

# **ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**

## **EXTENSIÓN LATACUNGA**



### **CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ESPARCIDOR DE  
ABONO Y DE UNA HERRAMIENTA APORCADORA PARA EL  
PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIESEL”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**BUENAÑO GONZÁLEZ MÁXIMO ALBERTO**

**CAIZALUISA ORTIZ GUSTAVO FELIPE**

**Latacunga, Agosto 2013**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y**  
**MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICADO**

ING. JOSÉ QUIROZ (DIRECTOR)

ING. FÉLIX MANJARRÉS (CODIRECTOR)

**CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ESPARCIDOR DE ABONO Y DE UNA HERRAMIENTA APORCADORA PARA EL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIESEL**” realizado por los señores: BUENAÑO GONZÁLEZ MÁXIMO ALBERTO y CAIZALUSA ORTIZ GUSTAVO FELIPE ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Escuela Politécnica del Ejército.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

Latacunga, Agosto del 2013.

---

Ing. José Quiroz

**DIRECTOR**

---

Ing. Félix Manjarrés

**CODIRECTOR**

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y**  
**MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD**

Nosotros, BUENAÑO GONZÁLEZ MÁXIMO ALBERTO

CAIZALUISA ORTIZ GUSTAVO FELIPE

**DECLARAMOS QUE:**

El proyecto de grado denominado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ESPARCIDOR DE ABONO Y DE UNA HERRAMIENTA APORCADORA PARA EL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIESEL”** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Agosto del 2013.

---

Buenaño González Máximo Alberto

---

Caizaluisa Ortiz Gustavo Felipe

CI: N°.- 0502881816

CI: N°.- 1719666529

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y**  
**MECÁNICA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN**

Nosotros, BUENAÑO GONZÁLEZ MÁXIMO ALBERTO  
CAIZALUISA ORTIZ GUSTAVO FELIPE

**AUTORIZAMOS**

A la Escuela Politécnica del Ejército la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ESPARCIDOR DE ABONO Y DE UNA HERRAMIENTA APORCADORA PARA EL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIESEL**” cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Agosto del 2013

---

Buenaño González Máximo Alberto

---

Caizaluisa Ortiz Gustavo Felipe

CI: N°.- 0502881816

CI: N°.- 1719666529



## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de grado se lo dedico a Dios, por ser aquel que guía y da vida mí camino; a mis padres los cuales con su apoyo incondicional, amor y consejo he podido alcanzar tan preciada meta. A mis hermanos y primos con quienes hemos compartido momentos inolvidables en nuestras vidas. A mi esposa Kathy quien ha hecho de mí un hombre distinto enfocando mis objetivos en el bien de nuestra familia y a mi hija Dafne quien con su ternura e inocencia, motiva mi existencia y da fuerza a mi voluntad para alcanzar mis aspiraciones.

**Máximo Alberto Buenaño González**

## **DEDICATORIA**

A nuestro padre celestial por haberme permitido llegar hasta este punto de mi vida, por haberme provisto de salud para lograr este objetivo, a mis padres que con mucho cariño y sacrificio me apoyan incondicionalmente en todo momento de mi vida, a mis hermanas que gracias a su ejemplo y sus consejos he podido alcanzar mis metas.

**Gustavo Felipe Caizaluisa Ortiz**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar estoy agradecido eternamente con Dios, por haberme dado la vida y permitirme realizar uno de mis más grandes deseos que es ser un Ingeniero Automotriz; a mis padres Segundo Buenaño y Gloria González, por su ejemplo, sus consejos, y su apoyo incondicional han sabido sembrar en mí ese espíritu de lucha y superación. A mi esposa y mis suegros, que siempre han creído en mis capacidades y apoyado mis proyectos. También agradezco a todos los docentes de la Escuela Politécnica del Ejército - Sede Latacunga, por compartir sus conocimientos y experiencias. A mis tutores, el Ing. José Quiroz y el Ing. Félix Manjarrés. Al grupo de compañeros y amigos con los que compartimos este mismo sueño y logramos construir el prototipo de tractor agrícola.

**Máximo Alberto Buenaño González.**

## **AGRADECIMIENTO**

Al finalizar un trabajo tan arduo y lleno de dificultades, quiero agradecer a la Escuela Politécnica del Ejército sede Latacunga quien me acogió en sus aulas, convirtiéndose en mi segundo hogar en estos años de estudio, a todos sus docentes quienes compartieron sus conocimientos en las aulas, Al Ing. Félix Manjarrés y al Ing. José Quiroz quienes nos guiaron en la elaboración de este proyecto, finalmente quiero recalcar el profundo agradecimiento hacia mis padres.

**Gustavo Felipe Caizaluisa Ortiz**

## **RESUMEN**

El proyecto tiene como objetivo el diseñar y construir un sistema que permita esparcir el abono de una manera uniforme sobre un suelo de cultivo aportando con los nutrientes que la tierra necesita sobre todo cuando la explotación del terreno es intensiva y continua, además se complementa este estudio con el diseño y construcción de una herramienta aporcadora que tiene como propósito el crear surcos, otorgándole mayor consistencia a la planta y así conseguir que crezcan nuevas raíces para asegurar una nutrición más completa y conservar la humedad durante un tiempo prolongado.

El diseño de las herramientas son elaboradas a la medida del “prototipo de tractor agrícola monoplaza a Diesel”, para su posterior construcción, acople al mismo, y puestas a prueba, comprobando su desempeño.

El sistema esparcidor de abono consta de una tolva que sirve como depósito transportador del fertilizante, apoyado sobre una estructura tubular y sobre una transmisión de ruedas, las mismas que permiten el movimiento de un disco que empuja el fertilizante hacia el suelo, con respecto a la herramienta aporcadora, consta de una estructura rígida con enganches de tres puntos para un rápido y fácil acople al tractor, permite crear dos surcos empujando la tierra hacia el costado de las aletas.

Se ha puesto a prueba estos sistemas en campos agrícolas donde se ha observado un alto nivel de compactación del suelo, exponiendo las herramientas a condiciones extremas para obtener resultados efectivos.

El proyecto se presenta como una mejoría para los cultivos agrícolas en donde el proceso de abonado y aporque es muy indispensable para el buen desarrollo del producto, además de usar componentes sencillos y de fácil accesibilidad para su construcción.

## **ABSTRACT**

The project aims to design and build a system to spread the fertilizer evenly over a field soil with nutrients providing the land needed especially when the exploitation of the land is intensive and continuous, this study also complemented with the design and construction of a plow tool that aims to create grooves, giving more weight to the ground and thus get to grow new roots to ensure more complete nutrition and conserve moisture for a long time.

The design of the tools are made to fit the "prototype agricultural truck of diesel" for later construction, attach to it, and tested by checking its performance.

Manure spreader system comprises a hopper serving as a reservoir of fertilizer carrier, supported on a tubular structure and a transmission wheel, the same that allow movement of a disk pushing fertilizer into the soil, with respect to the plow tool consists of a rigid frame with three point hitches for quick and easy coupling to the tractor, to create two rows pushing the earth to the side of the fins.

It has tested these systems in agricultural fields where there has been a high level of soil compaction, exposing the tools to extremes to get effective results.

The project is presented as an improvement for agricultural crops where the subscriber and hilling process is very essential for the proper development of the product, besides using simple components and easy access for construction.

## ÍNDICE GENERAL

CERTIFICADO .....	ii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xviii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xxiv
PRESENTACIÓN.....	xxvii

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

## CAPÍTULO I

<b>1. EL PROBLEMA .....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	4
1.3. OBJETIVO GENERAL .....	4
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	4
1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	5

## CAPÍTULO II

<b>2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....</b>	<b>7</b>
2.1. MATERIALES DE INGENIERÍA .....	7
2.2. CLASIFICACIÓN Y DISTINCIÓN DE LOS MATERIALES .....	8
2.2.1. Metales .....	8
a) Metales Ferrosos .....	9
b) Metales no Ferrosos .....	10
2.2.2. Cerámicos. ....	10
2.2.3. Polímeros. ....	11
2.2.4. Materiales Compuestos .....	11
2.3. PERFILES ESTRUCTURALES .....	12
2.3.1. Propiedades mecánicas en perfiles utilizados para la construcción de las herramientas. ....	14
2.3.2. Chapa metálica: .....	15
2.3.3. Tubo estructural: .....	15
2.3.4. Solera .....	16
2.3.5. Ángulos: .....	16
2.4. PROCESO DE MANUFACTURA .....	17
2.4.1. Proceso de corte .....	17
a) Plasma. ....	17
2.4.2. Proceso de doblado .....	18
2.4.3. Proceso de taladrado .....	19
2.4.4. Proceso de pulido .....	19
2.4.5. Proceso de soldadura.....	20



a) Proceso de soldadura SMAW .....	21
b) Soldadura MIG.....	23
2.5. HERRAMIENTAS AGRÍCOLAS .....	25
2.6. MECANIZACIÓN AGRÍCOLA .....	26
2.6.1. Ventajas.....	27
2.6.2. Desventajas .....	28
2.7. MAQUINARIA AGRÍCOLA.....	28
2.8. ABONADO O FERTILIZACIÓN .....	30
2.8.1. ABONO.....	30
2.8.2. TIPOS DE ABONO: .....	30
a) Abonos orgánicos.....	31
b) Abonos minerales.....	31
2.9. ABONADORAS .....	32
2.9.1. Clasificación de abonadoras.....	32
a) Abonadoras por gravedad. ....	32
b) Abonadoras centrífugas.....	33
c) Abonadoras neumáticas. ....	35
d) Abonadoras localizadoras. ....	36
e) Sembradoras combinadas.....	36
f) Pulverizadores.....	37
2.10. APORCAR (SURCAR).....	38
2.10.1. SIEMBRA EN SURCOS .....	39
2.11. CULTIVADORES .....	40
2.11.1. SURCADOR.....	41
a) SURCOS PARA LA SIEMBRA .....	42
2.11.2. CONSTITUCIÓN DEL SURCADOR.....	42

### **CAPÍTULO III**

<b>3. SELECCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA ESPARCIDOR DE ABONO Y DE UNA HERRAMIENTA APORCADORA .....</b>	<b>43</b>
3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA “SISTEMA ESPARCIDOR DE ABONO” ....	43
3.2. DIAGRAMA FUNCIONAL “ABONADORA” .....	47
3.3. CASA DE LA CALIDAD O FUNCIÓN DE DESPLIEGUE DE LA CALIDAD (QFD) “ABONADORA” .....	48

3.4. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS .....	50
3.4.1. ALTERNATIVA 1: Abonadoras para abonos minerales .....	50
3.4.2. ALTERNATIVA 2: Abonadoras para abonos orgánicos sólidos .....	51
3.4.3. ALTERNATIVA 3: Abonadoras para abonos orgánicos líquidos.....	52
3.5. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	53
3.5.1. Parámetros:.....	53
3.5.2. Factor de Ponderación:.....	53
3.5.3. Matriz de Ponderación: .....	53
3.5.4. Alternativa Seleccionada:.....	54
3.6. MODELADO ASISTIDO POR COMPUTADORA - ABONADORA .....	55
3.6.1. Diseño asistido por computador (CAD).....	55
3.6.2. Modelización de elementos mecánicos .....	55
3.6.3. Procedimiento de la modelización. ....	55
3.6.4. Boceto de las piezas. ....	56
3.7. SELECCIÓN Y ANÁLISIS DE CARGAS APLICADAS SOBRE EL SISTEMA ESPARCIDOR DE ABONO .....	60
3.7.1. Selección del tipo de abono a esparcir. ....	61
3.7.2. Capacidad requerida vs capacidad modelada para una hectárea de terreno. ..	62
3.7.3. Presión Total del fluido estático sobre la Tolva .....	65
3.7.4. Fuerza aplicada sobre el chasis tubular (estructura).....	66
3.7.5. Selección de la Transmisión.....	69
3.7.6. Alternativas de transmisión:.....	72
3.7.7. Selección de los neumáticos.....	73
3.7.8. Fuerza aplicada sobre la transmisión.....	74
3.7.9. Velocidad angular del disco con paletas distribuidoras. ....	77
3.7.10. Fuerzas aplicadas en el brazo de acople.....	78
3.7.11. Potencia requerida por el tractor .....	80
3.8. ANÁLISIS COMPUTACIONAL ASISTIDO (CAE).....	81
3.8.1. Descripción de la interfaz de WORKBENCH. ....	81
a) Static Structural.....	82
b) Transient Structural.....	83
3.8.2. Simulación de la Estructura de la Abonadora .....	83
3.8.3. Simulación Tolva-Abonadora .....	93

3.8.4. Simulación de la Transmisión.....	97
3.8.5. Simulación del Brazo-Acople de la Abonadora.....	106
3.9. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA “HERRAMIENTA APORCADORA” .....	116
3.10. DIAGRAMA FUNCIONAL “APORCADORA” .....	117
3.11. CASA DE LA CALIDAD “APORCADORA” .....	118
3.12. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS .....	120
3.12.1. ALTERNATIVA 1: Aporcadora.....	120
3.12.2. ALTERNATIVA 2: Escarificadora .....	121
3.12.3. ALTERNATIVA 3: Extirpadora.....	121
3.13. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS .....	122
3.13.1. Parámetros:.....	122
3.13.2. Factor de ponderación .....	123
3.13.3. Matriz de Ponderación .....	123
3.13.4. Alternativa seleccionada: .....	123
3.14. MODELADO ASISTIDO POR COMPUTADORA - APORCADORA.....	124
3.14.1. Procedimiento de la modelización. ....	124
3.14.2. Boceto de las piezas. ....	124
3.15. ANÁLISIS DE CARGAS APLICADAS AL SURCADOR.....	127
3.15.1. Fuerza necesaria para surcar .....	127
3.15.2. Fuerza para cada cuerpo del surcador .....	128
3.15.3. Cálculo de la potencia necesaria para mover un surcador de dos cuerpos. 128	
3.16. ANÁLISIS COMPUTACIONAL ASISTIDO (CAE).....	130
3.16.1. Simulación del soporte de los brazos de la herramienta Aporcadora.....	130

#### **CAPITULO IV**

<b>4. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA ESPARCIDOR DE ABONO Y DE UNA HERRAMIENTA APORCADORA. ....</b>	<b>141</b>
4.1. CONSTRUCCIÓN “HERRAMIENTA APORCADORA” .....	142
4.1.1. Diagrama de Operaciones para la Construcción de la Aporcadora.....	142
4.1.2. Construcción del Sistema de Enganche de Tres puntos del Surcador.....	143
4.1.3. Construcción del Bastidor del Surcador.....	143
4.1.4. Construcción del Brazo del Surcador.....	144
4.1.5. Construcción de las rejas Aporcadoras .....	145
4.1.6. Diagramas de Procesos .....	146

a) Proceso 1: Enganche tres puntos.....	146
b) Proceso 2: Bastidor .....	147
c) Proceso 3: Brazos surcador .....	148
d) Proceso 4: Alas del surcador .....	149
4.2. MONTAJE DE LA HERRAMIENTA APORCADORA.....	150
4.2.1. Montaje del Brazo del Surcador en el Chasis.....	150
e) Proceso 5: Ensamble surcador .....	152
4.3. CONSTRUCCIÓN “SISTEMA ESPARCIDOR DE ABONO” .....	153
4.3.1. Diagrama de Operaciones para la Construcción de la Abonadora .....	153
4.3.2. Construcción de la Tolva de la Abonadora .....	154
4.3.3. Construcción del Chasis Tubular .....	154
4.3.4. Construcción de las Paletas Distribuidoras .....	156
4.3.5. Construcción de la Palanca Dosificadora.....	156
4.3.6. Construcción de la Toma de Fuerza de la Abonadora.....	157
4.3.7. Construcción del Soporte de la Abonadora.....	158
4.3.8. Diagramas de Procesos .....	159
a) Proceso 1: Tolva.....	159
b) Proceso 2: Estructura tubular .....	160
c) Proceso 3: Paletas distribuidoras.....	161
d) Proceso 4: Disco abonadora.....	162
e) Proceso 5: Palanca dosificadora.....	163
f) Proceso 6: Brazos de Acople .....	164
4.3.9. Montaje Final de la Abonadora.....	165
g) Proceso 7: Ensamble Abonadora .....	166

