con un modelo para el proceso de diseño que puede ser utilizado para desarrollar las especificaciones de un producto. En todos los casos es evidente que el proceso de desarrollo es generalmente contemplado como una secuencia lógica de fase dentro de las cuales son ejecutadas las tareas específicas. Aunque existen diferencias, como por ejemplo en el alcance de los modelos y el uso de las iteraciones,

todos los modelos muestran una manera similar de describir el progreso a través de una secuencia de eventos. (Torres Charry, 2013, p.4)

2.10.3 Modelo de diseño

En general se entiende como modelo de diseño la forma de representación del proceso que desarrolla el diseñador en su labor. Los modelos y métodos de diseño se pueden enmarcar dentro del campo que los expertos califican como investigación en diseño, cuyo objetivo genérico es establecer nuevas formas o recomendaciones que potencien la eficiencia en el diseño. (Torres Charry, 2013, p.5)

El modelo de diseño es la forma de representación del proceso que desarrolla el diseñador en su labor. Cross en 1999 clasifica los modelos de diseño en dos grupos: descriptivos y prescriptivos mientras que Takeda en 1999 citando a Finger y Dixon adiciona dos grupos más: cognitivos y computacionales.

2.10.3.1 Modelo descriptivo

El modelo lineal del proceso de diseño, aunque resulta muy básico, permite identificar las fases del diseño que son comúnmente aceptadas por la mayoría de investigadores. En la figura se muestra las fases de diseño conceptual, preliminar y detallado correspondientes al modelo descriptivo lineal de diseño más básico que se puede tener; en la literatura se pueden encontrar modelos descriptivos lineales que involucran también, al inicio la fase de definición del problema y al final la fase de comunicación del diseño. (Torres Charry, 2013, p.5)

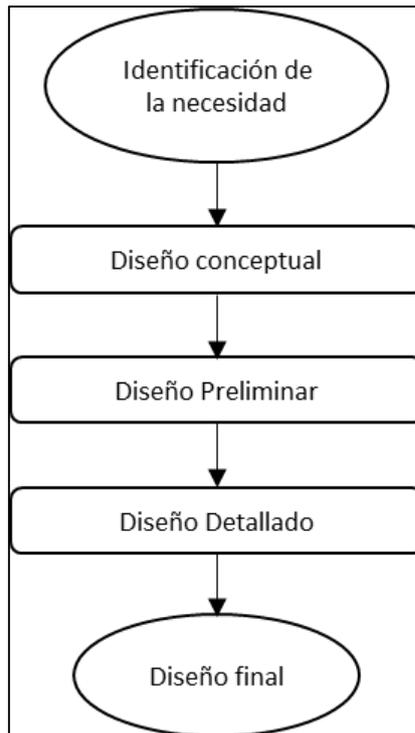


Figura 8-2: Modelo descriptivo lineal del diseño

Fuente: (Torres Charry, 2013)

2.10.3.2 Modelo prescriptivo

Los modelos prescriptivos además de describir, dan pautas para desarrollar cada una de las fases y etapas del proceso de diseño. En esta categoría gran cantidad de propuestas, aquí se presentarán de manera general tres de las más importantes: la de Dym, la de Roth y la Pahl y Beitz. (Torres Charry, 2013, p.6)

- **Modelo prescriptivo de Dym**

El modelo del proceso de diseño de Dym está configurado por cinco etapas que empiezan con el planteamiento por parte del cliente y termina cuando el diseño final se documenta al cliente. Cada una de las etapas involucra a su vez la realización de tareas específicas de diseño. (Torres Charry, 2013, p.6)

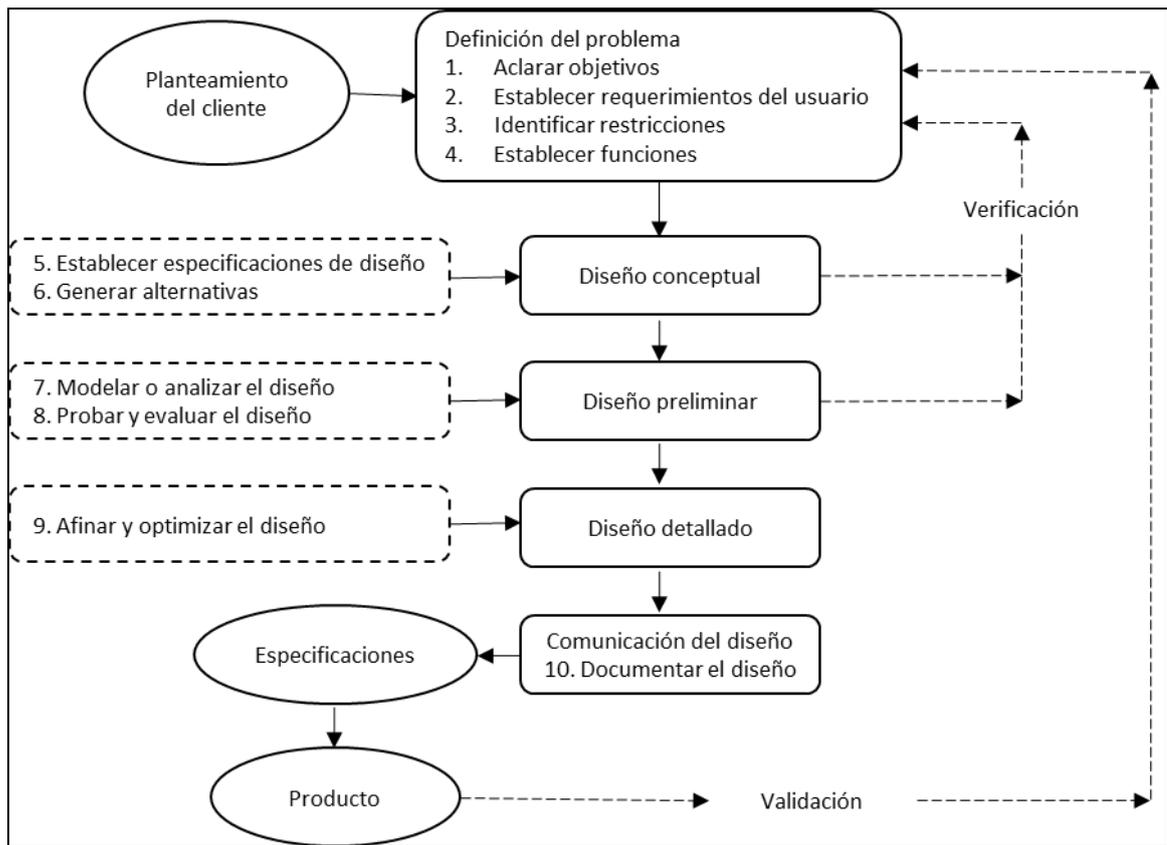


Figura 9-2: Modelo prescriptivo del diseño de Dym

Fuente: (Torres Charry, 2013)

- **Modelo prescriptivo de Roth**

El modelo del proceso de diseño de Roth se refiere explícitamente a las tareas de diseño y excluye aquellos pasos que ocurren después que se ha completado el diseño, aunque la estructura del modelo es adecuado para toda la fase de desarrollo. (Torres Charry, 2013, p.8)

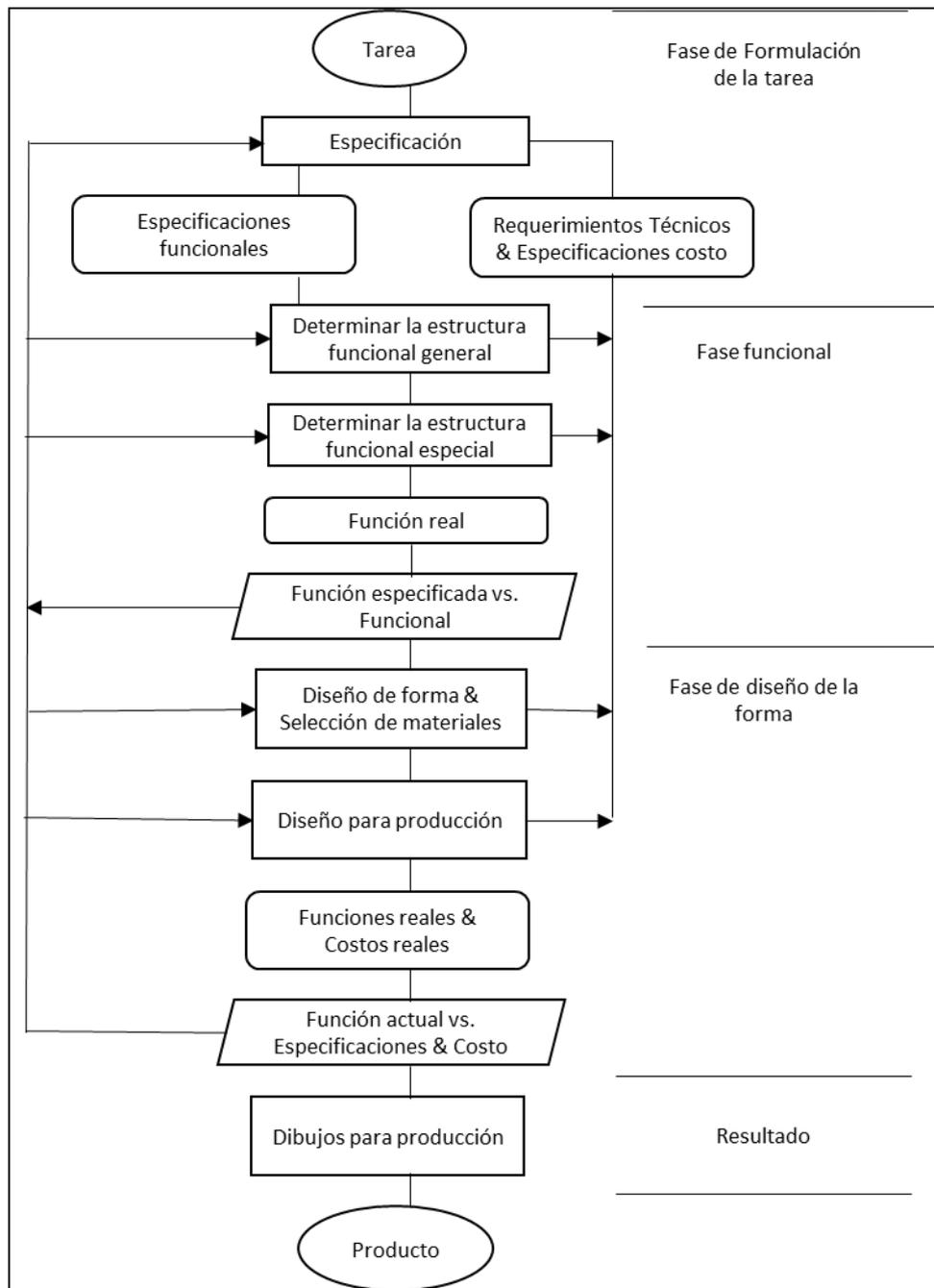


Figura 10-2: Modelo prescriptivo del diseño de Roth

Fuente: (Torres Charry, 2013)

- **Modelo prescriptivo de Pahl y Beitz**

El modelo más conocido y utilizado tanto en la industria como en la educación. El método de Pahl y Beitz utiliza la teoría de sistemas para sustentar la propuesta de trabajo a través de funciones y sub funciones, que combinan los efectos físicos con las características geométricas y los materiales, para que surja el principio de solución. (Torres Charry, 2013, p.9)

El método centra su atención en el denominado “embodiement design” (diseño para dar forma), pero para ello, propone un desarrollo de proyecto por módulos funcionales separados, lo cual tiene como ventaja la simplificación del análisis, pero la desventaja de que puede llegarse a una propuesta de conjunto muy compleja. En este modelo el proceso de diseño (o desarrollo de productos) es descompuesto en cuatro fases principales. (Torres Charry, 2013, p.9)

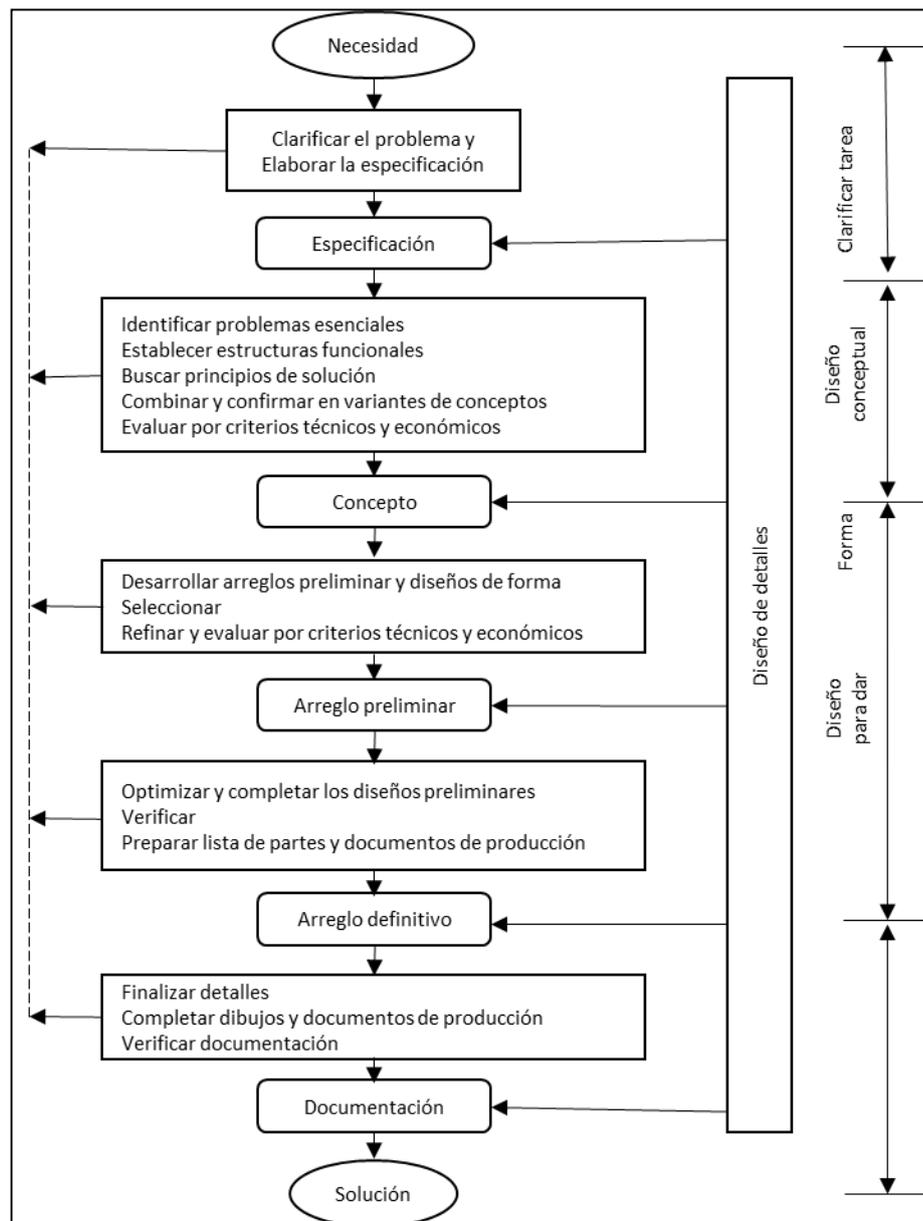


Figura 11-2: Modelo prescriptivo del diseño de Pahl y Beitz

Fuente: (Torres Charry, 2013)

2.10.3.3 Modelo cognitivo

Los modelos cognitivos buscan hacer una descripción formal de la forma de actuación del conocimiento del individuo que diseña. (Tesis Doctorales en Red, 2017, p.26)

La dificultad de construir modelos que representen la actividad cognitiva del diseñador obedece, entre otras cosas, a que el diseñar es una clase de aprendizaje en la que las habilidades y las capacidades son adquiridas después de aprender técnicas, de asimilar conocimiento específico y general, y de inspeccionar experiencias exitosas del pasado. (Tesis Doctorales en Red, 2017, p.27)

2.10.3.4 Modelo computacional

En general se acepta que la actividad de diseño se divide en dos categorías de procesos mentales y de acciones: el análisis y la síntesis. El desarrollo de herramientas informáticas para el diseño se ha centrado en particular en los procesos de análisis, mientras que la síntesis ha tenido muy poco desarrollo. Aun así, hay investigaciones sobre el tema, principalmente orientadas a la definición de estructuras informáticas que permitan construir herramientas de apoyo a la actividad de diseño. (Tesis Doctorales en Red, 2017, p.31)

2.11 Proceso de manufactura

La manufactura, en su sentido más amplio, es el proceso de convertir la materia prima en productos; incluye el diseño del producto, la selección de la materia prima y la secuencia de procesos a través de los cuales será manufacturado el producto. (Kalpakjian y Schmid, 2002: pp.2-3)

La manufactura es la columna vertebral de cualquier nación industrializada. Su importancia queda enfatizada por el hecho que, como una actividad económica, comprende aproximadamente de 20 a 30 por ciento del valor de todos los bienes y servicios producidos. El nivel de la actividad manufacturera de un país, está directamente relacionado con una economía saludable. Por lo general, mientras más elevado es el nivel

de la actividad de manufactura de un país, más alto es el nivel de vida de la población. (Kalpakjian y Schmid, 2002: pp.2-3)

La manufactura también involucra actividades en que el producto manufacturado mismo se utiliza para fabricar otros productos. Ejemplo de estos son las grandes prensas para conformar la lámina de metal para las carrocerías de automóvil, la maquinaria para fabricar pernos y tuercas, y las máquinas de coser. Un aspecto igualmente importante de las actividades de manufactura es el servicio y el mantenimiento de dicha maquinaria durante su vida útil. (Kalpakjian y Schmid, 2002: pp.2-3)

La palabra manufactura se deriva del latín factus, que significa hecho a mano. La palabra manufactura apareció por primera vez en 1567, y la palabra manufactura en 1683. En el sentido moderno, la manufactura involucra la fabricación de productos a partir de materias primas mediante varios procesos, maquinarias y operaciones, a través de un plan bien organizado para cada actividad requerida. La palabra producto significa algo producido, y las palabras producto y producción aparecieron por primera vez durante el siglo XV. (Kalpakjian y Schmid, 2002: pp.2-3)

2.11.1 Procedimiento de producción

Un procedimiento de desarrollo de productos más moderno aparece en la figura. Aunque todavía incluye el flujo de producto general del análisis de mercado a diseño y a manufactura, contiene iteraciones deliberadas. La diferencia principal con el procedimiento más antiguo es que todas las disciplinas están involucradas en las primeras etapas de diseño, por lo que las iteraciones que por naturaleza ocurren resultan en menos esfuerzos desperdiciados y menos tiempo perdido. Clave para el nuevo procedimiento es la importancia ahora bien reconocida de la comunicación entre y dentro de las disciplinas. Esto es, tanto debe existir comunicación entre las funciones de ingeniería, mercadeo y servicio, de la misma manera deben existir avenidas de interacción entre subdisciplinas de ingeniería, por ejemplo, diseño para manufactura, reciclabilidad de diseño, diseño para la seguridad. (Kalpakjian y Schmid, 2002: pp.10-11)

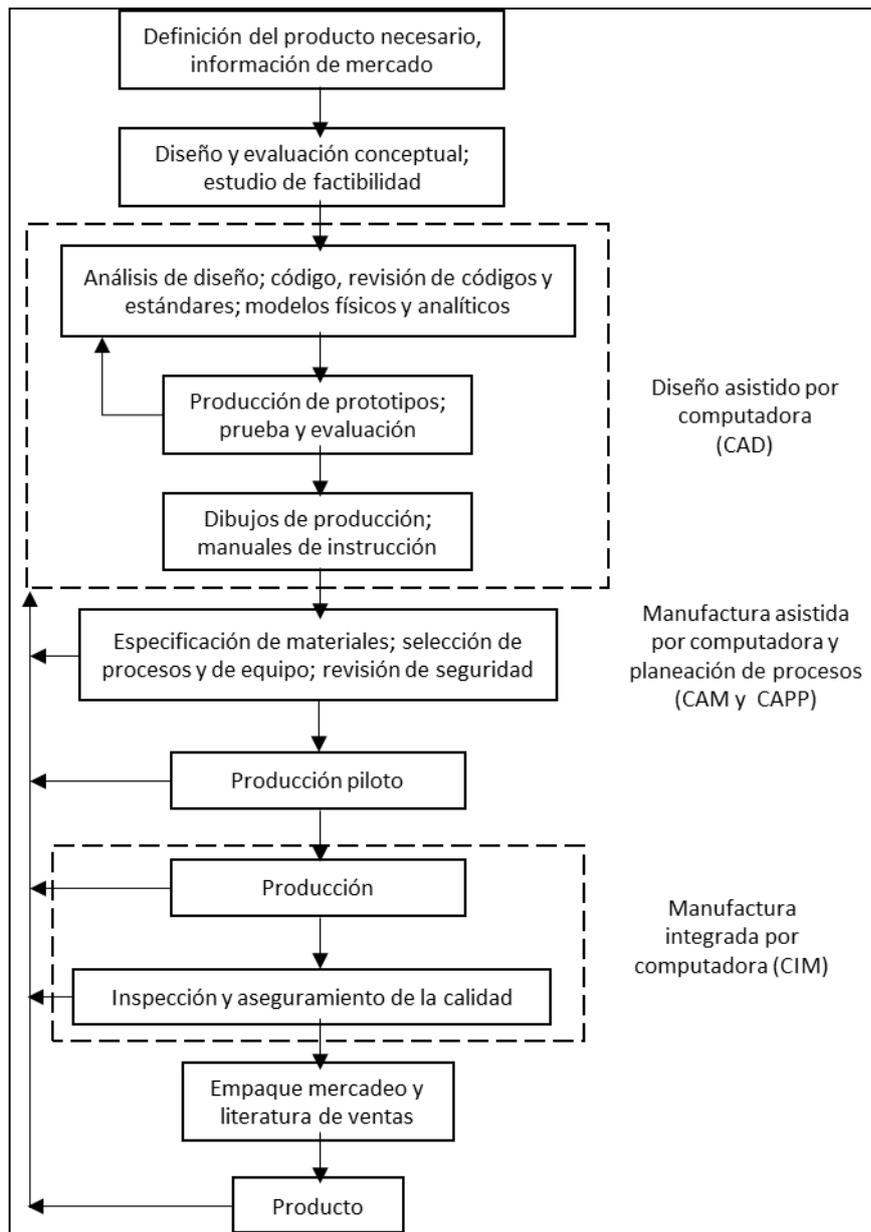


Figura 12-2: Pasos involucrados en el diseño y manufactura de un producto

Fuente: (PUGH. 1991)

2.11.2 *Proceso de fundición*

Proceso de producción de piezas metálicas a través del vertido de metal fundido sobre un molde hueco, por lo general hecho de arena. El principio de fundición es simple: se funde el metal, se vacía en un molde y se deja enfriar, existen todavía muchos factores y variables que se deben considerar para lograr una operación exitosa de fundición. La fundición es un antiguo arte que todavía se emplea en la actualidad, aunque ha sido sustituido en cierta medida por otros métodos como el fundido a presión (método para producir piezas fundidas de metal no ferroso, en el que el metal fundido se inyecta a

presión en un molde o troquel de acero), la forja (proceso de deformación en el cual se comprime el material de trabajo entre dos dados usando impacto o presión para formar la parte), la extrusión (es un proceso de formado por compresión en el cual el metal de trabajo es forzado a fluir a través de la abertura de un dado para darle forma a su sección transversal), el mecanizado y el laminado (es un proceso de deformación en el cual el espesor del material de trabajo se reduce mediante fuerzas de compresión ejercidas por dos rodillos opuestos). (Castro, 2009, p.12)

2.11.3 Tratamientos termoquímicos de los metales

Mediante este tipo de tratamientos el metal sufre procesos de calentamiento y enfriamiento y se varía la composición química superficial de los aceros, adicionando otros elementos para mejorar las propiedades en la superficie, principalmente la dureza o resistencia a la corrosión, sin modificar otras propiedades esenciales tales como ductilidad. (Aprendemos Tecnología, 2009, p.3)

2.11.4 Proceso de corte

Los procesos de corte eliminan material de las distintas superficies de una pieza de trabajo por medio de la producción de virutas. (Kalpakjian y Schmid, 2002: p.566)

Las operaciones de maquinado de corte se dividen en: torneado o cilindrada, tronzado, fresado periférico y fresado frontal; el proceso de mecánica de corte tiene varios factores que se ven influidos en su proceso como: el material de la herramienta y los recubrimientos, la forma de la herramienta, acabado de la superficie y filo, material de la pieza, velocidad de corte, avance y profundidad de corte, fluidos de corte, características de la máquina y el tipo de dispositivo para sujetar la pieza y los accesorios.

