



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ARADO DE DISCOS
PARA SER ACOPLADO AL MOTOCULTOR YTO DF-15L
PARA LA ZONA DE ECUADOR.”**

**MORA BAGUA CÉSAR JAVIER
COPA MULLO ENRIQUE**

TRABAJO DE TITULACIÓN TIPO: PROPUESTA TECNOLÓGICA

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

**Riobamba – Ecuador
2017**

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2016-10-20

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

CÉSAR JAVIER MORA BAGUA

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ARADO DE DISCOS PARA SER
ACOPLADO AL MOTOCULTOR YTO DF-15L PARA LA ZONA DE
ECUADOR.”**

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas
DIRECTOR

Ing. Vicente Javier Romeo Hidalgo
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

2016-10-20

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

ENRIQUE COPA MULLO

Titulado:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ARADO DE DISCOS PARA SER
ACOPLADO AL MOTOCULTOR YTO DF-15L PARA LA ZONA DE
ECUADOR.”**

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos José Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas
DIRECTOR

Ing. Vicente Javier Romeo Hidalgo
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: CÉSAR JAVIER MORA BAGUA

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ARADO DE DISCOS PARA SER ACOPLADO AL MOTOCULTOR YTO DF-15L PARA LA ZONA DE ECUADOR.”

Fecha de Examinación: 2017-12-01

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas DIRECTOR			
Ing. Vicente Javier Romero Hidalgo ASESOR			

* 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. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: ENRIQUE COPA MULLO

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ARADO DE DISCOS PARA SER ACOPLADO AL MOTOCULTOR YTO DF-15L PARA LA ZONA DE ECUADOR.”

Fecha de Examinación: 2017-12-01

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas DIRECTOR			
Ing. Vicente Javier Romero Hidalgo ASESOR			

* 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. Ángel Rigoberto Guamán Mendoza
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DEDICATORIA

Quiero dedicar a Dios por darme la oportunidad de realizar este sueño; A mis padres y hermanos por el apoyo incondicional, económico y moral, que hicieron todo lo que estuvo a su alcance para que yo pudiera lograr mis metas, por el impulso que me han dado siempre, por creer en mí, por estar a mi lado en los momentos más difíciles y guiarme por el camino de la vida con amor y dureza necesaria para ser una mejor persona.

Cesar Javier Mora Bagua

Dedico el presente trabajo de investigación a mi Dios todo poderoso, por Fe y esperanza que nunca se perdió en esta etapa académica que, sin haber visto, creo y vivo inspirado en el ejemplo de amor que él nos da para con los suyos. A mi madre Transito Mullo Vaquilema y padre José María Copa Anilema por enseñarme con amor y paciencia, valores que perduran en la vida y generación a generación que transmitimos.

A mi familia: Amelia Mullo Yuquilema, mis hijos (David Jalil, Jeremy Mateo) Copa Mullo. En calidad de esposa e hijos han estado conmigo en momentos difíciles, comprendiendo y apoyándome.

Enrique Copa Mullo

AGRADECIMIENTO

Al terminar esta etapa de mi vida quiero dejar constancia de mi sincera gratitud a mis padres Rosa Bagua y José Mora por su apoyo, dedicación y ayudarme a alcanzar uno más de mis sueños. El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil para la sociedad. Y en especial para mis hermano/as Luis, Segundo, Miguel, María, Lorena y Cristina, a todos los familiares, amigos, compañeros y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa más de mi vida.

César Javier Mora Bagua

A los profesores de Ingeniería Mecánica Automotriz, que con vuestra orientación me han sabido guiar, para un resultado excelente y de aplicable en campo práctico y la tecnología actual.

A mi esposa y mis hijos, por vuestra comprensión y apoyo incondicional para el desarrollo de esta etapa académica, quienes han sido pilar fundamental para culminar.

Enrique Copa Mullo

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Justificación.....	3
1.2.1	<i>Justificación técnica.</i>	3
1.2.2	<i>Justificación económica.</i>	3
1.3	Objetivos	4
1.3.1	<i>Objetivo General.</i>	4
1.3.2	<i>Objetivos específicos:</i>	4
2.	MARCO TEÓRICO	
2.1	Motocultor DF-15L.....	5
2.1.1	<i>Especificaciones técnicas:</i>	6
2.1.2	<i>Arranque el motor:</i>	6
2.1.3	<i>Manejo del motocultor</i>	7
2.1.4	<i>Precauciones</i>	7
2.1.5	<i>Reglas de seguridad</i>	8
2.2	Arado de discos	8
2.2.1	<i>Tipos de arados de disco</i>	9
2.2.1.1	<i>Por el número de cuerpos</i>	9
2.2.1.2	<i>Por el ancho de trabajo</i>	10
2.2.1.3	<i>Por el sistema de enganche</i>	10
2.2.1.4	<i>Por su forma de trabajo</i>	12
2.2.1.5	<i>Por su forma de volteo</i>	12
2.2.2	<i>Componentes</i>	13
2.2.2.1	<i>Bastidor</i>	13
2.2.2.2	<i>Brazo</i>	13
2.2.2.3	<i>Disco</i>	14
2.2.2.4	<i>Raspadores</i>	15
2.2.2.5	<i>Rueda timón</i>	16
2.2.3	<i>Regulación del arado de disco</i>	17
2.2.3.1	<i>Enganche</i>	17
2.2.3.2	<i>Ancho de trocha</i>	17
2.2.3.3	<i>Angulo de corte</i>	18

2.2.3.4	<i>Ángulo de inclinación</i>	18
2.2.3.5	<i>Regulación de la profundidad de trabajo</i>	19
2.2.3.6	<i>Profundidad</i>	20
2.3	Teorías del diseño.....	21
2.3.1	<i>Material</i>	21
2.3.2	<i>Teoría de la energía de distorsión</i>	21
2.4	Manufactura De Elementos Agrícolas	23
2.4.1	<i>Manufactura</i>	23
2.4.2	<i>Materiales en la manufactura</i>	24
2.4.2.1	<i>Metales</i>	24
2.4.3	<i>Procesos de manufactura</i>	25
2.4.3.1	<i>Proceso de formado</i>	25
2.4.3.1.1	<i>Procesos de moldeado</i>	25
2.4.3.1.2	<i>Procesamiento de partículas</i>	26
2.4.3.1.3	<i>Procesos de deformación</i>	27
2.4.3.2	<i>Proceso de mejora de una propiedad</i>	27
2.4.3.3	<i>Procesamiento de la superficie</i>	28
2.4.3.3.1	<i>Limpieza</i>	28
2.4.3.3.2	<i>Tratamiento de una superficie</i>	28
2.4.3.3.3	<i>Procesos de recubrimiento y depósito de una película delgado</i>	28
2.4.3.4	<i>Procesos de unión permanente</i>	28
2.4.3.5	<i>Métodos de ensamblado mecánico</i>	29
2.4.4	<i>Sistemas CAD/CAM/CAE</i>	29
2.4.5	<i>Sistemas CAD</i>	30
2.4.6	<i>Sistemas CAM</i>	30
2.4.7	<i>Sistemas CAE</i>	31
3.	DISEÑO	
3.1	Consideraciones del diseño	32
3.1.1	<i>Especificaciones del motocultor</i>	32
3.1.2	<i>Energía consumida al labrar</i>	32
3.1.2.1	<i>Cálculo</i>	33
3.1.3	<i>Consideraciones del suelo</i>	35
3.1.3.1	<i>Resistencia a la penetración</i>	35
3.1.4	<i>Especificaciones para el bastidor</i>	35
3.1.5	<i>Especificaciones para el disco</i>	36
3.1.5.1	<i>Fuerzas que actúan sobre el disco</i>	36

3.1.5.2	<i>Material del disco de arado</i>	38
3.2	Geometría A	38
3.2.1	<i>Características</i>	39
3.2.2	<i>Ventajas</i>	39
3.2.3	<i>Desventajas</i>	39
3.3	Geometría B	40
3.3.1	<i>Características</i>	40
3.3.2	<i>Ventajas</i>	41
3.3.3	<i>Desventajas</i>	41
3.4	Elección de la mejor alternativa	41
3.4.1	<i>Análisis mediante el software ANSYS WORKBENCH</i>	42
3.4.1.1	<i>Análisis del disco</i>	43
3.4.1.2	<i>Análisis Brazo-Disco</i>	46
3.4.1.3	<i>Análisis del bastidor</i>	49
4.	MANUFACTURA	
4.1	Procedimientos Tecnológicos	51
4.1.1	<i>Construcción del bastidor</i>	51
4.1.2	<i>Construcción del tres cuartos</i>	52
4.1.3	<i>Construcción de la articulación</i>	52
4.1.4	<i>Construcción del brazo</i>	52
4.1.5	<i>Fabricación del disco</i>	53
4.1.6	<i>Ensamble del arado de disco</i>	54
5.	ENSAYOS	
5.1	Ensayos de Validación	56
5.1.1	<i>Ensayo de espectrometría</i>	56
5.1.1.1	<i>Material e instrumento</i>	57
5.1.1.2	<i>Ensayo</i>	57
5.1.2	<i>Ensayo de microestructura</i>	58
5.1.2.1	<i>Instrumentos y materiales</i>	58
5.1.2.2	<i>Ensayo</i>	59
5.1.3	<i>Ensayo de impacto</i>	59
5.1.4	<i>Ensayo de dureza</i>	61
5.2	Manuales	62
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
6.1	Conclusiones.	63
6.2	Recomendaciones.....	63

Bibliografía
Anexos

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Especificación Técnica Del Motocultor YTO DF- 15L.....	6
Tabla 2-2 Características generales de manufactura de diversas aleaciones	24
Tabla 3-3 Especificaciones del motocultor.....	32
Tabla 3-4 Propiedad mecánica ASTM36.....	36
Tabla 3-5 Propiedades mecánicas ASTM A572 GRADO 50.....	36
Tabla 3-6 Características geometría A.....	39
Tabla 3-7 Características geometría B.....	40
Tabla 3-8 Comparación Diseño A y B.....	41
Tabla 4-9 Composición Química lámina Chronit.....	53
Tabla 4-10 Propiedades mecánicas lámina Chronit.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2-1 Motocultor YTO DF- 15L	5
Figura 2-2 Arado de discos	9
Figura 2-3 Arado de disco suspendido	10
Figura 2-4 arado de disco Semisuspendidos.....	11
Figura 2-5 Arado de discos arrastrado	12
Figura 2-6 Arado de disco reversible manual.....	12
Figura 2-7 Arado de disco reversible de volteo hidráulico.....	13
Figura 2-8 Elementos de sujeción y giro del disco.....	14
Figura 2-9 Disco de arado bonem.....	15
Figura 2-10 Arado tridisco con raspadores.....	16
Figura 2-11 Rueda de cola	16
Figura 2-12 Variación de la anchura de trabajo.....	17
Figura 2-13 Angulo de corte.....	18
Figura 2-14 Regulación del ángulo de inclinación	19
Figura 2-15 Regulación de un arado de disco arrastrado	20
Figura 2-16 Alineación de arado	20
Figura 2-17 Clasificación de los procesos de manufactura	25
Figura 2-18 Esquema de una operación de fundición	26
Figura 2-19 Procesamiento de partículas.....	26
Figura 2-20 Esquemas de varios procesos de formado.	27
Figura 2-21 Esquema de la integración de sistemas CAD/CAM/CAE	30
Figura 3-22 Fuerzas que actúan sobre un disco.....	37
Figura 3-23 Arado de disco propuesta A	38
Figura 3-24 Arado de disco Propuesta B	40
Figura 3-25 Mallado del disco	43
Figura 3-26 Detalles de la malla	44
Figura 3-27 Condiciones de fijación y carga	44
Figura 3-28 Tención elástica equivalente	45
Figura 3-29 Deformación total	45
Figura 3-30 Equivalente de Von Mises	46

Figura 3-31 Condiciones de fijación y carga	46
Figura 3-32 Deformación total	47
Figura 3-33 Reacción de la base	47
Figura 3-34 Reacción sobre el soporte	48
Figura 3-35 Condiciones de soporte	49
Figura 3-36 Deformación total	49
Figura 3-37 Equivalente de Von Mises	50
Figura 4-38 Bastidor soldado.....	51
Figura 4-39 Bastidor Terminado	51
Figura 4-40 Articulación.....	52
Figura 4-41 Brazos de arado	53
Figura 4-42 Arado de Disco	55
Figura 5-43 Material en análisis	57
Figura 5-44 Datos Espectrométrico	58
Figura 5-45 Microestructura de acero chronit 500X	59
Figura 5-46 Probeta de Acero Chronit.....	60
Figura 5-47 Durómetro en prueba	61

LISTA DE ABREVIACIONES

MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca
DPACHC	Dirección Provincial Agropecuaria De Chimborazo
YTO DF	Changzhou Dongfeng Agricultural Machinery Group

ÍNDICE DE ANEXOS

A Manual de seguridad

B Manual de operación

C Manual de mantenimiento

D Planos

RESUMEN

El trabajo de titulación tuvo como objetivo, el diseño y construcción de un arado de discos que se acople a un motocultor YTO DF-15L facilitados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca MAGAP a favor de una ASOCIACIÓN AGRICOLA, con el propósito de mejorar la calidad de trabajo, mejorando el movimiento del suelo para la siembra, el rotavator es un mecanismo con el que viene equipado el motocultor desde fábrica que permite fragmentar, triturar y voltear el suelo con una profundidad no mayor 15 cm presentando la facilidad única de siembra de forraje y pastos para el ganado, para el diseño y construcción se requirió el cálculo de potencia, para el presente proyecto se utilizó la metodología de investigación analítico, sintético bibliográfico, comparativo de alternativas de arado, pruebas campo, donde se pudo evidenciar la efectividad del equipo, por ende la elección de los materiales de cada uno de los componentes se realizó según la exigencia de trabajo requerido el mecanizado y tratamiento al que va ser sometido, el disco del arado al realizar la inserción en el suelo, por tal razón la validación de dicha herramienta agrícola se llevó a cabo mediante los siguientes ensayos de validación: Espectrometría, Microestructura, Impacto y Dureza, permitiendo asegurar el buen funcionamiento en las condiciones de trabajo, quedando acoplado al motocultor YTO DF-15L y operativo para trabajos agrícolas, logrando que ESPOCH a través de la Carrera de Ingeniería Automotriz entregue aportes importantes para el desarrollo de la agricultura, concluyendo que la potencia del motocultor YTO DF 15L se encuentra por encima de lo requerido, no tendrá ninguna dificultad para desempeñar las labores agrícolas, por lo que se recomienda el uso y la operación del equipo llevando una matriz de comportamiento, para la mejora continua en su diseño

PALABRAS CLAVES: <ROTAVATOR (HERRAMIENTA AGRICOLA)>, <POTENCIA DEL MOTOCULTOR YTO DF 15L>, <ESPECTROMETRÍA>, <MICROESTRUCTURA>, <ENSAYO DE IPACTO>, <ENSAYO DE DUREZA>, <MOTOCULTOR YTO DF 15L>, <MANTENIMIENTO PREVENTIVO >, <ROTURA DEL SUELO>

ABSTRACT

The objective of the certification work was the design and construction of a disk plow that is coupled to a YTO DF-15L rototiller facilitated by the Ministry of Agriculture, Livestock, Aquaculture and Fisheries MAGAP in favor of an AGRICULTURAL ASSOCIATION, with the purpose of developing the quality of work and improving the movement of the soil for sowing. The rotavator is a mechanism that is equipped with the tedder from the factory that allows to fragment, crush and turn the soil with a depth of no more than 15 cm presenting the only facility for the sowing of forage and pastures for livestock. To the design and construction was required the calculation of power. For the present project, the analytical, synthetic, bibliographic, comparative methodology of plowing alternatives and field tests were used where the effectiveness of the equipment can be evidenced, therefore the choice of the materials of each one of the components was made according to the required work requirement, the machining and treatment to which the disc of the plow when making the insertion in the soil will be exposed, for this reason the validation of said agricultural tool was carried out by means of the following validation tests: Spectrometry, Microstructure, Impact and Hardness, allowing to ensure the proper operation in working conditions, being coupled to the YTO DF-15L rototiller and operational for agricultural work, achieving that ESPOCH throughout the Automotive Engineering school provide important contributions for the development of agriculture. It is concluded that the power of the YTO DF 15L rototiller is over what is required. It will not have any difficulty to perform agricultural work, so it is recommended the use and operation of the machine carrying a behavioral matrix, for continuous improvement in its design.