## **CAPITULO V**

<b>5. PROTOCOLO DE PRUEBAS .....</b>	<b>167</b>
5.1. UBICACIÓN DONDE SE REALIZÓ LAS DIFERENTES PRUEBAS:.....	167
5.2. CUANDO SE REALIZO LAS DIFERENTES PRUEBAS:.....	168
5.3. COMO SE REALIZO LAS DIFERENTES PRUEBAS:.....	168
5.3.1. Pruebas con la surcadora:.....	168
5.3.2. Producción del surcador .....	172
5.3.3. Pruebas con la abonadora.....	172
5.3.4. Producción de la abonadora .....	175

**CAPÍTULO VI**

<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>176</b>
6.1.CONCLUSIONES.....	176
6.2.RECOMENDACIONES.....	178
 <b>BIBLIOGRAFIA: .....</b>	 <b>180</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. 1. Perfiles Estructurales .....	13
Figura 2. 2. Chapa Metálica .....	15
Figura 2. 3. Tubos estructurales cuadrados y redondos .....	15
Figura 2. 4. Platina de acero.....	16
Figura 2. 5. Angulo de lados iguales.....	16
Figura 2. 6. Proceso de corte por plasma .....	18
Figura 2. 7. Dobles de tubo de acero por compresión.....	18
Figura 2. 8. Proceso de taladrado .....	19
Figura 2. 9. Amoladora portátil.....	20
Figura 2. 10. Principio general de soldadura.....	21
Figura 2. 11. Diagrama esquemático del proceso de soldadura SMAW .....	22
Figura 2. 12. Clasificación AWS para electrodos .....	22
Figura 2. 13. Diagrama esquemático del proceso de soldadura.....	23
Figura 2. 14. Clasificación de alambre según la AWS para procesos GMAW ....	24
Figura 2. 15. Cilindros de Argón .....	25
Figura 2. 16. Abonadora con dosificador de tornillo sinfín .....	33
Figura 2. 17. Distribuidora Centrifugas.....	34
Figura 2. 18. Distribuidora de 1 disco.....	34
Figura 2. 19. Distribuidora centrifuga pendular.....	35
Figura 2. 20. Abonadora Localizadora.....	36
Figura 2. 21. Sembradora monograno neumática de 4 líneas. ....	37
Figura 2. 22. Tanque de purín con sistema de distribución de barra con tubos colgantes. ....	38
Figura 2. 23. Modalidades de surcos para la siembra directa .....	39
Figura 2. 24. Cultivador .....	41
Figura 2. 25. Surcador tres líneas.....	41
Figura 2. 26. Aporcadoras para formar caballones .....	42
Figura 3. 1. Abonadora de disco .....	51

Figura 3. 2. Abonadora centrífuga de estiércol .....	51
Figura 3. 3. Distribuidora de Purín.....	52
Figura 3. 4. Creación de boceto .....	57
Figura 3. 5. Boceto en construcción de la Tolva.....	57
Figura 3. 6. Boceto en construcción estructura de la Abonadora.....	58
Figura 3. 7. Boceto en construcción Disco y paletas distribuidoras .....	58
Figura 3. 8. Boceto en construcción Transmisión.....	59
Figura 3. 9. Boceto en construcción brazos-acople.....	59
Figura 3. 10. Sistema esparcidor de abono ensamble-software .....	60
Figura 3. 11. Dimensiones del tronco de cono interior “Tolva” .....	63
Figura 3. 12. Vista lateral estructura-Diagrama de fuerzas.....	67
Figura 3. 13. Vista posterior estructura abonadora-Diagrama de fuerzas.....	68
Figura 3. 14. Transmisión de un vehículo de tracción trasera. ....	69
Figura 3. 15. Funcionamiento del piñón-corona del diferencial de un automóvil	70
Figura 3. 16. Funcionamiento corona-piñón del diferencial del sistema esparcidor de abono .....	70
Figura 3. 17. Neumáticos del sistema esparcidor de abono. ....	73
Figura 3. 18. Diagrama de fuerzas sobre la transmisión. ....	74
Figura 3. 19. Diámetro de la rueda.....	77
Figura 3. 20. Diagrama de fuerzas sistema esparcidor de abono .....	78
Figura 3. 21. Aplicaciones Workbench.....	82
Figura 3. 22. Módulos de simulación CAE utilizados .....	83
Figura 3. 23. Estructura Abonadora en mallado ANSYS .....	84
Figura 3. 24. Aplicación de fuerzas en puntos críticos Abonadora .....	84
Figura 3. 25. Resultado deformación máxima Estructura Abonadora.....	85
Figura 3. 26. Resultado esfuerzo elástico equivalente (estructura abonadora) .....	86
Figura 3. 27. Resultado tensión Von Mises Estructura Abonadora .....	87
Figura 3. 28. Análisis factor de seguridad estructura abonadora .....	87
Figura 3. 29. Esfuerzo elástico equivalente Estructura (Transient Structural) .....	88
Figura 3. 30. Esfuerzo elástico vs tiempo (Estructura) .....	89
Figura 3. 31. Análisis Deformación Total estructura (Transient Structural) .....	89

Figura 3. 32. Deformación total vs tiempo (Estructura) .....	89
Figura 3. 33. Análisis tensión de Von Mises Estructura (Transient Structural) ...	90
Figura 3. 34. Análisis tensión principal máxima Estructura (Transient Structural) .....	90
Figura 3. 35. Análisis tensión cortante máxima Estructura (Transient Structural) .....	91
Figura 3. 36 Fatigue tool. Rango del factor de seguridad (Estructura) .....	91
Figura 3. 37. Fatigue tool. Factor de seguridad estructura (método utilizado) .....	91
Figura 3. 38. Fatigue tool. Factor de seguridad (Estructura) .....	93
Figura 3. 39. Resultado deformación máxima Tolva Abonadora .....	94
Figura 3. 40. Resultado esfuerzo elástico equivalente (Tolva) .....	95
Figura 3. 41. Resultado tensión Von Mises Tolva Abonadora .....	96
Figura 3. 42. Análisis factor de seguridad tolva abonadora .....	96
Figura 3. 43. Aplicación de fuerzas en puntos críticos (Transmisión) .....	97
Figura 3. 44. Resultado deformación máxima Transmisión .....	98
Figura 3. 45. Resultado esfuerzo elástico equivalente Transmisión .....	98
Figura 3. 46. Resultado tensión Von Mises Transmisión Abonadora .....	99
Figura 3. 47. Análisis factor de seguridad (Transmisión) .....	100
Figura 3. 48. Esfuerzo elástico equivalente (Transient Structural) Transmisión	101
Figura 3. 49. Esfuerzo elástico vs tiempo (Transmisión) .....	101
Figura 3. 50. Análisis Deformación Total Transmisión (Transient Structural) ..	102
Figura 3. 51. Deformación total vs tiempo (Transmisión) .....	102
Figura 3. 52. Análisis tensión de Von Mises Transmisión (Transient Structural) .....	103
Figura 3. 53. Análisis tensión principal máxima Transmisión (Transient Structural) .....	103
Figura 3. 54. Análisis tensión cortante máxima Transmisión (Transient Structural) .....	103
Figura 3. 55. Fatigue tool. Rango del factor de seguridad (Transmisión) .....	104
Figura 3. 56. Fatigue tool. Factor de seguridad Transmisión (método utilizado)	104
Figura 3. 57. Fatigue tool. Factor de seguridad (Transmisión) .....	105



Figura 3. 58. Aplicación de fuerzas en puntos críticos (Brazo-acople) .....	106
Figura 3. 59. Resultado deformación máxima (Brazo-acople) .....	107
Figura 3. 60. Resultado esfuerzo elástico equivalente (Brazo-acople) .....	108
Figura 3. 61. Resultado tensión Von Mises (Brazo – Acople).....	109
Figura 3. 62. Análisis factor de seguridad (Brazo-acople).....	109
Figura 3. 63. Esfuerzo elástico equivalente (Transient Structural)	
Brazo-Acople .....	110
Figura 3. 64. Esfuerzo elástico vs tiempo (Brazo-acople) .....	111
Figura 3. 65. Análisis Deformación Total Brazo-acople (Transient Structural).	111
Figura 3. 66. Deformación total vs tiempo (Brazo-acople) .....	112
Figura 3. 67. Análisis tensión de Von Mises Brazo-Acople	
(Transient Structural) .....	112
Figura 3. 68. Análisis tensión principal máxima Brazo-Acople	
(Transient Structural) .....	113
Figura 3. 69. Análisis tensión cortante máxima Brazo-Acople	
(Transient Structural) .....	113
Figura 3. 70. Fatigue tool. Rango del factor de seguridad (Brazo-Acople) .....	114
Figura 3. 71. Fatigue tool. Factor de seguridad Brazo-Acople	
(método utilizado).....	114
Figura 3. 72. Fatigue tool. Factor de seguridad (Brazo-Acople) .....	115
Figura 3. 73. Surcador .....	120
Figura 3. 74. Escarificadora .....	121
Figura 3. 75. Extirpadora .....	122
Figura 3. 76. Boceto creación del chasis tubular .....	124
Figura 3. 77. Boceto modelado enganche del tractor .....	125
Figura 3. 78. Boceto modelado brazos porta alas .....	125
Figura 3. 79. Boceto modelado alas surcadoras .....	126
Figura 3. 80. Sistema aporcador ensamble-software .....	126
Figura 3. 81. Diagrama de equilibrio surcador .....	128
Figura 3. 82. Estructura surcadora aplicada ANSYS .....	130
Figura 3. 83. Aplicación de fuerzas en puntos críticos de la surcadora .....	131

Figura 3. 84. Resultado deformación máxima Estructura Aporcadora.....	132
Figura 3. 85. Resultado esfuerzo elástico equivalente Aporcadora .....	132
Figura 3. 86. Resultado tensión Von Mises Estructura surcadora .....	133
Figura 3. 87. Análisis factor de seguridad surcadora .....	134
Figura 3. 88. Esfuerzo elástico equivalente Aporcadora (Transient Structural) .	135
Figura 3. 89. Esfuerzo elástico vs tiempo (Aporcadora).....	135
Figura 3. 90. Análisis Deformación Total Aporcadora (Transient Structural) ...	136
Figura 3. 91. Deformación total vs tiempo (Aporcadora).....	136
Figura 3. 92. Análisis tensión de Von Mises Aporcadora (Transient Structural)	137
Figura 3. 93. Análisis tensión principal máxima Aporcadora (Transient Structural).....	137
Figura 3. 94. Análisis tensión cortante máxima Aporcadora (Transient Structural).....	137
Figura 3. 95. Fatigue tool. Rango del factor de seguridad cíclico. (Aporcadora)	138
Figura 3. 96. Fatigue tool. Factor de seguridad Aporcadora (método utilizado)	138
Figura 3. 97. Fatigue tool. Factor de seguridad Aporcadora.....	140
Figura 4. 1. Prototipo de Tractor Agrícola.....	141
Figura 4. 2. Enganche tres puntos del surcador .....	143
Figura 4. 3. Bastidor del surcador .....	144
Figura 4. 4. Brazos del surcador.....	144
Figura 4. 5. Rejas aporcadoras .....	145
Figura 4. 6. Mecanismo de regulación de las rejas aporcadoras .....	145
Figura 4. 7. Montaje del brazo sobre el chasis del surcador .....	150
Figura 4. 8. Herramienta aporcadora.....	151
Figura 4. 9. Herramienta aporcadora.....	151
Figura 4. 10. Tolda de la abonadora.....	154
Figura 4. 11. Tubos doblados del chasis .....	155
Figura 4. 12. Chasis ensamblado .....	155
Figura 4. 13. Paletas distribuidoras de abono .....	156
Figura 4. 14. Mecanismo dosificador.....	157

Figura 4. 15. Bases de la transmisión y el chasis tubular.....	157
Figura 4. 16. Unión de la transmisión al mecanismo esparcidor .....	158
Figura 4. 17. Bases para el soporte de la abonadora .....	158
Figura 4. 18. Abonadora lista para realizar sus pruebas de funcionamiento.....	165
Figura 5. 1. Terreno antes de realizar las pruebas.....	167
Figura 5. 2. Enganche de los tres puntos del surcador .....	168
Figura 5. 3. Acople al prototipo del Surcador .....	169
Figura 5. 4. Surcador iniciando sus pruebas .....	169
Figura 5. 5. Terreno surcado y con forma de caballones .....	170
Figura 5. 6. Calidad de Surcos .....	171
Figura 5. 7. Acople del Tractor con la Abonadora.....	173
Figura 5. 8. Ubicación de la Abonadora con el Tractor .....	173
Figura 5. 9. Funcionamiento de la Abonadora.....	174

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2. 1. Tipos de propiedades de los materiales de ingeniería.....	8
Tabla 2. 2. Tipos de materiales utilizados en ingeniería. ....	12
Tabla 2. 3. Propiedades mecánicas acero ASTM A36 y ASTM A500.....	14
Tabla 2. 4. Tipos de Máquinas Agrícolas .....	29
Tabla 3. 1. Estadística de los 10 principales consumidores de fertilizantes .....	44
Tabla 3. 2. Los 5 principales países productores de arroz. ....	45
Tabla 3. 3. Los 5 principales países productores de maíz.....	45
Tabla 3. 4. Principales cultivos del Ecuador. Total superficie cosechada. Serie histórica 2000 – 2011 .....	46
Tabla 3. 5. Alternativas Abonadora .....	50
Tabla 3. 6. Matriz de ponderación (abonadora) .....	54
Tabla 3. 7. Propiedades de la Urea.....	61
Tabla 3. 8. Pesos de los elementos del sistema esparcidor de abono.....	66
Tabla 3. 9. Alternativas y selección de transmisión.....	73
Tabla 3. 10. Módulos ANSYS Aplicados .....	82
Tabla 3. 11. Características mecánicas Estructura Abonadora .....	85
Tabla 3. 12. Deformación estructura abonadora .....	85
Tabla 3. 13. Comparación de valores de tensión del material (Estructura) .....	86
Tabla 3. 14. Parámetros de simulación con Transient Structural para la estructura de la Abonadora .....	88
Tabla 3. 15. Resultados de simulación con Transient Structural de la estructura de la abonadora .....	92
Tabla 3. 16. Factor de seguridad estructura en condiciones de fatiga.....	93
Tabla 3. 17. Características mecánicas Tolva – Abonadora .....	94
Tabla 3. 18. Deformación Tolva abonadora.....	94
Tabla 3. 19. Comparación de valores de tensión del material (Tolva) .....	95
Tabla 3. 20. Características mecánicas Transmisión. ....	97
Tabla 3. 21. Deformación máxima Transmisión abonadora .....	98

Tabla 3. 22. Comparación de valores de tensión del material (Transmisión).....	99
Tabla 3. 23. Parámetros de simulación con Transient Structural para la Transmisión de la Abonadora .....	100
Tabla 3. 24. Resultados de simulación con Transient Structural de la Transmisión de la abonadora .....	105
Tabla 3. 25. Factor de seguridad Transmisión en condiciones de fatiga .....	106
Tabla 3. 26. Características mecánicas Brazo-acople. ....	106
Tabla 3. 27. Deformación máxima Brazo de acople .....	107
Tabla 3. 28. Comparación de valores de tensión del material (Brazo-Acople) ..	108
Tabla 3. 29. Parámetros de simulación con Transient Structural para el brazo de acople de la Abonadora .....	110
Tabla 3. 30. Resultados de simulación con Transient Structural del Brazo de Acople de la abonadora.....	115
Tabla 3. 31. Factor de seguridad del Brazo de acople en condiciones de fatiga.	116
Tabla 3. 32. Referencia de importación de maquinaria agrícola.....	117
Tabla 3. 33. Alternativa Surcadora .....	120
Tabla 3. 34. Matriz de ponderación “Aporcadora” .....	123
Tabla 3. 35. Característica mecánica surcadora .....	131
Tabla 3. 36. Deformación estructura Aporcadora.....	132
Tabla 3. 37. Comparación de valores de tensión del material Aporcadora.....	133
Tabla 3. 38. Parámetros de simulación con Transient Structural para la herramienta Aporcadora .....	134
Tabla 3. 39. Resultados de simulación con Transient Structural de la estructura de la Aporcadora. ....	139
Tabla 3. 40. Factor de seguridad de Aporcadora en condiciones de fatiga.....	140
Tabla 5. 1. Tipo de suelo vs Comportamiento del Surcador .....	171
Tabla 5. 2. Comportamiento de la Abonadora en las Pruebas de Desempeño....	174

## PRESENTACIÓN

Los fenómenos naturales, la baja demanda en el mercado internacional de nuestros productos, la desocupación y la pobreza golpea severamente a las familias campesinas, obligando al abandono de sus tierras con la migración a las grandes ciudades y dejando a muchas áreas aptas para la agricultura sin producir, a este problema se le suma el no disponer de equipos que ayuden con sus labores, dando lugar a la deficiente producción agropecuaria para una población en crecimiento.