2.11.5 Proceso de taladrado

El taladrado es la mecanización de la mayoría de agujeros que se hacen en las piezas, se destacan por su sencillez de operación, utiliza como herramienta una broca, esta operación se puede hacer con un taladro portátil, con una máquina taladradora, en un torno, en una fresadora, en un centro de mecanizado CNC o en una mandriladora, este

proceso es considerado como uno de los procesos más importantes debido a su amplio uso y facilidad de realización, puesto que es una de las operaciones de mecanizado más sencillas de realizar y que se hace necesaria en la mayoría de componentes que se fabrican.

2.11.6 Proceso de corte de rosca

Un roscado de tornillo puede definirse como una protuberancia de sección transversal uniforme que sigue una trayectoria helicoidal o espiral en el exterior o interior de una superficie cilíndrica (rosca recta) o con un ahusamiento (rosca cónica). Los destornilladores mecánicos, armellas y tuercas tienen roscas rectas, al igual que los rodillos roscados para aplicaciones como el tornillo sin fin de los tornos y diversos componentes de máquinas. Es común que las roscas cónicas se utilicen para tubos de agua o gas, así como suministros de plomería, los cuales requieren una conexión cónica para el agua o el aire. Las roscas pueden ser de mano derecha o de mano izquierda. (Kalpakjian y Schmid, 2002: p.649)

Por tradición, las roscas se han maquinado, pero cada vez más son formadas, por laminación de roscas. Las roscas laminadas ahora constituyen la cantidad más grande de partes con rosca exterior que se producen. También es posible fundir partes roscadas, pero hay limitantes por la exactitud dimensional, el acabado de la superficie y las dimensiones mínimas. (Kalpakjian y Schmid, 2002: p.649)

Las roscas pueden maquinarse, ya sea externa o internamente, con una herramienta cortadora en un proceso llamado corte de rosca, o roscado. Las roscas externas también pueden ser cortadas con un troquel o por fresado. Es común que las roscas internas se produzcan por machuelado con el uso de una herramienta roscada especial llamada machuelo. (Kalpakjian y Schmid, 2000: p.649)

2.11.7 Proceso de soldadura

Los procesos de soldadura descritos implican el derretimiento parcial y la fusión entre dos miembros que se han de unir. Aquí se define la soldadura por fusión como el hacer

que los materiales se derritan juntos y entren en coalescencia por medio de calor. También se utilizan metales de aporte, los cuales se agregan al área de soldadura durante el proceso. Las soldaduras que se hacen sin el uso de metales de aporte se conocen como soldaduras autógenas. (Kalpakjian y Schmid, 2002: p.877)

2.11.7.1 Soldadura por arco de electrodo revestido

La soldadura por arco de electrodo revestido (SMAW) es uno de los procesos de unión más antiguos, sencillos y versátiles; en consecuencia, alrededor de 50% de toda la soldadura industrial y de mantenimiento se lleva a cabo con este proceso. El arco eléctrico se genera cuando la punta de un electrodo recubierto toca la pieza de trabajo y luego se retira con rapidez a una distancia suficiente para mantener el arco. Los electrodos tienen forma de varillas cilíndricas delgadas y largas (de ahí que al proceso también se lo conozca como soldadura de varilla) que se operan manualmente. (Kalpakjian y Schmid, 2002: p.885-886).

El calor generado funde una porción de la punta del electrodo, su recubrimiento, y la base metálica en el área inmediata al arco. El metal fundido consiste en una mezcla de la base metálica (la pieza de trabajo), el electrodo de metal, y sustancias del recubrimiento del electrodo; esta mezcla forma la soldadura cuando se solidifica. El recubrimiento del electrodo desoxida el área de soldadura y proporciona un gas aislante que la protege del oxígeno en el ambiente. (Kalpakjian y Schmid, 2002: p.885-886).

CAPÍTULO III

3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

3.1 Parámetros de diseño

La utilización del motocultor como fuente de energía para accionar o arrastrar una gran variedad de elementos agrícolas debe ser eficiente desde el punto de vista técnico y económico.

Para analizar estos efectos se debe tener en cuenta algunas características mínimas fundamentales para tener un diseño óptimo, esas condiciones son:

- Peso mínimo
- Máxima capacidad de tracción
- Máxima estabilidad
- Potencia óptima
- Resistencia

3.1.1 *Peso mínimo*

Es una característica deseada para minimizar la compactación de los suelos agrícolas y en consecuencia evitar hasta donde sea posible la formación del pie de arado que, afecta notablemente al desarrollo de los cultivos por cuanto se reduce la infiltración del agua, se disminuye el intercambio gaseoso y se dificulta el desarrollo del sistema radicular de las plantas. (Ojeda, 2012, p.116)

La compactación del suelo, por otra parte, disminuye su porosidad y aumenta la densidad en masa. (Ojeda, 2012, p.116)

La compactación de la capa arable es, por lo general, consecuencia del repetido paso del tractor sobre una misma superficie. (Ojeda, 2012, p.116)

3.1.2 *Máxima capacidad de tracción*

La tracción debe ser entendida como la fuerza de empuje desarrollada por una rueda, oruga u otro dispositivo de tracción. (Ojeda, 2012, p.117)

Eficiencia de tracción se define como la relación de la salida de potencia para un dispositivo de tracción. Es la medida de la eficiencia con la cual el dispositivo de tracción transforma el torque que actúa sobre el eje en un jalón lineal de la barra de tiro. (Ojeda, 2012, p.117)

El coeficiente neto de tracción, se define como la relación del jalón neto producido a la carga dinámica de tracción y coeficiente neto de tracción. (Ojeda, 2012, p.117)

Relación de resistencia al movimiento se define como la fuerza de resistencia de rodamiento dividida entre la carga normal en el artefacto de tracción. (Ojeda, 2012, p.117)

3.1.3 *Máxima estabilidad*

La estabilidad presenta varios inconvenientes durante su funcionamiento, ya sea en la falta de adherencia en las ruedas delanteras cuando el implemento esta levantado y un alto riesgo de accidentes cuando se usa como remolque.

La estabilidad depende fundamentalmente de la altura del centro de gravedad y de la trocha del motocultor (distancia entre las ruedas), cuanto más alto está el centro de gravedad mayor es la posibilidad de vuelco anteroposterior y lateral, cuanto más chica es la trocha mayor es la posibilidad de vuelco lateral. En general los motocultores tienen una trocha pequeña y el centro de gravedad relativamente elevado con lo que la posibilidad de vuelco es grande.

3.1.4 *Potencia óptima*

3.1.4.1 *Potencia en la barra de tiro*

Es la potencia del tractor medida en la barra de tiro. Es una medida de potencia de tracción del motor mediante ruedas, neumáticos u orugas. (Ojeda, 2012, p.453)

Se ve afectada por la superficie del suelo, se disminuye la potencia hasta un 13,5%.

La potencia a la barra de tiro representa el 75% - 81% de la potencia del motor. El administrador de maquinaria agrícola debe conocer que la selección adecuada de la potencia a la barra de tiro, depende en gran medida, del conocimiento de los factores que la afectan. La resistencia al rodado es uno de los más importantes. (Ojeda, 2012, p.453)

$$P_{bt} = F \cdot V / c \quad (1)$$

F = Fuerza media

V = velocidad media

c = constante para maquinaria agrícola (3,6)

3.1.4.2 Potencia a la toma de fuerza

Es la potencia medida al eje de la toma de fuerza, siendo esta disminuida en un 6% en relación a la potencia al volante por algunos factores, tales como: diseño del motor, transmisiones, fricción, sistema hidráulico, etc. (Orbe et al. 1988: p.5)

$$P_{tf} = 2\pi \cdot F_t \cdot R \cdot N / c = 2\pi \cdot T \cdot N / c \quad (2)$$

F_t = Fuerza tangencial

R = Radio del implemento de giro

N = Revoluciones por minuto

T = Par motor

c = Constante (60)

3.1.5 Resistencia

La resistencia a la rodadura es la fuerza que opone el terreno al giro de las ruedas. Es decir, que el tractor no se mueve mientras no venza esa fuerza. La resistencia al rodado se mide en kilogramos-fuerza. (Ojeda, 2012, p.454)

Las resistencias son cuatro, que pueden o no coexistir al mismo tiempo.

- Resistencia por rodadura
- Resistencia por pendiente
- Resistencia por inercia
- Resistencia por el aire

La resistencia a la rodadura tiene su origen en la deformación del neumático y suelo.

Cuando la rueda esta estática, la reacción del suelo al peso está en la misma vertical que este, sin embargo, cuando rueda, dicha reacción avanza una distancia dando lugar a un momento resistente, que ha de ser equilibrado. Por tanto, parte del valor de la fuerza motriz, vence a la resistencia por rodadura. (Casajosa, 2005, pp, 17-18)

La resistencia por rodadura es independiente de que la rueda sea portadora o motriz. (Casajosa, 2005, pp, 17-18)

3.1.5.1 Energía consumida al labrar

La energía consumida al labrar depende fundamentalmente de la resistencia específica del terreno μ que es igual a la fuerza necesidad para tirar del arado F dividida por la sección de la labor S :

$$F = \mu \cdot S \quad (3)$$

La resistencia específica depende del tipo de suelo y también de la velocidad de trabajo.

Según ASABE, los valores medios de la resistencia específica para distintos suelos tenemos:

$$\mu = 7 + 0,049 \cdot v^2 \quad \text{ARCILLO-LIMOSO} \quad (4)$$

$$\mu = 6 + 0,049 \cdot v^2 \quad \text{FRANCO-ARCILLOSO} \quad (5)$$

$$\mu = 4,8 + 0,024 \cdot v^2 \quad \text{FRANCO-ARCILLO-LIMOSO} \quad (6)$$

$$\mu = 3 + 0,020 \cdot v^2 \quad \text{FRANCO} \quad (7)$$

$$\mu = 3 + 0,032 \cdot v^2 \quad \text{LIMO-ARENOSO} \quad (8)$$

$$\mu = 2,8 + 0,013 \cdot v^2 \quad \text{FRANCO-ARENOSO} \quad (9)$$

$$\mu = 2 + 0,013 \cdot v^2 \quad \text{ARENOSO} \quad (10)$$

μ = Resistencia específica de acuerdo al tipo de suelo (N/cm^2)

v = Velocidad de avance (km/h)

3.1.5.2 Fricción

Esta propiedad dinámica es la resistencia de frotamiento entre las partículas de suelo-suelo o bien entre suelo metal de la herramienta de labranza. La superficie rugosa de las partículas da la fricción más alta, en estrecha relación con la textura y el grado de humedad y por lo tanto con la adhesión. (Ojeda, 2012, p.216)

3.1.5.3 Topografía

La topografía está directamente relacionada con la pérdida de potencia por los metros sobre el nivel del mar.

Por altura sobre el nivel del mar, los motores diésel pierden el 1% de su potencia por cada 300 metros sobre el nivel del mar después de los primeros 300 m. Por temperatura los motores diésel pierden el 1% de su potencia por cada 5 °C después de los 15 °C de temperatura ambiental. Por pendiente del terreno, la fuerza efectiva en la barra de tiro de un tractor se disminuye en 1% por cada grado de pendiente del terreno. (Puerta Polanco, 2007, p.163)

Tomando como máximo valor la altitud del ciudad más alta de la provincia de Chimborazo; esta es Cajabamba. Con este valor de 3200 (msnm) podemos determinar en una pérdida del 10%. (Camacho y Vera, 2017: p.42)

Ahora en condiciones climáticas la provincia ronda en una temperatura de 13 °C; esto nos lleva a una pérdida de potencia en relación a la temperatura del 0%. (Camacho y Vera, 2017: p.42)

3.1.5.4 *Perdidas mecánicas*

Establecido en un 13,5%; dato expuesto anteriormente por definición en la potencia de barra de tiro. (Camacho y Vera, 2017: p.42)

Esto nos lleva a expresar la reducción de potencia expresada en la siguiente tabla:

Tabla 1-3: Potencia pérdida en el Motocultor YTO DF15L

DESCRIPCIÓN	POTENCIA PERDIDA (%)	POTENCIA PERDIDA (HP)
Altitud	10 %	1,6 HP
Barra de tiro	13,50 %	2,16 HP
TOTAL	23,50 %	3,76 HP

FUENTE: (Camacho y Vera, 2017)

3.2 Variables de diseño

3.2.1 *Seguridad*

En lo que concierne a la seguridad que debe caracterizar a un tractor cabe destacar las situaciones de equilibrio del tractor cuando trabaja en diferentes condiciones de topografía, es decir, cuando se trabaja en superficies planas y en pendientes. (Ojeda, 2012, p.118)

3.2.2 *Maniobrabilidad*

La maniobrabilidad es una característica importante que debe tener los tractores agrícolas con el propósito de reducir al mínimo la fatiga del operador. (Ojeda, 2012, p.118)

Los tractores se usan en condiciones muy diversas de terreno y clima. La temperatura ambiental, la humedad, la radiación térmica, el viento, el polvo. (Ojeda, 2012, p.118)

3.2.3 *Dimensiones adecuadas*

Las dimensiones para maquinaria agrícola moderna deben ser adecuadas para permitir su utilización en parcelas pequeñas, medianas y grandes.

Un tractor ideal en este sentido debe ser capaz de realizar labores de labranza, de siembra, de mantenimiento de cultivos en hileras, etc. Además, debe estar diseñado para trabajar en diferentes condiciones de suelo. (Ojeda, 2012, p.123)

3.2.4 Normativas para maquinaria agrícola

La producción de máquinas agrícolas aplica varias normas de alta prioridad para su diseño, manufactura, eficiencia, ergonomía y seguridad a fin de preservar la integridad y los recursos de quienes los producen y adquieren.

Las siguientes normas de diseño y seguridad con más relevancia para el área de máquinas y herramientas agrícolas, están a continuación:

- ISO 12100 (Seguridad de la maquinaria, 2003)
- ISO 14121 (Análisis y evaluación de riesgos, 2007)
- ISO 13849 (Partes de los sistemas de mando relacionadas con la seguridad, 2003-2006)
- ISO 4254 (Maquinaria Agrícola Seguridad. Requerimientos generales, 2008)
- ISO 11850 (Maquinaria Agrícola Seguridad. Máquinas de trabajo del suelo con controlador de energía, 2011)
- ISO 4254-10 (Maquinaria Agrícola Seguridad. Rastrillos y rastrillos giratorios, 2009)
- ISO 5674 (Tractores y maquinaria para la agricultura y la silvicultura. Protecciones para la toma de fuerza, ejes de transmisión. pruebas de resistencia y desgaste y criterios de aceptación)

Así específicamente para las máquinas agrícolas tenemos la norma:

- ISO 25119 (Diseño seguro en tractores y máquinas agrícolas, 2010)

3.2.4.1 Normas Ecuatorianas

Bajo los preceptos de las normas internacionales se han de encontrar normas que regularicen las actividades descritas en el país. (Bravo y Castillo, 2017: pp.51-52)

Luego de realizar un exhaustivo análisis en busca de procesos de homologación o al menos normativas para maquinaria agrícola en el país, tanto en el ministerio del ramo (MAG) o con el Instituto de Normalización no se encontró documento específico y/o explícito alguno con la temática, el INEN cuenta con algunas normativas derivadas íntegramente de las normas ISO, como se detalla a continuación que involucra algunas facetas de la gestión de maquinaria agrícola como indica la tabla a continuación mostrada. (Bravo y Castillo, 2017: pp.51-52)

Tabla 2-3: Normas aplicadas a maquinaria agrícola

NORMA	CAMPO DE APLICACIÓN ESPECÍFICO
INEN 5674	Ensayo de desgaste en las tomas de fuerza
INEN 4254	Seguridad en Maquinaria Agrícola
INEN 5718	Cuchillas para segadoras requisitos
INEN 26322	Tractores Agrícolas
INEN 4254-5	Seguridad: ruidos, protecciones, contactos
INEN 4254-7	Seguridad: cosechadora de cereal
INEN 4254-10	Seguridad: rastrillos y henificadoras
INEN 4254-12	Seguridad: seguridad en segadoras rotativas
INEN 11806	Seguridad y ensayo en desbrozadoras
ISO 14982	Compatibilidad electromagnética para transmisión de datos

Fuente: (INEN)

Son las normas INEN más cercanas al tema de investigación, pero no son las específicas en cuanto a materiales y/o ensayos requeridos para motocultores (Bravo y Castillo, 2017: pp.51-52)

En el Ecuador y específicamente en la región centro del país, se llega a la conclusión de que no existe un proceso de homologación para el trabajo con maquinaria agrícola en ninguna de sus subclasificaciones, sean estas: maquinaria agrícola liviana (motocultores),

maquinaria agrícola clásica (tractores) o maquinaria agrícola especializada (cosechadoras de cereales, etc.) (Bravo y Castillo, 2017: pp.51-52)

3.2.4.2 Consideraciones INEN

Esta norma nacional especifica los requisitos para las cuchillas utilizadas en las segadoras de discos rotativos y segadoras de tambores giratorios, montados, semi-montados, arrastrados o autopropulsados, tal como se utiliza para la cosecha de cultivos forrajeros y solamente en la agricultura. Esta norma especifica los requisitos para las pruebas y marcado de dichas cuchillas.

El objetivo principal de la aplicación de esta norma al prototipo del apero bifuncional fue establecer las características del material. Así los discos de rastras están expuestos a considerables fuerzas centrípetas e impactos con objetos extraños. Por tanto, las pruebas de ensayo de flexión e impacto para comprobar la fragilidad y la dureza del material se incluyen en esta Norma Nacional, cabe dar a conocer que esta norma nacional no especifica requisitos dimensionales.

3.2.4.3 INEN 5718

Especificación de los discos rotativos montados, semi montados, arrastrados o autopropulsados tal como se utiliza en la agricultura. (Camacho y Vera, 2017: p.68)

NOTA 1: el objetivo principal de esta norma es establecer las características del material. Por lo tanto una prueba de flexión e impacto para comprobar la fragilidad y la dureza del material. (Camacho y Vera, 2017: p.68)

NOTA 2: esta norma nacional no especifica requisitos dimensionales. (Camacho y Vera, 2017: p.68)

Estas consideraciones nos recomiendan realizar los ensayos de validación, donde encontraremos valores en las pruebas que requiere nuestra propuesta tecnológica. (Camacho y Vera, 2017: p.68)

3.2.4.4 Consideraciones ISO

Dentro de las consideraciones ISO o de carácter internacional en normas que se rigen a cada uno de los parámetros de diseño de maquinaria y herramientas agrícolas de la misma forma a los altos estándares de calidad que el mundo moderno pide en cada uno de sus productos de consumo y procedimientos; nos vamos a centrar en las normas referentes a **ERGONOMÍA Y SEGURIDAD EN LAS MÁQUINAS AGRÍCOLAS**. (Camacho y Vera, 2017: p.59)

La seguridad y la ergonomía de las herramientas agrícolas en su labor engloba a cada uno de los miembros de la cadena de consumo de la misma; estos son:

- Diseñadores
- Fabricantes
- Usuario

3.2.4.5 Consideraciones ISO 26322

La ISO 26322 especifica los requisitos generales de seguridad y su verificación para el diseño y construcción de tractores de vía estrecha y pequeños utilizados en agricultura y silvicultura. También especifica el tipo de información sobre prácticas de trabajo seguras, incluidos los riesgos residuales, que debe proporcionar el fabricante.

Proporciona medios técnicos para mejorar el nivel de seguridad personal de los operadores y otras personas involucradas en el curso del funcionamiento normal, mantenimiento y uso de estos tractores.

Es aplicable a los tractores de vía estrecha que tienen al menos dos ejes para ruedas neumáticas, o que tienen orugas en lugar de ruedas con un ancho de vía fijo o ajustable más pequeño de no más de 1 150 mm, y pequeños tractores que tengan una masa en vacío no superior a 600 kg.

- **Requisitos de Seguridad**

Los principios fundamentales y orientación de diseño del tractor se diseñarán de acuerdo con los principios de reducción de riesgos especificados en ISO 12100-1: 2003, Cláusula 5, para peligros relevantes pero no significativos.

Las cubiertas del motor del tractor que pueden abrirse sin herramientas pueden considerarse un protector aceptable para componentes giratorios siempre que la cubierta del motor se pueda quitar del tractor solo mediante el uso de herramientas.

El ruido en la posición del operador, las pruebas de ruido y las mediciones se realizarán de acuerdo con la norma ISO 5131, para ruido se aplican las disposiciones de ISO 26322-1: 2008.

Los controles tales como volantes o palancas de dirección, palancas de cambio, palancas de control, manivelas, pedales y los interruptores se elegirán, diseñarán, construirán y dispondrán de modo que sus ubicaciones y métodos de la operación está de acuerdo con la norma ISO 15077.

Los controles operados manualmente deben tener un espacio mínimo de acuerdo con la norma ISO 4252, se debe proporcionar un medio para permitir la prevención de un arranque involuntario y / o no autorizado del motor.

Los tractores equipados con enclavamientos de arranque según ISO 15077 solo en el embrague de control de tracción o el control combinado de embrague y freno de tracción debe incluir medios para evitar que el operador inicie el tractor desde el suelo. No será posible arrancar el motor con la toma de fuerza activada, se debe proporcionar un medio que evite que el eje de la toma de fuerza transmita el par al arrancar el motor, el arranque del motor no moverá la articulación de tres puntos.

Controles externos para el enlace de tres puntos, el movimiento del enlace, medido en los puntos de enganche inferiores, se limitará a un máximo de 100 mm para cada activación del control, el movimiento del enlace solo se producirá mientras el control se mantenga en la posición de activación.

Los controles externos deben ubicarse de manera que el operador pueda activarlos mientras se encuentra en el terreno fuera de la zona de peligro entre el tractor y el implemento. Esto no se aplica a sistemas externos de control de medidas que eliminen o minimicen los riesgos.

Los controles deben estar claramente identificados y no deben estar sujetos a confusión con otros controles externos las dimensiones del lugar de trabajo, acceso y salida del operador deberán cumplir con los requisitos de ISO 4252.

Las tomas de fuerza montadas en la parte trasera deben cumplir con las normas ISO 500-1 o ISO 500-2, según lo declarado por el fabricante, adicionalmente, cualquier componente del tractor a la toma de fuerza, que no está contemplada en ISO 500-1, ISO 500-2 o ISO 8759-1, debe estar protegida por ubicación y distancias de seguridad.

Ajustes de nivelación las varillas traseras y delanteras se deben proporcionar un espacio adecuado para las manos de 25 mm como mínimo para cualquier nivelación manual del mecanismo de ajuste en la barra de elevación, a lo largo del rango total de recorrido del varillaje.

Para la dirección, se aplican los requisitos de la norma ISO 10998.

El manual del operador, se proporcionara un lugar de almacenamiento de fácil acceso, en un idioma oficial del país de venta, con cada tractor.

El manual del operador debe proporcionar instrucciones de seguridad para el funcionamiento normal y el servicio de la máquina, incluido el uso de equipo de protección personal, según corresponda, y deberá cumplir con los requisitos de la norma ISO 3600.

Las señales de seguridad e instrucciones deben mostrarse de manera apropiada siempre que sea necesario para alertar al operador y a otros del riesgo de lesiones personales durante el funcionamiento normal y el servicio.

Las señales de seguridad deben cumplir con los requisitos de la norma ISO 11684, los letreros de instrucciones se relacionan con la operación, el servicio y el cuidado del equipo, deberán tener buena apariencia, especialmente el color, diferente de las señales de seguridad en el equipo.

3.2.5 Homologación

Al homologar o equiparar los elementos de clases similares con distintos orígenes, la maquinaria agrícola según su subdivisión de motocultores debe examinar varios aspectos para la investigación y aceptación de los elementos según varios ensayo de validación.