KEYWORDS: <ROTAVATOR (AGRICULTURAL TOOL), <POWER OF MOTOCULTOR YTO DF 15L>, <SPECTROMETRY>, <MICROSTRUCTURE>, <IMPACT TEST>, <TEST OF HARDNESS>, <MOTOCULTOR YTO DF 15L>, <PREVENTIVE MAINTENANCE>, <GROUND BREAK>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La Dirección Provincial Agropecuaria De Chimborazo del MAGAP con oficio Nro. MAGAP- DPACHIMBORAZO-2016-0231-OF, solicita que se realice el diseño, implementación, adecuación y construcción de prototipos de distintos elementos para conformar los aperos agrícolas (Arados, Rastra, Surcadora, Remolque) destinado a equipar el motocultor YTO DF 15L.

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, destinó para la provincia de Chimborazo 141 motocultores YTO DF 15L, de acuerdo con datos proporcionados por el MAGAP- DPACHIMBORAZO solo de cuales 20 se encuentran realizando actividades agrícolas, por la falta de aperos que se adapten a las condiciones de trabajo en la zona centro del país.

Como uno de los sectores priorizados “Alimentos Frescos y Procesados” en el cambio de la matriz productiva impulsado por el gobierno de la revolución ciudadana, permitiendo así generar producción con mayor valor agregado, lo cual se conseguirá con una tecnificación y mecanización de las labores de labranza que faciliten a los agricultores en la preparación del suelo previo a la siembra, con todas las condiciones necesarias y óptimas para una buena germinación, crecimiento y producción.

Con la finalidad de mecanizar la agricultura, el gobierno Del Ecuador por medio de La Dirección Provincial Agropecuaria De Chimborazo del MAGAP entregó a las comunidades y asociaciones de productores de la provincia, motocultores YTO DF-15L.

Según la versatilidad para el trabajo el motocultor YTO DF 15L, con los aperos y equipos apropiados se puede realizar una alta gama de actividades agrícolas, como preparación del suelo, siembra, cosecha, bombeo hidráulico y fumigación.

El rotavator mecanismo con el que viene equipado el motocultor YTO DF-15L de fabrica permite fragmentar, triturar y voltear el suelo con una profundidad no mayor 15 cm presentando la facilidad única de siembra de forraje y pastos para el ganado.

La variedad de producción agrícola en la provincia es más amplia con necesidades puntuales como: una profundidad de (20 a 35) cm, un mayor volteo, suavización, homogenización del suelo que permitan una penetración mayor.

El mecanismo rotavator no presenta las condiciones adecuadas para el uso en la zona centro del país donde se encuentra suelos con más dureza y se presume que la geometría de las cuchillas es un factor negativo por su constante fractura, las comunidades del sector le ven más favorable utilizar arados de disco por tener mejor penetración en el suelo, presentando grandes ventajas económicas frente a las tradicionales técnicas de agricultura.

1.2 Justificación

1.2.1 *Justificación técnica.*

Para que el motocultor realice actividades agrícolas eficientes en la provincia de Chimborazo, se requiere aperos que disminuyan el tiempo y esfuerzos producidos en la labranza. El mecanismo a diseño: (un arado de disco) posee una prestación mucho más apropiada para realizar labores agrícolas en la zona centro del país, mejorando: la penetración en el suelo, volteo, aireación y homogenización, facilitando la preparación del suelo para la siembra.

En el diseño de este mecanismo la selección adecuada de los materiales para cada uno de los elementos que lo conforman debe ser muy resistentes y dotar de rigidez al conjunto, lo que permitirá tener un mecanismo de altas prestaciones y que pueda soportar todas las pruebas que demande los ensayos de campo.

1.2.2 *Justificación económica.*

La adquisición de aperos en el país está limitado a la importación, porque el mercado nacional no cuenta empresas de fabricación de aperos para motocultores. La adquisición de un motocultor es más accesible que un tractor para un agricultor medio.

Las condiciones de vida del agricultor mejora al no tener que utilizar en el arado por tracción animal, al mecanizar el arado mediante el motocultor logrando una mayor eficacia con la tecnificación en la producción.

El accesorio incorporado en la adquisición de los motocultores, el rotavator, no realiza actividades requeridas en la producción de la provincia, con el diseño del apero adecuado incrementara las funciones que realizara sobre el suelo, reduciendo los costos de producción agrícola.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General.

- Diseño y construcción de un arado de discos para el motocultor YTO DF-15L para la zona centro de Ecuador.

1.3.2 Objetivos específicos:

- Realizar un análisis bibliográfico acerca de los motocultores para recopilar la información necesaria para la realización del diseño.
- Diseñar el mecanismo de arado de discos para el motocultor YTO DF-15L, utilizando software de diseño y simulación para evaluar el desempeño de sus componentes y materiales.
- Construir y realizar el montaje correspondiente del arado de disco para el motocultor YTO DF-15L, utilizando los acoples necesarios para tener una sujeción correcta donde se encontraba el rotavator.
- Realizar las pruebas de funcionamiento mediante ensayos de campo para corroborar la funcionalidad del apero.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Motocultor DF-15L

Definición. - Maquinaria agrícola de un solo eje, su construcción simple, compacta, ligera y confiable, permite un largo tiempo de funcionamiento, fácil de operar a través del campo, dirigido y controlado por medio de manubrios. Por sí solo no realiza ningún trabajo, pero cuenta con una gran variedad de mecanismos que le permiten realizar distintas actividades como preparación del suelo, siembra, bombeo y transporte de carga.

Figura 2-1 Motocultor YTO DF- 15L



Fuente: (Changzhou Dongfeng Agricultural Machinery Group Co.)

2.1.1 *Especificaciones técnicas:*

Serán tomadas en cuenta para el diseño e implantación de arado de disco

Tabla 2-1 Especificación Técnica Del Motocultor YTO DF- 15L

Marca	YTO
Tipo	Eje sencillo de propósito dual para tracción
Modelo	DF-15L
Dimensiones (L x A x H) mm	2680 x 960 x 1250
Peso (Kg)	509-499
Fuerza de Tracción (Kgf)	221
Potencia de salida (Kw/Hp)	12 / 16
Torque máximo (Nm)	257
Velocidad del motor (rpm)	2200
Motor monocilindrico diésel	4 tiempos
Ancho de labranza (mm)	600
Mínima distancia al suelo (mm)	185
Consumo de combustible	1.6-2.0 lts./hr (Promedio)
Consumo de aceite lubricante	0.014 lts/hr (Promedio)

Realizado por: Cesar M., Enrique C. 2017

Fuente: (Changzhou Dongfeng Agricultural Machinery Group Co.)

2.1.2 *Arranque el motor:*

Se han de seguir las precauciones antes de arrancar el motor tomando en cuenta en las condiciones geográficas a las cuales va a trabajar: altura, temperatura y humedad.

- Verificar el aceite de lubricación, combustible y agua según lo indicado en el manual del motor.
- Chequear el nivel de aceite en la transmisión principal y en la transmisión de rotavator.
- Revisar que todas las conexiones y tornillos estén con del debido apriete.

- Mover la palanca del Clutch-freno a la posición “Disengage”, la palanca de velocidades a “Neutral” y la manivela del acelerador a posición de arranque.
- Desplegar hacia abajo el soporte desplegable.
- Arrancar el motor

2.1.3 Manejo del motocultor

Accionar la palanca de cambio a una velocidad baja hacia adelante para habituarse con el manejo, pasar la palanca del clutch-freno a la posición “Engage” se iniciará el avance. Verificar el control de las manivelas de dirección asegurándose que las ruedas se bloqueen. **IMPORTANTE:** Nunca opere las dos manivelas al mismo tiempo mientras se conduce. Suavemente colocar la palanca del clutch-freno a la posición “Engage” se iniciará el avance.

2.1.4 Precauciones

El manual del motocultor YTO DF-15L presenta un procedimiento tendiente al correcto funcionamiento del Clutch para evitar desgastes prematuros cuando el motor está trabajando.

Las funciones son:

- El clutch solo se usa para cambiar la velocidad y frenar.
- Evitar dejar el clutch por prolongados tiempos en la posición “Desingage”
- Al estacionar el motocultor por un tiempo más de un minuto cambie la velocidad a “Neutral” y el clutch en posición “disengage”
- Para evitar Arranques repentinos y peligroso el cambio del clutch a la posición “Engage” debe ser suave.

2.1.5 Reglas de seguridad

Las reglas y recomendaciones de seguridad concebidas en el manual de operación y servicio están orientadas a prevenir fallas del motocultor y lesiones al operador o terceros. Quien conduce se ve obligado a seguirlas evitando cualquier inconveniente.

- Nunca opere la palanca del “Clutch- freno” al mismo tiempo con las manivelas de dirección cuando se está conduciendo el motocultor.
- Nunca opere el motocultor colina arriba o abajo a altas velocidades en pendientes pronunciadas. MUY PELIGROSO
- Nunca opere el motocultor en pendiente hacia abajo con la palanca de velocidad en posición “Neutral” ya que puede alcanzar velocidades peligrosas con riesgos de lesiones para el operador.
- No operar el motocultor en velocidades altas (4^a, 5^a, 6^a) en caminos peligrosos o demasiado irregulares.
- Nunca realice virajes repentinos mientras el arado, o las cuchillas del rototiller, están en contacto con el piso
- Nunca pase el clutch a “Disengage” mientras está conduciendo el motocultor en pendientes pronunciadas.

2.2 Arado de discos

El arado de disco es un implemento de utilización en la labranza primaria del suelo. Donde el elemento operativo es el disco. En su operación el disco gira con una inclinación con la dirección de avance.

Figura 2-2 Arado de discos



Fuente: (Deere & Company, 2017)

La penetración en el suelo de los discos de arado está determinada por su peso y por el ángulo de penetración y de ataque, que forman los discos con respecto a la línea del suelo al ser jalados por el tractor, los discos penetran en el suelo y producen el efecto de casquetes giratorios que cortan el prisma de suelo con menor consumo de energía que un arado rígido. (Polanco, 2007)

Su utilización es posible en cualquier tipo de suelo y realiza una labor aceptable con diferentes estados de humedad.

Los arados de disco, tiene menos inconvenientes en terrenos pedregosos, no necesita una alta cantidad de potencia de tracción, reducido desgaste, efectúan un mullido más perfecto, realizan una mezcla uniforme de tierra y restos vegetales.

2.2.1 *Tipos de arados de disco*

2.2.1.1 *Por el número de cuerpos*

Según cuantos cuerpos que tenga el arado pueden ser monodisco de un solo disco (no muy regulares); bidisco (de dos discos); tridisco (de tres), y así sucesivamente. (Laguna, 1999)

2.2.1.2 *Por el ancho de trabajo*

El ancho de trabajo de un arado de discos está ligado al diámetro de circunferencia del mismo, esto quiere decir que la anchura de trabajo se corresponda con dicha medida, sino que depende directamente. Los diámetros más generalizados suelen variar de 26” a 32” (pulgadas). (Laguna, 1999)

2.2.1.3 *Por el sistema de enganche*

Por la forma de acoplar el apero al tractor; nos encontramos los siguientes tipos:

- Suspendidos

Son aquellos aperos que van generalmente enganchados a los tres puntos hidráulicos del tractor, descansando la totalidad del peso del apero durante el transporte. Durante el trabajo transfiere el peso del apero al tractor. Aumentando la adherencia y disminuyendo el deslizamiento. (Laguna, 1999)

Este tipo de enganche facilita las maniobras con el tractor y el transporte del apero por caminos. Como contrapartida, los aperos suspendidos tienen su limitación en el número de cuerpos: un apero largo y pesado provoca el levantamiento del eje delantero del tractor. (Laguna, 1999)

Figura 2-3 Arado de disco suspendido



Fuente: (Juan, 2015)

- Semisuspendidos

Estos aperos van enganchados a los dos brazos de tiro del tractor, y deben llevar como mínimo una rueda en la parte posterior. Quedan por lo tanto apoyados sobre sus propias ruedas y sobre los brazos del tractor. Con esta estructura, prácticamente, no existe limitación en el número de cuerpos, al poseer un punto de apoyo posterior. (Laguna, 1999)

Figura 2-4 arado de disco Semisuspendidos



Fuente: (Juan, 2015)

- Arrastrados

Estos aperos van equipados con ruedas que soportan la totalidad del peso. Se engancha en un solo punto, no teniendo que soportar el tractor el peso del apero. Este sistema permite poner lo suficientemente distanciados los cuerpos entre sí para conseguir un gran desahogo del arado. (Laguna, 1999)

Figura 2-5 Arado de discos arrastrado



Fuente: (Laguna, 1999)

2.2.1.4 *Por su forma de trabajo*

El arado de disco puede estar dispuesto para labrar a una sola mano realizando el volteo de la tierra siempre hacia el mismo lado, lo cual les impide volver labrando por el mismo surco por donde han ido, denominándose en este caso fijo, o bien puede estar dispuesto para labrar indistintamente a una u otra mano, siendo el caso reversible. (Laguna, 1999)

Figura 2-6 Arado de disco reversible manual

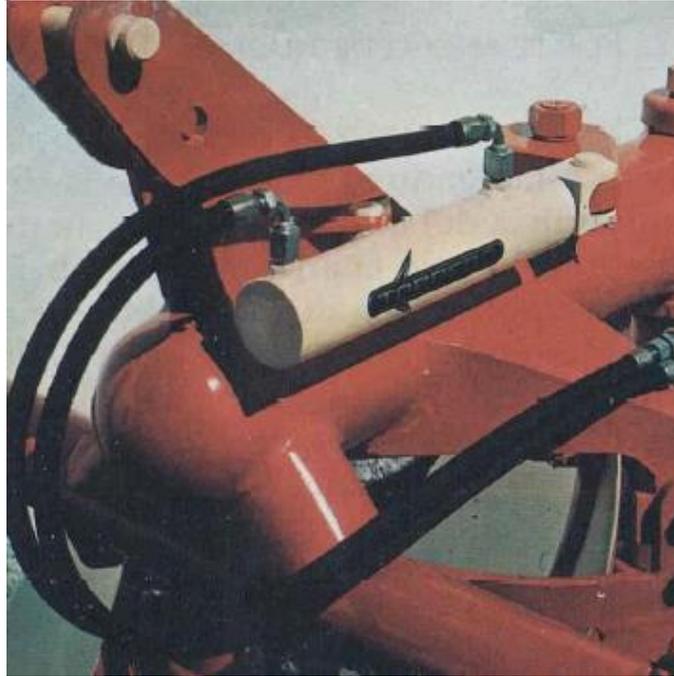


Fuente: (Laguna, 1999)

2.2.1.5 *Por su forma de volteo*

En los reversibles, el volteo puede ser manual o hidráulico, mediante un émbolo de doble efecto accionado desde el tractor

Figura 2-7 Arado de disco reversible de volteo hidráulico



Fuente: (Laguna, 1999)

2.2.2 Componentes

2.2.2.1 Bastidor

Constituye el armazón del arado donde se montan los cuerpos del arado, el sistema de enganche al tractor y la rueda limitadora de profundidad. Se trata de una estructura de travesaños huecos de sección rectangular o circular, que transmite los esfuerzos generados a la torreta de enganche. (Ortiz Cañavate, 2012)

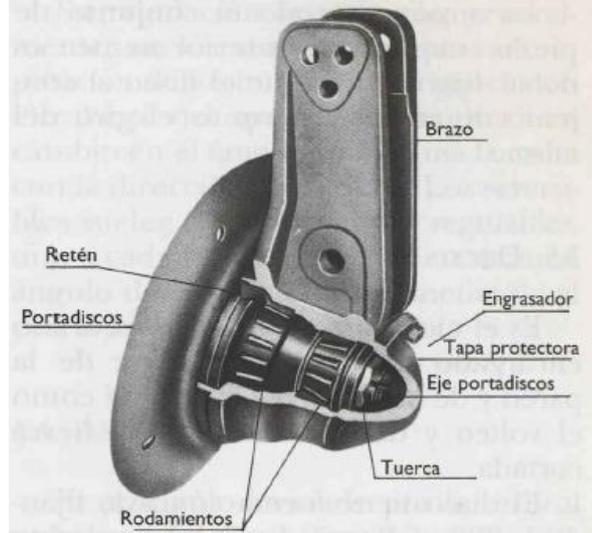
En algunos modelos, retirar algunos discos para adaptar el apero a la potencia de tracción disponible. En el extremo del bastidor se encuentra el sistema de tracción, que se completa con una o varias ruedas de apoyo. (Agrotécnica, 2000)

2.2.2.2 Brazo

Se trata de un conjunto de elementos que se unen al disco con el bastidor de arado. Consta de un brazo central en cuyo extremo lleva un eje solidario al disco que gira con este cuando trabaja. Unido a la carcasa mediante rodamientos permitiéndole rotar. Existe una tuerca reguladora que permite inclinar hacia adelante, girando alrededor de un perno. El

brazo porta disco debe tener la posibilidad de girar alrededor de su eje vertical a fin de poder modificar la posición del disco en sentido lateral. (Ortiz Cañavate, 2012)