La Escuela Politécnica del Ejército impulsando la investigación científica y el desarrollo con la colectividad, en contribución a erradicar esta problemática ha aprobado el desarrollo del proyecto **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ESPARCIDOR DE ABONO Y DE UNA HERRAMIENTA APORCADORA PARA EL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIESEL”**, las mismas que ayudarán al agricultor del centro del país con sus labores cotidianas en el campo, además para su construcción relaciona diversos conocimientos adquiridos en el transcurso de nuestra carrera.

En el capítulo I, se presenta el análisis metodológico del problema a resolver junto con los objetivos a obtenerse una vez finalizado el proyecto y la importancia que tiene a ser realizada.

En el capítulo II, se observa todo lo referente a los materiales que se emplean en ingeniería para el diseño y construcción de herramientas agrícolas, la importancia de la mecanización en el campo, posteriormente se detalla la clasificación y tipos de abonadoras así como también de aporcadoras.

En el capítulo III mostraremos el planteamiento de alternativas, selección de la alternativa más conveniente, además se realiza el estudio de cargas sobre las estructuras mediante cálculos matemáticos, modelización en el software Autodesk Inventor 2013 junto con el análisis asistido realizado en el software ANSYS.

En el capítulo IV se detallan los procesos de manufactura, montaje e instalación de todos los elementos mecánicos que constituyen las herramientas, se incluye también gráficos de la construcción y sus acabados.

En el capítulo V se efectuarán pruebas una vez culminado el sistema esparcidor de abono y la herramienta aforcadora para comprobar que el proyecto cumple con todos los objetivos trazados, las pruebas se realizarán en un terreno compacto que nos permita exigir al máximo el desempeño y la eficiencia.

En el capítulo VI se pone en consideración conclusiones y recomendaciones producto de los análisis y estudios realizados y que deberán ser puestas en práctica por los usuarios y posibles constructores de estas importantes herramientas.

# CAPITULO I

## 1. EL PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La realidad mundial nos demuestra que cada vez la tecnología avanza a un ritmo más acelerado debido a la investigación e interés en la búsqueda de nuevas maneras de facilitar la vida, ahorrar dinero y generar mayores ingresos.

La economía social de mercado, base de la globalización, excluye a los países más pobres y favorece el enriquecimiento de las grandes potencias mundiales por lo que el desarrollo de investigación e innovación es importante en países en vías de desarrollo.

Sin lugar a dudas, uno de los sectores más importantes de la economía ecuatoriana es el sector agropecuario, dadas las excelentes condiciones climáticas y su ubicación geográfica, la cual permite el cultivo de gran diversidad de productos que constituyen una riqueza natural de nuestro país.

En distintos países industrializados, los agricultores reciben continuamente nueva información tecnológica proveniente de la investigación que se realiza en las entidades públicas y privadas consistente en variedades de cultivos de mayor rendimiento y mejores métodos de producción agrícola, elevando así rápidamente su productividad, y como principales efectos de la inversión en ciencia y tecnología es el incremento en el ingreso per capita.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup>Estudio de ingresos per capita. (s.f). Recuperado el 4 de Enero del 2013, [deww.diputados.gob.mx/comisiones59legislatura/ciencia\\_tecnología/web/indicadores1.htm](http://deww.diputados.gob.mx/comisiones59legislatura/ciencia_tecnología/web/indicadores1.htm)



En nuestro país, de cada 100 habitantes, 39 viven en las zonas rurales y de ellos 65% trabaja en la actividad agropecuaria; alrededor del 60% de la población rural es pobre. A pesar de su importancia, como sector económico, la agricultura crece por debajo del resto de la economía y muy por debajo de su potencialidad<sup>2</sup>, dando como resultado una migración campo-ciudad considerable y una crítica migración internacional de los sectores más pobres del país.

La producción agropecuaria crece en áreas destinadas a la producción para la exportación, mientras que decrece cada vez más en áreas dedicadas al consumo interno<sup>3</sup>.

Estas consecuencias sociales y ambientales derivadas de las estrategias industriales de producción y de un sistema insostenible de desarrollo, deben ser entendidas como de responsabilidad compartida y de alcance global; y por lo tanto atendidas con políticas públicas justas e inmediatas.

Debido la alta inversión económica que en la actualidad requiere la preparación del suelo, la mecanización agrícola en el Ecuador ha adquirido una importancia mayor.

La Escuela Politécnica del Ejército (ESPEL), como aporte a la sociedad y vinculación con la comunidad, ha invertido en investigación como es en el “Diseño y construcción de un prototipo de tractor agrícola monoplaa a Diesel”, el mismo que requiere de herramientas a la medida adaptables a su estructura, que ayude al trabajo en el campo del agricultor de escasos recursos del centro del país y que además ayude a la preparación del suelo para cultivo eficiente.

Entre los procesos para la preparación del suelo para cultivo, está el proceso de fertilizar o abonar, y el aporcar.

---

<sup>2</sup>Chiriboga, Manuel. (s.f). Recuperado el 4 de Enero del 2013, de <http://www.eluniverso.com/2007/04/16/0001/21/0BB892BF00C846AAA199C4AE29D33291.aspx> Manuel Chiriboga V

<sup>3</sup> Universidad Nacional de Loja. (2011). Realidad Social Agropecuaria y Ambiental del Ecuador. Pág 7. Ecuador.

Desde los comienzos de las labores agrícolas el hombre trato de eliminar las hierbas indeseables, primero con las manos y después con la ayuda de implementos sencillos. El azadón es uno de estos implementos para el desyerbe y descompactación de la capa superficial del suelo, que todavía se emplea masivamente.

El aporcar o el Surcar es una actividad indispensable para el agricultor, ya que se remueve la tierra y la levanta de manera uniforme con el fin de crear surcos o canales con el desafío de evitar las malezas, estabilizar a las plantas, crear accesibilidad para el riego. Ahora con la ayuda de la tecnología y con la gran demanda de la agricultura en nuestra sociedad, se han dado muchas alternativas para este tipo de trabajo.

El cultivo continuo origina una escasez de nutrientes en los suelos que obliga a los agricultores al empleo de fertilizantes, ya que, al extraer las cosechas importantes cantidades de nutrientes, para mantener los niveles de fertilidad, se hace necesario reponerlos.

El uso de los fertilizantes se ha vuelto indispensable debido a la baja fertilidad de la mayoría de los suelos para los altos rendimientos y la buena calidad que se esperan en la actualidad, por lo que hacer uso adecuado de ellos es importante para una agricultura sostenible.

Cotopaxi no escapa a esta realidad, se ha podido observar, que un amplio porcentaje de agricultores se dedica a la agricultura de subsistencia utilizando herramientas artesanales, careciendo de tecnología que le permita aporcar así como también el abonar o fertilizar sus cultivos, optimizando el tiempo, haciendo mejor uso de los recursos y aumentando así la productividad.

Siendo así, se considera prioritaria la búsqueda de alternativas basadas en principios agroecológicos que permitan el uso masivo de fertilizantes, innovando

con diseños de equipos agrícolas que responden a las necesidades locales y abaratan los costos de adquisición, operación y mantenimiento de equipos, en comparación con las diferentes marcas comerciales, proporcionando seguridad y comodidad al operador, y una herramienta infaltable en el prototipo diseñado.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

- ¿Es posible fomentar el uso de una esparcidora de abono y una herramienta aporcadora en los productores de la región?
- ¿Se podrá incrementar la diversificación de la agricultura tradicional mediante el uso de estas herramientas?
- ¿Es posible construir un sistema esparcidor de abono y una herramienta aporcadora para el prototipo de tractor agrícola monoplaza a Diésel?

## **1.3. OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar y construir un sistema esparcidor de abono y una herramienta aporcadora para ser implementado en el prototipo de tractor agrícola monoplaza a Diésel.

## **1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Plantear alternativas de solución para seleccionar el modelo del esparcidor de abono y la herramienta aporcadora tales que estas cumplan con las metas deseadas.

- Modelar el sistema esparcidor de abono y la herramienta aporcadora con la ayuda del software AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2013.
- Analizar el sistema esparcidor de abonó y la herramienta aporcadora con un software especializado ANSYS 14.5, en el módulo static structural y transient structural.
- Construir el modelo del sistema esparcidor de abono y la herramienta aporcadora
- Evaluar el desempeño del sistema mecánico del sistema esparcidor de abono y de la herramienta aporcadora, para comprobar su confiabilidad y funcionamiento.

## **1.5. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

La agricultura que se desarrolla en países industrializados, en todo su proceso se implica el uso de maquinaria, dando como resultado alta productividad en sus cosechas, optimización de sus recursos e incremento en la riqueza propia de una nación, lo que motiva a la gente no abandonar esta práctica.

Los asentamientos de campesinos e indígenas que han poblado desde nuestros orígenes a nuestro país de manera completa acompañada de la mala distribución de la riqueza han dado lugar a que el campesino migre hacia las grandes ciudades desabasteciendo de mano de obra para el trabajo de la tierra como eran sus costumbres ancestrales aumentando así la pobreza y el de no disponer de equipos agrícolas que ayuden con sus trabajo en la tierra, hace que este problema se incremente.

El trabajo en el campo, realizado de forma manual implica de mucho esfuerzo físico, inversión de tiempo, y al no darle una optimización adecuada, se ve reflejado en una baja ganancia económica.

El desarrollo del diseño, construcción y adaptación de un sistema esparcidor de abono y de una herramienta aporcadora al prototipo de tractor agrícola monoplaza a Diesel, daría muchos beneficios al agricultor de bajos recursos del centro del país, al tecnificar los procesos de cultivo, dando como resultado una producción de la tierra más eficiente, alcanzar un ambiente de trabajo más favorable al beneficiar directamente a los operarios para que no se vea afectada su salud por el exceso de fuerza, y dando bienestar a las personas que viven del campo.

Es de novedad científica la presente investigación por lo cual esta es una idea original que surge de la necesidad para solucionar el problema investigativo, el cual enmarca una serie de metas planteadas y objetivos para la resolución del proyecto, el cumplirlas nos motiva y nos empuja a mejorar de una manera relativa el problema inmerso en la investigación.

Es factible realizar la presente investigación, por la razón que contamos con los recursos tanto económicos como humanos los cuales serán necesarios durante el desarrollo del tema mencionado y ayudaran de una manera gradual al progreso y el adelanto tecnológico a través de estas alternativas, fomentando una actitud crítica, científica, motivadora y emprendedora

No dar solución a esta deficiencia detectada, significará mantener el estado actual de la realidad del país, de la investigación en el sistema educativo universitario, e impedirá el desarrollo que requiere el país para solucionar los problemas como mejoramiento en la calidad de vida, generación de empleo y lograr un país más competitivo que pueda insertarse en las condiciones de desempeño del mundo actual.

## **CAPÍTULO II**

### **2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **2.1. MATERIALES DE INGENIERÍA**

En ingeniería se necesita saber cómo responden los materiales sólidos a fuerzas externas como la tensión, la dureza, la compresión, la torsión, la flexión o la cizalladura. Los materiales sólidos responden a dichas fuerzas con una fuerza contraria, cuando se vence esta fuerza excedimos su límite de dureza (en la que el material pierde su tamaño y forma originales cuando se elimina la fuerza externa).

Una deformación permanente, estará dada por un gran peso o carga, existen métodos de medir que tanta carga puede resistir un material y de este modo clasificar los materiales de acuerdo a su dureza, por ejemplo, la fuerza que actúa sobre una mesa que sostiene un peso. Bajo esta fuerza, un material suele deformarse. Sin recuperar su longitud original, y cuando la fuerza es aún mayor, se produce la ruptura del material.

En la Tabla 2.1 se listan las propiedades generales de los materiales junto con otras que debe considerar el diseñador a la hora de elegir un material.

**Tabla 2. 1. Tipos de propiedades de los materiales de ingeniería**

FUENTE: ASHBY, Michael, (2008). *Materiales para Ingeniería I*. España: Reverté.

Económicas	Precio y disponibilidad Reciclabilidad
Físicas	Densidad
Mecánicas	Módulos Limite elástico y resistencia a la tracción Dureza Tenacidad a la fractura Resistencia a la fatiga Resistencia a la fluencia Amortiguamiento de las vibraciones
Térmicas	Conductividad Térmica Calor específico Coeficiente de expansión térmica
Eléctricas y Magnéticas	Resistividad Constante dieléctrica Permeabilidad magnética
Interacción con el contorno	Oxidación Corrosión Desgaste
Producción	Facilidad de fabricación Unión Acabado
Estéticas	Color Textura Aspecto

## 2.2. CLASIFICACIÓN Y DISTINCIÓN DE LOS MATERIALES<sup>4</sup>

### 2.2.1. Metales

Los metales son materiales con múltiples aplicaciones que ocupan un lugar destacado en nuestra sociedad. Se conocen y utilizan desde tiempos prehistóricos, y en la actualidad constituyen una pieza clave en prácticamente todas las actividades económicas desde la industria de los servicios hasta la fabricación de

---

<sup>4</sup> ASKELAND, Donald. Ciencias de los materiales. Descargado el 6 de enero de 2013, de <http://html.rincondelvago.com/materiales-de-ingenieria.html>

todo tipo de objetos manufacturados, sin olvidar su enorme importancia en el sector agrícola y en el transporte y las telecomunicaciones.

Los metales y las aleaciones que incluyen al acero, aluminio, magnesio, zinc, hierro fundido, titanio, cobre, níquel, entre algunos; tienen como características una adecuada conductividad térmica y eléctrica, además resistencia mecánica, alta rigidez, ductilidad y resistencia al impacto.

Ejemplo:

- **Cobre.-** Una de sus aplicaciones son alambres para conductores eléctricos y es altamente conductivo.
- **Hierro fundido gris.-** Con él se hacen bloques para motores de automóvil, y algunas de sus propiedades son moldeabilidad, maquinabilidad, absorción de vibraciones, entre algunas.

Los metales son útiles en aplicaciones estructurales o de carga, y se prefiere el empleo de sus combinaciones denominadas aleaciones.