3.2.5.1 Desgaste

La tasa de desgaste de un material es una cifra muy importante para seleccionar tal o cual material de acuerdo al tipo de trabajo como también al suelo. (Bravo y Castillo, 2017: pp.51-52)

Así se tiene un material con una tasa de desgaste sumamente grande, como consecuencia se tendrá una disminución considerable de la sección transversal del mismo y por consecuencia por reducción de material tenderá a ser más débil. (Bravo y Castillo, 2017: pp.51-52)

Por contraste si se tiene una tasa de desgaste bajo, es probable que en su composición sea muy duro y el carbono sea alto, dando como resultado poca absorción de energía en el trabajo, lo que conlleva a mayor índice de fragilidad. (Bravo y Castillo, 2017: pp.51-52)

3.2.5.2 Impacto

La norma es clara en sus incisos al indicar que el ensayo es aplicable a los elementos fabricados de material no homogéneo y/o propiedades metalúrgicas no homogéneas y/o que están solamente en parte tratadas térmicamente, sin embargo, se han realizado ensayos de esta índole, debiendo tener los elementos un factor mínimo de absorción de energía de 0.4 J/mm^2 .

3.2.5.3 Dureza

El requerimiento de dureza mínimo para un implemento agrícola que trabaja en un suelo normal oscila entre 38 y 45 HRC. Sin embargo, en áreas desérticas en las cuales se encuentran suelos duros, se requiere una dureza de la herramienta entre 50 y 60 HRC. (Bhakat et al., 2004: pp. 257)

3.2.5.4 Simulación CAD

Los parámetros de diseño de la geometría por medio de software CAD deben tener especial cuidado en las dimensiones de los elementos y detalles, teniendo consideraciones decisivas en la simulación del método de elementos finitos (MEF), los datos evidenciarán los valores exactos o aproximados al aplicar cargas para obtener valores correctos.

3.2.6 Análisis del ciclo de vida en la seguridad de las máquinas agrícolas

La norma de diseño ISO 25119 en su primera parte la que ofrece una visión más global de todo el proceso en forma de análisis del ciclo de vida, desde el desarrollo conceptual a la producción en serie o las modificaciones que se produzcan después del inicio de la producción en serie o las modificaciones que se produzcan después del inicio de la producción en serie de una máquina. (Cañavate, 2012, pp.514-515)

Es importante indicar que, siempre que sea posible, se debe establecer la nueva unidad de observación (máquina en estudio) como una modificación de algún sistema pre-existente de la misma u otra empresa fabricante, de manera que pueda heredarse la información disponible en términos de análisis y evaluación del riesgo, y sus medidas correctoras asociadas. También se propone que, en la medida de lo posible se establezca el paralelismo entre la estructura hardware y software que hay que evaluar con equipos pre-existentes de manera que los niveles de seguridad agrícola requeridos sean más fáciles asignables. (Cañavate, 2012, pp.514-515)

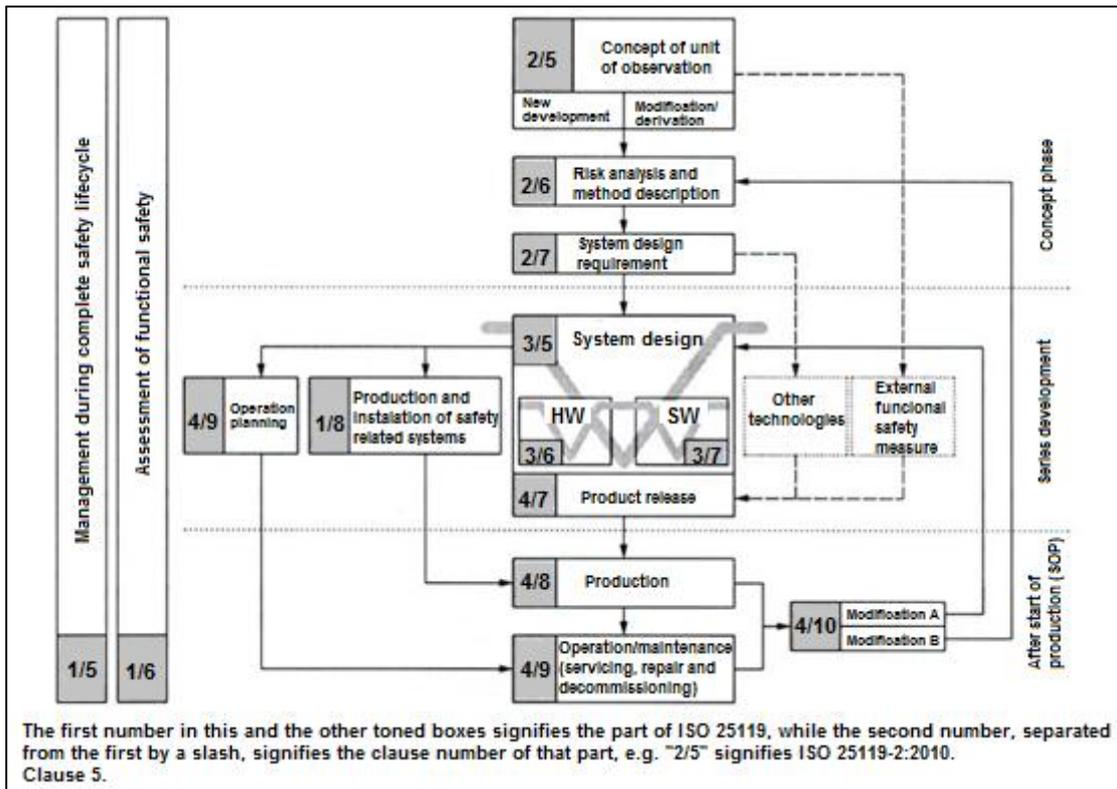


Figura 1-3: Análisis Diseño según ISO 25119

Fuente: (ISO, 2010)

3.2.7 Evaluación de riesgo

Este apartado hace referencia específicamente a la norma ISO 14121: Evaluación del riesgo. De acuerdo con ella, es necesario distinguir entre análisis, que consta de la determinación de los límites de la máquina, la identificación de los peligros y la estimación cuantitativa del riesgo, y valoración, que resulta de realizar un dictamen sobre la necesidad o bien mediante la información al potencial implicado. (Cañavate, 2012, pp.515-518)

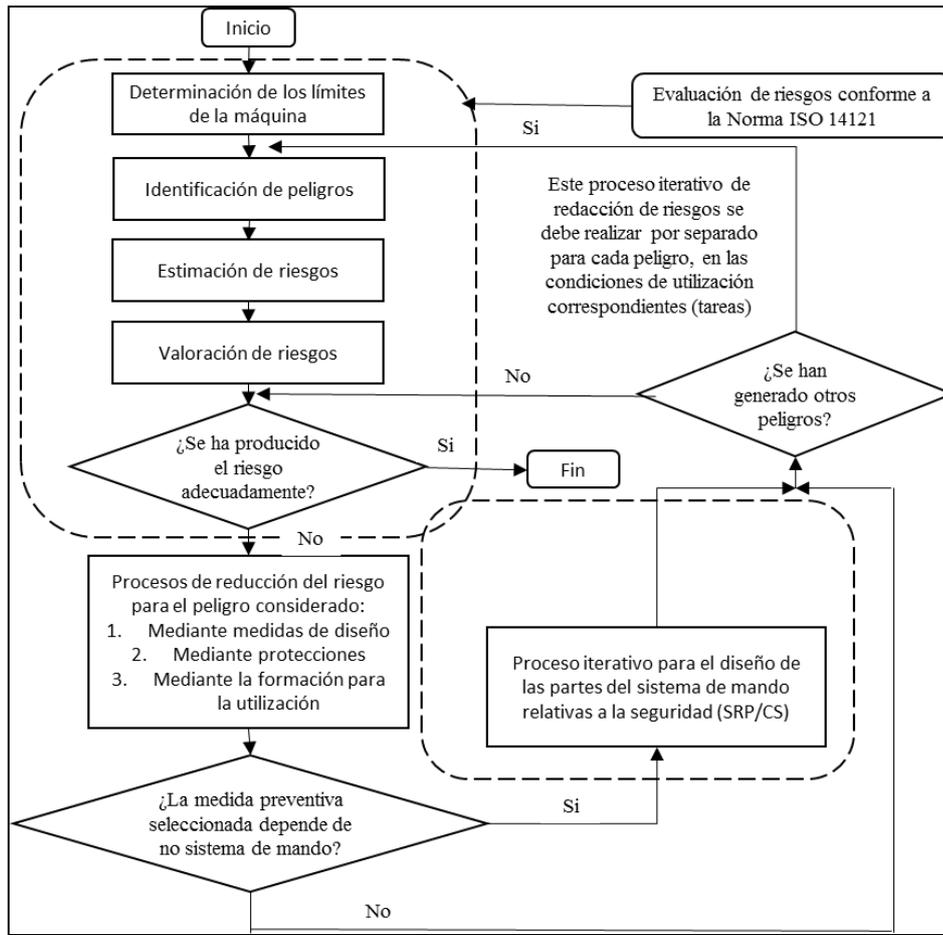


Figura 2-3: Evaluación de riesgos según la norma ISO 14121

Fuente: (Cañavate, 2012)

El establecimiento de los límites de la máquina implica la consideración del uso previsto y del mal uso razonable previsible, los modos de funcionamiento (transporte, trabajo, mantenimiento), el nivel de formación esperado de los usuarios (operadores, personal de mantenimiento, aprendices y público en general), así como los límites de espacio contemplado en la amplitud de movimientos (zonas de alcance), y las exigencias dimensionales de las personas. (Cañavate, 2012, pp.515-518)

La norma ISO 14121-1 es exhaustiva en la definición de tipos de peligros: mecánicos (asociados a la energía cinética o potencial, y a la forma y estructura de los elementos), eléctricos, térmicos, por ruido, vibración, radiaciones, provocados por materiales o sustancias químicas, aquellos asociados a no respetar los principios de ergonomía, o al ambiente en el que se utiliza la máquina (polvo o niebla, humedad, barro, nieve, etc.). La norma ofrece además multitud de ejemplos de tareas en función de la fase del ciclo de vida de la máquina, así como de sucesos peligrosos, entendidos como la situación que puede dar lugar a daños. (Cañavate, 2012, pp.515-518)

La norma ISO 25119-2 establece a partir de qué combinación de severidad y probabilidad de daño, así como de su nivel de control se hace imprescindible incluir un sistema de control adicional a la inclusión de protecciones o aspectos meramente informativos, que quedan genéricamente englobados en el término QM, es decir, medidas de aseguramiento de la calidad de acuerdo con la ISO 9001:2000. (Cañavate, 2012, pp.515-518)

3.2.8 *Riesgos del proyecto*

La evaluación de riesgos involucra un proceso dinámico e interactivo para identificar, analizar, calificar y solucionar cada riesgo que afecta el objetivo del proyecto, se propone un control efectivo para identificar y evaluar los riesgos en la reconstrucción, ensayos y pruebas de campo del apero bifuncional, esta evaluación propone las bases para el desarrollo de respuestas apropiadas de acuerdo a las fuentes de riesgos internas y externas (Anexo B).

La evaluación de riesgos requiere prioridad según los factores de riesgo para identificar la fuente, el medio de transmisión, mecanismos para evitar el contacto del factor de riesgo y la forma de solucionar o reducir el riesgo.

La importancia de la evaluación de riesgos es significativa ya que ayuda a identificar los eventos que afectan negativamente el cumplimiento de los objetivos.

Tabla 3-3: Evaluación de riesgos en la reconstrucción del apero bifuncional

EVALUACIÓN DE RIESGOS EN LA RECONSTRUCCIÓN DEL APERO BIFUNCIONAL				
FACTORES DE RIESGO PRIORIZADOS	FUENTE Acciones de sustitución y control en el sitio de generación	MEDIO DE TRANSMISIÓN Acciones de control y protección interpuestas entre la fuente generadora y el trabajador	TRABAJADOR Mecanismos para evitar el contacto del factor de riesgo con el trabajador, EPP's, adiestramiento, capacitación	COMPLEMENTO Apoyo a la gestión: señalización, información, comunicación, investigación
Maquinaria desprotegida	Hacer uso de los complementos de seguridad que trae la amoladora	Desconectar al momento que no se utiliza.	Protección ocular, guantes de seguridad, ropa de trabajo, capacitar sobre uso correcto de los EPP's	Informar sobre el riesgo de atrapamiento y cortes de amoladora

Tabla 3-3 (Continua): Evaluación de riesgos en la reconstrucción del apero bifuncional

Temperatura elevada		Realizar los trabajos de corte con oxiacetilénica y soldadura en lugares ventilados	Usar guantes de seguridad, protección ocular, protección respiratoria, informar sobre características y manipulación correcta de materiales inflamables, capacitar sobre uso correcto de los EPP's	Señalización de uso de EPP's, señalización sobre el riesgo de temperaturas elevadas
Polvo inorgánico		Limpieza del lugar una vez culminado el proceso de corte y lijado	Protección respiratoria, protección ocular, casco de seguridad, ropa de trabajo, capacitar sobre uso correcto de los EPP's	Señalización de uso de EPP's, informar sobre el riesgo de limalla desprendida
Gases de mezcla de sustancias químicas	Mantener recipientes en perfecto estado especialmente las tapas y aberturas	Mantener ventilación en bodegas, no destapar los recipientes en lugares cerrados	Usar protección respiratoria, usar protección ocular, capacitar sobre el uso correcto de EPP's	Señalización de peligro vapores químicos, señalización de uso de EPP's
Uso de pantallas de visualización PVD's	Usar pantallas de absorción de rayos al momento de usar suelda eléctrica	Mantener iluminación necesaria	Usar lentes si es necesario	No realizar jornadas largas frente a la suelda eléctrica o autógena
Transporte y almacenamiento de productos químicos	Recibir recipientes en buen estado, recipientes con la identificación respectiva	Mantener ventilación en lugar de almacenamiento y al momento de transportar	Protección ocular, guantes de seguridad, ropa de trabajo, capacitar sobre manejo adecuado de productos químicos	Señalización de peligro productos químicos, señalización de uso de EPP's
Proyección de sólidos o líquidos		Mantener alejados los materiales inflamables	Usar protección visual, usar guantes de seguridad, usar mascarilla para pintar, usar ropa de trabajo, capacitar sobre uso de EPP's	Señalización sobre uso de EPP's, señalización de peligro proyección de objetos
Sobreesfuerzo físico	Mantener en buen estado los mecanismos de maquinarias y herramientas	Usar la maquinaria correcta para el tipo de material, pedir la ayuda de otro trabajador si es necesario	Capacitar sobre la correcta manera de manipular la maquinaria y herramientas	Usar fajas lumbares para evitar lesiones musculares
Levantamiento manual de objetos	Repartir los objetos en lotes con peso admisible para levantar	Usar medios para transportar grandes pesos	Realizar la labor con el número necesario de trabajadores, usar faja lumbar, capacitar sobre la manera correcta de alzar pesos y los pesos máximos por trabajador	Dotar de mecanismos de transporte de cargas

Tabla 3-3 (Continua): Evaluación de riesgos en la reconstrucción del apero bifuncional

Alta responsabilidad		Usar check list que facilite la revisión	Capacitar sobre correcta manera de hacer el control de calidad	Determinar los puntos críticos para evitar fallas mayores
Movimiento corporal repetitivo		Usar herramientas que faciliten el trabajo		Tomar descansos para evitar cansancios musculares
Manipulación de químicos (sólidos o líquidos) ... tiñen, pintura	Recipientes en perfecto estado	Ventilación en áreas de trabajo	Uso de protección ocular, guantes de seguridad, uso correcto de EPP's	Señalización de peligro materiales químicos, señalización de uso de EPP's
Ruido		Mantener maquinaria y herramientas en buen estado	Usar protección auditiva, capacitación sobre manera adecuada de manipulación de maquinaria, capacitación sobre uso adecuado de EPP's	Señalización de peligro ruido, señalización de uso de EPP's
Vibración	Mantener en buen estado las sierras y cortadoras, usar el equipo adecuado para el material correspondiente, cimentar la maquinaria de corte	Asegurar los materiales antes de usar equipos y herramientas de corte, rotación de turnos a los trabajadores para jornadas largas de uso de herramientas	Usar guantes de seguridad, capacitar sobre uso adecuado de EPP's	Señalización sobre peligro vibración, señalización de uso de EPP's
Iluminación Insuficiente		Manejar con cuidado los materiales y herramientas para evitar lesiones o daños materiales	Permanecer el tiempo necesario en lugares con poca iluminación	Señalización de peligro, iluminación insuficiente, señalización de uso de EPP's
Ventilación insuficiente (renovación de aire)	Instalar sistema de ventilación forzada en la ventana de la bodega, y un sistema de extracción de aire		Protección respiratoria	
Espacio físico reducido	Mantener el orden y la organización en el lugar de trabajo	Restringir el paso a personas corpulentas, no usar prendas de vestir holgadas o demasiado gruesas	Usar ropa de trabajo	Señalización de uso de EPP's , no obstaculizar las zonas de tránsito y pasillos
Manejo de herramienta materiales cortante y/o punzante		Cubrir filos cortantes de materia prima con material resistente y flexible	Guantes de seguridad, zapatos de seguridad, protección visual, capacitar sobre uso correcto de los EPP's	Señalización de uso de EPP's, señalización de peligro de cortes
Caída de objetos en manipulación	Tener cuidado al momento de ensamblar el apero para evitar golpes	Asegurar bien los objetos antes de su manipulación y transporte	Guantes de seguridad, zapatos de seguridad, protección visual, capacitar sobre uso correcto de los EPP's	Señalización de uso de EPP's, señalización de peligro caída de objetos

Tabla 3-3 (Continua): Evaluación de riesgos en la reconstrucción del apero bifuncional

Posición forzada (de pie, sentada, encorvada, acostada)			Usar faja lumbar, capacitar sobre las posiciones correctas del cuerpo al trabajar	Tomar descansos que permitan distensiones de los músculos, rotar al personal
Superficies o materiales calientes		Realizar trabajos de soldadura y corte con suelda autógena en lugares ventilados	Usar guantes de seguridad, usar ropa de trabajo, capacitar sobre uso de EPP's	Señalización sobre uso de EPP's señalización de peligro superficies calientes

Fuente: Autores

Tabla 4-3: Evaluación de riesgos en los ensayos de laboratorio del apero bifuncional

EVALUACIÓN DE RIESGOS EN ENSAYOS DE LABORATORIO DEL APERO BIFUNCIONAL				
FACTORES DE RIESGO PRIORIZADOS	FUENTE Acciones de sustitución y control en el sitio de generación	MEDIO DE TRANSMISIÓN Acciones de control y protección interpuestas entre la fuente generadora y el trabajador	TRABAJADOR Mecanismos para evitar el contacto del factor de riesgo con el trabajador, EPP's, adiestramiento, capacitación	COMPLEMENTO Apoyo a la gestión: señalización, información, comunicación, investigación
Transporte y almacenamiento de productos químicos	Recibir recipientes en buen estado, recipientes con la identificación respectiva	Mantener ventilación en lugar de almacenamiento y al momento de transportar	Protección ocular, guantes de seguridad, ropa de trabajo, capacitar sobre manejo adecuado de productos químicos	Señalización de peligro productos químicos, señalización de uso de EPP's
Minuciosidad de la tarea	Buscar materiales de alta calidad para obtener resultados óptimos	Usar check list que faciliten la revisión del material	Capacitar sobre el uso de catálogos y la información necesaria sobre las características de los materiales que se reciben,	Contar con hojas de información y catálogos de los materiales que se reciben
Alta responsabilidad			Capacitar al personal para la realización de ensayos de laboratorio	
Manipulación de químicos (sólidos o líquidos)	Recipientes en perfecto estado, no almacenar materiales caducados	Ventilación en áreas de trabajo	Uso de protección ocular, guantes de seguridad, uso correcto de EPP's, protección respiratoria	Señalización de peligro materiales químicos, señalización de uso de EPP's

Tabla 4-3 (Continua): Evaluación de riesgos en los ensayos de laboratorio del apero bifuncional

Polvo orgánico		Limpieza del lugar una vez culminado el proceso de corte y lijado	Protección respiratoria, protección ocular, casco de seguridad, ropa de trabajo, capacitar sobre uso correcto de los EPP's	Señalización de uso de EPP's, informar sobre el riesgo de limalla desprendida
Manejo de herramienta materiales cortante y/o punzante		Cubrir filos cortantes de materia prima con material resistente y flexible	Guantes de seguridad, zapatos de seguridad, protección visual, capacitar sobre uso correcto de los EPP's	Señalización de uso de EPP's, señalización de peligro de cortes
Temperatura elevada		Realizar los trabajos de corte en lugares ventilados	Usar guantes de seguridad, protección ocular, protección respiratoria, informar sobre características y manipulación correcta de materiales inflamables, capacitar sobre uso correcto de los EPP's	Señalización de uso de EPP's, señalización sobre el riesgo de temperaturas elevadas
Ruido		Mantener maquinaria y herramientas en buen estado	Usar protección auditiva, Capacitación sobre manera adecuada de manipular maquinaria, capacitación sobre uso adecuado de EPP's	Señalización de peligro ruido, señalización de uso de EPP's
Vibración	Mantener en buen estado las sierras y cortadoras, usar el equipo adecuado para el material correspondiente para las probetas	Asegurar bien los materiales antes de usar equipos y herramientas de corte, Rotar los turnos de trabajo para jornadas largas de uso de herramientas	Usar guantes de seguridad, capacitar sobre uso adecuado de EPP's	Señalización sobre peligro vibración, señalización de uso de EPP's
Ventilación insuficiente (renovación de aire)	Instalar sistema de ventilación forzada en la ventana de la bodega, y un sistema de extracción de aire		Protección respiratoria	
Maquinaria desprotegida	Hacer uso de los complementos de seguridad que traen las maquinas herramientas	Desconectar al momento que no se esté utilizando la maquinaria	Protección ocular, guantes de seguridad, ropa de trabajo, capacitar sobre uso correcto de los EPP's	Informar sobre el riesgo de atrapamiento y cortes de amoladora
Caída de objetos en manipulación	Tener cuidado al momento de manipular los péndulos Charpy	Asegurar bien los objetos antes de su manipulación y transporte	Guantes de seguridad, zapatos de seguridad, protección visual, capacitar sobre uso correcto de los EPP's	Señalización de uso de EPP's, señalización de peligro caída de objetos

Tabla 4-3 (Continua): Evaluación de riesgos en los ensayos de laboratorio del apero bifuncional

Proyección de sólidos o líquidos		Mantener alejados los materiales inflamables	Usar protección visual, usar guantes de seguridad, usar mascarilla para pintar, usar ropa de trabajo, capacitar sobre uso de EPP's	Señalización sobre uso de EPP's, señalización de peligro proyección de objetos
Superficies o materiales calientes		Realizar trabajos de soldadura y corte con suelda autógena en lugares ventilados	Usar guantes de seguridad, usar ropa de trabajo, capacitar sobre uso de EPP's	Señalización sobre uso de EPP's señalización de peligro superficies calientes
Polvo inorgánico (mineral o metálico)		Limpieza del lugar una vez culminado el proceso de corte y lijado	Protección respiratoria, protección ocular, casco de seguridad, ropa de trabajo, capacitar sobre uso correcto de los EPP's	Señalización de uso de EPP's, informar sobre el riesgo de limalla desprendida
Levantamiento manual de objetos	Repartir los objetos en lotes con peso admisible para levantar	Usar medios para transportar los discos en forma parcial	Realizar la labor con el número necesario de trabajadores, usar faja lumbar, capacitar sobre la manera correcta de alzar pesos y los pesos máximos por trabajador	Dotar de mecanismos de transporte de cargas
Movimiento corporal repetitivo		Usar herramientas que faciliten el trabajo		Tomar descansos para evitar cansancios musculares
Posición forzada (de pie, sentada, encorvada, acostada)			Usar faja lumbar, capacitar sobre las posiciones correctas del cuerpo al trabajar	Tomar descansos que permitan distensiones de los músculos, rotar al personal
Uso de pantallas de visualización PVD's	Usar pantallas de absorción de rayos al momento de realizar el ensayo de espectrometría	Mantener iluminación necesaria	Usar protección visual	