Figura 2-8 Elementos de sujeción y giro del disco



Fuente: (Laguna, 1999)

2.2.2.3 Disco

El elemento fundamental, es el encargado de realizar el trabajo. Se trata de un casquete esférico que gira en un eje. Los casquetes poseen diámetros y radios de curvatura de diámetros diferentes, acondicionadas a las distintas labores y suelos. El valor del radio del casquete esférico viene a estar comprendido entre 0.8 y 1.2 veces el valor del diámetro. (Ortiz Cañavate, 2012)

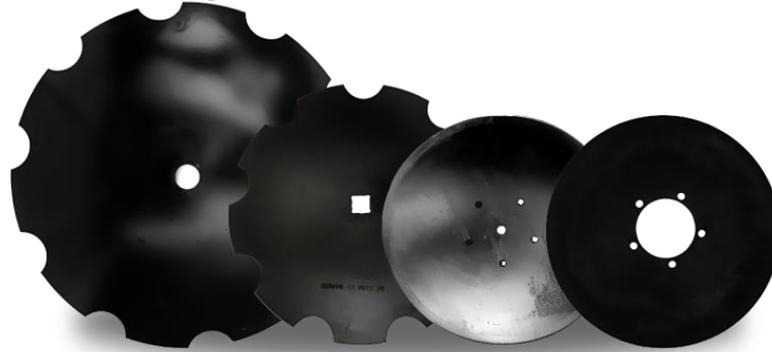
Los discos se construyen a partir de una chapa de acero laminada, la cual es troquelada, estampada y tratada térmicamente para conseguir mediante esta última operación la dureza superficial necesaria para evitar los posibles desgastes, sobre todo en el borde. (Ortiz Cañavate, 2012)

Normalmente, el borde de los discos utilizados en los arados es liso, aunque para aplicaciones especiales se puede montar discos con escotaduras en el borde en un número igual a la mitad de su diámetro expresado en pulgadas. (Agrotécnica, 2000)

Para la fabricación de los discos se debe utilizar acero con contenido medio-alto de carbono, de esta manera se aumenta su resistencia al desgaste, aunque también la

fragilidad. Por esta razón las aleaciones más apropiadas son las mangano-silicosas, que resisten bien la fatiga y los choques con bajos tratamientos. Se recomiendan aleaciones con el 0.40-0.65 % de carbono, 0.50-1.00% de manganeso y 1.40-2.00% de silicio, con inclusiones, en ocasiones de cromo o molibdeno en muy pequeñas cantidades (Agrotécnica, 2000)

Figura 2-9 Disco de arado bonem



Fuente: (Dinamica Implentos & Pesca, 2013)

2.2.2.4 Raspadores

Es una reja situada en el interior del disco su misión es ayudar al volteo del terreno, y limpiar el disco de la tierra que queda adherida. (Ortiz Cañavate, 2012)

Este raspador va unido directamente al bastidor del arado, por lo que permanece fijo y admite regulaciones, tanto en la posición como en la inclinación de su superficie activa, con respecto al disco. (Agrotécnica, 2000)

Los limpiadores deben de situarse tan próximos al disco como sea posible, pero sin rozarlo. Se recomienda una separación del borde de ataque de 3 mm en el centro del disco y 6 mm en la periferia. Lo que evita que la tierra se acúñe entre el limpiador y el disco. La separación se debe reducir todo lo posible para trabajar sobre suelos pegajosos. (Agrotécnica, 2000)

Figura 2-10 Arado tridisco con raspadores



Fuente: (Agroindustrial Apolo LTDA, 2016)

2.2.2.5 Rueda timón

También llamada rueda guía o de “cola” va dispuesta en la parte posterior del arado. Contrarresta o anula los desplazamientos laterales del implemento provocado por la reacción del suelo al ser invertido. (Carrasco, 2008)

La rueda de cola se apoya inclinada sobre el fondo del surco abierto por el último disco del arado, manteniendo constante la profundidad de trabajo. Camina siempre inclinada respecto al plano horizontal y paralela a la línea de avance, y dispone de una cuchilla circular periférica que evita el deslizamiento de la rueda en el fondo del surco. (Agrotécnica, 2000)

Figura 2-11 Rueda de cola



Fuente: (Baldan, 2017)

2.2.3 Regulación del arado de disco

2.2.3.1 Enganche

Con los aperos suspendidos el orden más aconsejable de unión: primero, brazo izquierdo, después tercer punto y por último, brazo derecho.

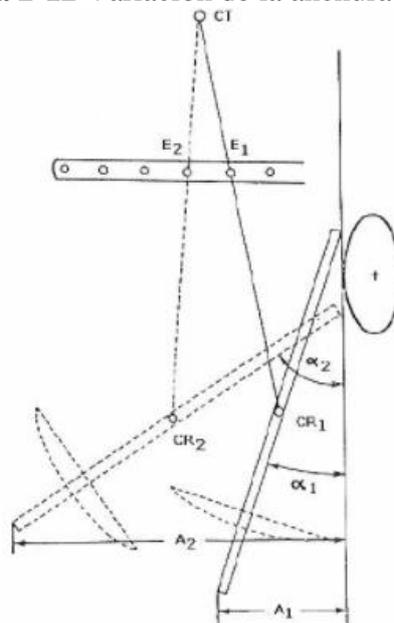
Los brazos de tiro del tractor se mantendrán equidistantes de las llantas de las ruedas y el apero se situará centrado con el tiro del tractor, en los discos el centro de la línea de resistencia se encuentra en el centro del apero. (Laguna, 1999)

2.2.3.2 Ancho de trocha

Cuando un tractor vaya a labrar con arado de discos, el ancho de trocha debe ser mínimo, siempre que proporcione suficiente estabilidad al tractor. De esta forma, tirará de la parte delantera del apero y se disminuye la tendencia que este tiene a cruzarse cuando va labrando. (Laguna, 1999)

Puede variarse la anchura de trabajo añadiendo o quitando uno o varios discos sobre la parte trasera de aquellos arados concebidos para tal posibilidad. Del mismo modo, sobre los suspendidos o semisuspendidos, cuando la anchura de trabajo se modifica, es necesario variar la orientación de la rueda del fondo del surco, orientándola según la dirección de marcha.

Figura 2-12 Variación de la anchura de trabajo.



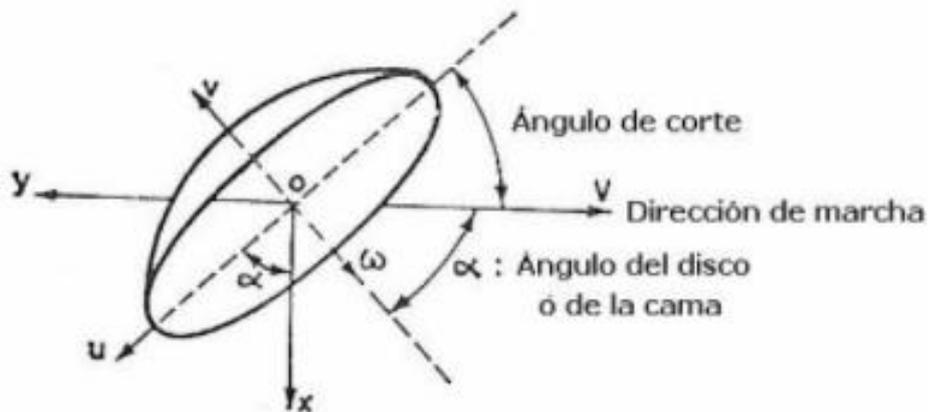
Fuente: (Marquez, 2014)

2.2.3.3 *Angulo de corte*

Es el ángulo formado por la dirección de avance del tractor y el diámetro horizontal del disco. La modificación de este ángulo puede darse haciendo girar el brazo soporte, de este modo se puede controlar la anchura de trabajo. El complementario se llama ángulo de disco o de cama. (Ortiz Cañavate, 2012)

Este ángulo puede oscilar entre 35° y 45° , si el disco no tuviera ángulo de corte, el disco rodaría sobre el terreno sin profundizar ni coger tierra. A medida que se aumenta el ángulo de corte, hasta llegar a los 45° se facilita la penetración en el terreno y se disminuye el esfuerzo tracción. Si este ángulo es superior a 45° el esfuerzo requerido para mover el apero aumentará, ya que el disco tenderá a llevar la tierra hacia delante. (Laguna, 1999)

Figura 2-13 Angulo de corte

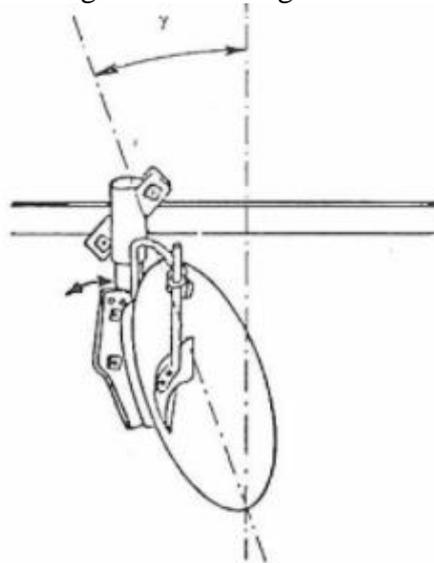


Fuente: (Marquez, 2014)

2.2.3.4 *Ángulo de inclinación*

Es el ángulo que se forma con la vertical del plano del disco. Se modifica haciendo variar la inclinación del soporte del disco en relación al brazo. Este ángulo varía de 10° a 20° ; al aumentar se mejora la penetración del disco en suelos adherentes y pesados que tienen tendencia a enrollarse bajo el borde de corte en el fondo del surco. Al disminuir el ángulo de inclinación, se mejora el trabajo del disco en suelos sueltos. (Marquez, 2014)

Figura 2-14 Regulación del ángulo de inclinación



Fuente: (Marquez, 2014)

Cuando más pequeño sea el ángulo de inclinación, mayor es la presión del suelo, resultando una mayor velocidad de giro del disco, mayor pulverización del suelo, mejor corte y enterramiento del rastrojo.

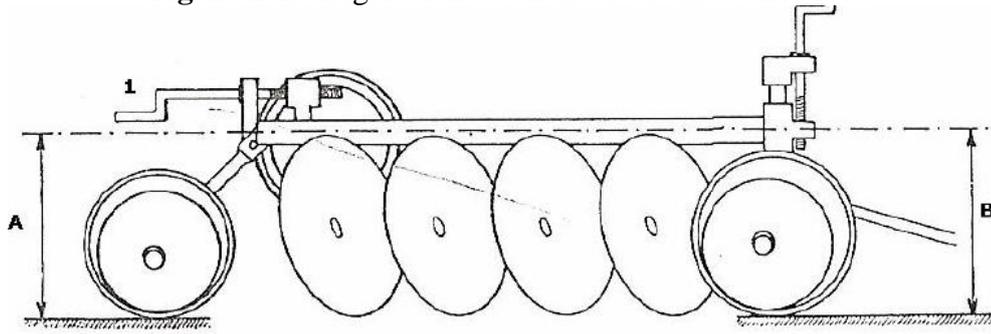
2.2.3.5 Regulación de la profundidad de trabajo

La posición del bastidor de arado puede ser modificado tanto en altura como en inclinación horizontal en relación a las ruedas soporte, en caso de arados de disco arrastrados. (Marquez, 2014)

Lo mismo puede decir de los arados semisuspendidos; la altura de la barra de enganche es regulable por el sistema hidráulico del tractor, así como la altura del bastidor en relación a la rueda trasera del fondo del surco. (Marquez, 2014)

Para arados suspendidos se debe actuar sobre el sistema hidráulico de elevación del tractor y también sobre la rueda trasera del arado. (Marquez, 2014)

Figura 2-15 Regulación de un arado de disco arrastrado



Fuente: (Marquez, 2014)

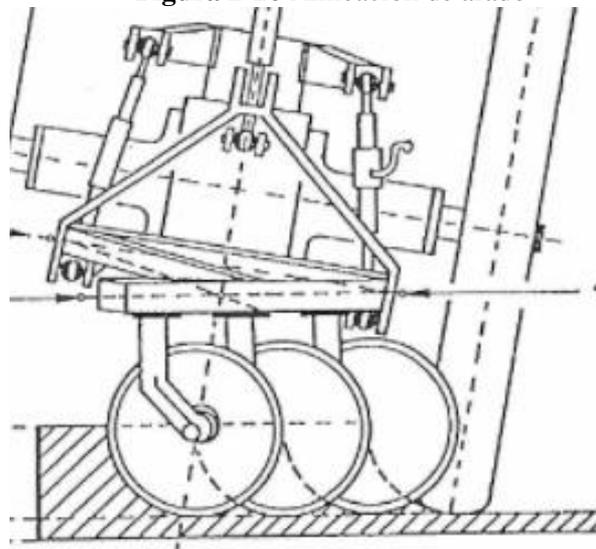
En cuanto a su longitud, debe ser tal, que una vez clavado el apero en el terreno y observándolo desde el lateral, la cama queda paralela al suelo. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que si se alarga un poco el tercer punto se dejará caer el último cuerpo y ello favorecerá la penetración del apero en el terreno. (Laguna, 1999)

2.2.3.6 Profundidad

La profundidad ideal para el trabajo en arado de discos se estima en una tercera parte del diámetro del disco. Generalmente, esta profundidad se aumenta a la hora de ejecutar las labores, pero esto va en detrimento de la calidad de la mismas.

Puede limitarse colocando una rueda de profundidad, o bien controlarse mediante el sistema hidráulico del tractor. (Laguna, 1999)

Figura 2-16 Alineación de arado



Fuente: (Marquez, 2014)

2.3 Teorías del diseño

2.3.1 *Material*

La selección de un material en la construcción de partes de máquinas o elementos estructurales es una de las más importantes del diseñador. Por lo general las decisiones se toman antes de establecer las dimensiones de las partes.

Después seleccionar el proceso para crear la geometría deseada y el material (estos no pueden estar separados), proporcionando el elemento de manera que se evite la pérdida de funcionalidad o que la probabilidad de dicha pérdida se mantenga a un nivel de riesgo aceptable. (Budynas, y otros, 2008)

2.3.2 *Teoría de la energía de distorsión*

La falla se producirá cuando la energía de distorsión por unidad de volumen debidamente a los esfuerzos máximos absolutos en el punto crítico sea igual o mayor a la energía de distorsión por unidad de volumen de una probeta en el ensayo de tensión en el momento de producirse la fluencia. (De Castro, 2014)

La teoría de la energía de deformación también se denomina:

- Teoría de von Mises o von Mises-Hencky
- Teoría de la energía de cortante
- Teoría del esfuerzo cortante octaédrico

Donde el esfuerzo de Von Mises es

$$\sigma' = \left[\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]^{1/2} \quad (1)$$

Para el esfuerzo plano, sean σ_A y σ_B los dos esfuerzos principales diferentes de cero. Entonces, de la ecuación (1), se obtiene

$$\sigma' = (\sigma_A^2 - \sigma_A\sigma_B + \sigma_B^2)^{1/2} \quad (2)$$

Usando las componentes xyz del esfuerzo tridimensional, el esfuerzo von Mises puede escribirse como

$$\sigma' = \frac{1}{\sqrt{2}} [(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)]^{1/2} \quad (3)$$

Y para el esfuerzo plano

$$\sigma' = (\sigma_x^2 - \sigma_x\sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2)^{1/2} \quad (4)$$

El esfuerzo de Von Mises, el cual puede compararse con la resistencia a la fluencia del material. Puede expresarse como una ecuación de diseño mediante

$$\sigma' = \frac{S_y}{n} \quad (5)$$

Entonces, la resistencia a la fluencia cortante predicha por la teoría de la energía de distorsión es

$$S_{sy} = 0.577S_y \quad (6)$$

2.4 **Manufactura De Elementos Agrícolas**

2.4.1 *Manufactura*

La manufactura es la aplicación de procesos físicos y químicos para alterar la geometría, propiedad o apariencia de un material de inicio dado para fabricar piezas o productos; la manufactura también incluye el ensamblaje de piezas múltiples para fabricar productos. Los procesos para llevar a cabo la manufactura involucran una combinación de máquinas, herramientas, energía y trabajo manual. (Groover, 2007)

La manufactura puede producir productos discretos, es decir piezas individuales, o productos continuos; por ejemplo, un rollo de alambre, una lámina de metal o de plástico y tramos de manguera a o de tubo, que pueden ser cortadas en piezas individuales y luego convertirse en partes discretas. (Kalpakjian, 2008)