#### **a) Metales Ferrosos**

Los metales ferrosos son aquellos cuyo componente principal es el hierro, sus principales características son su gran resistencia a la tensión y dureza. Las principales aleaciones se logran con el estaño, plata, platino, manganeso, vanadio y titanio. Los principales productos representantes de los materiales metálicos son:

- Fundición de hierro gris
- Hierro maleable
- Aceros
- Fundición de hierro blanco



Su temperatura de fusión va desde los 1360°C hasta los 1425°C y uno de sus principales problemas es la corrosión.

#### **b) Metales no Ferrosos**

Por lo regular tienen menor resistencia a la tensión y dureza que los metales ferrosos, sin embargo su resistencia a la corrosión es superior. Su costo es alto en comparación a los materiales ferrosos pero con el aumento de su demanda y las nuevas técnicas de extracción y refinamiento se han logrado abatir considerablemente los costos, con lo que su competitividad ha crecido notablemente en los últimos años. Los principales metales no ferrosos utilizados en la manufactura son:

- Aluminio
- Cobre
- Magnesio
- Níquel
- Plomo
- Titanio
- Zinc

Los metales no ferrosos son utilizados en la manufactura como elementos complementarios de los metales ferrosos, también son muy útiles como materiales puros o aleados los que por sus propiedades físicas y de ingeniería cubren determinadas exigencias o condiciones de trabajo, por ejemplo el bronce (cobre, plomo, estaño) y el latón (cobre zinc).

#### **2.2.2. Cerámicos.**

Material inorgánico que puede ser cristalino y/o amorfo. Los materiales de cerámica como ladrillos, el vidrio, la losa, los aislantes y los abrasivos, tienen

escasa conductividad térmica y eléctrica, tiene buena resistencia y dureza, son deficientes en ductilidad y resistencia al impacto. Por lo anterior son menos usados en aplicaciones estructurales.

### **2.2.3. Polímeros.**

El caucho, el plástico y muchos tipos de adhesivos, se producen creando estructuras moleculares a partir del petróleo en un proceso llamado polimerización. Los polímeros tiene baja conductividad térmica y eléctrica, poca resistencia mecánica a altas temperaturas.

### **2.2.4. Materiales Compuestos**

Están contruidos por dos o más materiales que generan propiedades que uno solo no pueden dar, como el concreto, el triplay y la fibra de vidrio.

La mayoría de los componentes de ingeniería están fabricados con *metales y aleaciones*, más que con ningún otro tipo de material. Pero, de forma creciente, los *polímeros* son cada vez más atractivos para el diseñador a causa de que ofrecen una buena combinación de propiedades. Las *cerámicas*, aún en desarrollo en el mundo, son un tipo de material de ingeniería emergente que permite fabricar motores más eficientes desde el punto de vista térmico, cuchillos más afilados y cojinetes con menos fricción. El ingeniero puede combinar las mejores de estas propiedades para producir *materiales compuestos* (el más típico es la fibra de vidrio), que también ofrecen un atractivo conjunto de propiedades. Y finalmente no podemos ignorar los *materiales naturales*, como la madera o la piel, que poseen propiedades que incluso con los desarrollos científicos actuales en ciencia de materiales son difíciles de superar.

En resumen en la Tabla 2.2 se listan los tipos de materiales utilizados en ingeniería.

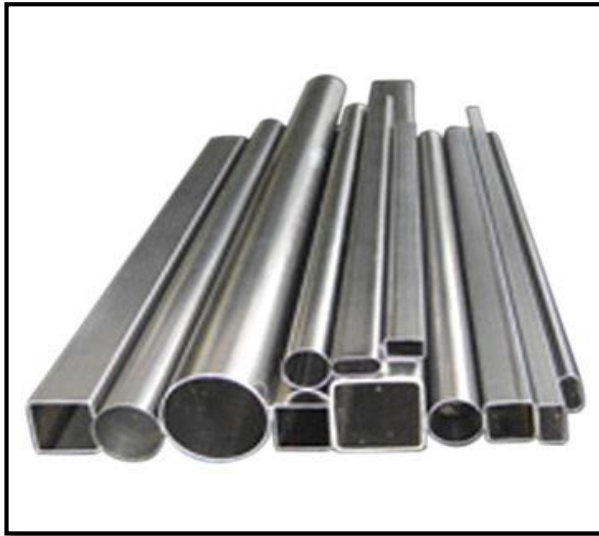
**Tabla 2. 2. Tipos de materiales utilizados en ingeniería.**

FUENTE: ASHBY, Michael, (2008). *Materiales para Ingeniería I*. España: Reverté.

Materiales y aleaciones	Hierro y aceros Aluminio y sus aleaciones Cobre y sus aleaciones Níquel y sus aleaciones Titanio y sus aleaciones
Polímeros	Polietileno(PE) Poli metacrilato de metilo(PMMA) Poliamidas – nailon (PA) Polietileno (PS) Poliuretano(PU) Poli cloruro de vinilo (PVC) Politereftalato de etilenglicol (PET) Polieteretercetona (PEEK) Resina epoxi (EP) Elastómeros, como el caucho natural (NR)
Cerámicos y vidrios	Alúmina – esmeril, zafiro Magnesia Sílice Carburo de silicio Nitruro de silicio Cemento y hormigón
Materiales compuestos	Polímeros reforzados con fibra de vidrio(GFRP) Polímeros reforzados con fibras de carbono(CFRP) Polímeros cargados Cermets
Materiales naturales	Madera Piel Algodón, lana, seda Hueso
Las cerámicas son cristalinas, inorgánicas, no metálicas. Los vidrios son sólidos no cristalinos(o amorfos). La mayoría de los vidrios para ingeniería son no metálicos, pero hoy existe un gran número de vidrios metálicos con propiedades útiles.	

### 2.3. PERFILES ESTRUCTURALES

Los perfiles laminados en caliente son una forma principal de trabajar el acero. En este proceso el lingote de acero colado se calienta al rojo vivo en un horno denominado fosa de termo difusión y posteriormente se lamina para formar placas de anchos y espesores variables; diversos perfiles estructurales, barras redondas, cuadradas, rectangulares y tubos.



**Figura 2. 1. Perfiles Estructurales**

Fuente: Perfiles estructurales. (s.f). Recuperado el 8 de enero de 2013, de <http://www.deacero.com>

El acero estructural presenta las siguientes ventajas:

- **ALTA RESISTENCIA:** la alta resistencia del acero por unidad de peso implica el uso de estructuras ligeras, esto es de gran importancia en puentes de grandes claros, en edificios altos y en estructuras desfavorables para establecer su cimentación.
- **UNIFORMIDAD:** las propiedades del acero no cambian apreciablemente con el tiempo.
- **ELASTICIDAD:** el acero se acerca más en su comportamiento a las hipótesis de diseño que la mayoría de los materiales, gracias a que sigue la ley de Hook hasta esfuerzos bastante altos. Los momentos de inercia de una estructura de acero pueden calcularse con exactitud.
- **DUCTIBILIDAD:** es la propiedad que tiene el material de soportar grandes deformaciones sin fallar, bajos y altos esfuerzos de tensión.
- **TENACIDAD:** los aceros estructurales son tenaces, es decir, poseen resistencia y ductilidad. Esta es una característica muy importante porque

implica que los miembros de acero pueden someterse a grandes deformaciones durante su fabricación y montaje sin fracturarse, siendo posible doblarlos, martillarlos, cortarlos, taladrarlos sin danos aparentes.

El uso de los perfiles estructurales laminados en caliente tiene una amplia variedad de estructuras en las cuales se puede utilizar como por ejemplo:

- Construcción de puentes
- Construcción de edificios
- Construcción de naves industriales

### 2.3.1. Propiedades mecánicas en perfiles utilizados para la construcción de las herramientas.

Para la construcción de la herramienta aporcadora y de la abonadora se utilizó perfiles estructurales en acero ASTM A36 y acero ASTM A500 (Anexo A-3), con límites de fluencia de:

**Tabla 2. 3. Propiedades mecánicas acero ASTM A36 y ASTM A500**

FUENTE: Tubos estructurales. (s.f.). Recuperado el 8 de Enero del 2013 de [http://www.unicon.com.ve/estructural\\_tubos\\_estructurales.html](http://www.unicon.com.ve/estructural_tubos_estructurales.html)

<b>PROPIEDADES MECÁNICAS</b>							
<b>ASTM A36</b>				<b>ASTM A500</b>			
<b>Límite de Fluencia</b>		<b>Resistencia a la Tracción</b>		<b>Límite de Fluencia</b>		<b>Resistencia a la Tracción</b>	
MPa	Psi	MPa		MPa	Psi	MPa	Psi
		Mín	Máx				
248	36000	400	550	317	46000	427	62000

### 2.3.2. Chapa metálica:

Son planchas de acero estructural, son productos planos de acero laminado en caliente. El espesor es de 1.5 mm

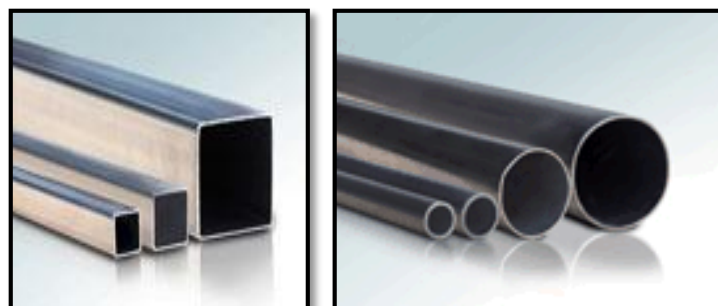


**Figura 2. 2. Chapa Metálica**

Fuente: Grupo investigador

### 2.3.3. Tubo estructural:

Tubo hueco de acero estructural cuya sección transversal puede ser cuadrada, rectangular o circular.

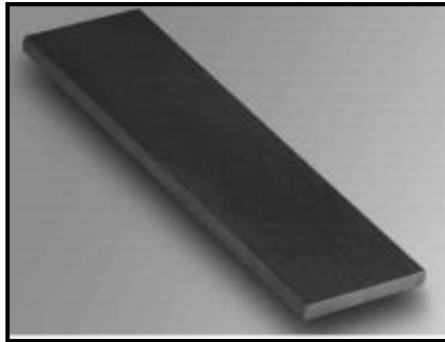


**Figura 2. 3. Tubos estructurales cuadrados y redondos**

Fuente: Grupo investigador

#### 2.3.4. Solera

Pueden tener secciones transversales circulares, cuadradas o rectangulares. Si el ancho de un perfil es de 8 pulgadas o menor, este se clasifica como barra y se designa usualmente con el ancho antes que el espesor.

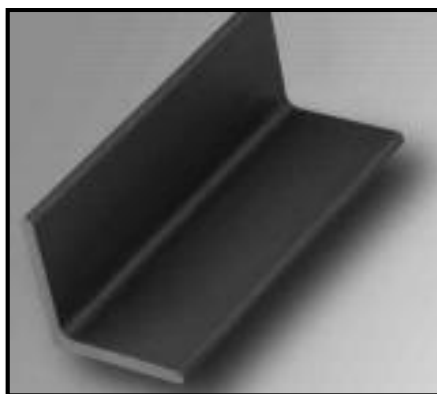


**Figura 2. 4. Platina de acero**

Fuente: Productos de acero. (s.f). Recuperado el 9 de enero de 2013, de <http://www.deacero.com>

#### 2.3.5. Ángulos:

Barra de metal cuya sección tiene forma de ángulo recto con las caras de las alas de igual anchura. También llamado perfil L de lados iguales.



**Figura 2. 5. Angulo de lados iguales**

Fuente: Productos de acero. (s.f). Recuperado el 9 de enero de 2013, de <http://www.deacero.com>

## **2.4. PROCESO DE MANUFACTURA**

Un proceso de manufactura, es el conjunto de operaciones necesarias para modificar las características de las materias primas. Dichas características pueden ser de naturaleza muy variada tales como la forma, la densidad, la resistencia, el tamaño o la estética. Se realizan en el ámbito de la industria. Para la obtención de un determinado producto serán necesarias multitud de operaciones individuales de modo que, dependiendo de la escala de observación, puede denominarse proceso tanto al conjunto de operaciones desde la extracción de los recursos naturales necesarios hasta la venta del producto como a las realizadas en un puesto de trabajo con una determinada máquina-herramienta.

### **2.4.1. Proceso de corte**

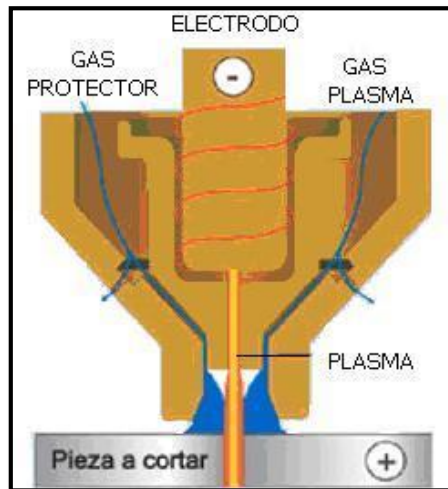
#### **a) Plasma.**

El fundamento del corte por plasma se basa en elevar la temperatura del material a cortar de una forma muy localizada y por encima de los 30.000 °C, llevando el gas utilizado hasta el cuarto estado de la materia, el plasma, estado en el que los electrones se disocian del átomo y el gas se ioniza (se vuelve conductor).

El procedimiento consiste en provocar un arco eléctrico estrangulado a través de la sección de la boquilla del soplete, sumamente pequeña, lo que concentra extraordinariamente la energía cinética del gas empleado, ionizándolo, y por polaridad adquiere la propiedad de cortar.

Resumiendo, el corte por plasma se basa en la acción térmica y mecánica de un chorro de gas calentado por un arco eléctrico de corriente continua establecido entre un electrodo ubicado en la antorcha y la pieza a mecanizar. El chorro de plasma lanzado contra la pieza penetra la totalidad del espesor a cortar, fundiendo y expulsando el material.



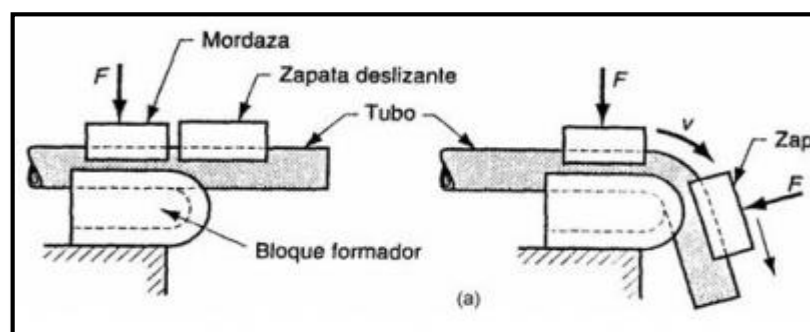


**Figura 2. 6. Proceso de corte por plasma**

Fuente: Procesos de manufactura. (s.f). Recuperado el 10 de enero de 2013, de <http://www.wikipwdia.com>

#### 2.4.2. Proceso de doblado

Trata de una horma a través de la combinación de un útil de presión y una mordaza. El curvado por tracción, es uno de los más precisos. La pieza es inmovilizada con una mordaza contra una horma y todo el conjunto rota arrastrando y estirando la pieza a lo largo del útil de presión. En el curvado por compresión, asimismo, la horma permanece inmóvil y el útil de presión de desplaza para realizar el curvado.



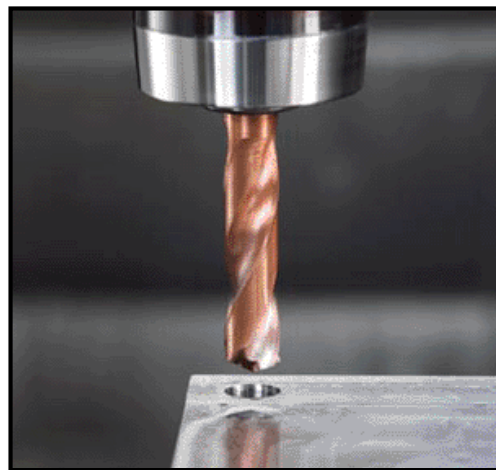
**Figura 2. 7. Dobles de tubo de acero por compresión**

Fuente: Procesos de manufactura. (s.f). Recuperado el 10 de enero de 2013, de <http://wiki.ead.pucv.cl>

### **2.4.3. Proceso de taladrado**

Taladrar a la operación de mecanizado que tiene por objeto producir agujeros cilíndricos en una pieza cualquiera, utilizando como herramienta una broca. La operación de taladrar 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.