Fuente: Autores

Tabla 5-3: Evaluación de riesgos en pruebas de campo del apero bifuncional

EVALUACIÓN DE RIESGOS EN PRUEBAS DE CAMPO DEL APERO BIFUNCIONAL				
FACTORES DE RIESGO PRIORIZADOS	FUENTE Acciones de sustitución y control en el sitio de generación	MEDIO DE TRANSMISIÓN Acciones de control y protección interpuestas entre la fuente generadora y el trabajador	TRABAJADOR Mecanismos para evitar el contacto del factor de riesgo con el trabajador, EPP's, adiestramiento, capacitación	COMPLEMENTO Apoyo a la gestión: señalización, información, comunicación, investigación

Tabla 5-3 (Continuara): Evaluación de riesgos en pruebas de campo del apero bifuncional

Smog		No mantener encendidos motores de combustión dentro del hangar de producción, mantener buena ventilación	Mantenerse alejado de los tubos de escape, usar protección respiratoria, capacitar sobre uso correcto de EPP's	Señalización de peligro gases venenosos, señalización de uso de EPP's
Sobreesfuerzo físico	Mantener en buen estado los mecanismos de maquinarias y herramientas	Usar la maquinaria correcta para el tipo de material, pedir la ayuda de otro trabajador si es necesario	Capacitar sobre la correcta manera de manipular el motocultor y el apero	Usar fajas lumbares para evitar lesiones musculares
Minuciosidad de la tarea	Conocer muy de cerca el manual de operaciones del motocultor	Usar check list que faciliten la revisión del material	Capacitar sobre el uso de catálogos y la información necesaria sobre las características de los aperos agrícolas	Contar con hojas de información y catálogos de las herramientas
Movimiento corporal repetitivo		Usar herramientas que faciliten el trabajo		Tomar descansos para evitar cansancios musculares
Levantamiento manual de objetos	Buscar la manera de manipular las herramientas sin hacer mucho esfuerzo	Usar medios para transportar los aperos de forma segura	Realizar la labor con el número necesario de trabajadores, usar faja lumbar, capacitar sobre la manera correcta de alzar pesos y los pesos máximos por trabajador	Trasladar los aperos acoplados al motocultor
Desplazamiento en transporte		Mantener el orden y la organización en el puesto de trabajo	Usar casco de seguridad, usar cinturones para herramientas, capacitar sobre uso de EPP's	Señalización de uso de EPP's, señalización de peligro caída de objetos
Vibración		Mantener la empuje adecuada en las áreas de almacenamiento y en los materiales.	Usar protección respiratoria, usar protección visual, usar ropa de trabajo capacitar sobre uso correcto de EPP's	Señalización sobre uso de EPP's, señalización de peligro polvo
Ruido		Mantener las herramientas en buen estado	Manipular con cuidado las herramientas, usar guantes de seguridad, adiestrar al trabajador sobre la forma correcta de manipular la maquinaria y uso correcto de EPP's	Señalización sobre peligro de atrapamiento de manos, señalización de uso de EPP's
Piso irregular, resbaladizo	Mantener limpio área de trabajo	Recoger cualquier material sólido, reparar cualquier fuga en instalaciones hidráulicas	Zapatos de seguridad, capacitar sobre uso correcto de los EPP's	Señalización de uso de EPP's, señalización de peligro piso resbaladizo

Tabla 5-3 (Continuara): Evaluación de riesgos en pruebas de campo del apero bifuncional

Obstáculos en el piso	Ordenar y recoger materiales, herramientas y equipos del suelo de labranza	Identificar y señalar e informar sobre los obstáculos que no se los puede remover, realizar limpieza del área de trabajo, usar organizadores de herramientas y materiales.	Zapatos de seguridad, capacitar al personal en el tema, capacitar sobre uso correcto de los EPP's	Señalización de uso de EPP's, señalización sobre el riesgo de obstáculos en el piso.
Maquinaria desprotegida	Hacer uso de los complementos de seguridad que posee el motocultor	Apagar el motocultor al momento que no se esté utilizando	Protección ocular, guantes de seguridad, ropa de trabajo, capacitar sobre uso correcto de los EPP's	Informar sobre el riesgo de atrapamiento de los aperos
Transporte mecánico de cargas	Al momento de transportar el apero, realizarlo acoplado al motocultor	Usar elementos de transporte en buen estado	Usar faja lumbar, capacitar sobre las posiciones correctas del cuerpo al trabajar	No hacer sobre esfuerzo físico.
Trabajos de mantenimiento	Conocer muy de cerca el manual de operaciones del motocultor		Contar con personal calificado para el mantenimiento de máquinas y herramientas	
Posición forzada			Usar faja lumbar, capacitar sobre las posiciones correctas del cuerpo al trabajar	Tomar descansos para evitar distensiones en los músculos, rotar al personal
Alta responsabilidad		Usar check list que faciliten la revisión	Capacitar sobre correcta manera de hacer el control de calidad	Determinar los puntos críticos para evitar fallas mayores

Fuente: Autores

3.2.9 Reducción de riesgo mediante información de uso

Un procedimiento básico para la reducción del riesgo es las máquinas agrícolas es la información, por ello la norma ISO 14121-1 hace especial mención a los niveles de información que han de ser incluidos en los manuales de uso en función del perfil o rol del usuario operador, aprendiz o experto de mantenimiento, así como indicaciones en relación a las etiquetas de aviso, que han de colocarse en el lugar de máximo riesgo para cada tipo de peligro. (Cañavate, 2012, p.519)

3.2.10 Sistema de control relativos a la seguridad de las máquinas

Los casos en los que las medidas de aseguramiento de la calidad no son suficientes, resulta imprescindible incluir sistemas de reducción del riesgo que habrá de tener un nivel de prestaciones acordes al mismo. Estos sistemas se denominan genéricamente SRP/CS, es

decir, partes del sistema de mando relativos a la seguridad según sus siglas en inglés. La norma ISO 25119-2 establece cinco niveles de prestaciones de seguridad para los equipos agrícolas (AgPL) identificados con la letra a hasta e para niveles crecientes de riesgo. (Cañavate, 2012, p.520)

3.2.11 Eliminación de fallos sistemáticos

Un conjunto de fallos típicos para los que la norma ISO 25119-2 establece ciertas recomendaciones: prevención de pérdida de alimentación eléctrica en las cajas electrónicas, selección de materiales de fabricación adecuados al entorno de uso, correcta instalación de componentes, compatibilidad, modularidad de diseño, uso restringido de los elementos comunes tales como memorias o tarjetas electrónicas, separación de los elementos del sistema de mando relacionados con la seguridad de aquellos que no lo están, y revisión del diseño empleando sistemas de diseño asistido por ordenador y programas de simulación. (Cañavate, 2012, p.522)

3.2.12 Funciones de seguridad

Un conjunto de funciones de seguridad típicas establecidas por esta norma que han de ser consideradas en el diseño como son: el bloqueo del encendido no intencionado, la función de parada inmediata, el reinicio manual, el encendido y reiniciado automático después de un fallo, el tiempo de respuesta (dividido en reconocimiento de fallo, inicio de medidas y consecución del estado de funcionamiento seguro), los parámetros relacionados con la seguridad (posición, velocidad, temperatura, presión), las funciones de control externo (medio de selección del control externo, verificación de que la conmutación al mando externo no provoque situaciones peligrosas, y actuación en caso de pérdida de control externo), la inhibición manual de las funciones de seguridad (por ejemplo para diagnóstico), y la disponibilidad de alarmas para el usuario. (Cañavate, 2012, pp.522)

3.2.13 Nivel de verificación del diseño de una máquina agrícola

De acuerdo con la norma ISO 25119-1, un aspecto muy importante en el diseño de una máquina agrícola es la determinación del nivel de verificación de la seguridad que puede exigir la participación de personas ajenas al diseño, equipos de personas distintos a los diseñadores, o incluso departamentos diferentes o entidades de consultoría externas, para valores de seguridad agrícola requeridos AgPL crecientes de nivel a al e. (Cañavate, 2012, pp.523)

3.3 Diseño del equipo

3.3.1 Geometría A

Analizaremos la geometría diseñada y construida, implantada como propuesta de construcción de prototipo apero bifuncional para motocultor YTO DF15L:

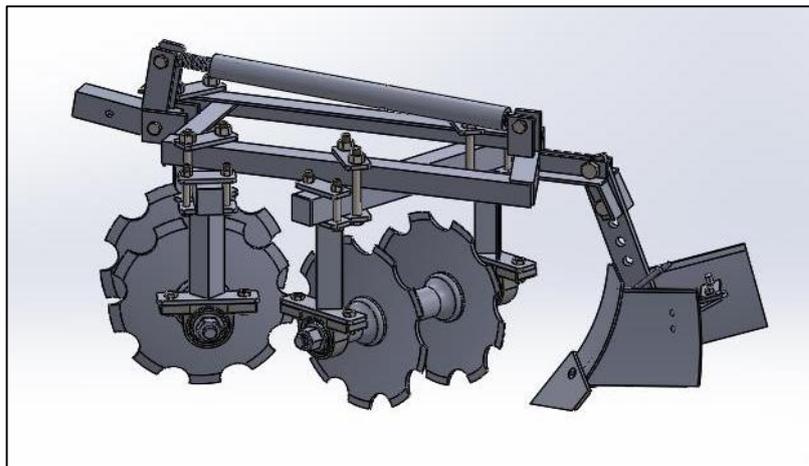


Figura 3-3: Geometría A

Fuente: (Camacho y Vera ,2017)

Dos cuerpos de rastra con 2 discos por cada cuerpo, estos discos estarán dispuestos en un eje cuadrado y chumacera de 30 mm para sostener su peso, guiarlos en el trabajo de rotación y evitar los deslizamientos. A esta disposición de cuerpos de rastra añadir el cuerpo de surcador; todo esto en un bastidor de un solo cuerpo con un punto de pivote en el acople hacia el punto de arrastre del motocultor. (Camacho y Vera, 2017: p.45)

3.3.2 *Requerimientos de potencia para la geometría A*

La potencia absorbida es de aproximadamente de 1 CV a 1,5 CV por cada disco para las gradas simples, y de 2 a 2,5 CV para las de tiro. (Calderón, 1971, pp.85-87)

Para tener datos relativos al manual de operación servicio de Motocultor YTO DF-15L se requiere convertir a la unidad de HP; donde su equivalencia es:

$$1 \text{ CV} = 0,986 \text{ HP}$$

Teniendo en el apero 4 discos de rastra de tiro más 1 surcadora de tiro y utilizando la absorción máxima de potencia esto equivale a:

Potencia máxima requerida para la geometría A

$$P_{\max} A = (2,5 \text{ CV} * 4 \text{ discos}) + 2,5 \text{ CV} = 12,5 \text{ CV} = 12.325 \text{ HP} \quad (11)$$

Potencia mínima requerida para la geometría A

$$P_{\min} A = (2 \text{ CV} * 4 \text{ discos}) + 2 \text{ CV} = 10 \text{ CV} = 9,86 \text{ HP} \quad (12)$$

Considerando la reducción de potencia por área y consideraciones de trabajo del motocultor YTO DF15L nos quedamos con una potencia neta de 12,24 HP de los 16 HP que muestra el manual técnico del mismo. (Camacho y Vera: 2017: p.45)

Esto nos lleva a una diferencia en potencia máxima de 0,085 HP pero de signo negativo y una diferencia en potencia mínima de 2,38 HP de signo positivo.

3.3.3 *Geometría B*

Analizaremos la geometría diseñada para la optimización a la propuesta de construcción de prototipo apero bifuncional para motocultor YTO DF-15L:

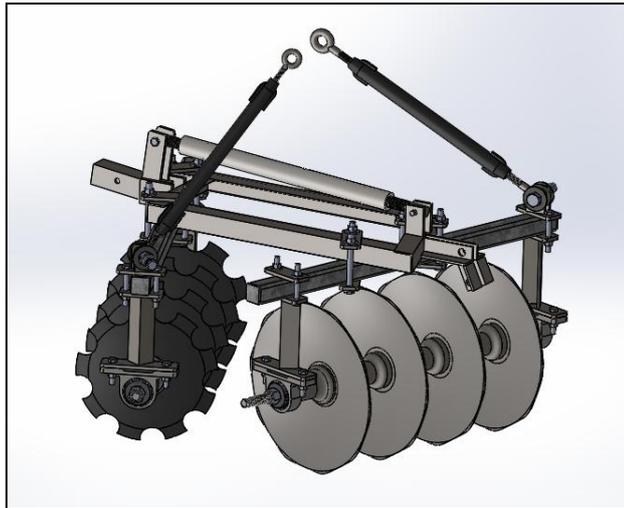


Figura 4-3: Geometría B

Fuente: Autores

La optimización del apero bifuncional consta de 2 cuerpos de rastra, un cuerpo de rastra con 4 gradas de discos y un cuerpo de rastra con 4 discos de arado, estos discos estarán dispuestos en un eje cuadrado y chumacera de 30mm para sostener su peso, guiarlos en el trabajo de rotación y evitar los deslizamientos, en esta disposición de cuerpos de rastra no se le añade el cuerpo de surcador.

El bastidor de un solo cuerpo mantiene un punto de pivote en el acople hacia el punto de arrastre del motocultor.

3.3.4 Requerimientos de potencia para la geometría B

La potencia absorbida es de aproximadamente de 1 CV a 1,5 CV por cada disco para las gradas simples, y de 2 a 2,5 CV para las de tiro. (Calderón, 1971, pp.85-87)

Para tener datos relativos al manual de operación servicio de Motocultor YTO DF-15L se requiere convertir a la unidad de HP; donde su equivalencia es:

$$1 \text{ CV} = 0,986 \text{ HP}$$

Teniendo en el apero 4 discos de rastra de tiro y 4 discos de arado de gradas simple, se utilizando la absorción máxima y mínima de potencia esto equivale a:

Potencia máxima requerida para la geometría B

$$P_{\max} B = (2,5 \text{ CV} * 4 \text{ discos de rastra}) + (1,5 \text{ CV} * 4 \text{ discos de arado}) = 16 \text{ CV} = 15,776 \text{ HP} \quad (13)$$

Potencia mínima requerida para la geometría B

$$P_{\min} B = (2 \text{ CV} * 4 \text{ discos de rastra}) + (1 \text{ CV} * 4 \text{ discos de arado}) = 12 \text{ CV} = 11,832 \text{ HP} \quad (14)$$

Considerando la reducción de potencia por área y consideraciones de trabajo del motocultor YTO DF15L nos quedamos con una potencia neta de 12,24 HP de los 16 HP que muestra el manual técnico del mismo. (Camacho y Vera, 2017: p.45)

Esto nos lleva a una diferencia en potencia máxima de 3,536 HP pero de signo negativo y una diferencia potencia mínima de 0,408 HP de signo positivo.

3.3.5 Procedimiento sugerido por los autores

La optimización al apero bifuncional se evalúa por etapas según los parámetros establecidos por los campesinos, técnicos del MAG y normas de diseño, la homologación dependerá de la clase de maquinaria agrícola, funcionamiento del apero, dimensiones, tipo de trabajo, potencia y materiales de construcción, estas se irán evaluando conforme se realice ensayos en laboratorios y campo.

3.3.6 Elección de alternativa

La elección de la geometría se da a partir de la comparación bajo los siguientes parámetros:

Tabla 6-3: Comparación de geometrías

Geometría	Diferencia potencia máxima	Diferencia potencia mínima	Eficiencia	Ergonomía	Seguridad	Capacidad de trabajo
A	-0,085 HP	2,38 HP	Baja	Baja	Baja	Baja
B	-3,536 HP	0,408 HP	Alta	Alta	Alta	Alta

Fuente: Autores

Las condiciones de potencia favorecen a la geometría A por tener valores más cercanos a cero, sin embargo la eficiencia, ergonomía, seguridad y capacidad de trabajo son bajas, por lo tanto tomando valores más amplios en la diferencia de potencia y las prestaciones de servicio altas se recomienda aplicar la geometría B, misma que pertenece a la optimización del apero bifuncional.

3.3.7 Estudio ANSYS WORKBENCH

El objetivo de este análisis es obtener la deformación máxima de todo el conjunto, el factor de seguridad, específicamente de los discos. Para ello es necesario aplicar fuerzas al apero a continuación detallaremos las fuerzas que intervienen en el mismo.

3.3.8 Fuerzas aplicadas

Para el cálculo de la fuerza aplicada se toma la ecuación (3).

Para la sección de trabajo tenemos:

$$S = n \cdot a \cdot p \quad (15)$$

Siendo:

$S \rightarrow$ Sección de trabajo (cm^2)

$n \rightarrow$ El número de cuerpos

$a \rightarrow$ La anchura de cada apero cm

$p \rightarrow$ La profundidad de trabajo cm

La resistencia específica depende del tipo de suelo y también de la velocidad de trabajo según las ecuaciones (4), (5), (6), (7), (8), (9), (10).

Los valores medios de la resistencia para el suelo específico del cantón chambo vine dado por la ecuación (5)

Una vez conocido las ecuaciones, se procede con el cálculo para encontrar las fuerzas que actúan de manera individual y en conjunto del apero bifuncional optimizado.

- Disco de fundición artesanal

$$n=4 \quad a=35.56 \text{ cm}$$

$$p=8 \text{ cm} \quad A=0.08496462 \text{ m}^2 \rightarrow \text{area del disco artesanal}$$

$$S=4*35.56 \text{ cm}*8 \text{ cm}=1137.92 \text{ cm}^2 \quad (16)$$

La velocidad del motocultor es de 1.5 km/h, en segunda marcha siendo la velocidad de trabajo.

$$\mu=6+0.049(1.52)=6.11025 \text{ N/cm}^2 \quad (17)$$

$$F=6.11025 \text{ N/cm}^2 *1137.92 \text{ cm}^2=6952.98 \text{ N} \quad (18)$$

$$P=F/A=6952.98 \text{ N}/0.08496462 \text{ m}^2=81833.83 \text{ Pa} \rightarrow \mathbf{P=0.081833 \text{ MPa}} \quad (19)$$

- Disco adquirido en el mercado local

$$n=4 \quad a=44.5 \text{ cm}$$

$$p=12 \text{ cm} \quad A=0.15670722 \text{ m}^2 \rightarrow \text{area del disco}$$

$$S=4*44.5 \text{ cm}*12 \text{ cm}=2136 \text{ cm}^2 \quad (20)$$

La velocidad del motocultor es de 1.5 km/h, en segunda marcha y siendo la velocidad de trabajo.

$$\mu=6+0.049(1.52)=6.11025 \text{ N/cm}^2 \quad (21)$$

$$F=6.11025 \text{ N/cm}^2 *2136 \text{ cm}^2=13051.49 \text{ N} \quad (22)$$

$$P=F/A=13051.49 \text{ N}/0.15670722 \text{ m}^2=83285.85 \text{ Pa} \rightarrow \mathbf{P=0.083286 \text{ MPa}} \quad (23)$$

3.3.9 Simulación

Los elementos fueron diseñados mediante un software CAD (SolidWorks), para realizar la simulación se debe guardar en formato STEP. Una vez establecido el tipo de análisis se debe importar el archivo desde el ANSYS WORKBENCH.

3.3.9.1 Modelado

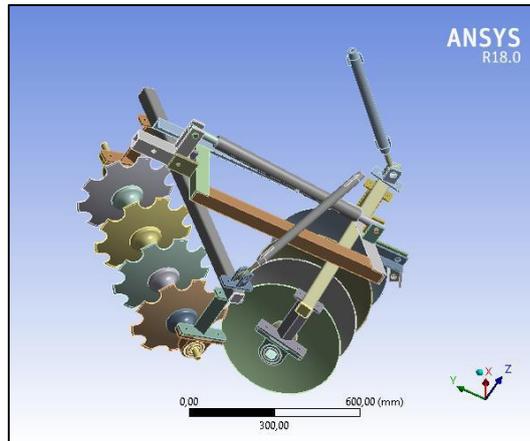


Figura 5-3: Modelado del apero bifuncional importado de SOLID WORKS

Fuente: Autores

3.3.9.2 Mallado

Para tener un buen resultado, Ansys Meshing nos da una tabla de espectro de la calidad de la malla.



Figura 6-3: Espectro de calidad de métricas

Fuente: (ANSYS, 2011)

En la siguiente figura se puede evidenciar que el promedio del mallado de acuerdo al (Element Quality) es de 0.76 y de acuerdo a la figura 6-3, el mallado es muy bueno.

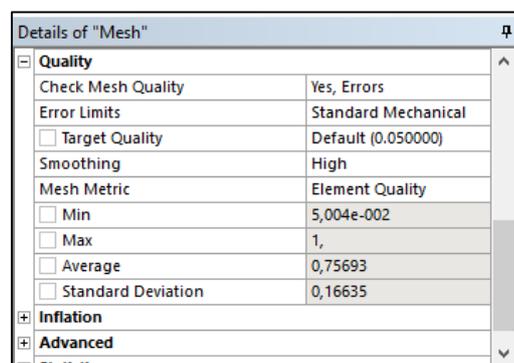


Figura 7-3: Promedio de mallado

Fuente: Autores

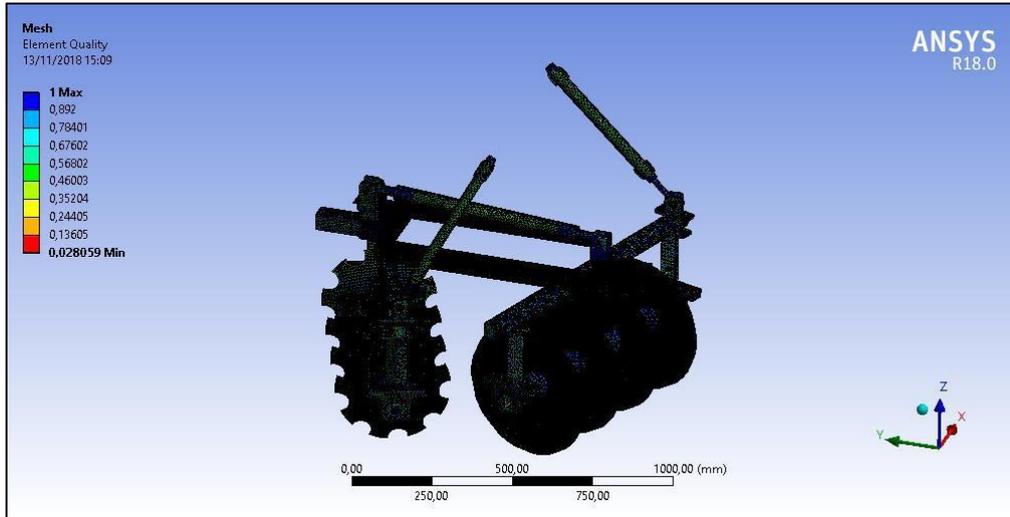


Figura 8-3: Elementos de mallado

Fuente: Autores

3.3.9.3 Aplicación de cargas

Las cargas se aplican en dirección negativa de la coordenada, ya que la resistencia que presenta la tierra al avance del apero es en esta dirección.