La manufactura es claramente una actividad compleja, que involucra una amplia variedad de recursos y actividades, como lo siguiente:

- Diseño del producto
- Maquinaria y herramienta
- Planeación de procesos
- Materiales
- Compras
- Manufactura
- Control de producción
- Servicios de apoyo
- Marketing
- Ventas
- Embarques
- Servicio al cliente

2.4.2 *Materiales en la manufactura*

2.4.2.1 *Metales*

Los metales que se emplean en la manufactura, por lo general son aleaciones, que están compuestos de dos o más elementos, con al menos uno en forma metálica. Los metales se dividen en dos grupos básicos: ferrosos y no ferrosos. (Groover, 2007)

Tabla 2-2 Características generales de manufactura de diversas aleaciones

Aleación	Capacidad de fundición	Capacidad de soldadura	Maquinabilidad
Aluminio	E	F	G-E
Cobre	F-G	F	F-G
Fundición gris	E	D	G
Fundición blanca	G	VP	VP
Níquel	F	F	F
Aceros	F	E	F
zinc	E	D	E

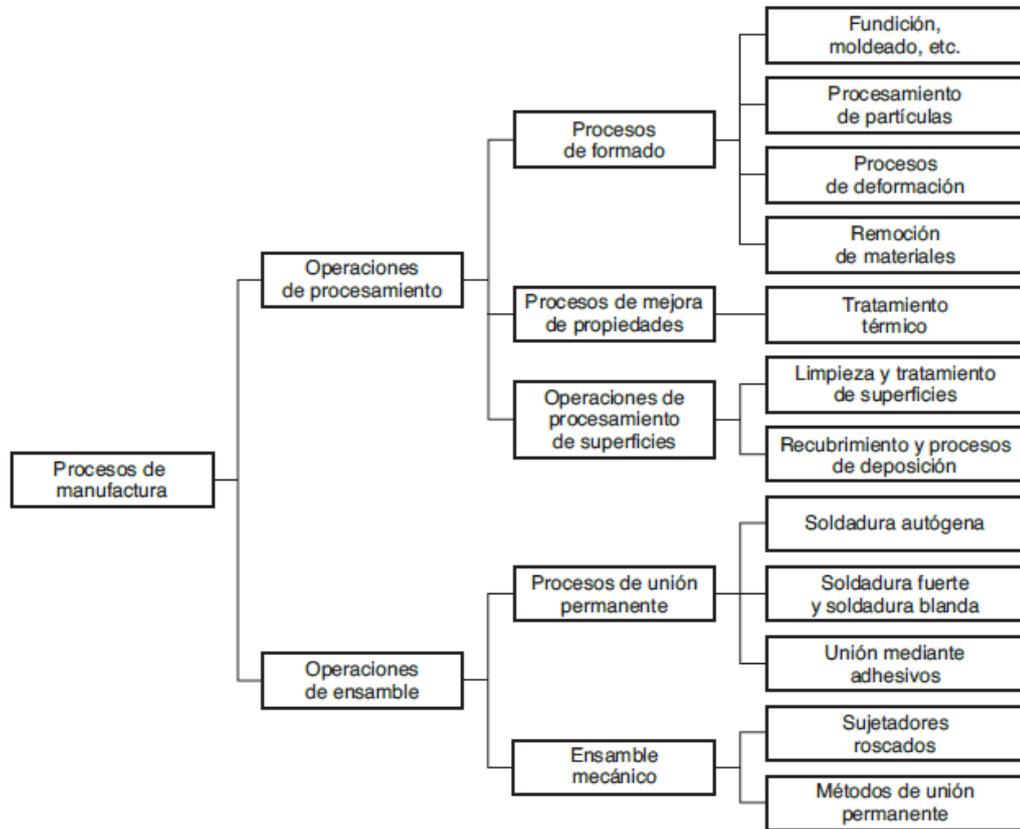
Nota: E, excelente; G, bueno; F, aceptable; D, difícil; VP, muy pobre.

Realizado por: Autores 2017

Fuente: (Kalpakjian, 2008)

2.4.3 *Procesos de manufactura*

Figura 2-17 Clasificación de los procesos de manufactura



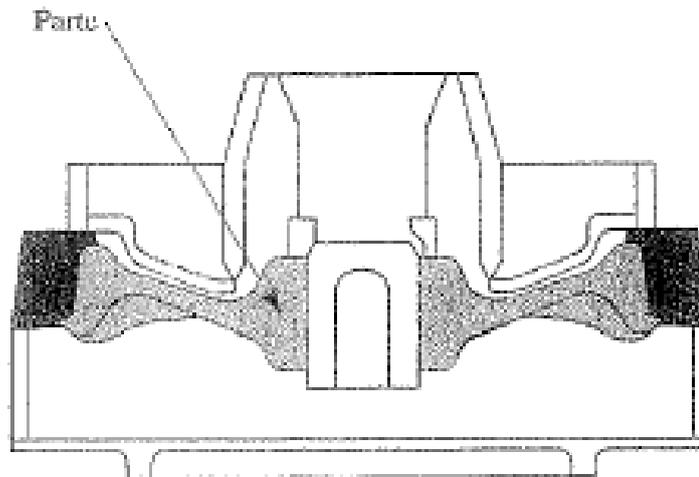
Fuente: (Groover, 2007)

2.4.3.1 *Proceso de formado*

2.4.3.1.1 *Procesos de moldeado*

El material se calienta lo suficiente para transformarlo a un líquido o a un estado altamente plástico (semifluido). Casi todos los materiales se pueden procesar de esta manera. El material en forma líquida o semifluida se vacía o se fuerza para que fluya en una cavidad llamada molde donde se enfría hasta la solidificación, con lo que adopta la forma del molde. La mayoría de procesos que operan de esta manera se denomina fundición o moldeado. (Groover, 2007)

Figura 2-18 Esquema de una operación de fundición

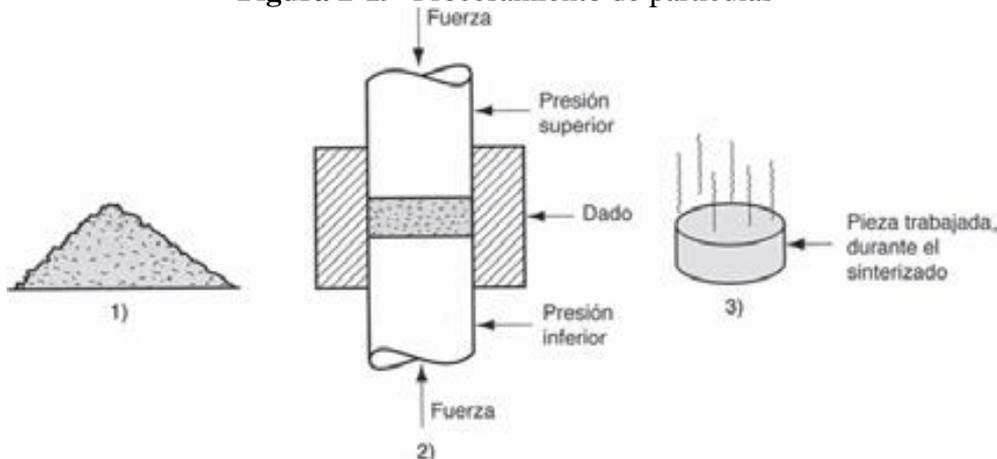


Fuente: (Kalpakjian, 2008)

2.4.3.1.2 Procesamiento de partículas

El material de inicio son polvos metálicos o cerámicos. Aunque estos dos materiales son muy diferentes, los procesos para darles forma a partir del procesamiento de partículas son muy similares. La técnica común involucra la presión y el sinterizado, en las que los polvos primero se fuerzan hacia una cavidad llamada matriz o dado a una gran presión, y después se calientan para unir las partículas individuales. (Groover, 2007)

Figura 2-19 Procesamiento de partículas



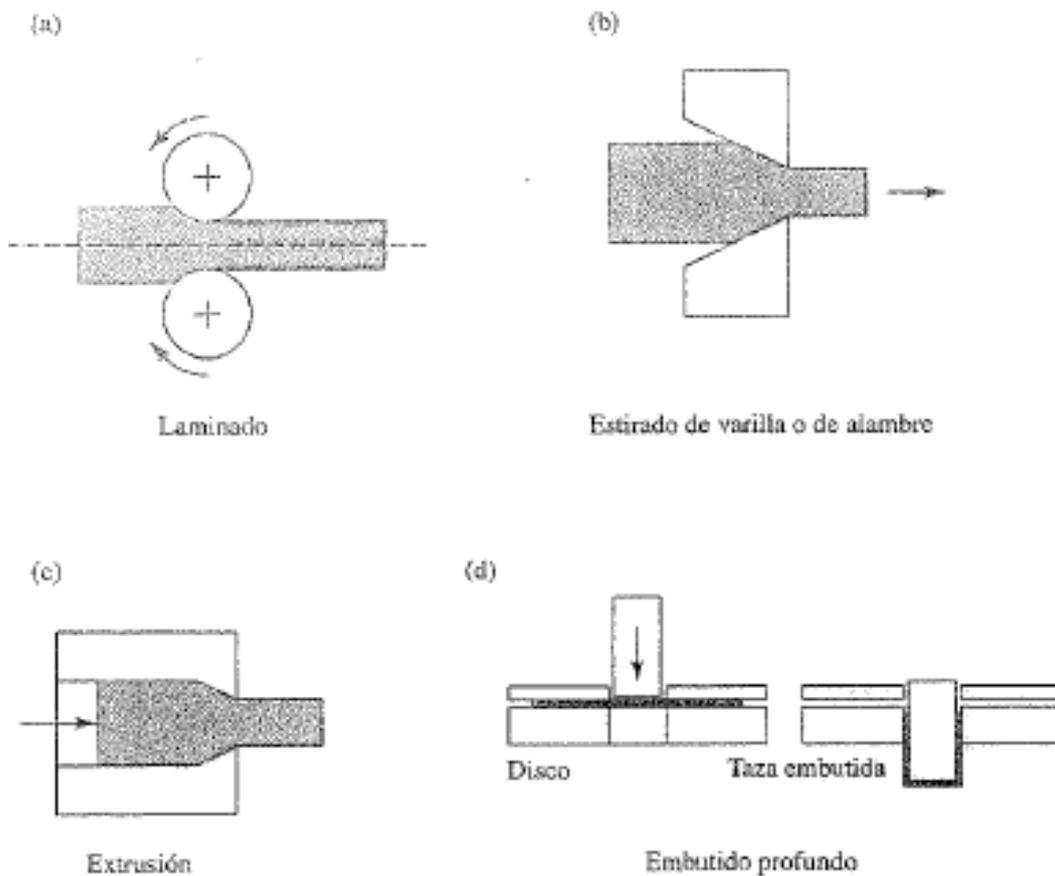
Fuente: (Groover, 2007)

- 1) El Material de inicio es un polvo
- 2) Presionar
- 3) Sintetizar

2.4.3.1.3 Procesos de deformación

La pieza inicial que se trabaja se conforma por medio de la aplicación de fuerzas que exceden la resistencia del material. Para que el material se forme de este modo, debe ser suficientemente dúctil para evitar que se fracture durante la deformación. Para incrementar su ductilidad (y por otras razones), es común que antes de darle forma, el material de trabajo se caliente hasta una temperatura por debajo del punto de fusión. Los procesos de deformación se asocian de cerca con el trabajo de los metales, e incluyen operaciones tales como el forjado y la extrusión (Groover, 2007)

Figura 2-20 Esquemas de varios procesos de formado.



Fuente: (Kalpakjian, 2008)

2.4.3.2 Proceso de mejora de una propiedad

El segundo tipo principal de procesamiento de una pieza se lleva a cabo para mejorar las propiedades mecánicas o físicas del material de trabajo. Estos procesos no alteran la

forma de la pieza, salvo de manera accidental en algunos casos. Los procesos más importantes de mejoramiento de una propiedad involucran los tratamientos térmicos, que incluyen varios procesos de recocido y templado de metales y vidrios. (Groover, 2007)

2.4.3.3 *Procesamiento de la superficie*

2.4.3.3.1 Limpieza

Incluye procesos tanto químicos como mecánicos para retirar de la superficie suciedad, aceite y otros contaminantes. (Groover, 2007)

2.4.3.3.2 Tratamiento de una superficie

Incluyen trabajos mecánicos tales como granallado y chorro de arena, así como procesos físicos tales como difusión e implantación de iones. (Groover, 2007)

2.4.3.3.3 Procesos de recubrimiento y depósito de una película delgada

Se aplican una capa de material a la superficie exterior de la pieza que se trabaja. Los procesos comunes de recubrimiento incluyen la galvanoplastia y anodización del aluminio, el recubrimiento orgánico (llamado pintado), y el barnizado de porcelana. Los procesos de deposición de película incluyen la deposición física y química de vapor (PVD), a fin de formar recubrimientos de varias sustancias delgadas en extremo. (Groover, 2007)

2.4.3.4 *Procesos de unión permanente*

Incluyen la soldadura homogénea, soldadura fuerte, soldadura blanda, y unión mediante adhesivos. Forman una unión de componentes que no puede separarse con facilidad. (Groover, 2007)

2.4.3.5 *Métodos de ensamblado mecánico*

Existen para sujetar dos (o más) partes en una pieza que se puede desarmar a conveniencia. El uso de tornillos, remaches y otros sujetadores mecánicos, Otras técnicas de ensamblado mecánico que forman una conexión permanente incluyen los remaches, ajustes de presión y ajustes de expansión. (Groover, 2007)

2.4.4 *Sistemas CAD/CAM/CAE*

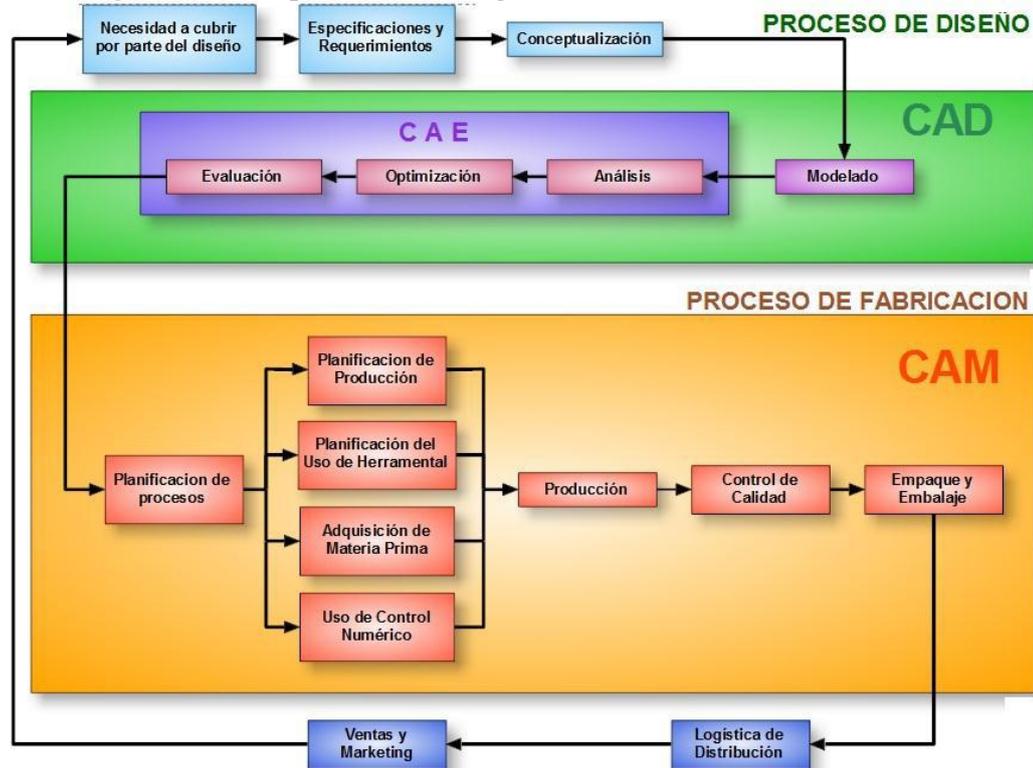
Con el paso de los años las diversas ramas de la ciencia ha buscado la forma de simplificar el trabajo que conlleva implementar cierto tipo de tecnologías, así también se ha tratado de disminuir el tiempo y el costo por retrabajos que conlleva realizar las operaciones necesarias para la fabricación de productos, por ello es necesario estimular parámetros tales como tiempo, precisión y costo, en tanto es que se han desarrollado diversas metodologías y tecnologías para este fin, entonces con la aparición de las computadoras y el manejo digital de la información, son desarrollados los sistemas CAD/CAM/CAE. (Alderete, 2013)