De todos los procesos de mecanizado, el taladrado 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 necesario en la mayoría de componentes que se fabrican.



**Figura 2. 8. Proceso de taladrado**

Fuente: Grupo investigador

### **2.4.4. Proceso de pulido**

Este proceso se realizó con una amoladora portátil de peso ligero que es accionada eléctricamente. La amoladora portátil sirve para moler un exceso de metal de soldadura, quitar el óxido y en especial para las operaciones de acabado alrededor

de la zona de trabajo. Dado que esta herramienta es accionada con la mano la calidad del trabajo depende de la experiencia del operador



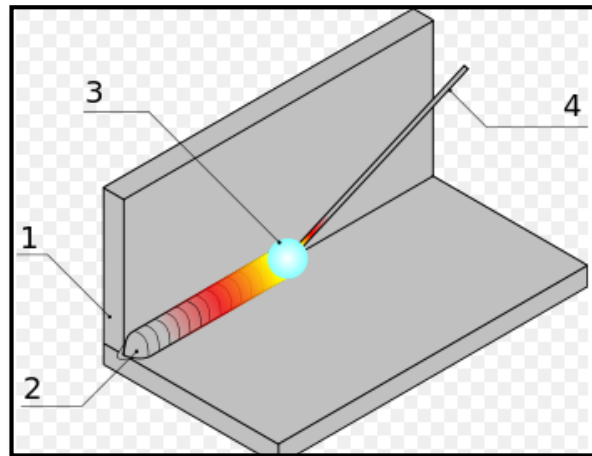
**Figura 2. 9. Amoladora portátil**

Fuente: Procesos de manufactura. (s.f). Recuperado el 11 de enero de 2013, de <http://www.tecnoficio.com>

#### **2.4.5. Proceso de soldadura**

La soldadura es un proceso donde se realiza la unión de dos materiales, usualmente logrado a través de la coalescencia (fusión), en la cual las piezas son soldadas fundiéndose ambas y pudiendo agregar un material de relleno fundido (metal), para conseguir un baño de material fundido que, al enfriarse, se convierte en una unión fija.

Muchas fuentes de energía pueden ser usadas para el proceso de soldadura, incluyendo una llama de gas, un arco eléctrico, un láser, un rayo de electrones, procesos de fricción o ultrasonido. La energía necesaria para formar la unión entre dos piezas de metal generalmente proviene de un arco eléctrico.



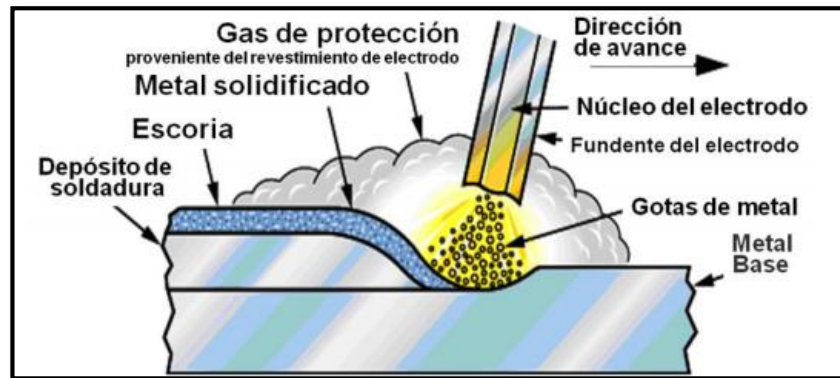
**Figura 2. 10. Principio general de soldadura**

Fuente: Principio de soldadura. (s.f). Recuperado el 12 de enero de 2013, de <http://www.wikipedia.com>

1. Base de metal.
2. Cordón de soldadura
3. Fuente de energía (llama, arco eléctrico, arco de plasma.....).
4. El metal de aporte (alambre, varilla)

#### **a) Proceso de soldadura SMAW**

Consiste en la utilización de un electrodo con un determinado recubrimiento, según sea las características específicas. A través del mismo se hace circular un determinado tipo de corriente eléctrica, ya sea esta de tipo alterna o directa. Se establece un corto circuito entre el electrodo y el material base que se desea soldar o unir, este arco eléctrico puede alcanzar temperaturas del orden de los 5500 °C, depositándose el núcleo del electrodo fundido al material que se está soldando, de paso se genera mediante la combustión del recubrimiento, una atmosfera que permite la protección del proceso, esta protección se circunscribe a evitar la penetración de humedad y posibles elementos contaminantes. También se produce una escoria que recubre el cordón de soldadura generado

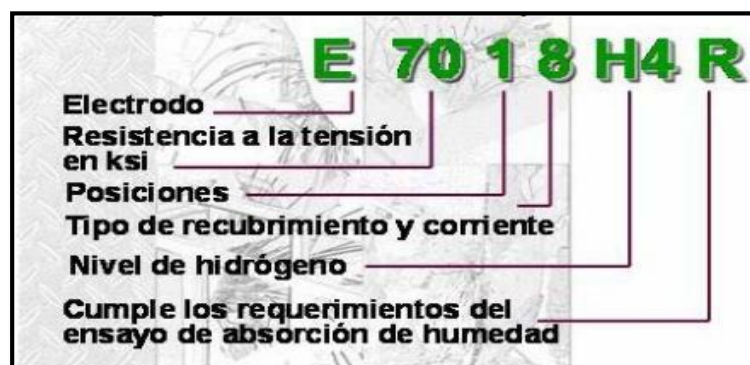


**Figura 2. 11. Diagrama esquemático del proceso de soldadura SMAW**

Fuente: Principio de soldadura. (s.f). Recuperado el 12 de enero de 2013, de <http://www.tec.url.edu.gt>

### a.1) El electrodo

Para poder realizar este proceso de soldadura al arco con electrodo recubierto, se dispone de una gran diversidad de tipos de electrodos, cada uno de ellos se selecciona en base al material de que está constituido su núcleo, así como por su tipo de recubrimiento y además por el diámetro del electrodo. La AWS (American Welding Society) ha normalizado su diseño y utilización. Para efectos de identificación se utiliza las siguientes. Esta identificación aparece en la parte superior de cada electrodo. Como una aclaración: diremos que la sigla de posiciones, se refiere a la posición en la que se coloca el electrodo a la hora de estar ejecutando el cordón de soldadura como se indica en la figura N° 2.12.



**Figura 2. 12. Clasificación AWS para electrodos**

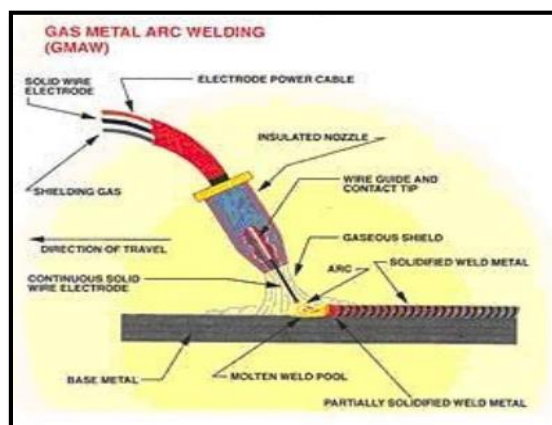
Fuente: grupo investigador

## b) Soldadura MIG

Este tipo de soldadura también se conoce como soldadura GMAW (Gas, Metal, Arc, Welding) en donde MIG significa Metal-Inert-Gas. La soldadura GMAW, Es un proceso sumamente sencillo, aunque requiere de habilidades técnicas muy específicas, tiene el inconveniente de que es un proceso con poca productividad, debido fundamentalmente a que no es un proceso continuo, dada esta limitación se desarrolló el proceso de soldadura MIG. Que va a permitir al operador una mayor continuidad en la operación, y también tendrá una mejor utilización del material del aporte. Este equipo fundamentalmente opera bajo el mismo principio de la soldadura con electrodo, con una diferencia significativa, ya que el material de aporte viene en rollos y en forma de alambre continuo, lo que permite una mayor movilidad en la ejecución, y con el beneficio, de que requiere un poco menos de destrezas técnicas de parte del operario.

### b.1) El proceso

El proceso es similar a la soldadura por arco, en lugar de un electrodo vamos a tener un alambre continuo que nos servirá para establecer el arco eléctrico, pero además en este proceso no tenemos recubrimiento, por lo que la atmosfera de protección lo provee un gas Inerte o Activo



**Figura 2. 13. Diagrama esquemático del proceso de soldadura**

Fuente: Principio de soldadura. (s.f). Recuperado el 13 de enero de 2013, de

[www.imfra.com](http://www.imfra.com)

## b.2) El alambre

Este es el que sirve como material de aporte y que conforma el cordón de soldadura, debe poseer las características propias del material que se desea soldar, y al igual que en el caso del electrodo recubierto, también esta estandarizado por AWS.



**Figura 2. 14. Clasificación de alambre según la AWS para procesos GMAW**

Fuente: Principio de soldadura. (s.f). Recuperado el 14 de enero de 2013, de

<http://www.gruposemesa.com>

## b.3) Gas de protección

El gas de protección ha de mantenerse a un flujo adecuado, para que la atmosfera de protección sea la más adecuada. Como gas inerte se utiliza generalmente el Argón (pueden utilizarse otros gases) es un gas inodoro, e incoloro, no es corrosivo, y no reacciona con los materiales que se están soldando, se identifica con un color azul claro en la parte superior del cilindro.



**Figura 2. 15. Cilindros de Argón**

Fuente: Principio de soldadura. (s.f). Recuperado el 15 de enero de 2013, de [www.imfra.com](http://www.imfra.com)

## **2.5. HERRAMIENTAS AGRÍCOLAS**

Las **herramientas agrícolas**, también denominadas aperos de labranza o aperos agrícolas, son utensilios o instrumentos usados en la agricultura con una o ambas manos. Son necesarias para llevar a cabo tareas como desbrozar, labrar, cavar, preparar y acondicionar la tierra; mover, cargar y transportar materiales; sembrar y plantar, regar, abonar, limpiar y mantener; podar, segar, cosechar y recolectar; trillar, cribar, seleccionar, desecar y moler, entre otras. No deben confundirse con la maquinaria agrícola, normalmente de gran complejidad técnico.

La creatividad y sagacidad del ser humano en busca de dar soluciones a la creciente demanda de alimento en el acelerado aumento de la población, ha permitido que la agricultura evolucione al pasar los años integrando la tecnología en los procesos y dando lugar a la mecanización.



## 2.6. MECANIZACIÓN AGRÍCOLA

La agricultura moderna requiere el uso de maquinaria e implementos agrícolas, no solo para las grandes extensiones agroindustriales donde es indispensable complemento de la tarea del hombre, sino también en los cultivos pequeños donde, por el trabajo en comunidad, se requieren tractores y arados para medianos y pequeños campesinos que en forma individual no podrían invertir las sumas que se requieren para adquirir estos equipos. Estos núcleos, como los agricultores empresariales, también requieren de equipos mecanizados que deben ser suministrados por intermedio de cooperativas o por cualquier otro sistema asociativo.

La mecanización agrícola es el estudio de las labores de producción agrícola, que se realizan con la ayuda de máquinas, tomando en cuenta los factores que la afectan, a fin de operar las máquinas adecuadas, en la época más conveniente y bajo condiciones propicias para llevarlas a cabo, con el propósito de alcanzar el máximo rendimiento de los recursos disponibles, para beneficio del agricultor, sin causar daños al medio ambiente.

La mecanización agrícola, sobre todo la preparación de suelos, tiene muchos detractores, pues a ella se le hace responsable de la erosión y deterioro de los suelos agrícolas. Sin embargo, la erosión y el deterioro de los suelos, son causados, principalmente, por el mal uso de las máquinas, por la mecanización de terrenos que no son aptos para este fin, ya sea por su erodabilidad<sup>5</sup>, o por su topografía, por la sobre mecanización y por la época que se escoge para realizar esas labores, que no siempre es la adecuada.

El objetivo principal de la mecanización agrícola consiste, por tanto, en realizar las labores de producción de alimentos en el menor tiempo posible y de la mejor

---

<sup>5</sup>**Erodabilidad:** Índice que indica la vulnerabilidad o susceptibilidad a la erosión y que depende de las propiedades intrínsecas de cada suelo. Cuanto mayor sea la erodabilidad mayor porcentaje de erosión.

manera, a fin de obtener un buen rendimiento de la operación, logrando una cosecha de calidad, sin causar daños severos al medio.

Otro de los objetivos que se logra con el uso de la mecanización de la producción es el ahorro económico. En muchos lugares se hace difícil la consecución del personal para laborar en el campo, por lo que las máquinas juegan un papel muy importante, porque sustituyen mano de obra y realizan el trabajo en menor tiempo, lo que muchas veces ahorra dinero.

Además con el uso de máquinas puede efectuarse un trabajo de campo más uniforme. Cuando las máquinas se seleccionan convenientemente, de acuerdo a las condiciones de trabajo y se calibran correctamente, el trabajo que realizan es más eficiente, haciendo que los cultivos se desarrollen de mejor forma, aumentando su rendimiento y calidad.

Para que exista un aumento de la productividad de las tierras es necesario la aplicación de tecnología y de un mayor nivel de conocimientos, mejores sistemas de gestión agrícola, capacitación y motivación de los agricultores a través de incentivos.

Resumiendo podemos destacar las principales ventajas y desventajas de la mecanización:

### **2.6.1. Ventajas**

Algunas de las ventajas de la mecanización agrícola son las siguientes:

- Incremento de los niveles de producción
- Construcción de medidas de conservación del agua y el suelo
- Mayores rendimientos por hectárea
- Aumento del área cultivada

- Cambio en la estructura de los cultivos
- Aumento de la productividad y sus efectos sobre las exportaciones
- Planificación del trabajo en el campo
- Producción en suelos difíciles
- Optimización de los sistemas forestales y agroindustriales
- Disminución de los costos de producción
- Desarrollo de la productividad agrícola
- Mejora las condiciones de trabajo de los agricultores
- Mejora de la calidad de vida rural

### **2.6.2. Desventajas**

Se puede enumerar algunas desventajas de la mecanización agrícola:

- Degradación y erosión de los suelos
- Contaminación y pérdida de la diversidad biológica
- Altos costos de máquinas y equipos
- Demanda de altos niveles de energización
- Prácticas culturales insostenibles
- Exigen un alto capital para inversión y mantenimiento
- Desplazamiento de mano de obra rural

## **2.7. MAQUINARIA AGRÍCOLA**

La **maquinaria agrícola** es la serie de máquinas y equipos que utilizan los agricultores en sus labores.

Una máquina agrícola es aquella que tiene autonomía de funcionamiento y, por tanto, está al funcionamiento de un motor de combustión y unos mecanismos de transmisión que la permiten desplazarse por el campo cuando desarrolla el trabajo.