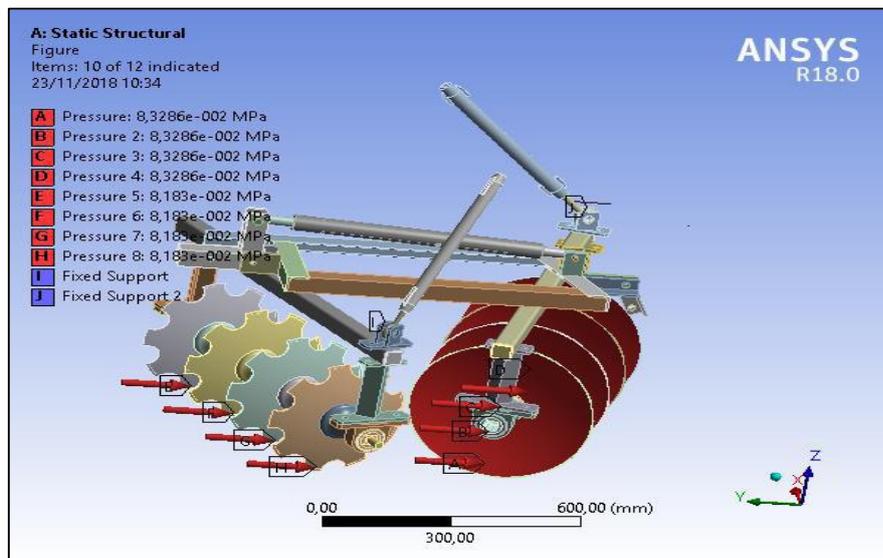


Figura 9-3: Aplicación de cargas

Fuente: Autores

3.3.9.4 Deformación total

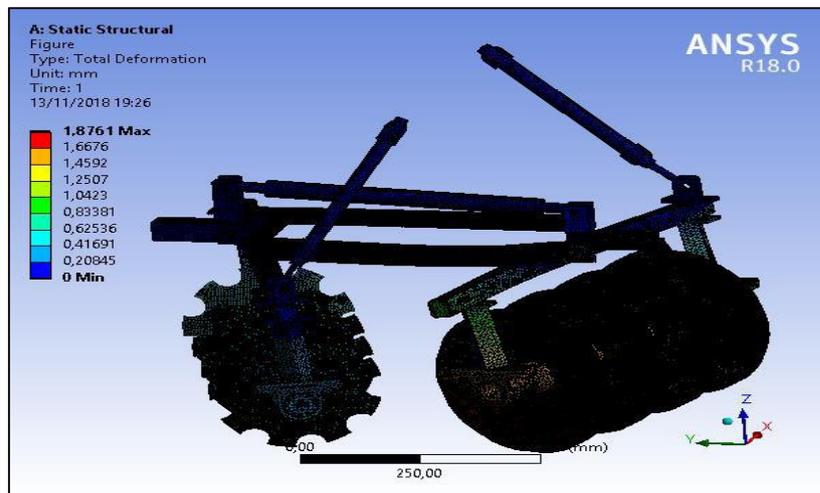


Figura 10-3: Deformación total

Fuente: Autores

Una vez aplicado las cargas se puede evidenciar una deformación total de 1.88 mm, en todo el apero, esto nos indica que existe una deformación mínima en todo el conjunto.

3.3.9.5 Esfuerzo de Von Mises

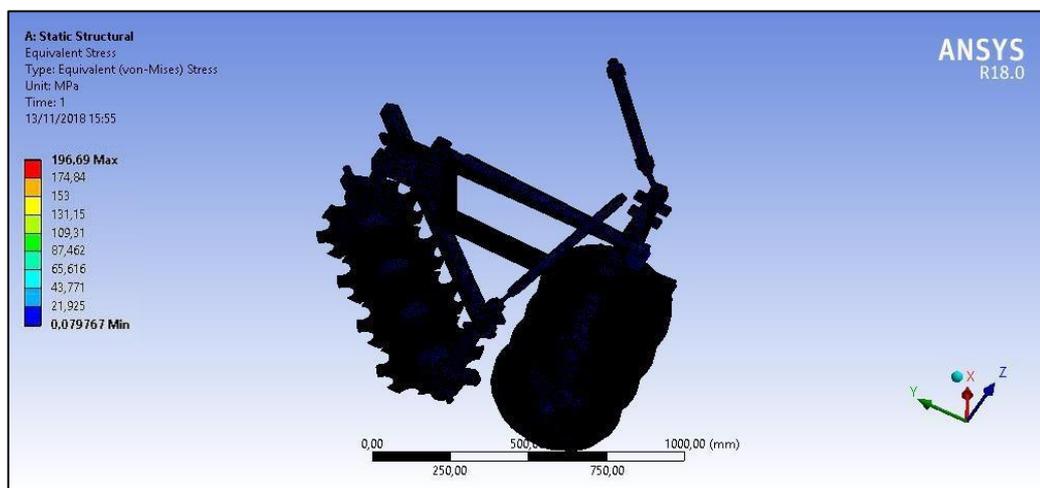


Figura 11-3: Esfuerzo de Von Mises

Fuente: Autores

Se realiza el análisis del esfuerzo de von mises ya que el apero está sometido a diferentes cargas y esfuerzos.

3.3.9.6 Factor de seguridad

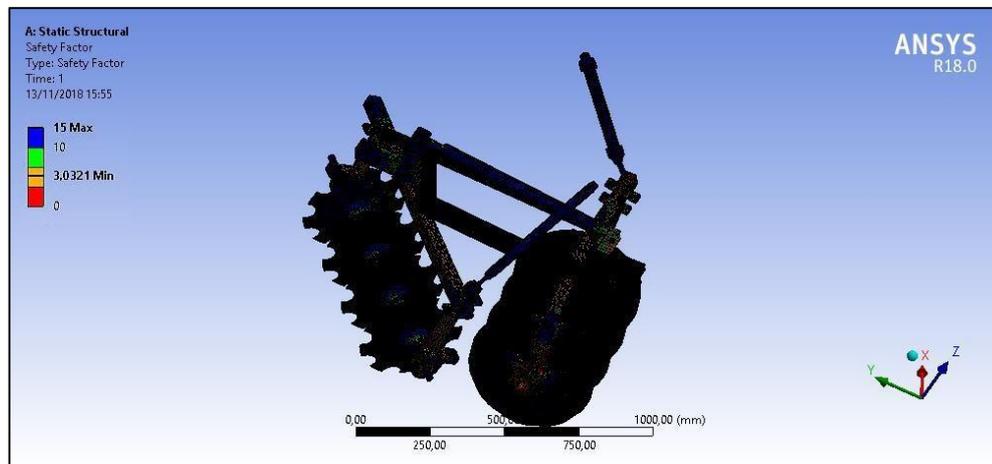


Figura 12-3: Factor de seguridad

Fuente: Autores

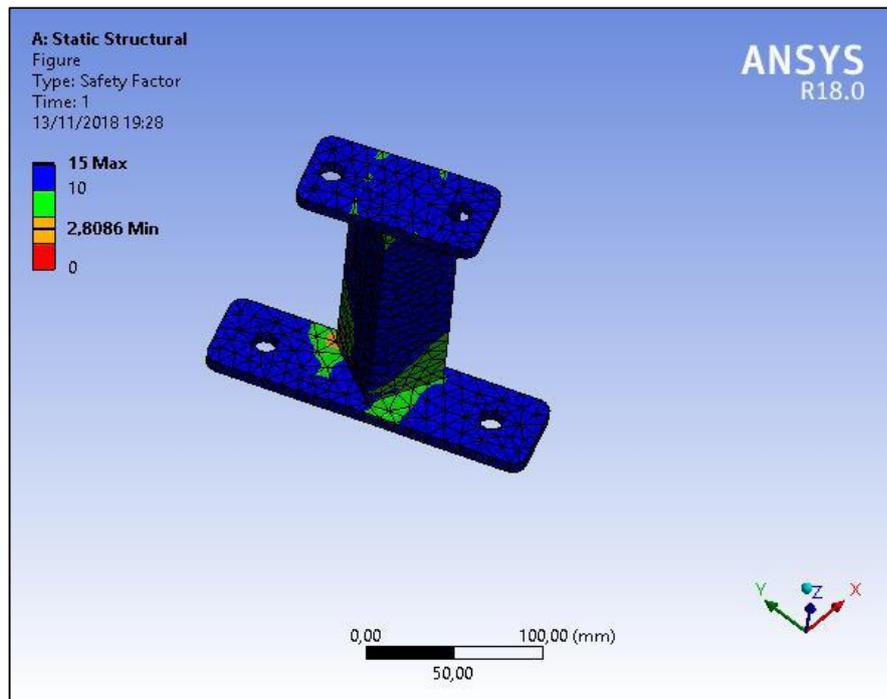


Figura 13-3: Factor de seguridad

Fuente: Autores

Este es uno de los elementos que soporta la mayor carga debido a que en él se apoya los 4 discos, por ello se analizó el factor de seguridad y se obtiene datos favorables. Tomando en cuenta que el factor de seguridad mínimo para herramientas agrícolas es 1.5.

3.4 Construcción del equipo

3.4.1 Planos

El diseño de la optimización del apero bifuncional se basa en la mejora de rendimiento, ergonomía y seguridad del prototipo creado por la Facultad de Mecánica en el año 2017, tomando en cuenta varias especificaciones proyectadas en cada plano de las piezas que constituyen el apero bifuncional.

Tabla 7-3: Denominación y codificación de los planos del apero bifuncional

N° DE LÁMINAS	DESIGNACIÓN	CODIFICACIÓN
1	Conjunto apero bifuncional	FM-CIA-OP-AB-001-2018
2	Conjunto bastidor y tubos guía	FM-CIA-OP-AB-001-01-2018
3	Bastidor	FM-CIA-OP-AB-001-01-01-2018
4	Guía soporte	FM-CIA-OP-AB-001-01-02-2018
5	Brazo soporte	FM-CIA-OP-AB-001-01-03-2018
6	Base soporte para bastidor y tubos guía	FM-CIA-OP-AB-001-01-04-08-2018
7	Acople tensor - tubo guía	FM-CIA-OP-AB-001-01-11-2018
8	Acople del bastidor	FM-CIA-OP-AB-001-01-13-2018
9	Conjunto cuerpo de rastra	FM-CIA-OP-AB-001-02-2018
10	Eje cuadrado	FM-CIA-OP-AB-001-02-01-2018
11	Disco fundición artesanal	FM-CIA-OP-AB-001-02-02-2018
12	Separador	FM-CIA-OP-AB-001-02-05-2018
13	Conjunto cuerpo de disco	FM-CIA-OP-AB-001-03-2018
14	Regulador $\frac{3}{4}$ "	FM-CIA-OP-AB-001-04-2018
15	Tubo regulador de tercer punto	FM-CIA-OP-AB-001-04-02-2018
16	Conjunto tensor	FM-CIA-OP-AB-001-05-2018
17	Tubo regulador de tensor	FM-CIA-OP-AB-001-05-01-2018

Fuente: Autores

3.4.2 Procedimiento tecnológico

Las opciones de manufactura de los elementos que conforman el prototipo del apero bifuncional fueron diseñadas y construidas en su primera etapa por la Facultad de Mecánica en el año 2017, además se añaden nuevos elementos que permiten el mejoramiento del apero para cumplir su optimización y desempeño laboral.

3.4.2.1 Discos de rastra

Tomando en cuenta varias alternativas de fabricación de discos de rastras mediante diversos métodos, se escogió el proceso de fundición en la primera etapa de construcción del prototipo del apero bifuncional.

3.4.2.2 Fundición de discos

La fundición tiene una gran aplicación dentro del campo de fabricación de elementos; esta opción es la más viable al igual que la importación. (Camacho y Vera, 2017: p.69)

Resaltando nuevamente el tema de la construcción en nuestra propuesta tecnológica, la fundición nos permite elegir porcentajes muy cercanos a lo real en pruebas de material requerido para validación y homologación de herramientas e implementos agrícolas. (Camacho y Vera, 2017: p.69)

Los procedimientos para la fundición de los discos de rastra, se detalla a continuación:

- Tomando un disco de un arado de 21 pulgadas; esto con el fin de tener la concavidad y modelar en arena para obtener el primer molde de aluminio.
- En el proceso se cubre de arcilla el disco de 21 pulgadas con el único objetivo de acoplar la superficie al molde de arena y cubrir imperfecciones.
- Una vez establecido el primer molde mediante el uso de un disco de arado de 21” procedemos en obtener el molde para la fundición en aluminio.
- Se mecaniza el disco según las medidas y especificaciones propuestas:

- Diámetro de 14"
- Concavidad de disco
- Discos dentados
- Obtendremos un molde así logramos la forma permanente que funcionara como universal para la fabricación por fundición de discos de rastra de 14", cóncavos y dentados.
- Se realiza el proceso de fundición de los discos que necesitamos para la propuesta tecnológica de discos de rastra.
- El procedimiento final es la mecanización de los discos para darles la forma que previamente se diseñó mediante CAD; cabe resaltar que finalizado este proceso procederemos a los ensayos que validen el disco tanto en material como en trabajo.

3.4.2.3 Surcador

La punta del surcador es la principal parte del implemento agrícola que está sometida al esfuerzo de labranza de tierra; por esto se observa de manera importante el enfoque en priorizar la manufactura de este elemento. (Camacho y Vera, 2017: p.76)

Esto nos llevó a manufacturar otorgando más recursos a esta parte del surcador. Finalmente elegimos darle un tratamiento termoquímico conocido como cementación (Camacho y Vera, 2017: p.76)

Fabricación mediante material SAE 1045 y posterior tratamiento termodinámico

SAE 1045 es un acero con grado de ingeniería de aplicación universal que proporciona un nivel medio de resistencia mecánica y tenacidad a bajo costo con respecto a los aceros de baja aleación. (S.A, CIA. GENERAL DE ACEROS, 2017, pp. 3-6)

Este acero de medio carbono se usa cuando la resistencia y dureza obtenidas por el tratamiento térmico, termoquímico o por deformación en frío son suficientes para satisfacer las condiciones de servicio requeridas. (S.A, CIA. GENERAL DE ACEROS, 2017, pp. 3-6)

El material demuestra características adecuadas para la propuesta tecnológica; acotando a todo lo demás un tratamiento ayudara en la validación y homologación de máquinas e implementos agrícolas en las pruebas de las mismas. (Camacho y Vera, 2017: p.72)

Al finalizar la construcción de cada parte que forma el conjunto de Surcadora, ensamblamos. De igual forma este elemento se sometió a pruebas de materiales y en trabajo de campo. (Camacho y Vera, 2017: p.78)

3.4.2.5 *Elementos optimizados*

A fin de mejorar la eficiencia productiva del apero bifuncional y precautelar la integridad del operario se incorpora al diseño de la primera fase varios elementos que forman parte de la optimización.

Esta optimización consta de elementos como:

- Discos de arado
- Tensores de regulación
- Ampliación de los ejes de los disco
- Ampliación de los largueros del bastidor

3.4.2.6 *Discos de arado*

Las alternativas para la conformación del disco de arado tienen varios métodos, el cual se escogió el proceso de importación de discos seleccionados para optimizar el funcionamiento del apero bifuncional.

3.4.2.7 *Importación de discos seleccionados*

Los discos son parte del arado que realiza el trabajo directamente con el suelo para producir esponjamiento y aireación, el tamaño de los discos en el mercado van desde 26 a 32 pulgadas (660 a 810 mm) con una concavidad de 87 a 120 mm de profundidad y un espesor de 4,5 a 8 mm, la profundidad de trabajo es 35% diámetro del disco. El borde de

los discos esta afilado para poder atacar, trabajar mejor el terreno y disminuir su desgaste prematuro.

Los discos de arado que presenta el mercado son apropiados para suelos con alto porcentaje de arcilla, produciendo una buena respuesta en terrenos pedregosos con abundante vegetación y raíces.

3.4.2.8 Tensores de regulación

Los tensores regulables aseguran que el tensor trabaje en línea recta o tracción, la tensión se realizara girando el cuerpo del tensor hasta obtener el ajuste deseado, así se recomienda pernos en los extremos para asegurar la línea de tensión del motocultor con el apero bifuncional.

El tensor es de tipo argolla-argolla, de acero cincado electrolítico, fabricado según norma DIN 1480.

Las medidas son:

Tabla 8-3: Tamaños de tensores de regulación

TENSOR ARGOLLA-ARGOLLA			
Métrica	Ojal (mm)	Longitud cerrado / abierto (mm)	Cargas de trabajo (Kg)
M12	17	490/640	930
M14	18	500/630	1080

FUENTE: Autores

Los cuerpos de los tensores fueron cambiados a fin reforzar el cuerpo y aumentar la distancia entre el bastidor y los brazos del motocultor y evitar deformaciones en los tensores



Figura 14-3: Tensores DIN 1480 Argolla- Argolla

FUENTE: (DESA.ES)

3.5 Pruebas y funcionamiento

Las actividades para la validación a la optimización del apero bifuncional, tomando en cuenta el diseño y desarrollo en laboratorio, los cuales emplean modificaciones y verificaciones para confirmar los parámetros de construcción de los elementos.

Los elementos se someten a ensayos que acrediten los procesos, mediante la evaluación y actuación de expertos en cada actividad.

3.5.1 *Ensayo de metalografía*

La metalografía es la disciplina que estudia microscópicamente las características estructurales de un metal o de una aleación. La microestructura revelará el tratamiento mecánico y térmico del metal, bajo un conjunto de condiciones dadas, podrá predecirse su comportamiento esperado.

3.5.1.1 *Análisis metalográfico*

Es el estudio microscópico de las características estructurales de un metal o aleación. El estándar más común para el análisis metalográfico es el ASTM E-3.

3.5.1.2 *Tamaño de grano*

El tamaño de grano tiene un notable efecto en las propiedades mecánicas del metal. Los efectos del crecimiento de grano provocados por el tratamiento térmico son fácilmente predecibles.

La temperatura, los elementos aleantes y el tiempo de impregnación térmica afectan el tamaño del grano.

3.5.1.3 *Ataque químico de la muestra*

El propósito del ataque químico es hacer visibles las características estructurales del metal o aleación. El proceso debe ser tal que queden claramente diferenciadas las partes de la micro estructura. Esto se logra mediante un reactivo apropiado que somete a la superficie

pulida a una acción química. Los reactivos que se utilizan consisten en ácidos orgánicos o inorgánicos y los álcalis disueltos en alcohol, agua u otros solventes.

3.5.1.4 *Microestructura de los aceros*

- Ferrita. Solución sólida de carbono en hierro alfa, su solubilidad a la temperatura ambiente es tan pequeña que no llega a disolver ni un 0.008% de C. La ferrita es el más blando y dúctil constituyente de los aceros. Cristaliza en una estructura BCC. Al microscopio aparece como granos monofásicos, con límites de grano más irregulares que la ausenita.
- Cementita. Su composición es de 6.67% de C y 93.33% de Fe en peso. Es el constituyente más duro y frágil de los aceros. Cristaliza formando un paralelepípedo ortorrómbico de gran tamaño. Es magnética hasta los 210°C, temperatura a partir de la cual pierde sus propiedades magnéticas.
- Perlita. Es un constituyente compuesto por el 86.5% de ferrita y el 13.5% de cementita, es decir, hay 6.4 partes de ferrita y 1 de cementita. Cada grano de perlita está formado por láminas o placas alternadas de cementita y ferrita. Esta estructura laminar se observa en la perlita formada por enfriamiento muy lento.
- Austenita. Este es el constituyente más denso de los aceros, y está formado por la solución sólida, por inserción, de carbono en hierro gamma. La proporción de C disuelto varía desde el 0 al 1.76%. La austenita está formada por cristales cúbicos de hierro gamma con los átomos de carbono intercalados en las aristas y en el centro.
- Martensita. Es una solución sólida sobresaturada de carbono atrapado en una estructura tetragonal centrada en el cuerpo. Después de la cementita es el constituyente más duro de los aceros. La martensita se presenta en forma de agujas y cristaliza en la red tetragonal. La proporción de carbono en la martensita no es constante, sino que varía hasta un máximo de 0.89% aumentando su dureza, resistencia mecánica y fragilidad con el contenido de carbono.
- Bainita. Se forma la bainita en la transformación isoterma de la austenita, en un rango de temperatura de 250 a 550°C. El proceso consiste en enfriar rápidamente la austenita hasta una temperatura constante, manteniéndose dicha temperatura hasta la transformación total de la austenita en bainita.

- Ledeburita. La ledeburita no es un constituyente de los aceros, sino de las fundiciones. Se encuentra en las aleaciones Fe-C cuando el porcentaje de carbono en hierro aleado es superior al 2%, es decir un contenido total de 1.76% de C. La ledeburita se forma al enfriar una fundición líquida de carbono, descomponiéndose a partir de esta temperatura en ferrita y cementita.

3.5.1.5 Procedimiento

- **Área de corte**

Consiste en cortar la probeta a la medida requerida, en nuestro caso lo realizamos con la ayuda de una amoladora. El área que se corta siempre debe estar paralela, es decir la superficie a trabajar y una superficie opuesta deben ser paralelas, esto es debido a que la probeta debe ser sometida a varios ensayos. En el caso de los discos de la rastra el corte se hace lo más cercano al centro del elemento, dado que existe una superficie menos cóncava. La probeta debe ser lubricada con agua en el momento del corte por que no deben existir quemaduras ya que al momento de observar su microestructura ésta no sería la adecuada y existiría más presencia de carbono en el área quemada.



Figura 15-3: Probetas de los discos de rastra

Fuente: Autores

- **Área de montaje**

Esta área se utiliza para probetas de dimensiones sumamente pequeña. Mediante una máquina llamada PRONTOPRESS, una resina llamada baquelita y mediante un sistema de enfriamiento. La temperatura alcanzada es alrededor de los 400 °C.

- **Bancos de desbaste**

Cortada la probeta se desbasta el área de estudio mediante lijas y agua, debido a que el agua actúa como aglutinante y las lijas no se desgastan rápido. Se realiza desde el grano más grueso de la lija (120) hasta la más fina (1500). La probeta se desbasta hasta que las rayas producidas por la lija estén en un solo sentido, después se gira 90° la probeta y se realiza el mismo procedimiento. Este proceso dura hasta que se llegue a la lija más fina.



Figura 16-3: Banco de desgaste

Fuente: Autores

- **Área de pulido**

Consta de un banco de pulido que realiza una función parecida al desgaste a diferencia que el material abrasivo en este proceso es un paño. Se realiza el pulido con agua y alúmina (óxido de aluminio). La probeta gira en su propio eje y alrededor del paño para evitar que se formen en la probeta colas de cometas e ir eliminando todas las rayas posibles.



Figura 17-3: Pulido de probetas

Fuente: Autores

- **Lavado de la probeta**

La probeta se la lava con agua, después de pulirla.



Figura 18-3: Lavado de probetas

Fuente: Autores

- **Secado con aire comprimido**

Luego del lavado, la probeta se la seca con aire comprimido, esto reduce el tiempo en la práctica.



Figura 19-3: Secado de probetas

Fuente: Autores

- **Área de ataque químico**

Se realiza el ataque químico con el reactivo Nital al 2% (98% de alcohol y 2% de ácido nítrico) debido a que la probeta es acero al carbono simple. Se colocan unas gotas con

una pipeta del reactivo a la probeta, desde la primera gota se deben esperar 20 segundos. Para detener el ataque químico se lo hace con alcohol y se lava. La probeta se torna de un color oscuro.



Figura 20-3: Ataque químico a las probetas

Fuente: Autores

3.5.1.6 Resultados

Se realiza mediante un microscopio óptico. Una vez que las probetas están bien lisas se procede a colocar en el lente para observar la microestructura. Con la ayuda de una cámara especial se toma fotografías a diferentes medidas entre ellas tenemos a 100x, 200x y 500x. En las siguientes figuras se ilustran la microestructura de las probetas.