CAD: “Computer Aided Design” o “Diseño Asistido por Computadora”

CAM: “Computer Aided Manufacturing” o “Manufactura Asistida por Computadora”

CAE: “Computer Aided Engineering” o “Ingeniería Asistida por Computadora”

Figura 2-21 Esquema de la integración de sistemas CAD/CAM/CAE



Fuente: (Walker, 1996)

2.4.5 *Sistemas CAD*

Por tanto los sistemas CAD comprenden tecnología que implica la creación, modificación, análisis y optimización de un diseño, de esta forma cualquier aplicación que incluya una interfaz gráfica y realice alguna tarea de ingeniería se considera software CAD, las herramientas CAD abarcan desde las interfaces de modelado geométrico hasta aplicaciones específicas para la optimización de productos específicos, por lo que dentro de estos dos puntos a través del CAD, se encuentran las herramientas de modelado geométrico, análisis de tolerancias, cálculo de propiedades físicas (masa, volumen, momentos, centros de masa, centros de gravedad, etc.) modelado y análisis de elemento finito (FEM), ensamblado, análisis de interferencias y curvaturas etc. (Alderete, 2013)

2.4.6 *Sistemas CAM*

Las técnicas más utilizadas en la etapa de fabricación es el Control Numérico, el cual implica tecnología que utiliza instrucciones programadas para controlar las maquinas-herramientas con la capacidad de corte, doblado, punzonado, electroerosionado etc. El

software es capaz de generar, gran cantidad de órdenes y/o sentencias de control numérico utilizando la información generada durante la etapa de CAD, incluyendo datos de materiales, tipos de máquinas compatibilidad de software etc. (Alderete, 2013)

2.4.7 *Sistemas CAE*

El CAE permite al diseñador simular y estudiar el comportamiento del producto con la finalidad de iterar en el diseño o rediseño del mismo, en cuanto sea necesario para determinar su fiabilidad de desempeño y así delimitar y por ende disminuir el costo de fabricación ya que bajo el supuesto en donde el componente tiene una viabilidad de desempeño, la fabricación deberá incluir solo ajustes de manufactura y no de diseño. Existe software que permite la simulación cinemática de componentes mecánicos, lo cual sirve para determinar las trayectorias de movimiento y velocidades de ensamblado de mecanismos, así como también software que permite el análisis dinámico para determinar las cargas y desplazamientos en sistemas complejos como es el sector automotriz. (Alderete, 2013)

El análisis más utilizado en los sistemas CAE es el Método de Elemento Finito o FEM (Finite Element Method), el cual es utilizado para determinar tensiones, deformaciones, fenómenos de transferencia de calor, distribución de campos magnéticos, comportamiento en la mecánica de fluidos, etc. (Alderete, 2013)

Este método inicia con la modelación geométrica del componente a diseñar, una vez creado dicho modelo es necesario crear una malla de elementos finitos definida por las condiciones de frontera cargadas por el diseñador, cabe mencionar que dichas condiciones de frontera deberán ser sintetizadas en la abstracción del problema real, con la finalidad de representar el desempeño del sistema fragmentándolo a problemas de modelación estática, dinámica, o sistemas de análisis simple. (Alderete, 2013)

CAPÍTULO III

3. Diseño

3.1 Consideraciones del diseño

3.1.1 *Especificaciones del motocultor*

Tabla 3-3 Especificaciones del motocultor

Dimensiones (L x A x Alt) mm	2680 x 960 x 1250	
Fuerza de tracción (Kg-f)	221	
Velocidad nominal (rpm)	5800	
Velocidad de fabrica por cambio (Km/h)	Hacia delante	1.6/2.8/4.6/5.9/10.5/17.1
	Reversa	1.2/4.3
Potencia de salida (Kw/Hp)	12/16	

Realizado por: Autores 2017

Fuente: (Changzhou Dongfeng Agricultural Machinery Group Co.)

3.1.2 *Energía consumida al labrar*

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

$$F = \mu * S \quad (7)$$

En un arado de discos la sección de trabajo es:

$$S = n * a * p \quad (8)$$

Siendo n el número de cuerpos del arado, a la anchura de cada cuerpo y p la profundidad de trabajo.

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

Según ASABE, los valores medidos de la resistencia específica para distintos suelos son:

Arcilloso-limoso	$\mu = 7 + 0,049 * v^2$	(N/cm ²)
Franco-arcilloso	$\mu = 6 + 0,049 * v^2$	(N/cm ²)
Franco-arcilloso-limoso	$\mu = 4,8 + 0,024 * v^2$	(N/cm ²)
Franco	$\mu = 3 + 0,020 * v^2$	(N/cm ²)
Limo-arenoso	$\mu = 3 + 0,032 * v^2$	(N/cm ²)
Franco-arenoso	$\mu = 2,8 + 0,013 * v^2$	(N/cm ²)
Arenoso	$\mu = 2 + 0,013 * v^2$	(N/cm ²)

La formula

$$\mu = \mu_0 + \lambda . v \quad (9)$$

Se debe al físico ruso Corjatschkin, en la que μ_0 es la resistencia específica del terreno estática y λ es un parámetro dependiendo ambos tipos de suelo y para μ en N/cm², La velocidad v viene expresada en km/h.

La potencia con la cual el implemento agrícola funcione bajo ciertas condiciones específicas, El cálculo de la potencia está en función de algunas variables como la fuerza “F” que le implemento demanda de la barra de tiro, la velocidad “V” con la que es tirado el implemento por el tractor. (Ortiz Arévalo, 2009)

Para calcular la potencia requerida “Pr” tenemos la ecuación:

$$P_r = F * V \quad (10)$$

3.1.2.1 Cálculo

El arado de discos está compuesto por 3 cuerpos, realizara un ancho de surco de 20 cm con una profundidad de 15 cm, en un suelo franco-Arcilloso a una velocidad de avance de 4,6 km/h

Datos:

$$n = 3$$

$$a = 20 \text{ cm}$$

$$p = 15 \text{ cm}$$

$$v = 4.6 \text{ km/h}$$

$$S = n * a * p$$

$$S = 900 \text{ cm}^2$$

$$F = \mu * S$$

$$F = 5,602 \text{ kN}$$

$$\mu = 6 + 0,049 * v^2$$

$$\mu = 6,2254 \text{ N/cm}^2$$

$$P_r = F * V$$

$$P_r = 7.12 \text{ kw} = 9.54 \text{ Hp}$$

Tomando en cuenta que el arado de disco posee una rueda guía que también requiere una fuerza de tracción.

Datos:

$$n = 1$$

$$a = 1 \text{ cm}$$

$$p = 15 \text{ cm}$$

$$v = 4.6 \text{ km/h}$$

$$S = n * a * p$$

$$S = 15 \text{ cm}^2$$

$$F = \mu * S$$

$$F = 0.374 \text{ kN}$$

$$\mu = 6 + 0,049 * v^2$$

$$\mu = 6,2254 \text{ N/cm}^2$$

$$P_r = F * V$$

$$P_r = 0.48 \text{ kW} = 0.64 \text{ Hp}$$

Entonces, sumando las fuerzas de tracción tenemos:

$$F_T = 0.374 \text{ kN} + 5,602 \text{ kN}$$

$$F_T = 5.976 \text{ kN}$$

$$P_r = 7.636 \text{ kW} = 10.24 \text{ Hp}$$

3.1.3 Consideraciones del suelo

La zona centro del país presenta distintos tipos de suelos, de los cuales sobresale el tipo de suelo franco, teniendo una elevada productividad agrícola, aportada por sus componentes: Arena, Limo, Arcilla

3.1.3.1 Resistencia a la penetración

La resistencia de un suelo a la penetración de una determinada herramienta sondeo, constituye una variable que aglutina otras propias del suelo tales como compactación, cohesión y rozamiento interno. Nos da una idea de la dureza de ese suelo para las condiciones específicas. (Núñez, 2002)

3.1.4 Especificaciones para el bastidor

El bastidor estará sometido a cargas axiales, radiales y torsión por ser donde van acoplados los demás componentes, tomando en cuenta estos puntos de vista el material que pudiera ser usado puede comprender características como:

- Resistencia a la tensión
- Resistencia al desgaste
- Resistencia a la oxidación y abrasión, pudiendo prevenir estas con un recubrimiento
- Reducción de la deformación
- Facilidad en el laminado y forjado

El material apropiado para realizar el bastidor tendrá que ser un acero de media aleación

Existe una alta gama de aceros de media aleación, la disposición de estos en el mercado ecuatoriano, con mayor comercialización son ASTM A36 y ASTM A572 GRADO 50, con una disposición en diferentes presentaciones como en planchas, perfiles, canales, tees, etc.

Tabla 3-4 Propiedad mecánica ASTM36

Propiedades Mecánicas					
ASTM A36	Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción		Elongación
	(Kg/mm ²)	MPa	(Kg/mm ²)	MPa	%
	25.5	250	40.8	400	20

Realizado por: Autores

Fuente: (Novacero, 2016)

Tabla 3-5 Propiedades mecánicas ASTM A572 GRADO 50

Propiedades Mecánicas					
ASTM A572 GRADO 50	Esfuerzo Fluencia		Esfuerzo Tracción		Elongación
	(Kg/mm ²)	MPa	(Kg/mm ²)	MPa	%
	35	345	46	450	21

Realizado por: Autores

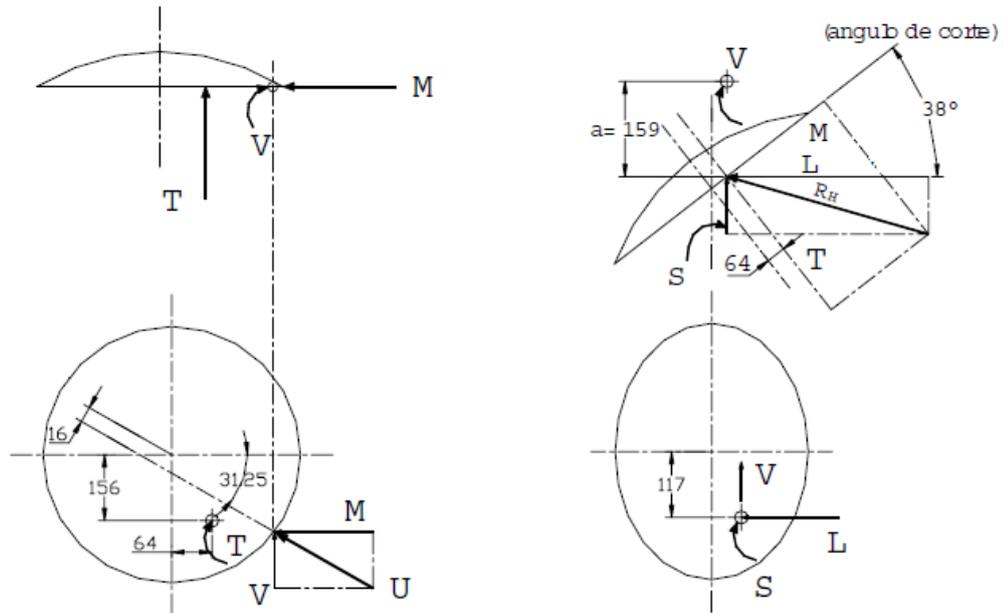
Fuente: (Novacero, 2016)

3.1.5 *Especificaciones para el disco*

3.1.5.1 *Fuerzas que actúan sobre el disco*

Las fuerzas que actúan en la hoja del disco a resultado de cortar, pulverizar, elevar e invertir la loncha de surco, con cualquier fuerza parasita existente puede expresarse mediante dos fuerzas no intersecantes, T fuerza de empuje raramente al eje del disco y una fuerza radial U.

Figura 3-22 Fuerzas que actúan sobre un disco



Fuente: (Kepner, y otros, 1978)

Según Kepner en condiciones experimentales nos da las siguientes particularidades:

La relación entre la fuerza de tiro (L) y la fuerza vertical (V) es de 4.3 veces.

El valor de V se encontrará entre (0.74 y 3.86)

Considerando un ángulo de trabajo promedio de 45° , con un ancho máximo de corte de 200 mm. (0.148 - 0.772)

Las fuerzas que actúan sobre el filo del disco son una fuerza normal (V) y la fuerza de fricción (M) donde:

$$M = V \times \mu \quad (11)$$

Donde:

μ = ángulo de fricción metal suelo

Para valores de ángulos q van de 10° a 25° tenemos que el valor de μ varía de 0.18 a 0.466

La fuerza U que actúa en el filo del disco:

$$U = [(V)^2 + (M)^2]^{1/2} \quad (12)$$

Donde U puede variar desde 0.22 kN hasta 1.27 kN.

Considerando el rango de fuerzas y un diámetro de 355 mm tenemos un para que vencerá dichas fuerzas.

$$\text{Momento de un par} = F \times d \quad (13)$$

F= Fuerza

d= distancia del brazo

el valor del momento para estará (89.43 a 516) Nm

3.1.5.2 Material del disco de arado

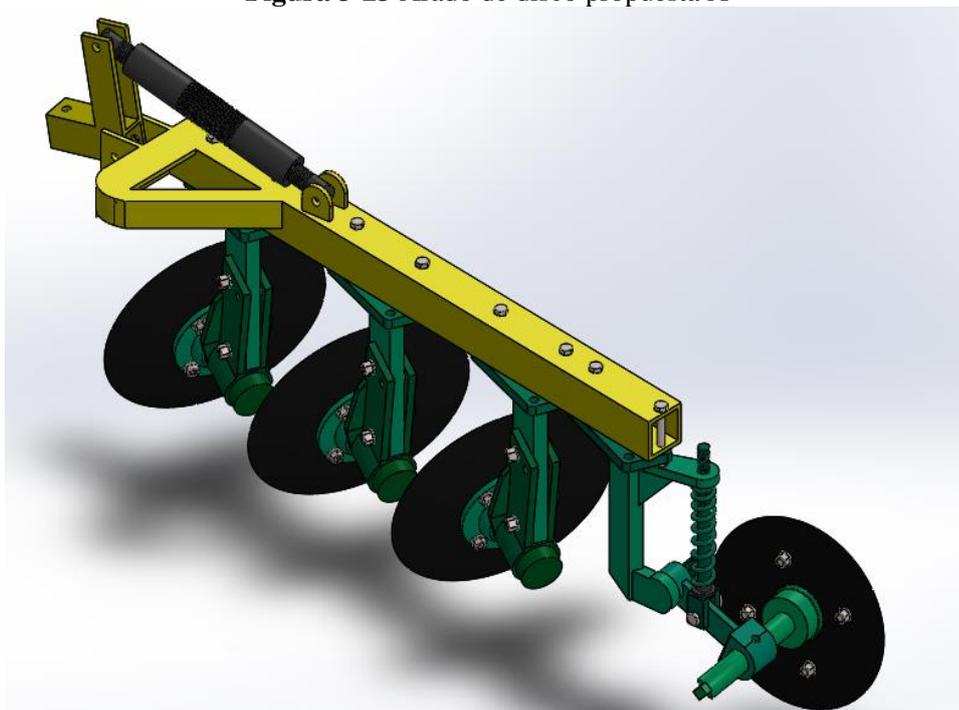
Las herramientas agrícolas deben cumplir ciertas características:

Una dureza que puede estar entre 36 a 45 Rockwell

Un porcentaje mínimos de carbono de 0.5, manganeso 1, cromo 0.25.