**Tabla 2. 4. Tipos de Máquinas Agrícolas**

FUENTE: Grupo investigador

<b>MÁQUINAS AGRÍCOLAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>• Abonadora</li><li>• Cortadora</li><li>• Cosechadora</li><li>• Cosechadora de algodón</li><li>• Cosechadora de cereales</li><li>• Cosechadora de forraje</li><li>• Cosechadora de remolacha</li><li>• Desmotadora de algodón</li><li>• Desbrozadora</li><li>• Desgranadora</li><li>• Desvaradora</li><li>• Empacadora y Roto empacadora</li><li>• Fertilizadora</li><li>• Fumigadora</li><li>• Motocultor</li><li>• Motor para riego</li><li>• Pala cargadora</li><li>• Pulverizadora</li><li>• Sembradora</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Segadora</li><li>• Surcadora</li><li>• Tractor</li><li>• Trituradora</li><li>• Vendimiadora</li><li>• Vibrador para troncos</li><li>• Plataforma recogida frutos</li><li>• Cavadora</li><li>• Cincel</li><li>• Cultivador</li><li>• Descompactador</li><li>• Grada</li><li>• Rodillo</li><li>• Remolque</li><li>• Rotocultor</li><li>• Subsolador</li><li>• Vertedera</li><li>• Vibrocultivador</li></ul>

## 2.8. ABONADO O FERTILIZACIÓN

En la agricultura tecnificada, la fertilización o abonamiento constituye, como bien se sabe, un factor vital del manejo encaminado a obtener una adecuada nutrición de los cultivos, como fundamento para alcanzar la máxima producción de alimentos fibras, aceites, estimulantes y flores, por unidad de superficie.

La llamada “*agricultura sostenible*”, de otra parte, como criterio de “*época*”, mirando hacia el *futuro de la tierra y del hombre*, no puede escapar, y sí seguro depender, del *mantenimiento del suelo como recurso clave y, en él, de su fertilidad*, para lo cual, sin duda alguna, el abonamiento mineral y orgánico, debidamente manejado, resultará vital e intransferible<sup>6</sup>.

Las recomendaciones generalizadas de fertilización tienen la limitación de que no son muy precisas para cada caso, por cuanto existen suelos diferentes que son manejados también en forma diferente. Para resolver en parte este problema es aconsejado enviar muestras de suelo del terreno que se va a sembrar para que sean analizadas. Los resultados servirán para hacer recomendaciones bastante ajustadas a la realidad de cada caso particular de cultivo y de suelo.

**2.8.1. ABONO.-** El abono (o fertilizante) es cualquier sustancia orgánica o inorgánica que mejora la calidad del sustrato, a nivel nutricional, para las plantas arraigadas en éste. La acción consistente en aportar un abono se llama fertilización. Los abonos, junto a las enmiendas, forman parte de los productos fertilizantes.

### 2.8.2. TIPOS DE ABONO:

Los abonos pueden ser de dos tipos: orgánicos y minerales.

---

<sup>6</sup> Guerrero Riascos Ricardo. (1998) *fertilización de cultivos en clima frío*.

### **a) Abonos orgánicos**

Los abonos orgánicos son generalmente de origen animal o vegetal. Los primeros son típicamente desechos industriales tales como desechos de matadero (sangre desecada, cuerno tostado,) desechos de pescado, lodos de depuración de aguas. Son interesantes por su aporte de nitrógeno de descomposición relativamente lenta, y por su acción favorecedora de la multiplicación rápida de la microflora del suelo, pero enriquecen poco el suelo de humus estable.

Los segundos pueden ser desechos vegetales (residuos verdes), compostados o no. Su composición química depende del vegetal de que proceda y del momento de desarrollo de éste. Además de sustancia orgánica contiene gran cantidad de elementos como nitrógeno, fósforo y calcio. También puede utilizarse el purín pero su preparación adecuada es costosa.

### **b) Abonos minerales**

Los abonos minerales son sustancias de origen mineral, producidas bien por la industria química, bien por la explotación de yacimientos naturales (fosfatos, potasa).

La industria química interviene sobre todo en la producción de abonos nitrogenados, que pasan por la síntesis del amoníaco a partir del nitrógeno del aire. Del amoníaco se derivan la urea y el nitrato.

Existen muchas variedades de abonos que se denominan según sus componentes. El nombre de los abonos minerales está normalizado, en referencia a sus tres principales componentes (NPK, Nitrógeno, Fósforo y Potasio).

Las letras van generalmente seguidas de cifras, representando las proporciones respectivas de los elementos. Los abonos químicos producidos industrialmente contienen una cantidad mínima garantizada de elementos nutritivos, y está indicada en el saco. Por ejemplo, la fórmula 5-10-5 indica la proporción de nitrógeno (N), de fósforo (P) y de potasio (K) presente en los abonos, siendo 5% de N, 10% de  $P_2O_5$  y 5% de  $K_2O$ .

## **2.9. ABONADORAS**

### **2.9.1. Clasificación de abonadoras**

Las abonadoras se clasifican, según como se lleva a cabo la distribución del abono, en:

#### **a) Abonadoras por gravedad.**

El fertilizante pasa de la tolva al suelo por su propio peso, es decir, por la fuerza de la gravedad. La distribución transversal que este tipo de abonadoras consigue es bastante uniforme. La aplicación del fertilizante es proporcional al movimiento de la abonadora. Se utiliza para abonos granulados, perlados, cristalizados y especialmente para los pulverulentos, ya que estos últimos no se distribuirían uniformemente con otro tipo de abonadoras. Su mayor inconveniente es que su anchura de trabajo está muy limitada. Dentro de los distintos tipos de abonadoras por gravedad, la más utilizada es la de tornillo sinfín con tolva central, que tiene una anchura de trabajo de hasta 12 m.



**Figura 2. 16. Abonadora con dosificador de tornillo sinfín**

Fuente: Grupo investigativo

### **b) Abonadoras centrífugas.**

El fertilizante es propulsado por un disco o péndulo de forma que adquiere una fuerza centrífuga que provoca el lanzamiento de las partículas fertilizantes a grandes distancias. Puede llegar a anchuras de trabajo de más de 30 m, cuando se utilicen abonos granulados, aunque la homogeneidad de trabajo no será tan buena como en las abonadoras por gravedad, por lo que habrá que realizar un solapamiento adecuado.

Dentro de las abonadoras centrífugas existen dos tipos: las de discos y las pendulares.

***b.1) Las abonadoras de discos.***- Son las más utilizadas; el movimiento de los discos es uniforme, pero la distancia de proyección dependerá del punto en el disco donde caiga la partícula fertilizante y de la masa de éste. Además también dependerá del tamaño del disco y de la altura a la que se encuentren. Las hay de un disco y de dos discos.

– *De un disco.* El disco, en su parte superior, posee 2, 4 o más paletas. La forma y tamaño del disco, y especialmente de las paletas, es muy variable.



En ciertos casos pueden incorporarse deflectores para lanzar en una determinada dirección las partículas que provienen de los discos.

– *De dos discos.* Son similares a las de un disco, en cuanto a funcionamiento, pero éstas tienen dos discos colocados en un mismo plano, que giran uno en sentido contrario al otro. Las superficies donde el abono ha sido proyectado tienen un alto grado de solapamiento y esta superficie es trapezoidal o similar. Con estas abonadoras se consiguen buenos resultados de uniformidad en los bordes de la parcela y mayores anchuras de trabajo que con las de un disco o las pendulares.



**Figura 2. 17. Distribuidora Centrifugas**

**Figura 2. 18. Distribuidora de 1 disco**

Fuente: Terciado Barcal Mercedes, (2009) Evaluación de abonadoras, AIMCRA, España

**b.2) Las abonadoras pendulares.-** Son utilizadas para abonos granulados, tienen un tubo oscilante que es el que esparce el abono por medio de un movimiento pendular; la uniformidad de distribución dependerá de si la partícula tiene facilidad de adherirse y de que el deflector de salida sea más o menos resistente a la deformación por los golpes.

Suelen llegar a anchuras de trabajo de 10 m. No obstante, puede variarse la longitud del tubo, lo que cambiará la distancia donde llegará la partícula y, por lo tanto, la anchura de trabajo.

La regulación de la dosis de aplicación dependerá del caudal que se establezca para una misma velocidad de avance.

En cualquier caso, no se utilizarán este tipo de máquinas para abonos pulverulentos, ya que estos serían desplazados a distancias muy cortas, dado su bajo peso y tamaño.



**Figura 2. 19.** Distribuidora centrifuga pendular

Fuente: Abonadoras. (s.f). Recuperado el 26 de enero de 2013, de [www.seguessl.com](http://www.seguessl.com)

### c) Abonadoras neumáticas.

Son las más modernas; el fertilizante se aporta al suelo por medio de una corriente de aire producida por un ventilador. Este tipo de equipos tiene una barra transversal desde la cual parten una serie de toberas, por donde sale el fertilizante y además de tener las piezas de los demás tipos de abonadoras, tienen un ventilador para la propulsión del fertilizante.

Estas máquinas son muy adecuadas para aplicar bajas dosis de abono y la distribución que éstas consiguen es bastante uniforme.

#### **d) Abonadoras localizadoras.**

Son las que incorporan el abono bajo el suelo a mayor o menor profundidad.

- *Baja profundidad.*- Se utiliza un apero cultivador que posee una tolva con orificios en su base, un sistema dosificador proporcional al avance, que es el tornillo sinfín, y unos tubos de caída, cuyo número coincide con los brazos del cultivador que transportan el abono y lo introducen en el suelo a poca profundidad.

- *Alta profundidad.*- Tienen igualmente una tolva y un dosificador que traspa el abono a los tubos de caída de un subsolador por donde será repartido el producto a la parte más profunda del suelo.



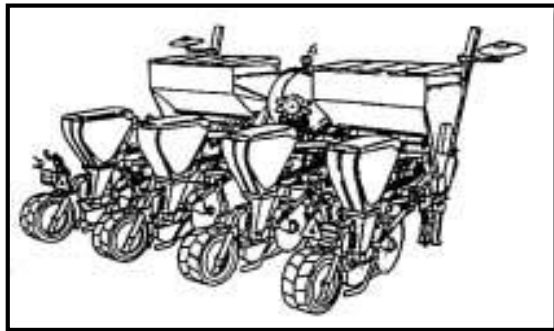
**Figura 2. 20. Abonadora Localizadora**

Fuente: Grupo investigativo

#### **e) Sembradoras combinadas.**

Son equipos que permiten aplicar abono a la vez que se realiza la siembra. Se pueden distinguir dos tipos distintos: las de chorrillo y las de mono grano.

- *Chorrillo*: la abonadora tiene una tolva, que se puede incorporar con la tolva de las semillas separándolas interiormente.
- *Monograno*: tienen una serie de complementos para abonar en la misma línea de siembra; pueden presentar una o dos tolvas de abonado para alimentar todas las líneas de siembra; la distribución se realiza por la fuerza de la gravedad, a través de los tubos de caída y permite localizar el abono en la línea de siembra.



**Figura 2. 21.Sembradora monograno neumática de 4 líneas.**

Fuente: Brios Fausto, (2001), *Tractores y Máquinas Agrícolas*.

#### **f) Pulverizadores.**

Se utilizan para la aplicación de abonos líquidos sobre la superficie del suelo, en cuyo caso necesitará una serie de boquillas especiales, según el tipo fertilizante líquido. Los materiales de los que están contruidos los pulverizadores, que están en contacto con el abono líquido, deben ser adecuados para resistir la corrosión en función del producto.

Los equipos que sirven para la aplicación de las suspensiones deben reunir unas características especiales, como:

- Las conducciones deben tener una gran sección, para evitar obturaciones.
- Requerirán de sistemas de agitación y filtrado.
- Tienen un circuito de recirculación de producto.
- Boquillas de elevado caudal.



**Figura 2. 22. Tanque de purín con sistema de distribución de barra con tubos colgantes.**

Fuente: Grupo investigativo

## **2.10. APORCAR (SURCAR)**

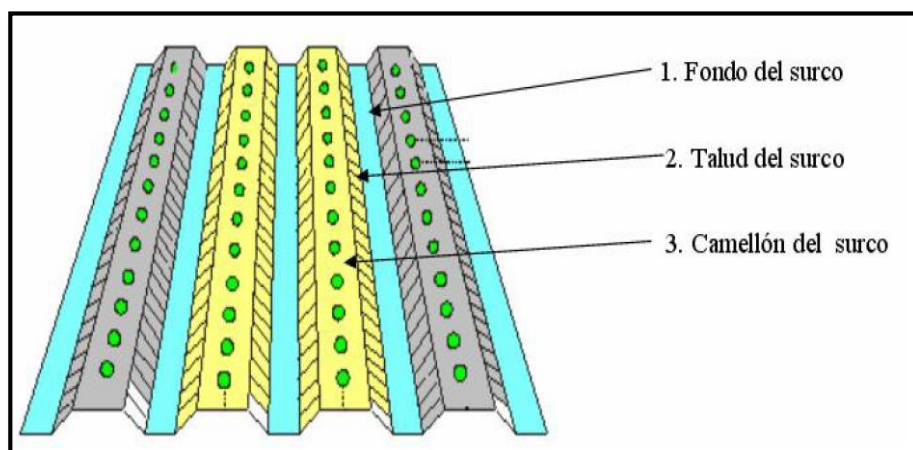
El acto de poner tierra al pie de las plantas, sea como lampa, sea con arados especiales de doble vertedera para darles mayor consistencia y así conseguir que crezcan nuevas raíces para asegurar nutrición más completa de la planta y conservar la humedad durante más tiempo.

Esta operación tiene varios propósitos

- Determina la estabilidad de las plantas
- Es más accesible para el riego
- Controla algunas plagas
- Airea y remueve el suelo

### 2.10.1. SIEMBRA EN SURCOS

- **Al fondo del surco:** Los cultivos que se siembran de temporal, su semilla se deposita en el fondo del surco. Por ejemplo maíz, ajonjolí, sorgo, estropajo, etc.
- **En el talud del surco:** Las semillas se siembran en el talud porque el cultivo así lo exige, debido a algunas características ambientales o la susceptibilidad del cultivo con la humedad del suelo, los cultivos bajo estas condiciones son: jitomate, tomate, jícama, calabacita, entre otros.
- **En el camellón del surco:** Las semillas son colocadas en el camellón del surco, debido a la característica propia del cultivo y para tener un buen manejo de las labores culturales, los cultivos bajo este sistema son: frijol, soya, melón, hortalizas, etc.



**Figura 2. 23. Modalidades de surcos para la siembra directa**

Fuente: *Revista Alternativa*. (Julio-Septiembre del 2007)

Volumen 5, número 13

## **2.11. CULTIVADORES**

Estos ásperos se emplean para múltiples funciones, tales como la eliminación de las malas hierbas, desmenuzamiento de terrones, mullido de la capa superficial del suelo aireándolo e impidiendo las pérdidas de agua por capilaridad, etc. De todos los ásperos de laboreos del suelo estos son los únicos que no apelmazan la tierra con profundidad.

Los elementos de trabajo son unos dientes o rejas que pueden tener varias formas en función al trabajo que estos desempeñen. De una manera global, a medida que las rejas van siendo más anchas, las labores que realizan toman los siguientes nombres:

- Regeneradoras de pradera
- Escarificadoras
- Binadoras
- Cavadoras
- Aporcadoras(surcadores)
- Extirpadoras

Muchas de estas labores se pueden conseguir usando el mismo apero base, colocándoles las rejas apropiadas a cada labor.

El cultivador se puede utilizar antes como después de la siembra en los cultivos alineados disponiendo los brazos adecuadamente como un apero para labores de cultivo.



**Figura 2. 24. Cultivador**

Fuente: Grupo investigativo

### 2.11.1. SURCADOR

Es un implemento de hierro fundido de forma especial y parecido al aporcador con la diferencia de que las vertederas del surcador son alargadas, a estas se las llaman alas, las que pueden ser altas o bajas y entendibles de 0.40 cm a 0.75 cm.

El surcador sirve para hacer surcos y también para aporcar en determinados cultivos; se le emplea con especialidad en cultivos de papas y maíz. Co el surcador se evita el tener que pasar el arado en el terreno 2 veces para formar el “huacho”, para poder surcar es necesario que el suelo esté preparado desterronado y bien mullido. Sirven también para hacer canales y represas de agua.