La probeta 1 perteneciente al disco de fundición artesanal tiene una estructura de metal de: HIERRO FUNDIDO BLANCO (PERLITA + CEMENTITA)

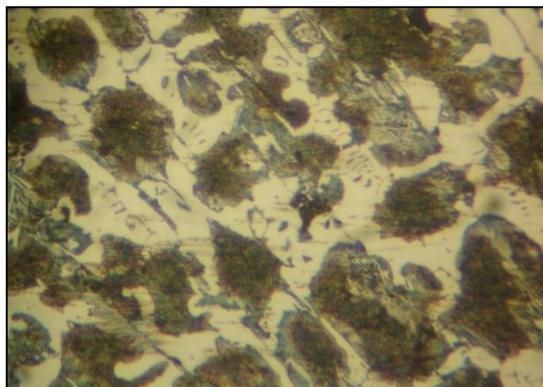


Figura 21-3: (Perlita + cementita) 100x

Fuente: Autores

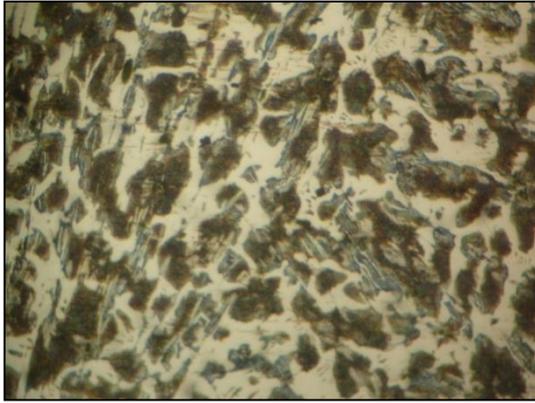


Figura 22-3: (Perlita + cementita) 200x

Fuente: Autores

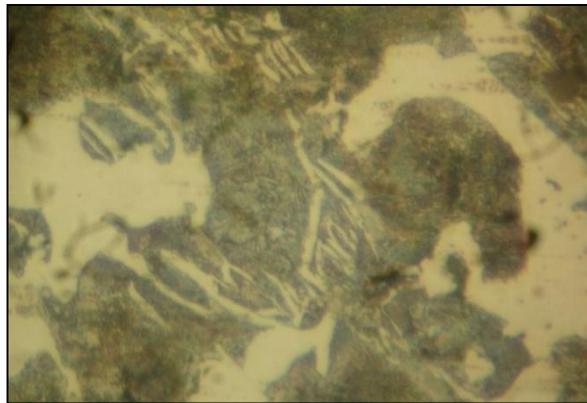


Figura 23-3: (Perlita + cementita) 200x

Fuente: Autores

La probeta 2 perteneciente al disco adquirido en el mercado local tiene una estructura de metal de: (MARTENSITA)

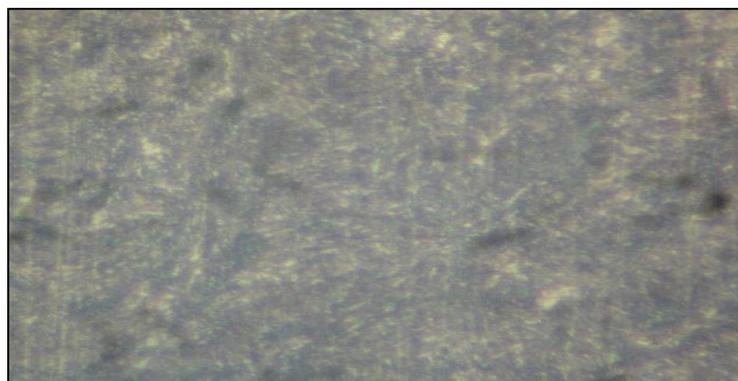


Figura 24-3: Martensita 100x

Fuente: Autores

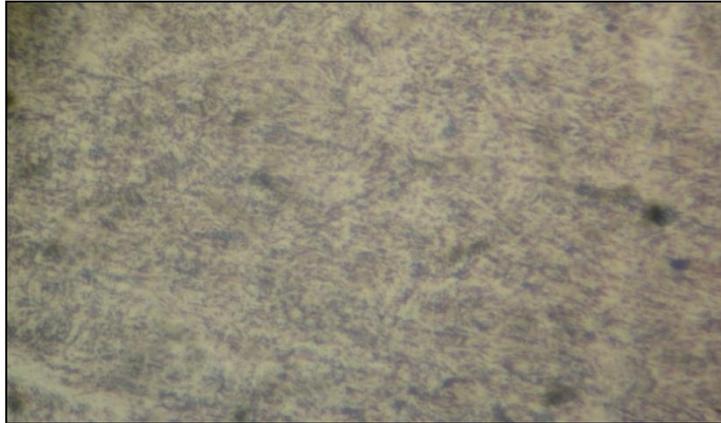


Figura 25-3: Martensita 200x

Fuente: Autores

3.5.2 Ensayo de espectrometría

Mediante la ayuda una máquina Bruker se obtienen los datos, los cuales nos indica la composición exacta en porcentajes del contenido de aleaciones existentes en las probetas, un vez que la maquina entra en funcionamiento a los pocos minutos se obtiene el documento en el cual nos detalla la composición de la probeta.



Figura 26-3: Espectrómetro de emisión óptica

Fuente: Autores

Desde el análisis de trazas en un metal puro hasta altas aleaciones, los espectrómetros de emisión óptica cubren todo el rango espectral al analizar rangos desde el sub-ppm hasta altos niveles de concentración. Todos los elementos importantes pueden ser analizados directamente de manera simultánea.

Bruker Analysis Report					
Sample:					
Analysis Time: 06.06.2018 16:03:44			Method: Fe120		
	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
∅	3,455	0,419	1,066	0,107	>0,180
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
∅	0,381	0,026	0,080	0,383	0,012
	Co [%]	Mg [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]
∅	0,0094	<0,0020	<0,0050	0,0091	0,0062
	W [%]	B [%]	Sn [%]	Fe [%]	
∅	<0,0100	0,0096	0,030	93,24	

Figura 27-3: Reporte de análisis del disco de fundición artesanal

Fuente: (BRUKER)

Bruker Analysis Report					
Sample:					
Analysis Time: 06.06.2018 16:07:42			Method: Fe110		
	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
∅	0,280	0,259	1,475	0,0052	<0,0030
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
∅	0,253	0,026	0,044	0,019	0,062
	Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
∅	<0,0030	<0,0050	0,037	0,0096	<0,020
	B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
∅	0,0041	0,0093	97,52		

Figura 28-3: Reporte de análisis del disco adquirido en el mercado local

Fuente: (BRUKER)

3.5.3 Ensayo de dureza

Consiste en una máquina llamada durómetro. Ésta máquina toma los valores de la dureza Brinell con un indentador esférico de carburo de tungsteno de 2.5 mm de diámetro, se aplica una precarga de 100 N y luego se aplica una carga de 1839 N durante 20 segundos.



Figura 29-3: Identador en disco de fundición artesanal

Fuente: Autores



Figura 30-3: Identador en disco adquirido en el mercado local

Fuente: Autores

3.5.3.1 *Medición de huellas*

Este procedimiento se lo realiza en un microscopio con 2 goniómetros en 2 ejes. Se mide el diámetro de la huella en dos direcciones y se obtiene un promedio para utilizar en la fórmula de dureza Brinell o bien en la verificación de la dureza en tablas.

3.5.3.2 Cálculo de la dureza Brinell

- **Datos**

D= 1.25 mm

d1= 0.98 mm

d2= 1.016 mm

k=30 (para aceros)

- **Solución**

Carga aplicada

$$P = k * D^2 = 30 * 1.25^2 = 46.875 \text{ kgf} \quad (24)$$

Promedio de la huella

$$d = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{0.98 + 1.016}{2} = 0.998 \text{ mm} \quad (25)$$

Dureza Brinell

$$HB = \frac{P}{\frac{\pi D}{2}(D - \sqrt{D^2 - d^2})} = \frac{46.875}{\frac{\pi * 1.25}{2}(1.25 - \sqrt{1.25^2 - 0.998^2})} = 48.002 \text{ HB} \quad (26)$$

- **Respuesta**

La dureza Brinell para la probeta de estudio es de 48.002 HB, valor coincidente con el valor obtenido en la práctica de laboratorio, se obtuvo un valor promedio de 47.7 HB.

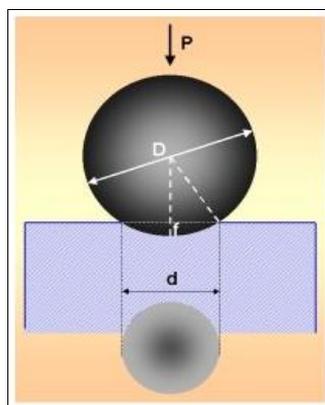


Figura 31-3: Esquema del ensayo de dureza Brinell

Fuente: (upv.es/materiales/Fcm/Fcm02)

3.5.3.3 Estimación de porcentajes de materiales en las probetas

La estimación del porcentaje de ferrita y perlita según la figura 7-6: (Perlita + cementita) 100x, se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{array}{l} 255 \longleftrightarrow 100 \% \\ 135 \longleftrightarrow x \text{ (Perlita)} \end{array}$$

$$x = \frac{135 \cdot 100\%}{255} \quad (27)$$

$$x \text{ (Perlita)} = 52.94\%$$

La cantidad de ferrita se obtiene:

$$100\% = \text{Cementita} + \text{Perlita}$$

$$\text{Cementita} = 100\% - \text{Perlita}$$

$$\text{Cementita} = 100\% - 52.94\%$$

$$\text{Cementita} = 47.06\%$$

Con los valores obtenidos podemos determinar la cantidad de carbono existente en la muestra:

$$\%P \text{ (Perlita)} = \frac{\%C - 0.008}{0.8 - 0.008} * 100\% \quad (28)$$

$$\%C \text{ (Carbono)} = \frac{\%P * (0.8 - 0.008)}{100\%} + 0.008 \quad (29)$$

$$\%C \text{ (Carbono)} = \frac{\%P * (0.8 - 0.008)}{100\%}$$

$$\%C = \frac{(52.94\%) * (0.8 - 0.008)}{100\%} + 0.008 \quad (30)$$

$$\text{TOTAL DE CARBONO} \longrightarrow \%C \text{ (Carbono)} = 3.455\%$$

Este resultado pertenece a la probeta de la rastras de fundición artesanal.

3.5.4 Ensayo de impacto Charpy

El ensayo Charpy es realizado para valorar la capacidad de las probetas de los discos para rastra de absorber energía cuando es impactado por un cuerpo y así determinar su tendencia hacia el comportamiento de fractura frágil o fractura dúctil. Con el ensayo de

impacto Charpy se obtienen resultados muy dispersos, haciendo necesaria la toma de varias muestras de un material, utilizando varias probetas del mismo material en condiciones de temperatura similares; para poder hacer un promedio y obtener un valor aproximado al valor real de la tenacidad.

El ensayo de impacto a menudo se utiliza para evaluar la fragilidad de un material bajo estas condiciones se han diseñado muchos procedimientos, incluyendo el ensayo Charpy y el ensayo Izod. Este último generalmente se utiliza para materiales no metálicos. La probeta puede o no tener muesca, aquella que tiene muesca en V mide mejor la resistencia del material a la prolongación de grietas. (Askeland, 1998, pp. 143-150)

Durante el ensayo, un péndulo pesado inicia su movimiento desde una altura h_0 , describe un arco y posteriormente golpea y rompe la probeta: llega a una altura h_f menor. Si se conocen las alturas inicial y final del péndulo, se puede calcular la diferencia de su energía potencial. Esta diferencia es la energía de impacto absorbida durante la falla o ruptura de la probeta. (Askeland, 1998, pp. 143-150)

En el caso del ensayo Charpy, la energía por lo general se expresa en libra-pie (lb.pie) o en joule (J) donde $1\text{lb.pie} = 1.356\text{ J}$, los resultados del ensayo Izod se expresan en lb.pie/plg o J/m, la capacidad de un material para resistir cargas de impacto, a menudo se conoce como tenacidad del material. (Askeland, 1998, pp. 143-150)

3.5.4.1 Actividades a desarrollar

Equipos:

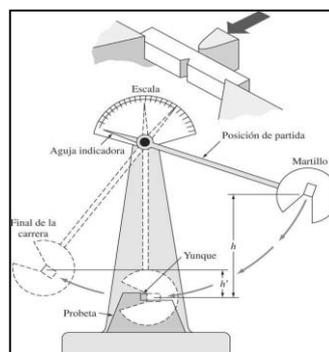


Figura 32-3: Esquema de un aparato para la prueba de impacto

Fuente: (Smith, 2006)

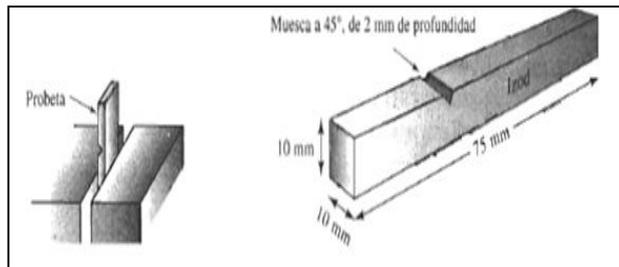


Figura 33-3: Ensayo Izod

Fuente: (Askeland, 1998)

- Péndulo Charpy I

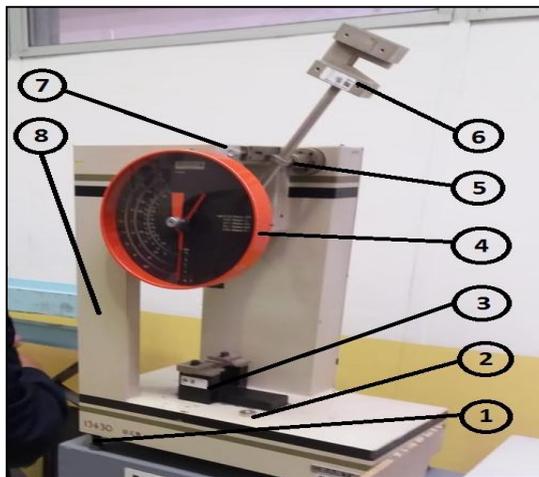


Figura 34-3: Péndulo Charpy I

Fuente: Autores

Partes:

1. Pies de nivelación de tornillo
2. Nivel
3. Soporte de la probeta
4. Conjunto: Regleta graduada – Perilla de puesta a cero
5. Bloqueo
6. Martillo
7. Pulsador de desbloqueo
8. Estructura



Figura 35-3: Péndulo Charpy II

Fuente: Autores

Partes:

1. Estructura
2. Soporte de la probeta
3. Martillo
4. Protector de Seguridad
5. Regleta graduada
6. Perilla de puesta a cero
7. Pulsador de desbloqueo
8. Bloqueo

Resistencia a la fractura, las pruebas de impacto tal como se han descrito, facilitan datos cuantitativos comparativos mediante probetas y equipos relativamente simples. Sin embargo, estos ensayos no proporcionan los datos adecuados para el diseño de secciones de materiales que contienen fisuras o defectos. Este tipo de datos se obtienen a partir de la disciplina de la mecánica de la fractura, en la cual se realiza análisis teóricos y experimentales de la fractura de materiales estructurales que contienen fisuras o defectos preexistentes. (Smith, 2006, pp. 276-282.)

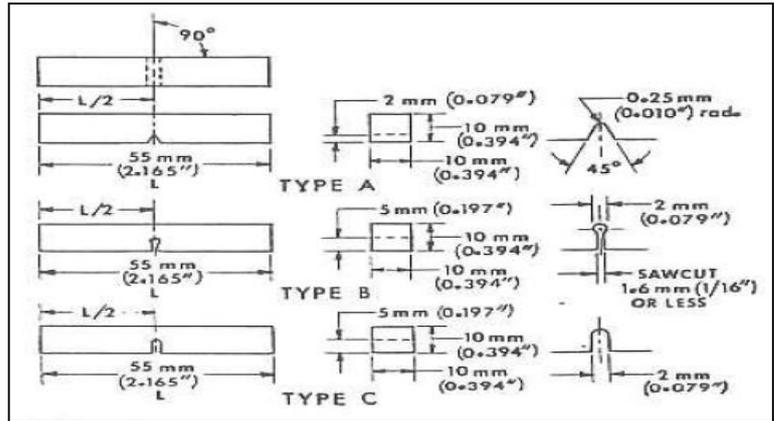


Figura 36-3: Tipos de entalles

Fuente: (Norma ASTM E-23)

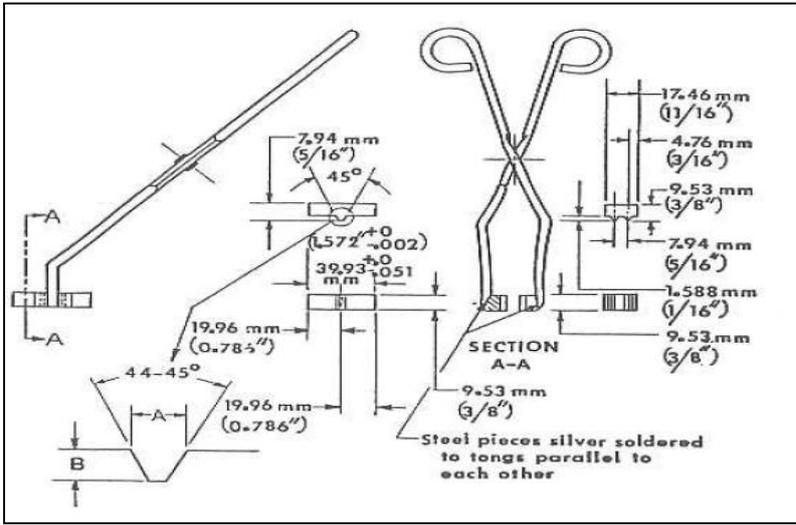


Figura 37-3: Medidas permisibles del brazo de colocación de probetas

Fuente: (Norma ASTM E-23)

- Probetas**

En este ensayo utilizaremos las medidas del tipo A indicados anteriormente en la norma:



Figura 38-3: Forma de la probeta

Fuente: Autores

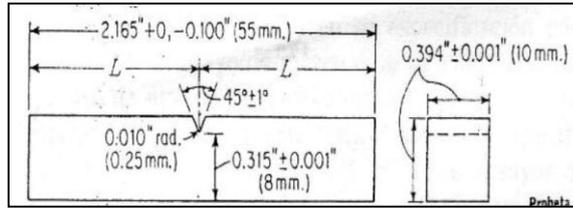


Figura 39-3: Medidas de la probeta

Fuente: NORMA ASTM E-35

Tabla 9-3: Medidas Standard de la probeta

Longitud	55mm
Ancho	10mm
Espesor	10mm
Ángulo del Entalle	45°
Ancho del Entalle	3mm

Fuente: Autores

3.5.4.2 Resultados obtenidos

- **Obtención de datos**

Tabla 10-3: Datos de las probetas

N° de probetas	Discos de fundición artesanal			Discos comerciales		
	1	2	3	1	2	3
Longitud (mm)	56	55	55,5	55	57	55
Ancho (mm)	10,7	10,4	10,2	10	9	10,5
Espesor (mm)	10	10	10	4	4	4
Ángulo del entalle	45°	45°	45°	45°	45°	45°
Ancho del entalle (mm)	4	3,5	5,2	5	6	5
Energía absorbida (J)	1,65	1,63	1,58	120	160	130

Fuente: Autores

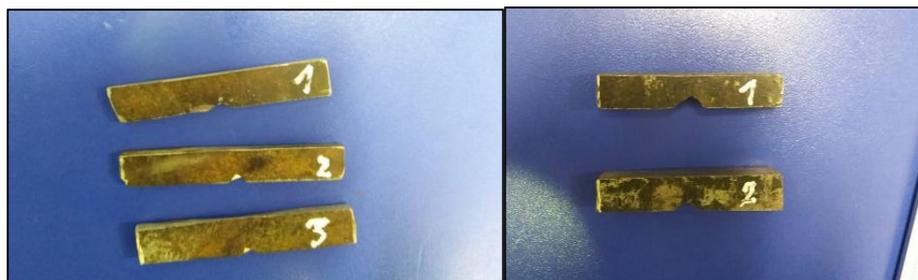


Figura 40-3: Probetas listas para el ensayo

Fuente: Autores

- **Procesamiento de Datos**



Figura 41-3: Lectura de la energía absorbida en los péndulo Charpy I & II

Fuente: Autores

Obtención de la resiliencia mediante la fórmula:

$$K = \frac{Ea}{A} \quad (31)$$

Ea: Energía Absorbida

A: Área de impacto

Tabla 11-3: Área de impacto y resiliencia

Nº de probetas	Discos de fundición Artesanal			Discos comerciales		
	1	2	3	1	2	3
Área de Impacto cm ²	59.92	57.2	56,61	55	57	55
K (kgf.m/cm²)	0.0275	0.0285	0.0279	2.182	2.807	2.364

Fuente: Autores

- **Resultados**

La resiliencia de los discos de Fundición Artesanal corresponde a 0.028 kgf.m/cm² y la resiliencia de los discos de adquisición comercial corresponde a 2.451 kgf.m/cm².

Existe una diferencia muy notable, en la resiliencia y en la energía absorbida por las probetas esto es debido a la presencia de carbono, en el ensayo de espectrometría pudimos observar el alto porcentaje de carbono con el 3.46% para el disco de fundición

artesanal y 0.28% para el disco del mercado local, el carbono es el material que aumenta o reduce la resistente al impacto.

Para la obtención de la energía absorbida de las probetas del disco de fundición artesanal se utilizó el péndulo Charpy I, tomando en cuenta que el mismo tiene una escala menor de medición de la energía, ya que las probetas al momento de realizar el corte se pudo evidenciar muchas discontinuidades en la solidificación.



Figura 42-3: Probeta de disco comercial ensayada

Fuente: Autores



Figura 43-3: Probeta de disco de fundición artesanal ensayada

Fuente: Autores

Las probetas al momento de realizar el ensayo se encuentran a temperatura ambiente, debido a la aplicación en la labranza de suelo mantiene una temperatura ambiente, el cambio depende de las adversidades climáticas que se deben de tomar en cuenta en el informe de dureza y humedad del suelo.

3.5.5 Ensayo de desgaste

3.5.5.1 Ensayo de desgaste acelerado ASTM

El ensayo de desgaste acelerado según norma ASTM G-65 es realizado para evaluar la resistencia al desgaste abrasivo en materiales comúnmente utilizados en movimientos de tierras, así como también obtener el volumen perdido de las probetas al someter a un sistema de abrasión con arena Ottawa circulando con caudal constante de 250g/min, durante 10 minutos. Esto nos permite optimizar los discos de rastra en base a los desgastes obtenidos.

Actividades a realizar

Equipos

- **Máquina de desgaste Acelerado**

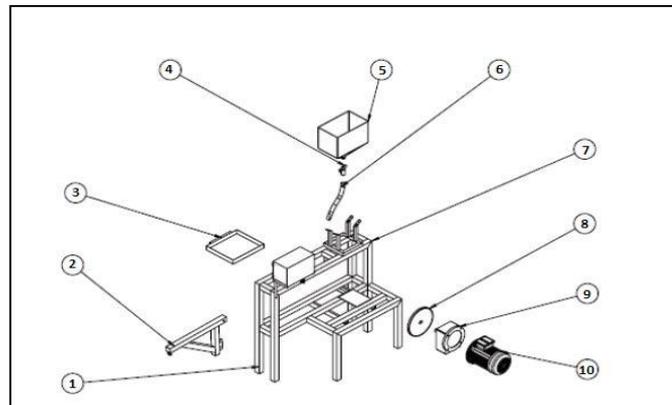


Figura 44-3: Máquina de desgaste acelerado

Fuente: (Bravo y Castillo, 2017)

Partes:

1. Bastidor
2. Brazo porta probeta
3. Bandeja para material abrasivo
4. Válvula reguladora de caudal
5. Tolva
6. Conducto de alimentación de abrasivo

7. Bases de la tolva
8. Disco de desgaste
9. Reductor
10. Motor 3450 rpm

Herramientas

- **Calibrador**

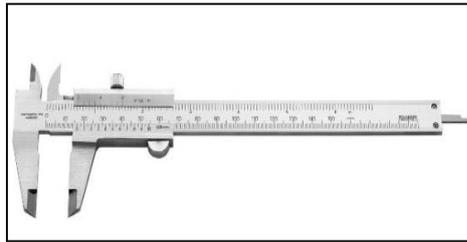


Figura 45-3: Calibrador

Fuente: Autores

- **Tamizador**



Figura 46-3: Tamizador

Fuente: Autores

- **Balanza**



Figura 47-3: Balanza

Fuente: Autores

- **Cronometro**



Figura 48-3: Cronometro

Fuente: Autores

- **Probetas**

Siguiendo las recomendaciones de la norma obtuvimos las probetas con las dimensiones 3" de largo x 1" ancho x 0.5" espesor. La probeta (a) es del disco de fundición artesanal mientras que (b) es del disco de mercados locales.