3.2 Geometría A

Figura 3-23 Arado de disco propuesta A



Fuente: Autores

3.2.1 *Características*

Tabla 3-6: Características geometría A

Tipo	Tridisco, suspendidos, fijo
Peso	80 kg
Altura	675 mm
Largo	1200 mm
Anchura trabajo	500 mm
Angulo de corte Máx.	35 °
Angulo de inclinación Máx.	18°
Nivelación	Mediante el tercer punto
Profundidad	Regulada con rueda de profundidad mediante tornillo
Cuerpos de trabajo	Tres independientes más una rueda guía
Acople	En la barra de tiro mediante pasador
Diámetro del disco	300 mm
Rodamientos	Cónicos
Sujeción de los cuerpos	Mediante pernos M12

Realizado por: Autores 2017

3.2.2 *Ventajas*

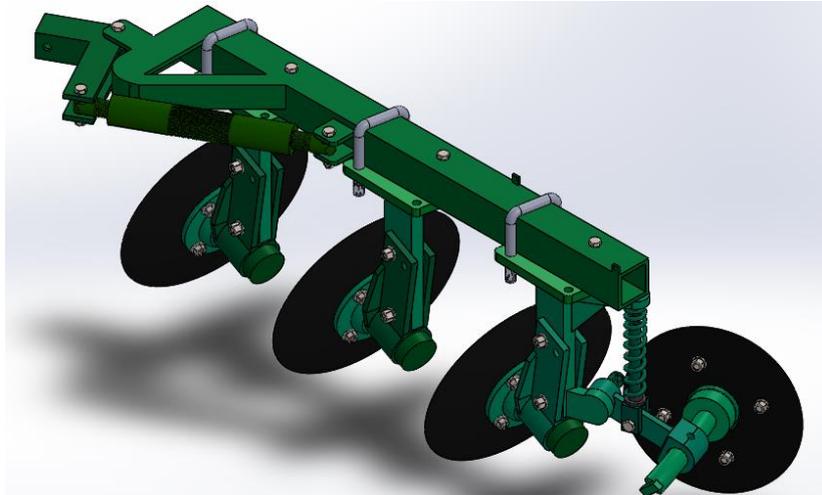
- Acople rápido y sencillo.
- Regulación de profundidad disponible y fácil.
- Reemplazo o suspensión gracias a cuerpos independientes.
- Peso favorable para la penetración del disco en el suelo

3.2.3 *Desventajas*

- En la transportación todo el peso se apoya en la barra de tiro ya que no posee otro punto de contacto.
- Los esfuerzos en labores agrícolas incrementaran en el punto de acople
- El Angulo de corte tiene un rango de oscilación muy pequeño (30° a 35°)
- El largo no permite una buena maniobrabilidad del motocultor
- Aumenta los riesgos de lesiones
- Ancho de trabajo fijo

3.3 Geometría B

Figura 3-24 Arado de disco Propuesta B



Fuente: Autores 2017

3.3.1 Características

Tabla 3-7: Características geometría B

Tipo	Tridisco, suspendidos, fijo
Peso	75 kg
Altura	550mm
Largo	1000 mm
Anchura trabajo Máx.	600 mm
Angulo de corte Máx.	40 °
Angulo de inclinación Máx.	18°
Nivelación	Barras sujetadas al bastidor de manubrios
Profundidad	Regulada con rueda de profundidad mediante tornillo o mediante la presión ejercida por el operario sobre los manubrios
Cuerpos de trabajo	Dos independientes y un tercero conjuntamente con la rueda guía
Acople	En la barra de tiro mediante pasador y barras de sujeción del bastidor a los manubrios
Diámetro del disco	300 mm
Rodamientos	Cónicos
Sujeción de los cuerpos	Mediante pernos M12 y abrazaderas

Realizado por: Autores 2017

3.3.2 *Ventajas*

- Acople sencillo con dos puntos más de sujeción.
- Distribución del peso en la transportación.
- La carga no se concentra en un solo punto.
- Regulación de penetración en el suelo está a disposición del operario.
- El ángulo de corte se encuentra en un rango de (30° a 40°).
- El ancho de trabajo puede variar por la ubicación del tercer punto, a un costado del apero
- Reduce el riesgo de lecciones al operar el apero
- Variar la distancia entre surcos

3.3.3 *Desventajas*

- No todos cuerpos son independientes
- El remplazo del cuerpo donde comparte el tercer disco y rueda guía tendría que hacerse por completo en caso de falla de los soportes

3.4 **Elección de la mejor alternativa**

Presentadas las dos propuestas de diseño se realiza una comparación para identificar que alternativa nos proporciona mejor característica, resistencia y desempeño en las labores agrícolas.

Tabla 3-8 Comparación Diseño A y B

Geometría	A	B
Tipo	Tridisco, suspendidos, fijo	Tridisco, suspendidos, fijo
Peso	80 kg	75 kg
Altura	675 mm	550 mm
Largo	1200 mm	1000 mm
Anchura trabajo	500 mm	600 mm
Angulo de corte	35 °	40 °
Angulo de inclinación	18°	18°

Nivelación	Tercer punto	Bastidor de manubrios
Profundidad	Rueda guía	Rueda guía y operario
Cuerpos de trabajo	Independientes	Agrupado con rueda guía
Acople	Barra de tiro	Barra de tiro y bastidor manubrios
Diámetro del disco	300 mm	300 mm
Rodamientos	Cónicos	Cónicos
Sujeción	Pernos M12	Pernos M12 y abrazaderas

Realizado Por: Autores 2017

Presentadas las características:

- La geometría **B**, nos presenta una longitud más adecuada para prevenir riesgos de accidentes en el momento de operación el motocultor, el ancho de corte se incrementa hasta los 600 mm pudiendo variar dependiendo de la necesidad del operario.
- La opción **B**, facilita la penetración del disco en el suelo por el incremento del ángulo de corte, disminuyendo el esfuerzo de tracción moviendo la misma cantidad de tierra.
- La propuesta **B**, tiene tres puntos de anclaje con lo cual logramos distribuir más eficientemente la carga, reduciendo los puntos de concentración de esfuerzos, incrementando la vida de las piezas y permite tener un mejor control de profundidad.
- Los cuerpos de la alternativa **B** están sujetos al bastidor, por un lado, con un perno M12 y por el otro una abrazadera las cuales nos proporcionan una mayor confianza y seguridad para las labores agrícolas.

3.4.1 *Análisis mediante el software ANSYS WORKBENCH*

Antes de realizar el diseño de nuestro arado se realizó estudios en Ansys (Workbench) con el objetivo de diagnosticar, si el material seleccionado es el óptimo, si la geometría

del diseño no se ve afectado al aplicar cargas similares en condiciones de trabajo de la herramienta

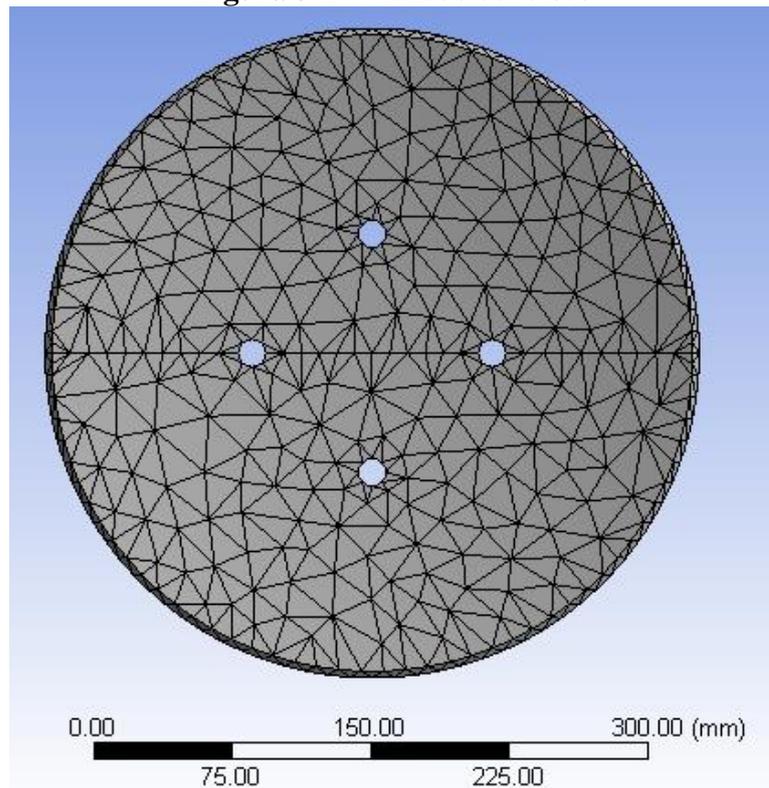
3.4.1.1 *Análisis del disco*

Para realizar el siguiente análisis es necesario introducir el material de la pieza, las restricciones y las cargas que actuarán sobre la pieza.

Una de las piezas a estudio será el disco ya que es el que está sometido a la fuerza de contacto con el suelo

Se tomó la malla por defecto de programa

Figura 3-25 Mallado del disco



Fuente: Autores 2017

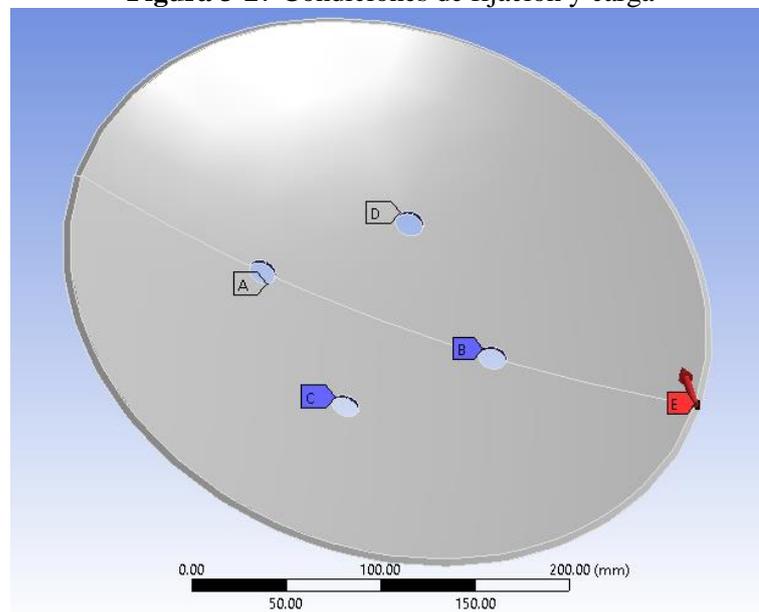
Figura 3-26 Detalles de la malla

Details of "Mesh"	
Element Midside Nodes	Program Controlled
<input type="checkbox"/> Sizing	
<input type="checkbox"/> Inflation	
<input type="checkbox"/> Advanced	
<input type="checkbox"/> Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	4035
<input type="checkbox"/> Elements	1846
Mesh Metric	Element Quality
<input type="checkbox"/> Min	5.8453e-002
<input type="checkbox"/> Max	0.57464
<input type="checkbox"/> Average	0.25194
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	7.9578e-002

Fuente: Autores 2017

Los agujeros A, B, C, D, tendrán la condición de soporte fijo ya q se trata de los agujeros de los pernos con los cuales serán anclados a eje.

Figura 3-27 Condiciones de fijación y carga

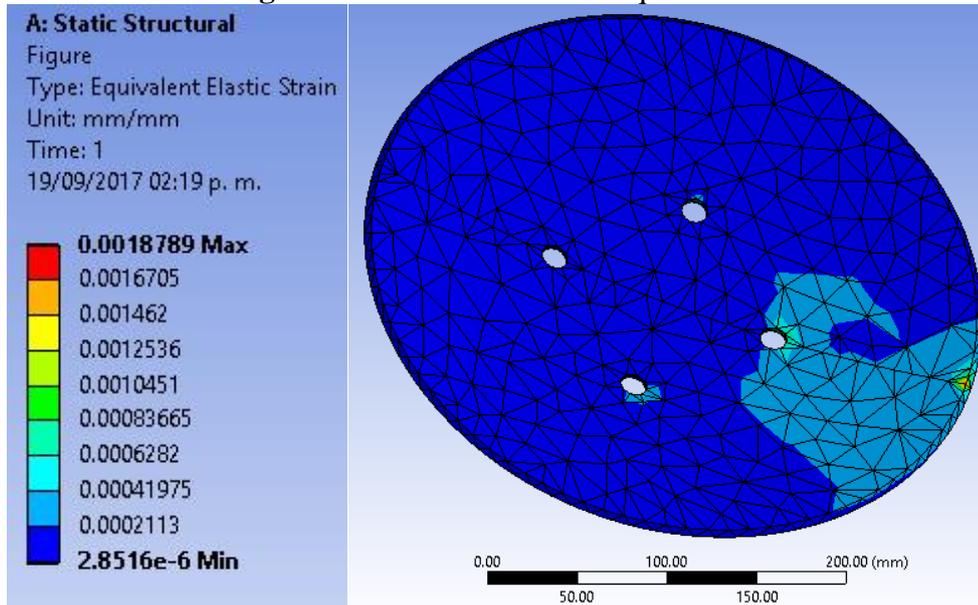


Fuente: Autores 2017

Una fuerza E de 2000 N, componentes (766.04; -642.78; 1732.1) N. La cual se encuentra en la periferia del disco por ser la parte de contacto con el suelo.

Workbench tomando las consideraciones introducidas, el equivalente elástico de Von Mises

Figura 3-28 Tención elástica equivalente

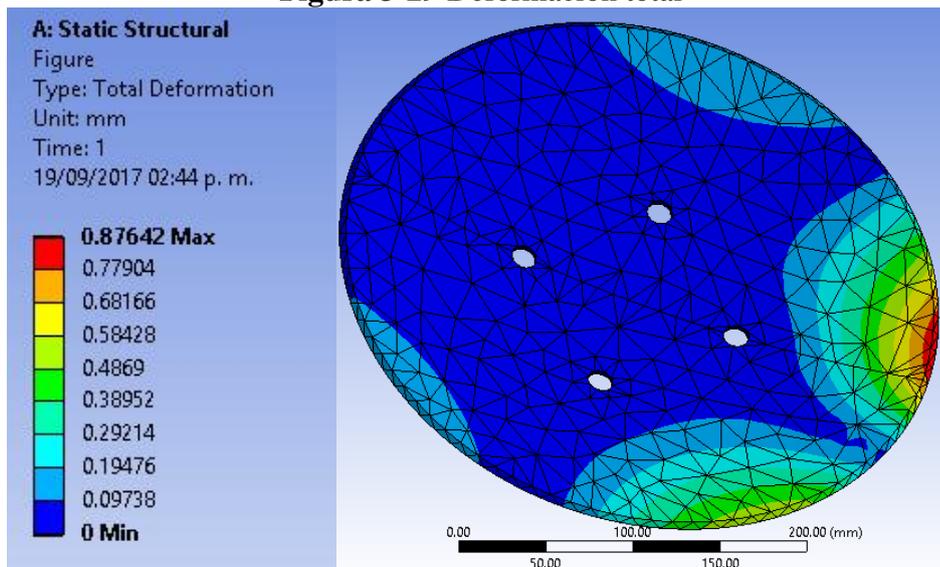


Fuente: Autores 2017

Se tiene un equivalente elástico máximo de 1.8789×10^{-3} y un mínimo de 2.851×10^{-6} Siendo un valor muy imperceptible dando como valido el tipo de material y diseño del disco

Se puede obtener como la fuerza aplicada ocasionaría una deformación.

Figura 3-29 Deformación total

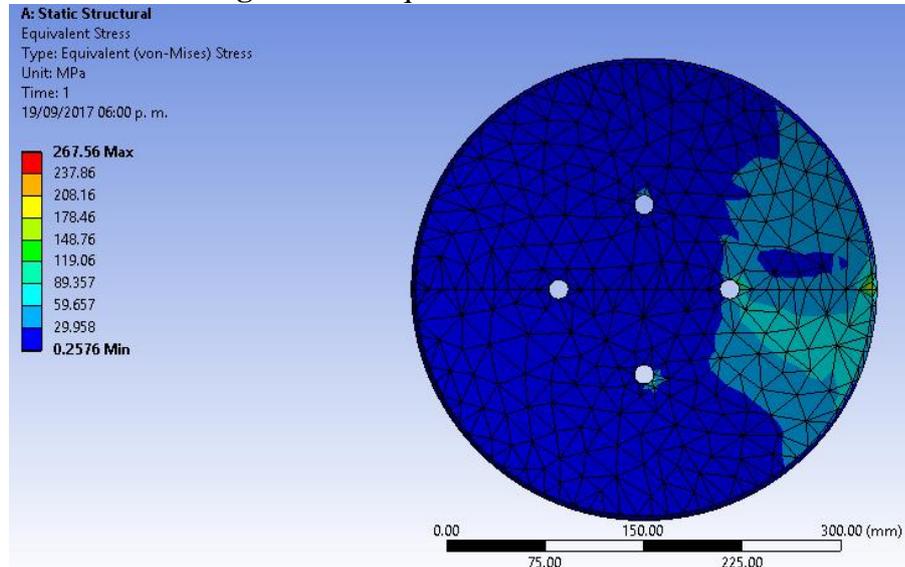


Fuente: Autores 2017

Con una deformación máxima de 0.8764 mm en el punto de aplicación de la fuerza

Equivalente de Von Mises

Figura 3-30 Equivalente de Von Mises



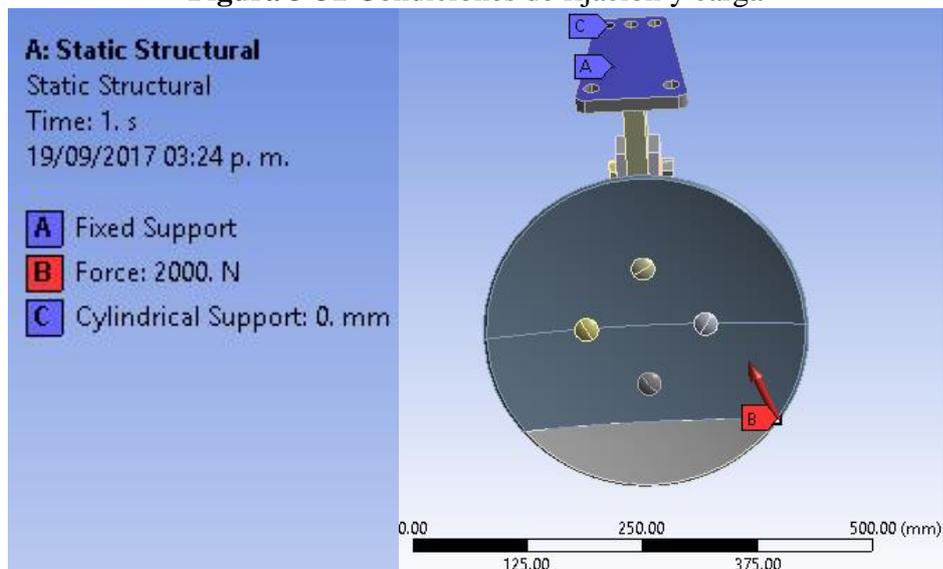
Fuente: Autores 2017

3.4.1.2 Análisis Brazo-Disco

Al realizar un análisis del ensamble del disco-brazo para obtener la reacción en la base del brazo y verificar si existe deformación.