**Figura 2. 25. Surcador tres líneas**

Fuente: Grupo investigativo



### a) SURCOS PARA LA SIEMBRA

- **Surcos simples:** 60 - 70 cm distancia entre surcos
- **Surcos dobles:** 40 - 50 cm distancia entre hileras

### 2.11.2. CONSTITUCIÓN DEL SURCADOR

- Enganche: Normalmente a los tres puntos del tractor agrícola.
- Bastidor: Constituye el armazón del surcador sobre este se montan los cuerpos del surcador, la torreta de enganche al tractor y las rejas. Se trata de una estructura tubular, bien de sección rectangular o circular, que transmite los esfuerzos generados en cada cuerpo a la torreta de enganche. Aunque es un componente sencillo sufre grandes tensiones cuando es transportado. Los bastidores modulares permiten aumentar o reducir el número de cuerpos del surcador. es el soporte del enganche y de los elementos de trabajo, generalmente está formado por barras de sujeción.
- Brazo: de forma y elemento variable según el tipo de trabajo.
- Rejas Aporcadoras: se utiliza en forma de caballones, a modo de dos vertederas que voltean ambos lados del brazo.



**Figura 2. 26. Aporcadoras para formar caballones**

Fuente: Ortiz-Cañavate, (2004), *Las Máquinas Agrícolas y su aplicación*,  
6ta Edición

## **CAPÍTULO III**

### **3. SELECCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA ESPARCIDOR DE ABONO Y DE UNA HERRAMIENTA APORCADORA**

#### **3.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA “SISTEMA ESPARCIDOR DE ABONO”**

La agricultura es una fuente de actividad económica, inversiones, generación de divisas y crecimiento; una forma de vida que genera trabajo, seguridad alimentaria, redes de protección social para una proporción importante de la población y una utilizadora, en algunos lamentable casos, de recursos naturales con impactos negativos sobre el medio ambiente.

La producción agrícola y por ende la producción pecuaria, dependen de manera indiscutible de la fertilidad del suelo.

La fertilidad del suelo, está representada por el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que determinan la capacidad de este para sostener el desarrollo de la vegetación. Aunque depende de muchos factores, la fertilidad está muy asociada al contenido de materia orgánica.

El cultivo continuo origina una escasez de nutrientes en los suelos que obliga a los agricultores al empleo de fertilizantes para poder obtener niveles elevados de producción, ya que, al extraer las cosechas importantes cantidades de nutrientes, para mantener los niveles de fertilidad, se hace necesario reponerlos, lo que se hace bien con abonos orgánicos o bien con abonos minerales, siendo necesario aportar mayor cantidad cuanto más intensiva es la explotación del terreno.

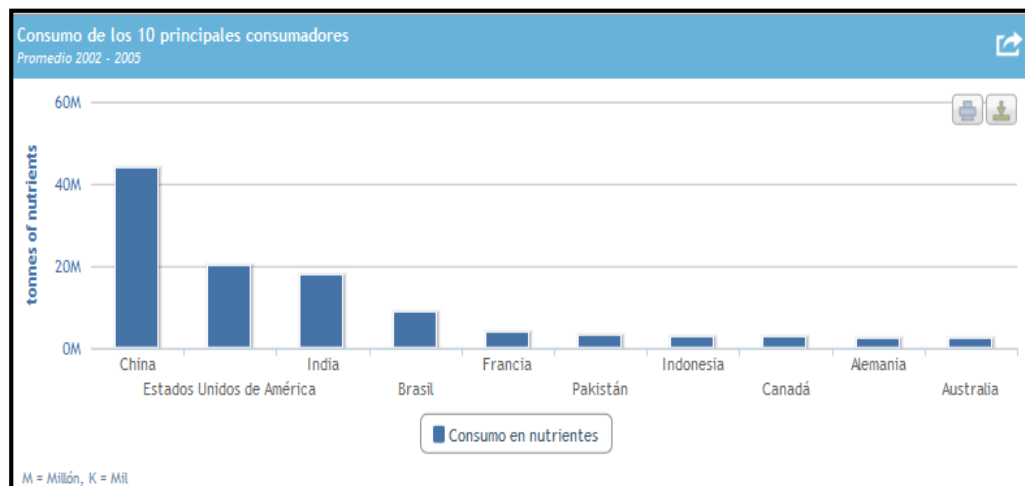
Sin el uso de fertilizantes, los rendimientos serán cada vez más bajos debido al empobrecimiento paulatino del suelo por la extracción de los nutrientes en las cosechas. Un suelo infértil produce menos, tiene menor cubierta vegetal y está más expuesto a la erosión.

En la tabla estadística de a continuación, nos muestra cuales son los 10 principales países que utilizan fertilizantes en sus cultivos, encabezado por China y Estados Unidos:

**Tabla 3. 1. Estadística de los 10 principales consumidores de fertilizantes**

Fuente: Estadísticas FAO. (s.f) recuperado el 14 de febrero del 2013

[http://faostat3.fao.org/home/index\\_es.html?locale=es#VISUALIZE](http://faostat3.fao.org/home/index_es.html?locale=es#VISUALIZE)

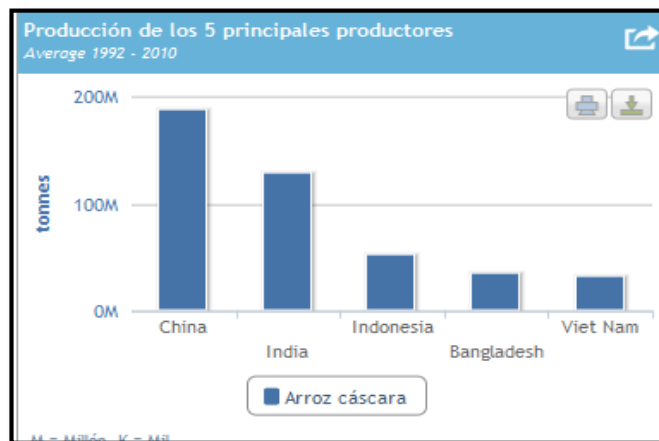


Los impactos socioeconómicos positivos de esta industria son obvios como se muestra en la tabla 3.2, al nivel de producción: los fertilizantes son críticos para lograr el nivel de producción agrícola necesario para alimentar la población mundial, rápidamente creciente. Además, hay impactos positivos indirectos para el medio ambiente natural que provienen del uso adecuado de estas sustancias; por ejemplo, los fertilizantes minerales permiten intensificar la agricultura en los terrenos existentes, reduciendo la necesidad de expandirla hacia otras tierras que puedan tener usos naturales o sociales distintos.

En la siguiente tabla se muestra claramente el nivel de producción que tiene China como es en el caso de arroz, que encabeza la lista del país en consumo de nutrientes en los cultivos con fertilizantes, muy por encima de su competencia:

**Tabla 3. 2. Los 5 principales países productores de arroz.**

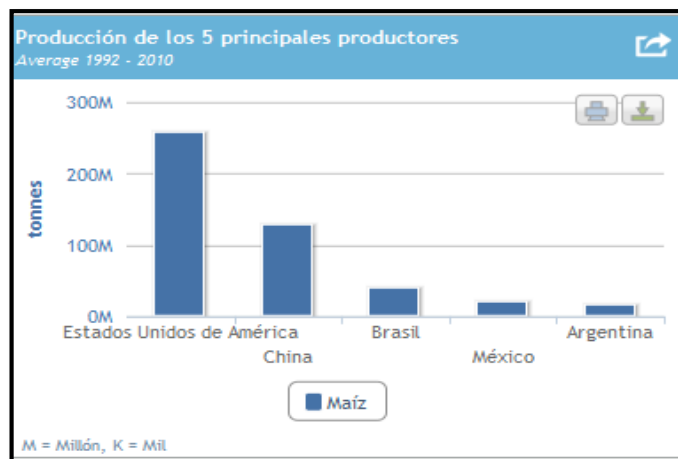
Fuente: Estadísticas FAO (s.f) recuperado el 14 de febrero del 2013 de [www.fao.org](http://www.fao.org)



Como observamos en la tabla 3.1, otro de los países que encabeza en el uso de fertilizantes y consumo de nutrientes en sus cultivos es Estados Unidos, que como se muestra en la tabla 3.3 es otro gran productor pero en este caso de maíz, muy por encima de su competencia y le sigue China el segundo mayor productor.

**Tabla 3. 3. Los 5 principales países productores de maíz**

Fuente: Estadísticas FAO (s.f) recuperado el 14 de febrero del 2013 de [www.fao.org](http://www.fao.org)



En la tabla 3.4 podemos observar que los principales cultivos del Ecuador son el arroz y el maíz que abarca la mayor superficie cosechada, y que siguiendo el ejemplo de China y Estados Unidos en el uso de nutrientes en sus cultivos se puede efectivizar la producción.

**Tabla 3. 4. Principales cultivos del Ecuador. Total superficie cosechada. Serie histórica 2000 – 2011**

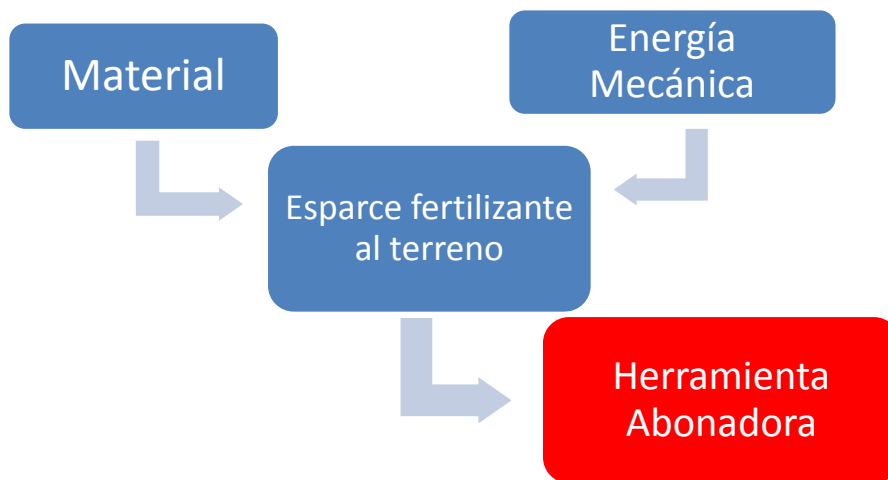
Fuente: Estadísticas FAO (s.f) recuperado el 16de febrero del 2013 de

<http://servicios.agricultura.gob.ec/sinagap/index.php/superficie-produccion-y-rendimiento>

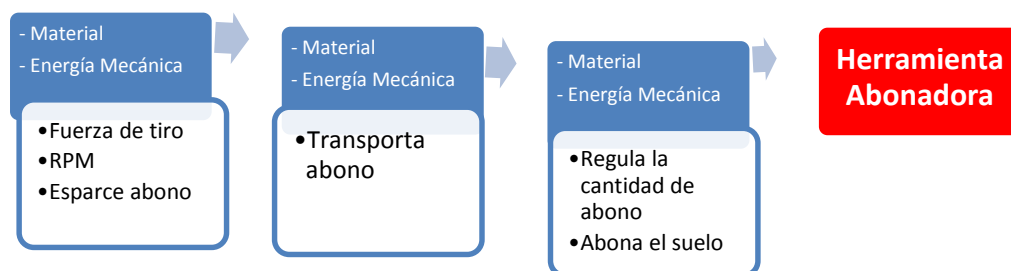
CULTIVOS	2000	2001*	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Arroz	338.653	346.407	352.145	332.837	348.320	365.044	374.181	355.002	338.270	361.328	393.137	329.957
Arveja Seca	6.727	6.107	5.253	4.365	4.442	3.720	3.131	3.519	4.097	3.342	2.754	1.903
Arveja Tierna	7.957	8.557	9.226	9.503	9.865	9.005	7.778	6.586	6.899	5.793	5.970	7.556
Banano	252.570	244.318	229.622	233.813	226.521	221.085	209.350	197.410	215.521	216.115	215.647	191.973
Brócoli	3.332	3.439	3.537	3.430	3.497	3.154	3.416	3.531	3.636	3.425	N.D	N.D
Cacao	402.836	389.134	363.575	348.434	336.358	357.706	350.028	356.657	376.604	398.104	360.025	399.467
Café	286.745	262.675	225.450	215.979	216.279	205.544	180.676	177.805	168.479	171.923	144.931	98.347
Caña de Azúcar para azúcar	77.422	71.269	65.102	63.113	64.898	69.500	70.000	73.000	68.000	71.000	N.D	N.D
Fréjol Seco	89.789	76.972	61.891	59.391	52.263	62.795	54.163	49.070	45.349	45.193	47.359	54.172
Fréjol Tierno	13.571	15.376	17.114	30.376	28.521	31.090	21.791	22.745	17.308	26.492	27.191	42.864
Maíz Duro Seco	256.967	257.686	245.000	250.000	235.000	249.492	249.449	250.340	250.095	259.585	293.864	262.913
Maíz Suave Choclo	26.159	25.016	23.699	38.089	50.325	42.819	33.410	48.236	37.026	59.711	53.600	71.454
Maíz Suave Seco	145.047	130.324	114.510	106.439	115.066	108.140	102.019	85.468	72.004	81.516	67.847	87.610
Maracuyá	29.782	20.556	9.793	13.629	12.317	11.337	13.626	13.216	9.760	10.184	13.632	9.540
Naranja	5.866	5.773	5.678	6.529	5.393	5.195	5.368	5.197	5.025	4.001	N.D	N.D
Palma Africana	112.742	123.834	101.696	95.303	125.943	140.562	143.348	145.255	149.501	195.550	193.502	202.651
Palmito	13.711	8.116	9.055	9.527	14.300	15.416	15.357	15.680	16.061	15.914	N.D	N.D
Papa	42.554	47.612	52.766	50.942	57.743	48.654	51.713	46.635	43.429	48.999	44.245	43.605
Piña	3.667	3.778	4.971	5.086	5.661	5.809	7.016	6.648	7.132	7.675	N.D	N.D
Plátano	160.477	160.253	128.846	136.556	125.904	116.361	103.463	106.314	111.073	110.693	113.235	115.349
Soya	55.156	45.000	60.000	58.273	56.504	34.146	29.000	19.500	32.038	40.306	N.D	N.D
Tomate de Árbol	2.890	2.776	2.536	2.842	3.457	4.741	4.236	1.978	3.475	3.263	4.104	2.308
Tomate Riñón	2.989	3.251	2.909	2.600	3.242	3.310	3.092	2.652	2.568	2.259	2.682	1.603
Trigo	20.873	18.366	15.529	13.849	12.684	11.674	9.747	11.291	10.908	13.130	8.533	6.420
Yuca	24.341	25.698	23.540	21.453	22.373	22.677	20.245	16.460	19.964	21.256	16.813	18.232
<b>Total superficie cosechada</b>	<b>2.382.823</b>	<b>2.302.287</b>	<b>2.133.443</b>	<b>2.112.358</b>	<b>2.136.876</b>	<b>2.148.976</b>	<b>2.065.603</b>	<b>2.020.195</b>	<b>2.014.222</b>	<b>2.176.757</b>	<b>2.009.071</b>	<b>1.947.924</b>

### 3.2. DIAGRAMA FUNCIONAL “ABONADORA”

#### FASE 0



#### FASE 1



### 3.3. CASA DE LA CALIDAD O FUNCIÓN DE DESPLIEGUE DE LA CALIDAD (QFD) “ABONADORA”

Es un método gráfico mediante el cual se relacionan las necesidades del cliente con los atributos del diseño. Utilizando una estructura matricial se puede determinar los grados de relación entre los deseos de los clientes y el cómo llevarlos a cabo en la realización del producto.

El principal objetivo es el desarrollar el sistema esparcidor de abono (producto) que cumplan con las expectativas del agricultor (cliente) en el proceso de preparar la tierra para la siembra, transformando las necesidades en acciones.