Figura 49-3: Probetas listas para el ensayo

Fuente: Autores

Efectuó el diseño y la construcción de una máquina de desgaste abrasivo basándose en la norma ASTM G-65, para ello utilizó programas de elementos finitos así como teoría de resistencia de materiales, donde logró obtener las dimensiones, materiales y geometrías más apropiadas para los diferentes componentes del equipo. (Gutiérrez et al., 2015, p.217)

Una vez construido el equipo realizó la calibración de las variables más importantes del equipo, como son: dureza del recubrimiento de caucho, humedad y flujo de arena, fuerza ejercida sobre la probeta y velocidad del ensayo. Luego realizó ensayos de desgaste bajo el procedimiento B de la norma ASTM G 65, utilizando probetas de acero AISI 1020. Finalmente obtuvo las siguientes conclusiones: El control de las variables del equipo, la

dureza y el acabado superficial de las muestras a ensayar es un factor muy importante en la repetitividad de los resultados de desgaste abrasivo. (Gutiérrez et al., 2015, p.217)

Realizó el diseño de una máquina que simula el desgaste abrasivo en seco, según los parámetros de la norma ASTM G-65 y el desgaste por abrasión húmeda expuesto en la norma ASTM G-105. El autor fusionó ambos métodos y expuso una configuración que permite cumplir a cabalidad dichos procedimientos; para ello realizó un análisis para el cálculo y evaluación de las resistencias mecánicas, cargas y esfuerzos para determinar la geometría de diseño; así como parámetros mecánicos y físicos utilizando teorías de cálculo de resistencia de materiales. Luego, determinó los materiales y dimensiones más apropiados, valiéndose de herramientas de simulación y utilizando un factor de seguridad que aumentara el grado de confiabilidad del equipo. (Soto, 2013, p.2)

La Tribología es la ciencia y tecnología que estudia las superficies que están en contacto y movimiento relativo, así como los fenómenos que de ellos se derivan. Por lo que la fricción, desgaste y lubricación son tópicos fundamentales de esta ciencia. (Zum Gahr, 1987, pp.96-98)

De acuerdo a la norma DIN 50320, el desgaste se define como la pérdida progresiva de material de la superficie de un cuerpo sólido. Esta pérdida de material es ocasionada por fenómenos mecánicos y químicos, el material removido puede ser expulsado, transferido a la otra superficie o quedar atrapado dentro del sistema. (López, 2004, p.13)

El desgaste en la industria no ocasiona fallas violentas, pero genera consecuencias funcionales, tales como:

- Reducción de la eficiencia
- Mayor consumo de energía
- Pérdidas de potencia y la generación de calor en los componentes, debido al aumento de los coeficientes de fricción.
- Incremento del consumo de lubricantes
- Reemplazo de componentes desgastados

Si se agrupan los ítems mencionados anteriormente, se pueden determinar los tiempos muertos de la maquinaria y su gran impacto económico; por ello, en la actualidad la industria en general, se ha interesado en el estudio de los fenómenos y beneficios tribológicos, que se pueden tener, si son bien aplicados.

Equipos

- **Máquina de desgaste acelerado**



Figura 50-3: Máquina de desgaste acelerado

Fuente: Autores

El equipo está construido según la norma ASTM G-65, tiene las siguientes características: el flujo de abrasivo es de 310 g/min, la velocidad de rotación del disco abrasivo es 192 rev/min, y la dureza del recubrimiento del caucho del disco de abrasión es Shore A60, cumpliendo todos los parámetros de construcción de la norma.

Norma

Para el diseño y la construcción del equipo de arena seca y rueda de caucho, se tuvo en cuenta los parámetros especificados en la norma (ASTM G-65, pp.217-224)

Los procedimientos realizados para la calibración de cada una de las variables, se especifican a continuación. (ASTM G-65, pp.217-224)

Velocidad del motor. Para asegurar que la velocidad del motor fuera constante y estuviera dentro de norma, se introdujo al sistema de control un PLC de 4 salidas. (ASTM G-65, pp.217-224)

Dureza del recubrimiento de caucho. Esta dureza se tomó en cuatro puntos al entorno, cada uno separado 90° sobre la periferia de la rueda. Este valor concuerda con el certificado de calidad de la empresa fabricante. (ASTM G-65, pp.217-224)

Diámetro del recubrimiento de caucho. Se midió el diámetro utilizando un calibrador Vernier para asegurar que estuviese dentro de los parámetros establecidos. Adicionalmente se verificó el concéntrico del recubrimiento con un comparador de caratula. (ASTM G-65, pp.217-224)

Fuerza de ensayo. Dado a que la fuerza ejercida sobre la probeta se aplica por medio de pesas ubicadas en el extremo del brazo mecánico, fue necesario calcular la masa de éstas por medio de una sumatoria de momentos. Para ello, se fabricaron dos pesas que ejercen una fuerza de 130 y 45 N sobre la probeta; luego, para verificar estos valores se realizaron varias tomas, utilizando un dinamómetro de 0 a 25 kg. (ASTM G-65, pp.217-224)

Abrasivo. Se utilizó arena Ottawa sílice, su morfología corresponde a un grano redondeado. (ASTM G-65, pp.217-224)

Humedad del abrasivo. Se determinó sometiendo 100g de arena a una temperatura de 105°C durante una hora. Se efectuaron 10 repeticiones. (ASTM G-65, pp.217-224)

Tamaño de grano del abrasivo. Para determinar el tamaño de arena óptimo, se utilizaron tamices de la serie Tyler. (ASTM G-65, pp.217-224)

Flujo de arena. Para calibración de este parámetro, se dejó pasar arena por la boquilla durante un minuto y posteriormente se pesó. Se efectuaron 15 repeticiones. (ASTM G-65, pp.217-224)

Teniendo las variables del equipo calibradas, se prosiguió a efectuar las pruebas de desgaste abrasivo, según el procedimiento B de la norma ASTM G-65, utilizando los parámetros mostrados en la siguiente tabla. (ASTM G-65, pp.217-224)

Tabla 12-3: Procedimiento para ensayos de desgaste abrasivo Norma ASTM G-65

Procedimiento ASTM	Fuerza ejercida/Probeta (N)	Revoluciones de la rueda	Abrasion lineal (m)
B	130	200	1436

Fuente: Autores

El parámetro principal para determinar el desgaste abrasivo, es la pérdida de masa tal como se muestra.

$$Vp = \frac{(Pi - Pf)}{\delta} * 1000 \quad (32)$$

Donde:

Vp = Volumen perdido en mm³

Pi = Peso inicial de la probeta en g

Pf = Peso Final de la probeta en g

δ = Densidad del material

Es importante verificar que la huella sobre la probeta se encuentre centrada y sea uniforme; tal como se observa en la siguiente figura tomada de la norma. Un patrón no uniforme indica una incorrecta alineación de la rueda, variaciones en el flujo de arena o que la geometría de la probeta no es uniforme.

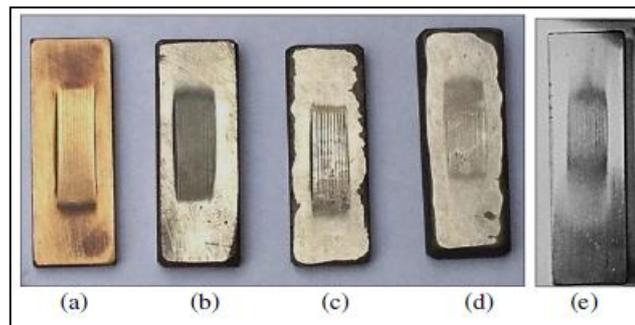


Figura 51-3: Huellas de desgaste abrasivo obtenidas en el equipo construido.

(a)Bronce, (b) Fundición, (c) Nitec, (d)Metaceram, (e)Huella según norma ASTM G-65

Fuente: (NORMA ASTM G-65)

Resultados Obtenidos

- **Obtención de datos**

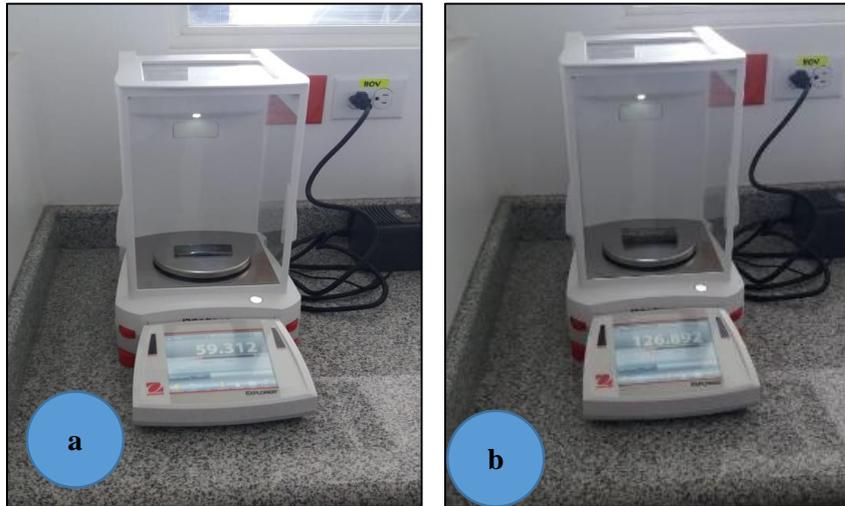


Figura 52-3: Peso inicial de las probetas

Fuente: Autores

Una vez que las probetas tenían las medidas de acuerdo a la norma, procedimos a medir su masa. Obteniendo su peso inicial (P_i) de 59.312 gramos para el disco de adquisición en mercado local y 126.892 gramos para el de fundición artesanal.

Tomando en cuenta las normas de seguridad de la máquina y siguiendo los parámetros de la norma: se regula en caudal. Obteniendo 340 g/min que está dentro del rango de lo que especifica la norma.



Figura 53-3: Regulación de caudal

Fuente: Autores

Se coloca la pesa en el brazo, para este tipo de material la norma nos dice que utilizaremos la pesa de 130 N.



Figura 54-3: Colocación de la pesa

Fuente: Autores

Con la precaución necesaria se pone la maquina en funcionamiento, con la ayuda del cronometro realizamos el ensayo durante 10 minutos. Terminado el proceso se procede a pesar la probeta para obtener el peso final (Pf) y continuar con el procesamiento de los datos.



Figura 55-3: Maquina de desgaste en funcionamiento

Fuente: Autores

- **Procesamiento de datos**

Tabla 13-3: Materiales ensayados

MATERIAL	COMPOSICIÓN QUIMICA	DUREZA (HB)	DENSIDAD (g/cm³)
Hierro Fundido Blanco	3.455C + 0.419Si + 1.066Mn + 0.107 P + 93.24 Fe	47,83	16.875
Martensita	0.280C + 0.259Si + 1.475Mn + 0.0052P + 97.52Fe	47	7.904

Fuente: Autores

Aplicamos la ecuación para obtener el volumen perdido de las probetas:

$$V_p = \frac{(126.892 - 124.768)}{16.875} * 1000 = 125.867 \text{ mm}^3 \quad (33)$$

$$V_p = \frac{(59.312 - 58.4246)}{7.904} * 1000 = 112.272 \text{ mm}^3 \quad (34)$$

- **Presentación de resultados**

El volumen perdido para los discos se presenta en la siguiente tabla.

Tabla 14-3: Volumen perdido de los discos

MATERIAL	VOLUMEN PERDIDO mm³	TIPO DE DISCO
Hierro Fundido Blanco	125.867	Disco de fundición artesanal
Martensita	112.272	Disco adquirido en el mercado local

Fuente: Autores

3.5.5.2 Ensayo de desgaste acelerado SAT

El ensayo de desgaste acelerado según norma SAT es realizado para comprobar cuál es el tipo de suelo que produce mayor desgaste en los discos de la rastra dependiendo de la velocidad de la máquina, humedad del suelo y tipo de suelo.

La velocidad de la máquina de desgaste es controlado mediante un variador de frecuencias, el tiempo necesario para obtener el volumen perdido es de dos horas.

Actividades a realizar

Equipos

- **Máquina de desgaste acelerado**



Figura 56-3: Máquina de desgaste acelerado

Fuente: Autores

Herramientas

- **Higrómetro**



Figura 57-3: Higrómetro

Fuente: Autores

- **Balanza Romana de Mano**



Figura 58-3: Balanza romana de mano

Fuente: Autores

- **Cronómetro**



Figura 59-3: Cronómetro

Fuente: Autores

El desgaste se define como la remoción progresiva de material de la superficie de un cuerpo en contacto con otro cuerpo y en movimiento relativo con respecto a este. También se expresa como el peso o volumen perdido por unidad de deslizamiento. El desgaste es un valor que se debe cuantificar en todo fenómeno tribológico, ya que debido al mismo

se estima que existe una pérdida de entre 6 % y 7 % del precio interno bruto de un país. De ahí parte la importancia del desgaste y del control de sus efectos. Resulta menos costoso el diseño de equipos y sus partes, de mayor resistencia al desgaste, que el reemplazo de estos por poseer una corta vida útil. (Potenza, 2004, p.18)

La velocidad de abrasión depende de cuatro factores:

- La característica de cada una de las superficies
- La presencia de abrasivos entre ellas
- La velocidad de contacto
- Condiciones de contacto

La abrasión se categoriza típicamente de acuerdo al tipo de contacto, como también el contacto con el ambiente. Los tipos de contacto incluyen:

- Desgaste de dos cuerpos: ocurre cuando un abrasivo se desliza a lo largo de una superficie, donde el material más duro desprende material del más blando.
- Desgaste de tres cuerpos: ocurre cuando un abrasivo es atrapado entre dos superficies, donde el tercer elemento (usualmente partículas duras) se ubica entre las dos superficies deslizantes, incrustándose en una y desprendiendo material en la otra.

La evaluación de la resistencia al desgaste ha sido tradicionalmente utilizada por los ingenieros de materiales con el objeto de optimizar la selección de materiales o mejorar su desempeño para una aplicación específica. El desgaste trae como consecuencia: la reducción de la eficacia de operación, pérdida de potencia por fricción, incremento del consumo de lubricantes, conduce eventualmente al reemplazo de componentes desgastados y a la obsolescencia de las máquinas en su totalidad. Los factores que influyen en el desgaste se encuentran resumidos en la siguiente figura. (Días del Castillo F, 2014, pp.11-14)

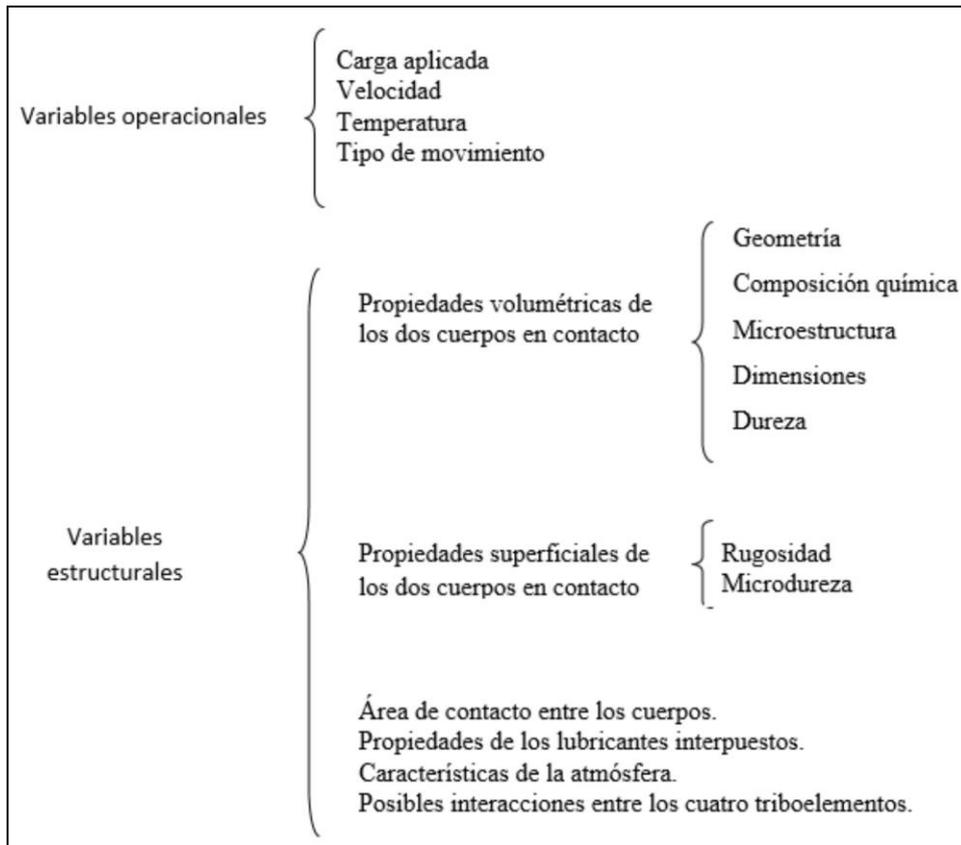


Figura 60-3: Factores que influyen en el desgaste de los materiales

Fuente: (Potenza, 2004)

Resultados

- Obtención de datos



Figura 61-3: Peso inicial del disco

Fuente: Autores



Figura 62-3: Medición de la humedad del suelo
Fuente: Autores

- **Procesamiento de datos**



Figura 63-3: Suelos para el ensayo
Fuente: Autores

- **Resultados**

Tabla 15-3: Valores medios de la resistencia específica para distintos suelos

Arcillo-limonoso	$\mu = 7 + 0.049 v^2$
Franco-arcilloso	$\mu = 6 + 0.049 v^2$
Franco-arcillo-limonoso	$\mu = 4.8 + 0.024 v^2$
Franco	$\mu = 3 + 0.020 v^2$
Limo-arenoso	$\mu = 3 + 0.032 v^2$
Franco-arenoso	$\mu = 2.8 + 0.013 v^2$
Arenoso	$\mu = 2 + 0.013 v^2$

Fuente: (Cañavate, 2012)

Tabla 16-3: Perdida de material en ensayo de desgaste acelerado SAT

PERDIDA (gramos)		
Tipo de disco	Suelo húmedo	Suelo seco
Disco de fundición artesanal	38.4	18.3
Disco adquirido en el mercado local	6.3	3.8

Fuente: Autores

3.6 Análisis de resultados

3.6.1 Capacidad de trabajo

3.6.1.1 Trabajo teórico

La capacidad de trabajo teórica St , es la que realiza una máquina si trabaja, sin ningún tipo de interrupción, a su velocidad normal de trabajo v , y cubriendo siempre la totalidad de la anchura teórica. Viene expresada en hectáreas por hora (ha/h) para todo tipo de máquinas en el campo, o también en toneladas o quintales por hora, para máquinas cosechadoras, de carga, etc. Esta capacidad de trabajo es la que se da generalmente en los folletos de máquinas. (Cañavate, 2012, p. 21)

Cálculo para selección de variables

Datos del motocultor YTO DF 15L:

$a = 0.60m$ (Ancho del apero)

$v =$ (Tabla velocidades de trabajo típicas)

$\eta_e = 0.85$ (Rendimiento efectivo universal)

$F = 221kgf$ (Fuerza de tracción)

Tabla 17-3: Velocidades de trabajo típicas para diversas máquinas

LABOREO	Intervalo (km/h)	Velocidad (km/h)
Subsolador	4 a 8	6
Cultivador Rotativo Accionado	2 a 8	6
Cultivador en Línea	5 a 11	8
Grada de Discos	5 a 10	9

Arado (Discos o Vertedera)	5 a 9	7
Cilindro Desterronador	7 a 12	10
Grada Rotativa de Estrellas	8 a 16	13
Cultivador de Púas	8 a 13	11
Fresadora	2 a 7	5

Fuente: (ANUARIO DE LA ASABE)

St = Capacidad de trabajo teórico

$$St \text{ máxima} = \frac{a.v}{10} \quad (35)$$

$$St = \frac{(1m) \left(\frac{10km}{h} \right)}{10}$$

$$St = 1 \text{ ha/h}$$

$$St \text{ mínima} = \frac{a.v}{10} \quad (36)$$

$$St = \frac{(1m) \left(\frac{5km}{h} \right)}{10}$$

$$St = 0,5 \text{ ha/h}$$

TE = Tiempo eficaz

$$TE \text{ máxima} = \frac{1}{St} \quad (37)$$

$$TE = \frac{1}{1 \text{ ha/h}}$$

$$TE = 1 \text{ h/ha}$$

$$TE \text{ mínima} = \frac{1}{St} \quad (38)$$

$$TE = \frac{1}{0,5 \text{ ha/h}}$$

$$TE = 2 \text{ h/ha}$$

3.6.1.2 Trabajo efectivo

La capacidad de trabajo efectiva Se , es menor en la utilización práctica de la máquina, como consecuencia de los tiempos gastados en las vueltas en las cabeceras,

recubrimiento, carga y descarga de los productos, etc. Resulta así evidente la ventaja de parcelas grandes, especialmente las rectangulares alargadas y una correcta organización de las labores para obtener buenos rendimientos. (Cañavate, 2012, p. 22)

Se = Capacidad de trabajo efectivo

$$\frac{Se}{St} = \eta e \quad (39)$$

$$Se \text{ máxima} = \eta e * St \text{ máxima} \quad (40)$$

$$Se = (0.85)(1)ha/h$$

$$Se = 0.85 \text{ ha/h}$$

$$Se \text{ mínima} = \eta e * St \text{ mínima} \quad (41)$$

$$Se = (0.85)(0.5)ha/h$$

$$Se = 0.425 \text{ ha/h}$$

te = Tiempo efectivo

$$te \text{ máxima} = \frac{1}{Se} \quad (42)$$

$$te = \frac{1}{0.85}$$

$$te = 1.176 \text{ h/ha}$$

$$te \text{ mínima} = \frac{1}{Se} \quad (43)$$

$$te = \frac{1}{0.425}$$

$$te = 2.353 \text{ h/ha}$$

3.6.1.3 Pruebas de campo

La prueba de campo se realizó en suelo franco limoso en el cantón Chambo, por un lapso de dieciséis horas laborables (2 días), las primeras ocho horas fue en el rompimiento de solera y las siguientes ocho horas fueron en el laboreo del suelo, estas pruebas se realizaron una vez modificado el diseño del apero bifuncional del motocultor YTO DF-15L diseñado y construido por la facultad de mecánica en el año 2017. Se pudo evidenciar la eficiencia, la ergonomía y la seguridad que presenta el motocultor para el operador.

Actividades a desarrollar

Equipos

- **Motocultor con el apero**

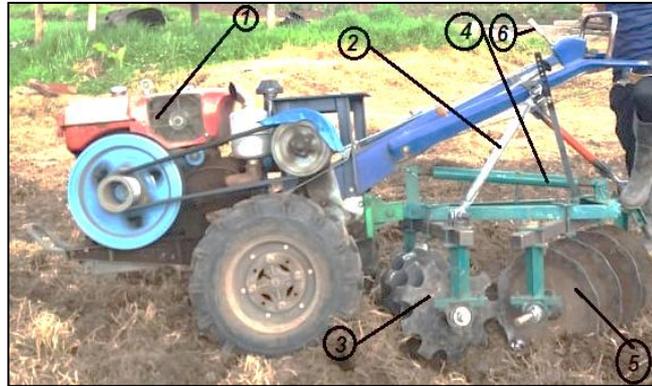


Figura 64-3: Motocultor con el apero

Fuente: Autores

Partes:

1. Motor
2. Regulador $\frac{3}{4}$ del nivel de los bastidores
3. Discos de fundición artesanal
4. Regulador $\frac{3}{4}$ de profundidad para los brazos de los discos
5. Discos adquiridos en el mercado local
6. Palanca selectora de marchas

Herramientas

- **Higrómetro**



Figura 65-3: Medición de suelo con higrómetro

Fuente: Autores

- **Penetrómetro**



Figura 66-3: Penetrómetro

Fuente: Autores

Los motocultores conocidos también como tractores mono eje (un sólo eje de ruedas), son máquinas polivalentes que ofrecen grandes posibilidades en la agricultura minifundista (pequeñas explotaciones), en la agricultura de ocio, en los servicios municipales o terciarios y como complemento del tractor en la agricultura profesional latifundista, sobre todo en explotaciones hortofrutícolas y vitivinícolas (Laboreo, 2009, pp. 54-57)

La actividad agrícola ha sido la base de la oferta exportable ecuatoriana por más de dos siglos; por lo mismo las tendencias mundiales entorno a la agricultura tienen relación directa con el desempeño económico y el bienestar de la población vinculada a ella. Estas tendencias definen el marco de acción, restricciones y potencialidades para la producción agropecuaria y sus productores. (MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA, 2016, p.35)

Tradicionalmente, la producción agrícola sustentó la estructura productiva: exportable en la Costa (cacao, banano, café), y para el consumo interno en la Sierra (granos, legumbres y frutas). A partir de 1973 el País perdió su condición de “predominantemente agrícola” y, en su lugar, paso a combinar la explotación petrolera con la agropecuaria, especialización económica que se mantiene. (MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA, 2016, p.35)

La ergonomía cuando tomamos en consideración los movimientos involucrados en la actividad diaria del operador y mejoramos su interacción con la máquina en términos

de eficacia, seguridad y confort, estamos hablando de la ergonomía. (Laboreo, 2009, pp. 54-57)

Para que sea la máquina la que se adapta a quién la usa y no al contrario, se tiene que tener en cuenta algunos aspectos importantes: Las manceras (manillar) deben ser regulables en altura para asegurar la posición correcta del operario, además de ser reversibles para poder adaptar aperos frontales, tales como una barra de siega por ejemplo. También tienen que estar provistas de algún tipo de sistema anti-vibraciones mediante silent blocks, ya que la reducción de las vibraciones se traduce en menor fatiga para el operador. (Laboreo, 2009, pp. 54-57)

La seguridad en el motocultor es una máquina pionera en el trabajo de las labores agrícolas que en su dilatada vida ha permitido la incorporación de muchos sistemas de seguridad. (Laboreo, 2009, pp. 54-57)

En materia de seguridad, los principales aspectos a verificar son:

- El motocultor debe contar con un dispositivo que, en el momento de puesta en marcha, impida el arranque en el caso de que la caja de cambios no esté en punto muerto y la toma de fuerza no esté desembragada (desacoplada), evitando de este modo el accionamiento de la máquina o del apero al arrancar el motor.
- Un mando de conexión/desconexión situado en las manceras actúa de forma que la máquina se desplaza y el apero funciona sólo si dicho mando se mantiene pulsado. Si el operario suelta el mando, un sistema de seguridad “motor stop” detiene el avance de la máquina y también el apero.
- Todos los motocultores deben tener el distintivo CE y un certificado de conformidad. (Laboreo, 2009 pág. 54-57)

Penetrómetro: El penetrómetro manual para capas superficiales es un dispositivo usado para determinación de la resistencia en capas superficiales de suelo, hasta unos 10 cm. Rango de medida 6 MPa. Debido a la limitada longitud total del dispositivo, el penetrómetro de mano también se puede utilizar para la medición horizontal, por ejemplo, en calicatas. El principio del penetrómetro parte en base de medir la resistencia de penetración más alta de un cono en una distancia de unos 10 cm. La resistencia de la

penetración se mide mediante un muelle a compresión. Están disponibles una serie de conos y muelles de compresión. Se selecciona una determinada combinación de cono y muelle en función de la resistencia a la penetración esperada.