Las restricciones para este caso son.

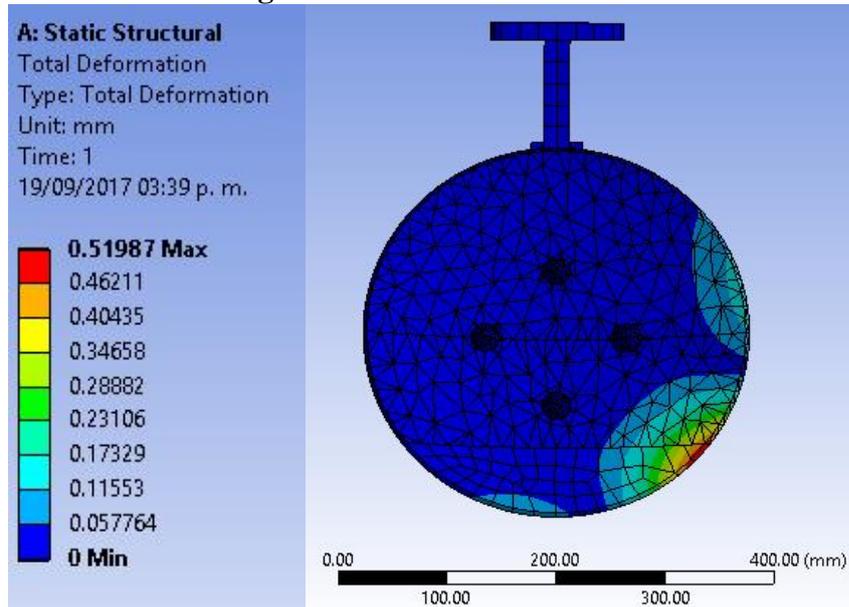
Figura 3-31 Condiciones de fijación y carga



Fuente: Autores 2017

Obteniendo los siguientes resultados

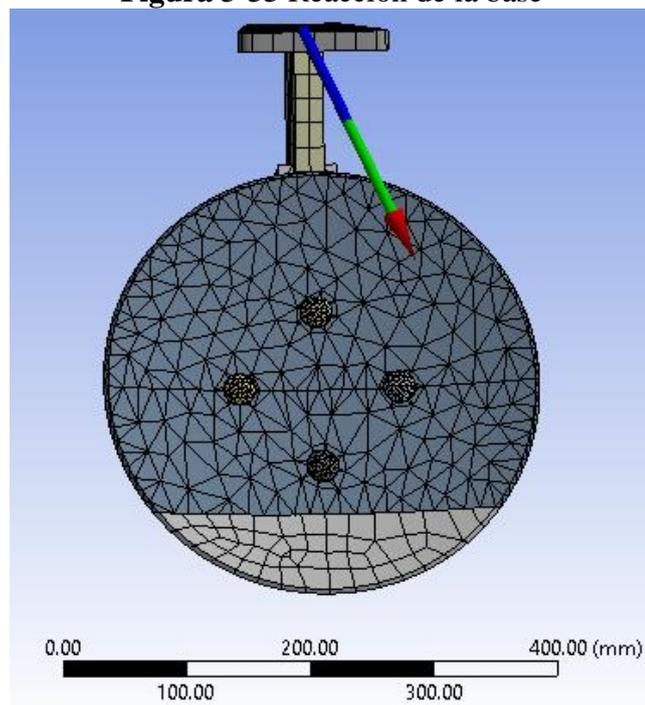
Figura 3-32 Deformación total



Una deformación máxima de 0.51987 mm en el punto de aplicación de la fuerza no tiene efecto alguno sobre el brazo.

Se tiene una reacción en el centro de la base y una en agujero del perno

Figura 3-33 Reacción de la base



Resultado

Componente en X = -785.02 N

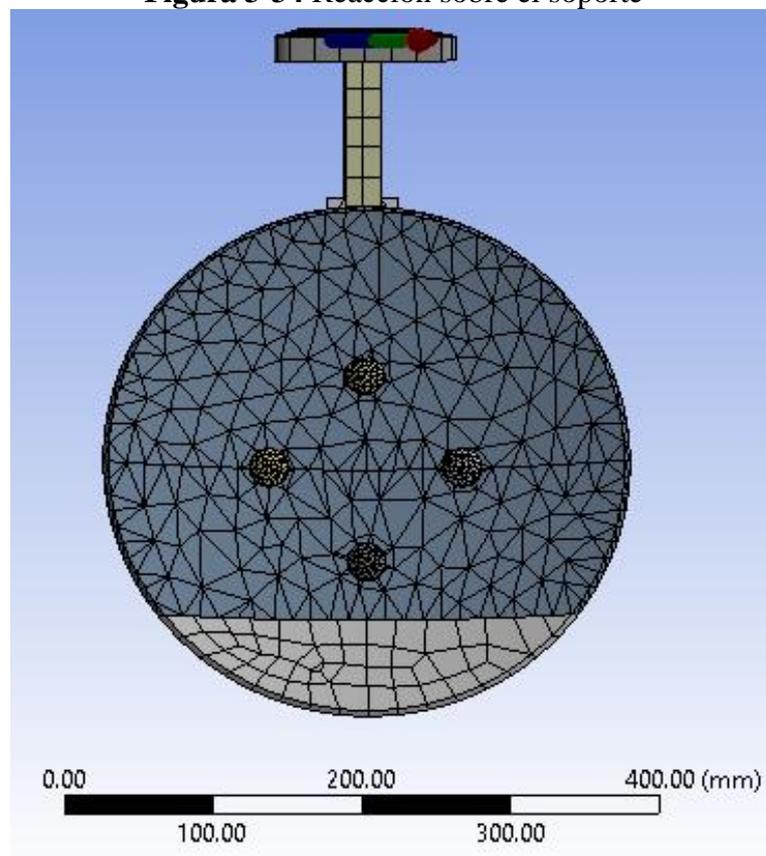
Componente en Y = 1731.9 N

Componente en Z = 618.67 N

TOTAL = 1989.2 N

Una reacción en el agujero de contacto con el perno de sujeción al bastidor

Figura 3-34 Reacción sobre el soporte



Fuente: Autores 2017

Resultado

Componente en X = -8.0491 N

Componente en Y = -0.88435 N

Componente en Z = 24.243 N

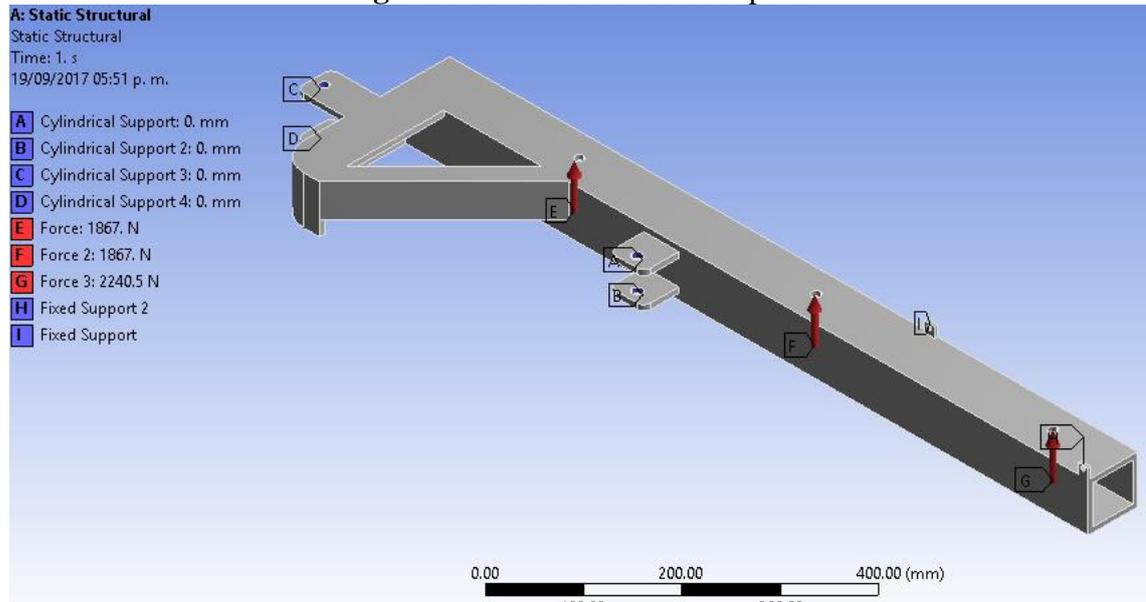
TOTAL = 25.56N

3.4.1.3 Análisis del bastidor

El bastidor siendo la estructura que soporta las fuerzas q se generan en el momento de arar se realizó el siguiente análisis

Las condiciones para el análisis tomando en cuenta el funcionamiento

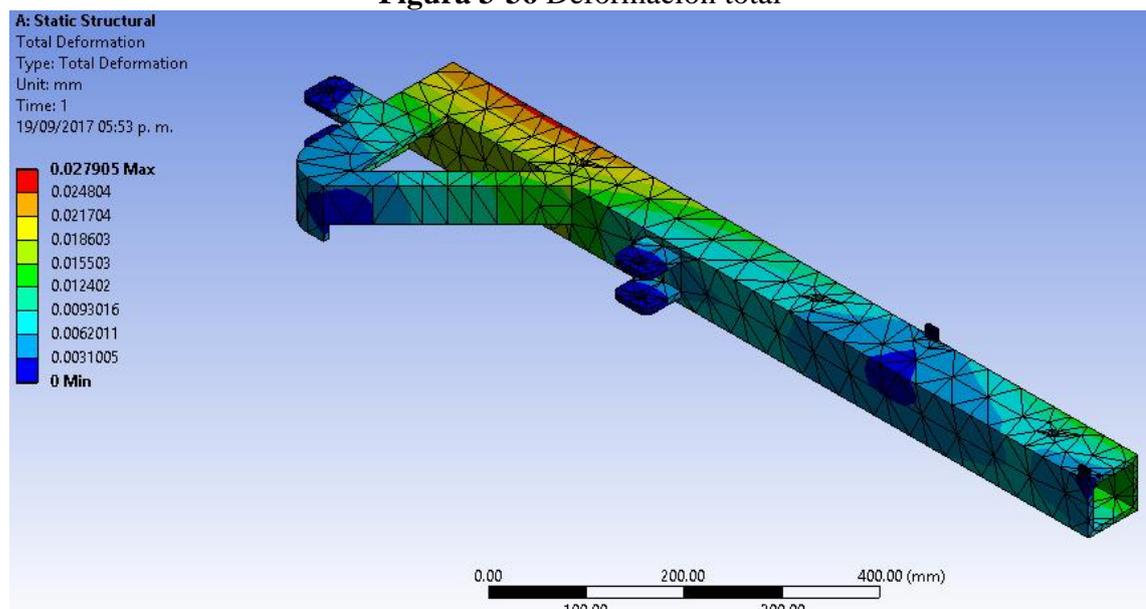
Figura 3-35 Condiciones de soporte



Fuente: Autores 2017

Logrando unos resultados

Figura 3-36 Deformación total

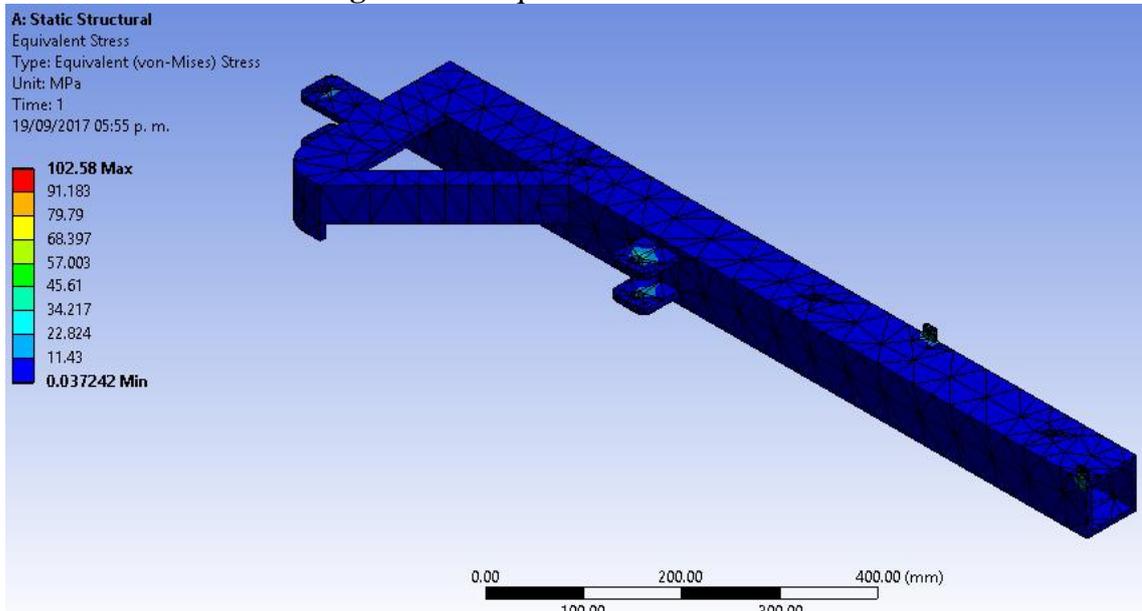


Fuente: Autores 2017

Teniendo una deformación máxima de 0.027905 mm

Un equivalente de Von Mises de 102.58 MPa

Figura 3-37 Equivalente de Von Mises



Fuente: Autores 2017

Con un equivalente de Von Mises de 102.58 MPa como máximo

CAPÍTULO IV

4. MANUFACTURA

4.1 Procedimientos Tecnológicos

4.1.1 *Construcción del bastidor*

- La elección del ángulo estructural (Al 70x8); (Al 65x6); (Al 40x6) de un acero ASTM A36, basado en la disponibilidad del mercado, facilidad de transporte y el costo menor por ser de fabricación nacional.
- Basado en el diseño los ángulos fueron soldados hasta conseguir la forma característica del bastidor.

Figura 4-38 Bastidor soldado



Fuente: Autores 2017

- Limpieza y recubrimiento con una capa de pintura, para evitar la corrosión y de esta forma mejorar la estética del bastidor

Figura 4-39 Bastidor Terminado



Fuente: Autores 2017

4.1.2 *Construcción del tres cuartos*

- A partir de una barra redonda de 50 mm de diámetro, según el diseño en el plano se realizará un proceso de roscado en el centro y moleteado en el exterior del cilindro.
- Pernos que serán de 30 mm de diámetro con un roscado en su periferia.

4.1.3 *Construcción de la articulación*

- Compuesta por un tubo rectangular de 50 x 55 x 6 mm y un par de placas de 50 x 9 mm.
- La cual debe ser soldada y perforada según las especificaciones de diseño.
- Recubrimientos de pintura para protección.