Medidor de tierra de 3 vías: Es simple y cómodo de usar, simplemente inserte el medidor en el suelo, cambie al ajuste que desea medir y lea la escala. Para evitar dañar el electrodo, limpie el electrodo después de cada uso.

Esta herramienta nos permite medir la humedad, acidez, el PH y la cantidad de luz que llega al suelo en análisis.

Equipos



Figura 67-3: Motocultor

Fuente: Autores

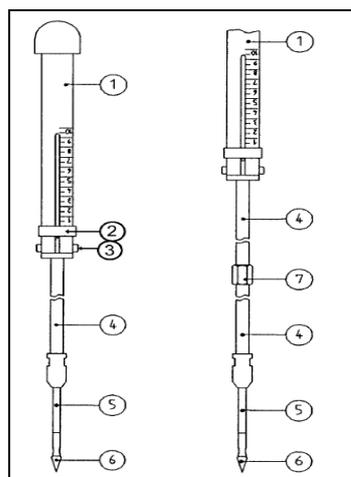


Figura 68-3: Penetrómetro

Fuente: (Eijkelkamp Hand-penetrometer for top layers, type IB)

Resultados

- **Obtención de datos**

Tabla 18-3: Dureza vs. Tipo de suelo

Dureza del suelo (KPa)				
N° Muestra	S. Compacto	S. Óptimo para siembra	S. siembra anterior	Humedad
1	56	58	47	1.2
2	65	42	48	2
3	57	47	43	1.9
4	53	52	62	3.5
5	61	53	42	4
6	52	53	45	4
7	55	49	51	4.5
8	49	47	54	3.2
9	52	49	62	0.9
10	52	38	62	1.2
11	53	37	55	3.2
12	53	30	42	4.3
13	55	43	46	3.5
14	54	47	51	1.8
15	58	57	55	2.6
Promedio	55	46,8	51	2.787

Fuente: Autores

Tabla 19-3: Peso inicial de los discos

Peso inicial de los discos (kg)		
N° Discos	Disco de fundición Artesanal	Disco de adquisición en mercado local
1	6,5	4,7
2	5,42	5,2
3	6,35	5,05
4	5,55	4,95

Fuente: Autores



Figura 69-3: Medición de la dureza del suelo

Fuente: Autores



Figura 70-3: Medición de la humedad, acidez, luminosidad del suelo

Fuente: Autores

- **Procesamiento de datos**



Figura 71-3: Labranza primaria (rompimiento de la solera)

Fuente: Autores

Al término de los dos días laborables en pruebas de campo se procede hacer la verificación de los discos, se evidencia un desgaste pronunciado en los primeros discos de cada cuerpo, no presentan fisuras ni deformaciones.

La humedad promedio del suelo es de 27.87%, para el labrado es una condición favorable, porque los discos en suelo seco se desgastan en menor porcentaje que en suelo húmedo.

El suelo del cantón Chambo es de tipo franco limoso, esto hace que este cantón sea uno de los más productivos de la provincia. Con la ayuda de un apero la comunidad podrá

obtener mayor producción y por ende mayor ingresos económicos, cabe recalcar que los agricultores dependen de la comercialización de productos para solventar su economía.

La prueba de campo es uno de los aspectos más importantes al momento de analizar un apero agrícola, haciendo que el operador sea el primero en dar su opinión, en las condiciones que presta el motocultor así como los aperos que se diseñan y fabrican en la carrera de ingeniería para el servicio de la comunidad.

- **Resultados**

En 16 horas de trabajo, a una humedad del 28% del suelo se obtuvo un desgaste aproximado de 35g para los discos de adquisición en el mercado local y 50g para los discos de fundición artesanal en un rompimiento de solera esto representa a una dureza promedio de 55 KPa.

El desgaste entre los dos tipos de discos oscila entre el 30%, como se pudo evidenciar en los demás ensayos esto depende de la presencia de carbono en sus composiciones.

Las pruebas de dureza y humedad se llevaron a término tomando en cuenta todas indicaciones para operar las herramientas.

El suelo del cantón es un suelo franco limoso esto hace que el cantón sea uno de los más productivos a nivel provincial.

Las pruebas de campo son la opción más acertada para la validación de herramientas de labranza.



Figura 72-3: Apero optimizado aplicando la norma ISO 25119

Fuente: Autores



Figura 73-3: Suelo óptimo para la siembra

Fuente: Autores

3.6.1.4 *Manual de operación*

El apero bifuncional se diseñada como una herramienta para trabajar en la producción del suelo, este apero puede trabajar con dos cuerpos de discos diferentes; mediante este apero bifuncional y su optimización se mejora el tiempo de trabajo, así permite reducir el costo de trabajo.

Ajuste del Bastidor.

El bastidor es el elemento más importante del apero bifuncional, por lo cual debe ser regulado de la forma adecuada para que nos permita tener una buena ergonomía de laboreo.

Acoplar el bastidor con el pivote o barra de tiro, y realizar el ajuste del perno de sujeción.

- Regular el tercer punto según el operador lo requiera.
- Regular los tensores de ajuste a la altura óptima para la labranza.
- Ajustar los pernos de las puntas de los tensores entre el bastidor del apero y los manubrios del motocultor.

Ajuste de los cuerpos de rastra.

El ajuste de los cuerpos de rastra, se debe realizar de forma adecuada, ya que el trabajo de las mismas depende de la inclinación que se les puede dar.

- Ajustar los pernos de acople entre el bastidor con los cuerpos de rastra.
- Inclinar el cuerpo delantero (20° a 30°) referente al bastidor.
- Ajustar los pernos de acople entre el bastidor con el cuerpo delantero de la rastra.
- Ajustar los pernos de acople entre el bastidor con el cuerpo posterior de la rastra.
- Inclinar el cuerpo posterior formando un ángulo de 45° con referencia al cuerpo de rastra delantero.
- Proyectar el ataque entre los discos de rastra delanteros y los discos de arado posteriores colocándolos en sentido opuesto.

Recomendaciones de operación

- Verificar que los acoples del bastidor y de los tensores estén debidamente ajustados y asegurados para evitar LER.
- Visualizar que el estado de los discos sea el óptimo para realizar las labores.
- Comprobar que las chumaceras se encuentren lubricadas.

3.6.1.5 *Manual de mantenimiento*

Los mantenimientos que se debe realizar a los elementos del apero bifuncional ayudaran a extender su vida útil.

Mantenimiento en el cuerpo de rastra.

- Revisar el estado y apriete de pernos y tuercas cada diez horas o después de cada jornada de trabajo.
- Lubricación frecuente en las chumaceras.
- Limpiar los discos de rastra después de la jornada de trabajo.
- Revisar la estructura de los tensores, bastidor y ejes cuadrados a fin de evitar deformaciones por esfuerzos.

CAPÍTULO IV

4. ESTUDIO DE COSTO

La optimización del apero bifuncional del motocultor YTO DF-15L en el estudio de costos intervinieron costos directos e indirectos, los mismos que influyen en la construcción del proyecto.

4.1 Costos directos

Los costos directos son aquellos que influenciaron principalmente en la adquisición de productos y procesos para cumplir actividades específicas del proyecto.

Tabla 1-4: Costos directos

TIPO DE RECURSOS	ACTIVIDAD	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL
DIRECTOS	Material para construcción del apero	5	Disco de arado para pruebas de campo 18 in	40	\$ 160
		2	Eje cuadrado 30x30x1136 mm	35	\$ 70
		1	Tubo Cuadrado 50x50x3 mm	25	\$ 25
		4	Separador 200 mm	30	\$ 120
		3	Platina para sujeción de templadores 50x4 mm	3	\$ 9
		30	Electrodo AGA E-6011	0,3	\$ 9
		2	Pinturas	10	\$ 20
		12	Lija N° 2000, 1500, 1000, 500,100, 50	0,5	\$ 6
		1	Paño de billar para pruebas de laboratorio	5	\$ 5
		2	Templador forjado H/E	20	\$ 40
		4	Perno, tuerca y arandela	7	\$ 28
		1	Cable eléctrico para prueba SAT	28	\$ 28
2	Disco de corte	2,5	\$ 5		

Tabla 1-4 (Continuara): Costos directos

	Operaciones mecánicas	4	Mecanizado de punta de ejes cuadrados	25	\$ 100
		4	Mecanizado de separadores	10	\$ 40
		1	Mecanizado de rastra 14 in	150	\$ 150
		5	Soldadura de tubos cuadrados	1,5	\$ 8
		1	Pesada de discos	2	\$ 2
		5	Corte de probetas para análisis	2	\$ 10
	Compra de norma	1	Norma ISO 25119	400	\$ 400
TOTAL					\$ 1.235

Fuente: Autores

4.2 Costos indirectos

Los gastos indirectos son los costos no cuantificables de manera directa.

Tabla 2-4: Costos indirectos

TIPO DE RECURSOS	ACTIVIDAD	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO UNIT.	COSTO TOTAL
INDIRECTOS	Viajes	7	Transporte del apero	15	\$ 105
		12	Transporte a pruebas de campo	5	\$ 60
		2	Transporte a compra de norma	25	\$ 50
		2	Transporte a compra de materiales	15	\$ 30
	Varios	1	Materiales e insumos para ensayos	80	\$ 80
		1	Impresiones	60	\$ 60
	Asesoría externa	3	Capacitación para el manejo de máquinas para el análisis de materiales y desgaste de probetas	70	\$ 210
TOTAL					\$ 595

Fuente: Autores

4.3 TIR

4.3.1 Costos Totales

Tabla 3-4: Costos totales

TIPO DE RECURSOS	TIPO DE RECURSOS
Directos	1235\$
Indirectos	595\$
TOTALES	1830\$

Fuente: Autores

Tabla 4-4: Inversión total

INVERSIONES	COSTO \$
Motocultor	4.000,00
Aperos	1.500,00
Total inversiones	5.500,00

Fuente: Autores

Tabla 5-4: Ingreso anual

INGRESOS	COSTOS \$
Trabajo 5 días semana/ 4 horas diarias	20,00
Trabajo horas /mensual	80,00
Trabajo horas /año	4.160,00
Costo hora de trabajo	4,00
Total anual	16.640,00

Fuente: Autores

Tabla 6-4: Egreso anual

EGRESOS	COSTO \$ (AÑO 1)
Adecuación del apero	1.830,00
Mantenimiento del motocultor	50,00
Conductor (2 usd /costo total)	8.320,00
Total egresos	10.200,00

Fuente: Autores

Tabla 7-4: Flujo de caja

FLUJO DE CAJA	AÑOS					
	0	1	2	3	4	5
Total ingresos		16.640,00	16.640,00	16.640,00	16.640,00	16.640,00
Egresos		10.200,00	8.370,00	8.370,00	8.370,00	8.370,00
Depreciación		1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00	1.100,00
Total egresos		11.300,00	9.470,00	9.470,00	9.470,00	9.470,00
Inversión	-5.500,00					
Ingresos - egresos		5.340,00	7.170,00	7.170,00	7.170,00	7.170,00
Flujo de caja	-5.500,00	5.340,00	7.170,00	7.170,00	7.170,00	7.170,00

Fuente: Autores

Tabla 8-4: TIR

Tasa de descuento :	12%	
Tasa Interna de Retorno:	110%	Si TIR es mayor q la tasa de descuento es viable, Si TIR es menor el proyecto inviable

Fuente: Autores

4.4 VAN

Tabla 9-4: VAN

Tasa de descuento :	12%	
Valor actual neto:	\$ 18.712,32	Si VAN es positivo: proyecto viable Si VAN es negativo proyecto inviable
Van Ingresos	\$ 59.983,48	
Van Egresos	\$ 31.805,91	
Relación Costo Beneficio:	\$ 1,89	Si el valor es mayor a 1 proyecto viable Si es menor a 1 proyecto inviable Si es igual a 0 es indiferente

Fuente: Autores

CONCLUSIONES

El análisis realizado al prototipo de apero bifuncional diseñado y construido en la Facultad de Mecánica, por los Ingenieros Camacho J. y Vera E. en la Carrera de Ingeniería Automotriz en el año 2017 evidencio que el prototipo no fue diseñado considerando las Normas ISO 25119, ergonomía, seguridad; por lo cual existe la alta probabilidad de lesiones por esfuerzos repetitivos y potenciales accidentes, de igual manera el número de discos de rastra no cumple con la eficiencia de campo esperada.

Las normas internacionales limitan las posibilidades de construcción a fin de obtener las opciones de construcción más aceptables para el desempeño óptimo del apero, se debe basar la estandarización del apero en varias normas referentes a la maquinaria agrícola.

En el rediseño el apero bifuncional se consideró el peso del apero con la finalidad de minimizar la compactación del suelo; la tracción del motocultor con el apero; la estabilidad del motocultor con la finalidad de evitar accidentes, la potencia del motor así como la resistencia que pone el terreno al giro de las ruedas.

Para la fabricación del apero se consideró un acero (SAE 1045) con grado de ingeniería de aplicación universal que proporciona un nivel medio de resistencia mecánica y tenacidad a bajo costo con respecto a los aceros de baja aleación.

A fin de mejorar la eficiencia productiva del apero bifuncional y precautelar la integridad del operario se incorporó al diseño de la primera fase varios elementos que forman parte de la optimización: Discos de arado, tensores de regulación, Ampliación de los ejes de los disco, Ampliación de los largueros del bastidor.

RECOMENDACIONES

Al realizar proyectos de construcción de maquinaria agrícola se debe tener en cuenta los parámetros de rendimiento, ergonomía y seguridad, para obtener fiabilidad en su funcionamiento.

Obtener la mayor cantidad de información de estandarización de maquinaria agrícola y aplicarla al rediseño y construcción del apero.

Tener claros los datos limitantes máximos y mínimos de peso, tracción, estabilidad, potencia y dimensiones a las cuales se ajustara nuestro diseño.

Trabajar con materiales que se encuentren disponibles en el mercado, facilitando su obtención o compra, de igual manera trabajar con maquinaria óptima para tener resultados de calidad en cada actividad de reconstrucción.

Utilizar equipos de comprobación fiables, que validen las muestras y los datos obtenidos a los diferentes ensayos realizados en laboratorios y campo.

BIBLIOGRAFÍA

Aprendemos Tecnología. *Tratamientos térmicos de los metales* [en línea]. 2009. [Consulta: 31 agosto 2018]. Disponible en: <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/09/tratamientostermicos.pdf>

Askeland, Donald R., *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, 3ª Edición. México, Thomson Editores. 1998, pp 143-150.

Bhakat, A; et al. *Metallurgical life cycle assessment through prediction of wear for agricultural grade steel*, 2004.

CIA General de Aceros. *SAE 1020 y SAE 1045 aceros ingeniería al carbono* [en línea]. 2017. [Consulta: 09 septiembre 2018]. Disponible en: [https:// repository.unilibre.edu.co /bitstream/handle/10901/7826/VasquezTorresEdwinLibardo2013Anexos.pdf?sequence=2](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7826/VasquezTorresEdwinLibardo2013Anexos.pdf?sequence=2)

Calderón, Philippe. *Las máquinas agrícolas*. Ediciones Mundi Prensa, 1971. pp. 85-87.

Cañavate, Ortiz. *Las máquinas agrícolas y su aplicación*. Barcelona-España: Ediciones Mundi Prensa, 2012. pp. 20-73.

Cascajosa, Manuel. *Ingeniería de vehículos*. 2º ed. México: Alfaomega Grupo Editor, 2005, pp.17-18

Castro, Guillermo. *Fundiciones* [en línea]. Buenos Aires-Argentina, 2009. [Consulta: 29 agosto 2018]. Disponible en: <http://campus.fi.uba.ar/file.php/295/MaterialComplementario/Fundiciones.pdf>

Colmenarez, José. *Surcador* [en línea]. 2015. [04 septiembre 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/290783396/Surcadora>

Díaz Del Castillo, Felipe. *Tribología: fricción, desgaste y lubricación* [En línea]. Cuautitlán-México, 20 de Noviembre de 2014. [Consulta: 22 Septiembre de 2018.] Disponible en: <http://profefelipe.mex.tl/imagesnew/4/6/9/5/1/TRIBOLOGIA.pdf>.

Kalpakjian, Serope y Schmid, Steven. *Manufactura, ingeniería y tecnología.* [en línea]. 2002. [Consulta: 07 septiembre 2018]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=gilYI9_KKAoC&pg=PA9&dq=Ingenier%C3%ADa+del+dise%C3%B1o+de+un+producto&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjL4IzRsaTdAhWGvVMKHVzwDqkQ6AEIQDAG#v=onepage&q=Ingenier%C3%ADa%20del%20dise%C3%B1o%20de%20un%20producto&f=false

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA. *La política agropecuaria ecuatoriana. Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025 Parte 1* [en línea]. 2016. [Consulta 12 enero 2017]. Disponible en: <http://servicios.agricultura.gob.ec/politicas/La%20Pol%C3%ADticas%20Agropecuarias%20al%20%202025%20I%20parte.pdf>

MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERÍA, ACUACULTURA Y PESCA. *La política agropecuaria ecuatoriana. Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015-2025 Parte 2* [en línea]. 2016. [Consulta 12 enero 2017]. Disponible en: <http://servicios.agricultura.gob.ec/politicas/La%20Pol%C3%ADtica%20Agropecuaria%20%20al%202025%20II%20parte.pdf>

Ojeda López, Guillermo. *Mecanización Agrícola.* [en línea]. 2012. [Consulta: 31 agosto 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/169930429/Mecanizacion-Agricola-2012-PDF>

Orbe C, et al. *Consideraciones básicas para la selección de maquinaria agrícola* [en línea]. Ecuador, Mayo 1988. [Consulta: 10 mayo 2017]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=Rp8zAQAAMAAJ&pg=PP4&lpg=PP4&dq=consideraciones+de+trabajo+de+una+rastra&source=bl&ots=LY3jqQAsdM&sig=fJjKu6H1M6eolVqRz5U-eeSnc7Q&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwibo9Hj0szUAhWBVz4KHTgTAhQQ6AEILDAC#v=onepage&q&f=true>

Polanco Puerta, Manuel Francisco. *Maquinaria y mecanización agrícola.* [en línea]. 2007. [Consulta: 04 septiembre 2018]. Disponible en: <https://dokumen.tips/documents/201619-maquinaria-y-mecanizaci-n-agr-cola-569e522d-5650e.html>

Potenza Mora, Anabella. *Implementación de un sistema de desgaste abrasivo y su aplicación en muestras de AL₂O₃-VC-Co* [En línea]. Sartenejas, Noviembre de 2004. [Consulta: 17 septiembre de 2018.] Disponible en: <http://159.90.80.55/tesis/000059544.pdf>

Tesis Doctorales en Red. *Ingeniería del diseño* [en línea]. 2017. [Consulta: 06 septiembre 2018]. Disponible en: <http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/6837/05Jcb05de16.pdf?sequence=5>

Torres Charry, Giovanni. *Diseño en ingeniería.* [en línea]. 2013. [Consulta: 06 septiembre 2018]. Disponible en: <https://dokumen.tips/documents/201619-maquinaria-y-mecanizaci-n-agr-cola-569e522d5650e.html>

William, Smith., *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales*, 4ª Edición. México, McGraw-Hill, 2006, pp 276-282.

YTO. *Manual de Operación Servicio Motocultor YTO DF-15L*, 2017.

Laboreo. *El Motocultor: Un Auxiliar Eficaz.* Laboreo, [En línea], España, 2009, pp. 54-57. [Consultado: 14 septiembre de 2018]. ISSN: 0210-1718. Disponible en: http://www.bcsagricola.com/assets/blog/bcs/prensa/2009_11_motocultor_ESPLATAM/articulo_bcs_laboreo_n480_noviembre09.pdf

ASTM G65. *Standard Test Method for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus. Part 4 2010.*

ISO 25119. *Tractors and machinery for agriculture and forestry-safety related parts of control systems. tractors and machinery for agriculture and forestry-safety related parts of control systems. Part 1 2010.*

ISO 25119. *Tractors and machinery for agriculture and forestry-safety related parts of control systems. tractors and machinery for agriculture and forestry-safety related parts of control systems. Part 2 2010.*

ISO 26322. *Tractors for agriculture and forestry-safety. Part 1 2008.*

ISO 26322. *Tractors for agriculture and forestry-safety. Part 2 2010.*

Aulla Caiza, Alex Darío & Morejón Uchubanda, Henry Hamilton. *Estudio de los factores que inciden en la baja fiabilidad del elemento de labranza de un motocultor YTO DF-15L.* (Tesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Automotriz. Riobamba-Ecuador. 2016. pp. 3-18

Bravo Morocho, Víctor David & Castillo Cardenas. *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-15L.* (Tesis). (Maestría). Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, Quito-Ecuador. 2017. pp. 51-52.

Camacho Vargas, Jonnaathan Leonardo & Vera Marcatoma, Edwin Alexis. *Diseño y construcción de un apero bifuncional de motocultor YTO DF-15L para el MAGAP de la provincia de Chimborazo.* (Tesis). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Escuela de Ingeniería Automotriz. Riobamba-Ecuador. 2017. pp. 42-97.

Gutiérrez W., Olaya J., y Torres M. *Construction of equipment for abrasive wear according to ASTM G-65 standard.* Universidad Nacional de Colombia, Ingeniería Mecánica y Mecatrónica. Colombia. 2015.

López L., Edgar Jesús. *Estudio experimental del desgaste abrasivo en acero AISI 8620, D-2 y H-13 con y sin tratamiento superficial.* Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería. México. 2004.

Soto Trinidad, José L. *Diseño y construcción de una máquina para ensayos de abrasión seca y abrasión húmeda.* Instituto Tecnológico de Santo Domingo. 11th Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology. 2013.

Zum Gahr, Karl-Heinz. *Microstructure and wear of materials,* Elsevier. Holanda, 1987.

ANEXOS

ANEXO A
NORMA ISO 26322

ANEXO B

MATRIZ DE RIESGOS

ANEXO C
PLANOS DE
CONSTRUCCIÓN