Figura 4-40 Articulación



Fuente: Autores 2017

4.1.4 *Construcción del brazo*

- Un acero ASTM A36 laminado en caliente con un espesor de 12, 16 y mm para la base y el brazo central.
- Una barra redonda de acero ASTM A36 de diámetro de 75 mm
- un resorte de compresión de carga media pesada LHL 1500B11
- El rodamiento seleccionado es cónico SKF 30205 J2/Q

- Para el eje es necesario una barra redonda de acero de un diámetro de 105 mm la cual necesita la intervención en el torno para darle el diseño apropiado.
- Según lo especificado en los planos, de cada una de las partes que conforman el brazo central, se les dio la forma deseada a partir de las láminas de acero; Donde fue necesario cortar al tamaño requerido.
- Para la carcasa del eje según el diseño, a partir de la barra redonda se requiere una remoción de material mediante el torno para lograr lo especificado en los planos.
- Unas piezas requieren uniones permanentes mediante soldadura y otras mediante pernos y tuerca, para cumplir con el diseño.
- Para la protección a la corrosión del brazo se realizó un recubrimiento mediante una capa de pintura

Figura 4-41 Brazos de arado



Fuente: Autores 2017

4.1.5 *Fabricación del disco*

- A partir de una lámina Chronit de un espesor de 3 mm

Tabla 4-9 Composición Química lámina Chronit

Composición Química lámina Chronit					
C	Mn	Cr	P	Ti	B
0.25-0.32	≤1.60	≤ 0.4	≤ 0.030	≤ 0.005	≤ 0.004

Realizado por: autores 2017

Fuente: (Aceros Bohler, 2017)

Tabla 4-10 Propiedades mecánicas lámina Chronit

Propiedades mecánicas lamina Chronit				
Limite elástico	Resistencia a la tracción	Elongación	Radio de dobléz = espesor x 3	Dureza
1163 N/mm ²	1316 N/mm ²	19,8%	bueno	400 Brinell

Realizado por: Autores 2017

Fuente: (Aceros Bohler, 2017)

- Mecanizado

Corte por oxiacetileno: No presenta dificultades; hasta espesores de 25 mm pre-calentado a 60 °C y mayores a 150 °C.

Conformación en caliente:

Temperatura

Máx. 300 °C por corto tiempo

Radio de doblado mínimo

Espesor x 3

El esmerilado de los filos cortados es recomendable para evitar rajaduras

- El maquinado se efectuó con las condiciones del diseño típico de un disco de arado

4.1.6 *Ensamble del arado de disco*

El ensamble mecánico se realizará mediante, abrazaderas U- BOLT (para cuadrado) de 3 pulgadas y pernos con rosca métricas ya que los taladrados fueron hechos en tal medición. En piezas móviles deben ser lubricadas con Skf L6MT2 tipo grasa, sus propiedades evitan el desgaste prematuro, protección hacia sustancias extrañas, incrementando la vida útil.

Figura 4-42 Arado de Disco



Fuente: Autores 2017

CAPÍTULO V

5. ENSAYOS

5.1 Ensayos de Validación

El disco de arado es el que realiza el trabajo sobre el suelo, sufre desgaste, fracturas e impactos por este motivo los ensayos para su validación serán destinados a dicho instrumento de labranza.

Una herramienta agrícola debe cumplir con requisitos que le ayuden a desempeñar su función con normalidad.

Su composición química le debe proporcionar características idóneas que le permitan una trabajar por largo tiempo proporcionando seguridad y confianza en las labores diarias de los usuarios.

Se realizarán 4 tipos de ensayo los cuales proporcionarán la información necesaria para validar dicha herramienta.

- Ensayo de Espectrometría
- Ensayo de Microestructura
- Ensayo de Impacto
- Ensayo de Dureza

5.1.1 *Ensayo de espectrometría*

El análisis espectrométrico es destinado a determinar la composición química de metales y aleaciones en rangos de fracciones de masa.

5.1.1.1 *Material e instrumento*

- Espectrómetro (Q2 ION)
- Material Base

5.1.1.2 *Ensayo*

El espectrómetro (Q2 ION), disponible en la facultad de Mecánica determina simultáneamente 18 elementos, dispuestos en porcentajes.

Gracias a la tecnología incorporada en el analizador de metales (Q2 ION) la utilización es muy sencilla y presentando un rendimiento analítico perfecto.

Para realizar el ensayo es necesario la calibración del espectrómetro mediante la norma ASTM E415 donde se efectuó ensayos con materiales de referencias.

Con el material base a estudiar, libre de cualquier agente en su superficie Coloque en la cámara de chispero y pulse el botón inicio.

Con la facilidad del espectrómetro la composición la tendremos en menos de 30 segundos

Figura 5-43 Material en análisis



Fuente: Autores 2017

Con 3 ensayos realizados se obtuvo los siguientes datos.

Figura 5-44 Datos Espectrométrico

Sample:					
Analysis Time: 06.07.2017 15:14:48			Method: Fe110		
	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
∅	0,310	0,092	1,123	<0,0030	<0,0030
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
∅	0,327	0,057	0,096	0,042	0,088
	Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
∅	0,0051	<0,0050	0,047	0,0094	<0,020
	B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
∅	0,0012	0,0024	97,80		

Fuente: Autores 2017

5.1.2 *Ensayo de microestructura*

Este ensayo nos muestra la forma y uniformidad de grano que presenta el material pudiendo determinar si tuvo tratamiento termino y si es acto para para las condiciones de trabajo que será sometido

5.1.2.1 *Instrumentos y materiales*

- Microscopio metalúrgico
- Material a analizar
- Ligas (250 a 1400)
- Nital
- Alcohol
- Algodón o franela

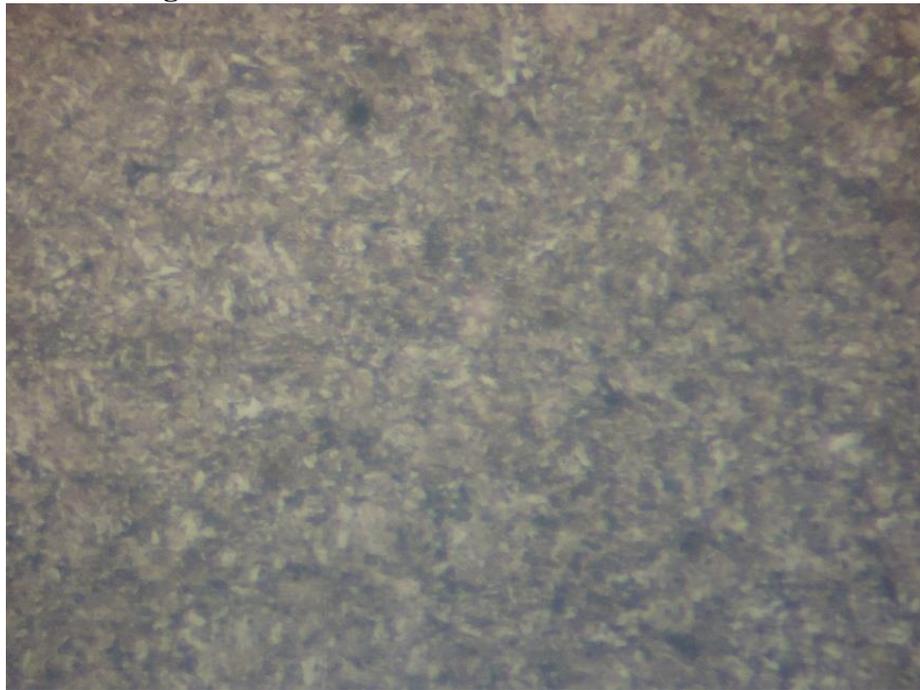
5.1.2.2 *Ensayo*

Para realizar este tipo de ensayo es necesario, una probeta del material en corte transversal pulida hasta el punto espejo.

Un ataque químico (Nital) facilitara la visibilidad de los granos en el microscopio.

Antes de poner en la probeta en el microscopio debe ser limpiado con alcohol y secada la visualización fue echa a 500X

Figura 5-45 Microestructura de acero chronit 500X



Fuente: Autores 2017

Se puede distinguir granos de ferrita (claros) y granos de perlita (oscuros) con una homogeneidad de los granos debido a un recocido de regeneración y enfriado al aire ambiente.

5.1.3 *Ensayo de impacto*

Este ensayo también conocido como de Charpy tiene como objetivo dar a conocer la tenacidad de un material.

La cantidad de energía por unidad de área que soporta el material antes de su fractura.

Según la norma ISO 148 el tipo de probeta para en ensayo de impacto debe tener las dimensiones especificadas

Como particularidad de no poseer la cantidad de material especificado en la norma solo se tomó como referencia las dimensiones quedando las siguientes probetas.

Figura 5-46 Probeta de Acero Chronit



Fuente: Autores 2017

Las pruebas fueron realizadas en 5 probetas de acero Chronit, presentando los siguientes datos que muestra la energía absorbida por el material.

Probeta 1	E = 8,5
Probeta 2	E = 9
Probeta 3	E = 9,8
Probeta 4	E = 8,5
Probeta 5	E = 10

Tomando en cuenta el área de impacto:

$$A = (0,25\text{mm}) (3\text{mm})$$

$$A = 0,75 \text{ mm}^2$$

De los cuales se calculó la cantidad de energía por área de impacto

Probeta 1	E/A = 6.375 J/mm ²
Probeta 2	E/A = 6.75 J/mm ²
Probeta 3	E/A = 7.35 J/mm ²
Probeta 4	E/A = 6.375 J/mm ²
Probeta 5	E/A = 7.5 J/mm ²

5.1.4 *Ensayo de dureza*

El objetivo de ensayo de dureza es medir la penetración del indentador sobre el material, para determinar la resistencia que presenta el material en cuestión

Basado en la norma ASTM E18 se determinada la idoneidad y el tratamiento del material, según la microestructura se procedió a realizar un ensayo de dureza Rockwell.

Las pruebas realizadas dieron lecturas de 40 Rockwell

Figura 5-47 Durómetro en prueba



Fuente: Autores 2017

Presentando una dureza que cumple con las especificaciones para una herramienta agrícola

Realizados los 4 ensayos más importante para la validación de una herramienta agrícola se puede dar por acertado el material seleccionado para la los discos de arado, con las características encontradas el trabajo realizado será el óptimo sim presentar inconvenientes en las arduas horas de labranza.

5.2 Manuales

El desempeño de la herramienta dependerá de la situación que se encuentre, pudiendo preservar el estado de la herramienta dependiendo de la utilización o seguimiento de los siguientes manuales: Manual de Seguridad (Anexo A), Manual de Operación (Anexo B), Manual de Mantenimiento (Anexo C)

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones.

- La potencia del motocultor YTO DF 15L se encuentra por encima de lo requerido por el apero, por consiguiente, **no tendrá ninguna dificultad para desempeñar las labores agrícolas.**
- El mecanismo de arado de discos diseñado para el motocultor YTO DF-15L, utilizando software de diseño y simulación para evaluar el desempeño de sus componentes y materiales fue efectuado.
- La utilización del software ANSYS (workbench), en simulación dio como resultados pequeñas variaciones, **lo cual nos ratifica la buena elección del material utilizado en los discos de arado.**
- El diseño del apero permite tener **tres discos de arado, incrementando el ancho de trabajo o disminuye el trecho labrado según la necesidad del operario.**
- En las pruebas de campo **determinaron que; a medida que se incrementó la velocidad de volteo fue logrando mayor eficiencia.**

6.2 Recomendaciones

- Es pertinente el uso y la operación del equipo.
- Si es pertinente llevar una matriz de comportamiento del equipo, para la mejora continua del diseño.
- Disminuir el ángulo de corte si la dureza del suelo incrementa.
- Se recomienda la regulación de los discos y brazo según la necesidad del operario.
- Para un mejor volteo del suelo, recomendamos trabajar en tercera marcha del motocultor.

BIBLIOGRAFÍA

ACERO EUROPEO. Catálogos de composición de aceros [En línea] 13 de Septiembre de 2011. [Citado el: 17 de Julio de 2017.] http://www.steelnumber.com/en/steel_composition_eu.php?name_id=325.

ACEROS BOHLER. Catálogos equivalencias internacionales. [En línea] Aceros Bohler, 2017. [Citado el: 30 de Julio de 2017.] <http://www.acerosgrinon.com/productos/utilidades/TABLAS-EQUIVALENCIAS-INTERNACIONALES>.

AGROINDUSTRIAL APOLO LTDA. Apolo Maquinaria Agrícola . [En línea] 27 de Julio de 2016. [Citado el: 02 de Junio de 2017.] <https://www.slideshare.net/MarioGonzalez1/arados-de-disco>.

MÁRQUEZ, Luis. *Agrotécnica* Zaragoza : B&H, 2000. pp 52-60.

ALDERETE, Victor. *Procesos de Manufactura*. Huajuapán de León Oaxaca, 2013. pp 19-25.

BADIOLA, V. *Diseño de máquinas I*. s.l. : Dpto. ingeniería Mecánica, 2004. p 20.

BALDAN. Productos agrícolas . [En línea] 2017. [Citado el: 02 de Junio de 2017.] <http://www.baldanimplementosagricolas.com.es/conteudo/arh-arado-reversible-hidraulico.html>.

BUDYNAS, Richard G; NISBETT, J. Keith. *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. México, D.F. : Mc Graw Hill, 2008, pp 205-220.

CALLISTER, Willian D. *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Barcelona : Reverté, S.A., 2013.

CARRASCO, Jorge. *Equipos de labranza primaria*. Santiago, 2008. pp 41-44.

CHANGZHOU DONGFENG AGRICULTURAL MACHINERY GROUP CO, LTD. Motocultores tractores de un eje. [En línea] [Citado el: 10 de 02 de 2017.] <http://www.dftractor.es>.

Manual de operación servicio Motocultor YTO DF-15L.

DE CASTRO, Carlos Armando. *Teoría de falla bajo cargas estáticas*. Salamanca, 2014, pp 3-8.

DEERE & COMPANY. Equipos de labranza John Deere. [En línea] John Deere, 2017. [Citado el: 02 de Junio de 2017.] https://www.deere.com.mx/es_MX/products/equipment/tillage_equipment/disks/disks.page.

DIESEL, Rudolf. Tecnología en riego y humedad del suelo [En línea] Traxco S.A., 10 de Diciembre de 2009. [Citado el: 07 de Julio de 2017.] <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/humedad-en-suelos-de-diferente-textura>. A50472687.

DINAMICA IMPLMENTOS & PESCA. Productos. *discos de rastra y arado bonem*. [En línea] 2013. [Citado el: 02 de Junio de 2017.] <http://www.dinamicaperu.com.pe/>.

GROOVER, Mikell P. *Fundamentos de manufactura moderna*. México : McGraw-Hill Interamericana, 2007, pp 4-20.

JUAN, Angel. Blog de maquinaria de la revista agricultura. [En línea] 9 de Noviembre de 2015. [Citado el: 2 de Junio de 2017.] <http://www.masquemaquina.com/2015/11/arar-con-discos-no-es-arar.html>.

KALPAKJIAN, Serope. *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*. México : Pearson Educación, 2008, pp 1-5.

KEPNER, et al. *Principles of farm machinery*. Michigan : Publishing Co.

LAGUNA, Antonio. *Maquinaria agrícola Constitución, funcionamiento, regulaciones y cuidados*. Tercera. Madrid : MP, 1999, pp 51-56.

MARQUEZ, Miguel. Implementos agrícolas. *documents, arados de disco y vertedera*. [En línea] UCSM, 29 de Diciembre de 2014. [Citado el: 10 de junio de 2017.] <http://myslide.es/documents/22188199-arados-de-disco-y-vertedera.html#>.

MASAN, Jorge F. et al. *Diseño de elementos de maquinas I*. Piura, 2013.

NOVACERO. *Catálogo de productos*. Guayaquil, 2016.

NÚÑEZ, Filemon. Diseño de un Banco de Pruebas para Discos de Arado. [aut. libro] Jaime Ortiz Cañavate. *Las máquinas agrícolas y su aplicación*. Mexico : s.n., 2002.

ORTIZ ARÉVALO, Francisco J. *Maquinaria Agrícola. Cálculo: potencia, pérdidas y rendimiento del tractor agrícola*. El Salvador, 2009, p 50.

ORTIZ CAÑAVATE, Jaime. *Las Maquinas Agricolas y su Aplicacion.* MADrid : Mundi-Prensa, 2012, pp 70-75.

POLANCO, Manuel Francisco. Módulo maquinaria y mecanización agrícola. [aut. libro] A Pérez. *Maquinaria y mecanización agrícola.* Bogota : s.n., 2007, p 104.

SAFAR, Samir, et al. Efectos de los arados rotativos sobre algunas propiedades físicas de un suelo franco arcilloso. *Rev. CES Med Vet Zootec. Vol 6 .* [En línea] revistamvz, 5 de Abril de 2011. [Citado el: 8 de Julio de 2017.] http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1900-96072011000100004#tabla.3. 1900-9607.

WALKER, Jack M. *Handbook of manufacturing engineering.* New York : Marcel Dekker, inc, 1996.