Para la construcción de la casa de la calidad, se establecen una lista de características que los agricultores requieren y solicitan:

- **Desempeño:** Esta es una de las razones principales por las que un cliente compra un producto, esparce eficazmente abono sobre el suelo
- **Capacidad:** Suficiente cantidad de abono que puede transportar
- **Apariencia:** Atrae visualmente la estética de la herramienta
- **Confiabilidad y durabilidad:** Libre de fallas durante su utilización
- **Precio:** En el mercado existen una amplia gama de marcas de abonadoras y de todos los precios, normalmente el núcleo del diseño suele afectar directamente al precio del producto final. El cliente solicita bajo costo de adquisición de materiales y construcción
- **Mantenimiento:** Fácil adquisición de repuestos y fácil reparación, es muy importante para el cliente en que si sufre algún desperfecto la herramienta ¿se puede arreglar?
- **Seguridad:** Libre de operaciones peligrosas y fácil manejabilidad
- **Instalación:** Fácil montaje y desmontaje

Una vez establecidos las voluntades del cliente, se analiza las diferentes fases de la creación del producto, extrayendo los diferentes aspectos claves y estableciendo

grados de relación entre las peticiones del cliente con la manera de llevarlas a cabo.

- **Desempeño:** Alcanzando las rpm suficientes para esparcir el abono
- **Capacidad:** Dimensiones de la tolva
- **Apariencia:** Acabados de manufactura
- **Confiabilidad y durabilidad:** Construcción con materiales aptos
- **Precio:** Adquisición de material necesario, sin desperdicios
- **Mantenimiento:** Tiempo de reparación
- **Seguridad:** Correcto uso de la herramienta
- **Instalación:** Acoples rápidos al tractor

Como's		Que's	Importancia	Situación Competitiva															
				rpm suficientes	Dimensiones de la tolva	Acabados de manufactura	Construcción con materiales aptos	material sin desperdicio	Tiempo de reparación	Correcto uso de la herramienta	Acoples rápidos al tractor	1	2	3	4	5			
Necesidades del consumidor	Esparcir eficazmente abono	5	●		○														
	Transportar suficiente abono	3	●	○															
	Atraer visualmente la estética de la herramienta	2	▲	●	▲														
	Libre de fallas durante su utilización	4			●														
	Bajo costo de adquisición	4			▲		●												
	Fácil adquisición de repuestos y fácil reparación	3		○			●												
	Libre de operaciones peligrosas y fácil manejabilidad	2		○	○				●										
	Fácil montaje y desmontaje	4		▲															
<b>Importancia técnica</b>				45	29	65	44	36	27	27	36								
<b>Metas específicas</b>				300 rpm	Capacidad de 4 sacos de fertilizante	Soldado, pulido, pintado	Acero ASTM A36	Diseñar y comprar el material necesario	Medio día	Manual técnico	Conexiones seguras y definidas								
												<p>A = Abonadora Diseñada B = Otras abonadoras</p>							



El QFD realizado, indica que la abonadora que vamos a construir va enfocada en esparcir eficazmente el abono poniendo énfasis en los acabados de manufactura, tomando en cuenta las metas planteadas, dando como resultado una herramienta innovadora y que tenga un valor agregado a la competencia.

### 3.4. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

**Tabla 3. 5. Alternativas Abonadora**

FUENTE: Grupo investigador

<b>ALTERNATIVA 1</b>	<b>Abonadoras para abonos minerales</b>	Abonadoras centrífugas	Tolva distribución por Discos
<b>ALTERNATIVA 2</b>	<b>Abonadoras para abonos orgánicos sólidos</b>	Distribución mecanizada de estiércol	Caja de carga (remolque)
<b>ALTERNATIVA 3</b>	<b>Abonadoras para abonos orgánicos líquidos</b>	Distribución mecanizada de purín	Tanque

#### 3.4.1. ALTERNATIVA 1: Abonadoras para abonos minerales

**Las abonadoras de disco por Tolva.-** Son las más utilizadas; se caracteriza porque en el fondo de una tolva en forma de tronco de cono o de pirámide, tiene ventanas con apertura y cierre regulable, por las que cae el abono hacia el disco colocado horizontalmente y animado de un movimiento de giro de gran velocidad angular.

El movimiento del disco es uniforme, pero la distancia de proyección dependerá del punto en el disco donde caiga la partícula fertilizante y de la masa de éste. Además también dependerá del tamaño del disco y de la altura a la que se encuentren. Las hay de un disco y de dos discos.

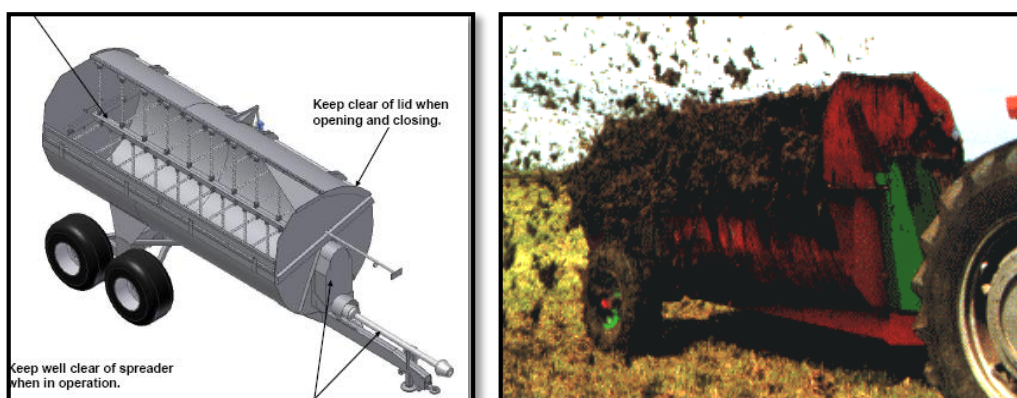


**Figura 3. 1. Abonadora de disco**

Fuente: Grupo investigador

### 3.4.2. ALTERNATIVA 2: Abonadoras para abonos orgánicos sólidos

**Distribución de estiércol por caja de carga.-** Los repartidores de abonos orgánicos sólidos son de hecho remolques sobre los que se ha adaptado un dispositivo mecánico que reparte el abono. La caja de carga consta con el fondo metálico o de madera y con laterales plegables hacia el exterior, de forma que se facilita la carga y descarga de materiales, cuando el repartidor es utilizado como remolque. Conviene señalar que la cantidad de estiércol transportada depende de la carga soportada por el eje. Las principales diferencias entre los repartidores de estiércol, se observan en el sistema de alimentación y en el sistema de distribución.



**Figura 3. 2. Abonadora centrifuga de estiércol**

Fuente: Grupo investigador

### 3.4.3. ALTERNATIVA 3: Abonadoras para abonos orgánicos líquidos

**Tanque distribuidores de purín.-** Estas máquinas realizan la carga, el transporte y el reparto sobre el terreno del abono en forma líquida. Están provistas de un chasis con ruedas que puede ser construido para ser arrastrado o semisuspendido a un tractor. El tanque, construido de material resistente a la corrosión o con revestimiento anticorrosivo, tiene una capacidad que según marcas y modelos varía desde 1000 a 6000 litros.

La pared trasera es frecuentemente de apertura fácil y cómoda, para permitir la limpieza interior. Hay modelos en los que la limpieza se realiza por un agujero, que permite el paso de un hombre, practicado en la parte superior de la cuba.

Son las bombas los elementos que permiten diferenciar los distintos tipos de repartidores de abonos líquidos, ya que los hay que utilizan bombas de vacío, bombas volumétricas, y bombas peristálticas y otros que no las utilizan y hacen el reparto por caída libre.



**Figura 3. 3. Distribuidora de Purín**

Fuente: Grupo investigador

### **3.5. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**

#### **3.5.1. Parámetros:**

Los parámetros que se han tomado en cuenta para la selección de las alternativas anteriormente presentadas para realización del presente proyecto son:

- Facilidad de uso para la aplicación de abono: Aplicación
- Costo de fabricación bajo: Costos
- Peso que pueda ser sostenido o arrastrado por el prototipo de tractor agrícola: Peso
- Facilidad de construcción: Construcción
- Buen funcionamiento: Confiabilidad
- Normas INEN

#### **3.5.2. Factor de Ponderación:**

- Aplicación: 0.4
- Costos: 0.4
- Peso: 0.3
- Construcción: 0.2
- Confiabilidad: 0.2
- Normas INEN: 0.1

#### **3.5.3. Matriz de Ponderación:**

**Tabla 3. 6. Matriz de ponderación (abonadora)**

FUENTE: Grupo investigador

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
<b>Aplicación</b>	0.4 8	0.4 6	0.4 4
<b>Costos</b>	0.4 9	0.4 4	0.4 2
<b>Peso</b>	0.3 6	0.3 3	0.3 3
<b>Construcción</b>	0.2 6	0.2 4	0.2 2
<b>Confiabilidad</b>	0.2 6	0.2 5	0.2 6
<b>Normas INEN</b>	0.1 6	0.1 6	0.1 6
<b>TOTAL</b>	<b>11,6</b>	<b>7,3</b>	<b>7,1</b>

**3.5.4. Alternativa Seleccionada:**

- Abonadora centrífuga de disco por tolva.

### **3.6. MODELADO ASISTIDO POR COMPUTADORA - ABONADORA**

**3.6.1. Diseño asistido por computador (CAD).-** El diseño asistido por computadora, abreviado por las siglas inglesas CAD (Computer Aided Desing), se trata básicamente de una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos) con la que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Permite diseñar en dos o tres dimensiones mediante geometría alámbrica, esto es, puntos, líneas, arcos, splines, superficies y sólidos para obtener un modelo numérico de un objeto y un conjunto de ellos. La base de datos asocia a cada identidad una serie de propiedades como color, capa, estilo de línea, nombre, definición geométrica, etc., que permiten manejar la información de forma lógica. De los modelos pueden obtenerse planos con cotas y anotaciones para generar la documentación técnica.

Crear prototipos físicos es largo y costoso. La creación de un modelo 3D permite crear y probar un prototipo virtual completo que asegure que todas las piezas encajan correctamente antes de enviarlo a fabricación.

**3.6.2. Modelización de elementos mecánicos.-** Para el proceso de modelado de las diferentes piezas mecánicas, así como su estructura total del sistema esparcidor de abono y la herramienta aporcadora, se utilizará el programa computacional AUTODESK INVENTOR PROFESSIONAL 2013. Este software permite obtener una visión clara de sus dimensiones, características y de cómo se distribuyen los elementos en su espacio generado por las condiciones geométricas.

#### **3.6.3. Procedimiento de la modelización.**

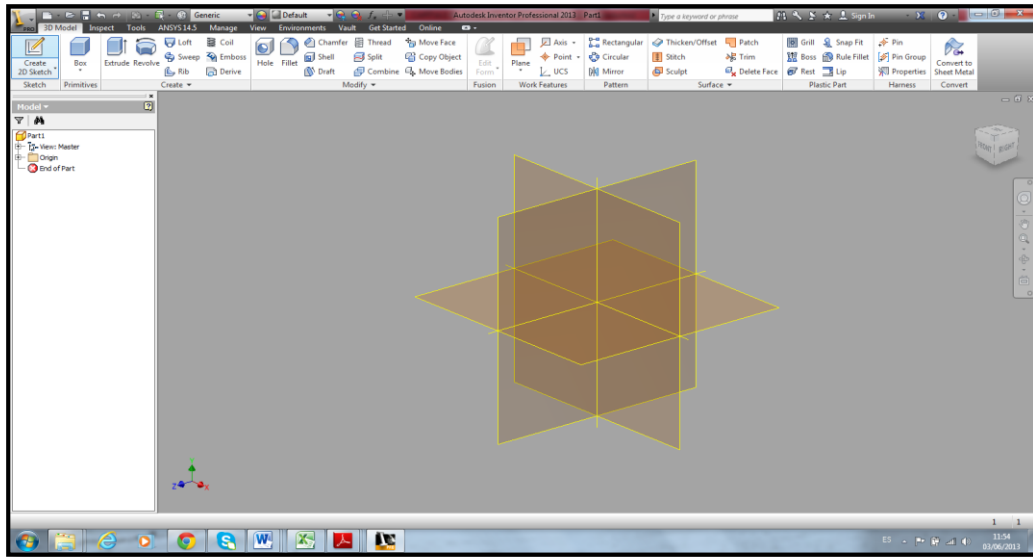
Para empezar con la modelización, primero identificamos las partes de un sistema esparcidor de abono con las características de la alternativa seleccionada y las dimensiones aptas para ser acoplada al prototipo de tractor agrícola.

Las partes a modelar son las siguientes:

- **Tolva.-** La función de este componente es el de contener el abono, que posteriormente será distribuido por las paletas del disco. Una característica importante es la capacidad de la tolva por que determina la autonomía de la máquina
- **Chasis tubular de acero.-** Es la estructura que soporta el mayor esfuerzo por lo que debe ser rígida y resistente.
- **Disco y paletas distribuidoras.-** El giro que realiza el disco junto con las paletas, movimiento generado por la transmisión, empuja el abono al suelo.
- **Brazos.-** Es el acople principal hacia el prototipo de tractor agrícola y sirve como remolque de la abonadora.
- **Transmisión.-** Se ha elegido a base de transmisión su funcionamiento con la finalidad que pueda ser acoplado a cualquier tipo de tractor y se ajuste a cualquier tipo de velocidad, se escogerá en preferencia de ruedas pequeñas y una alta relación de transmisión. El movimiento de las ruedas transmite el movimiento al cono y corona, y estas a su vez al disco y paletas distribuidoras.

#### **3.6.4. Boceto de las piezas.**

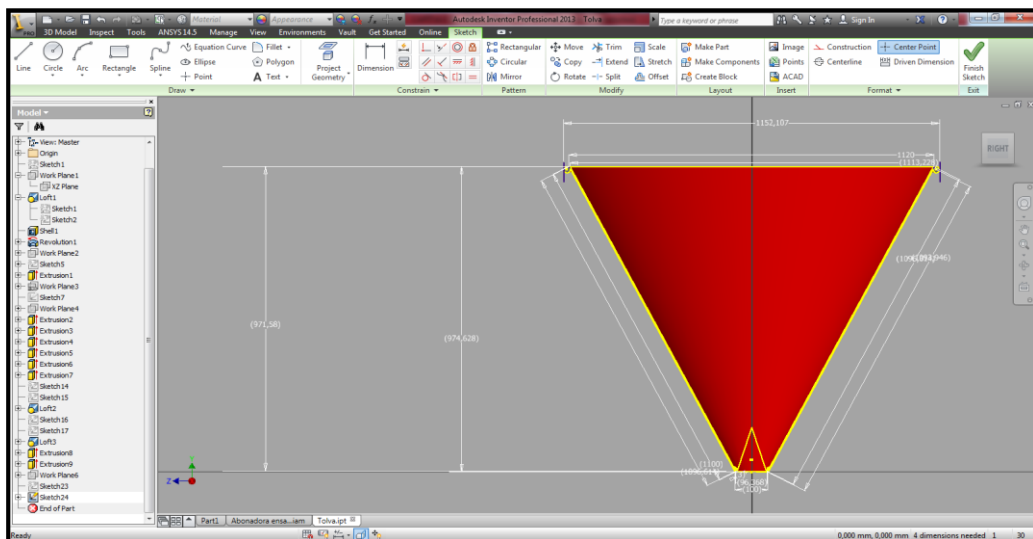
Luego de abrir una plantilla y haber ingresado los parámetros de unidades, se utiliza la herramienta de la ficha sketch del ribbon para empezar a dibujar el boceto en la ventana gráfica.



**Figura 3. 4. Creación de boceto**

Fuente: Grupo investigador

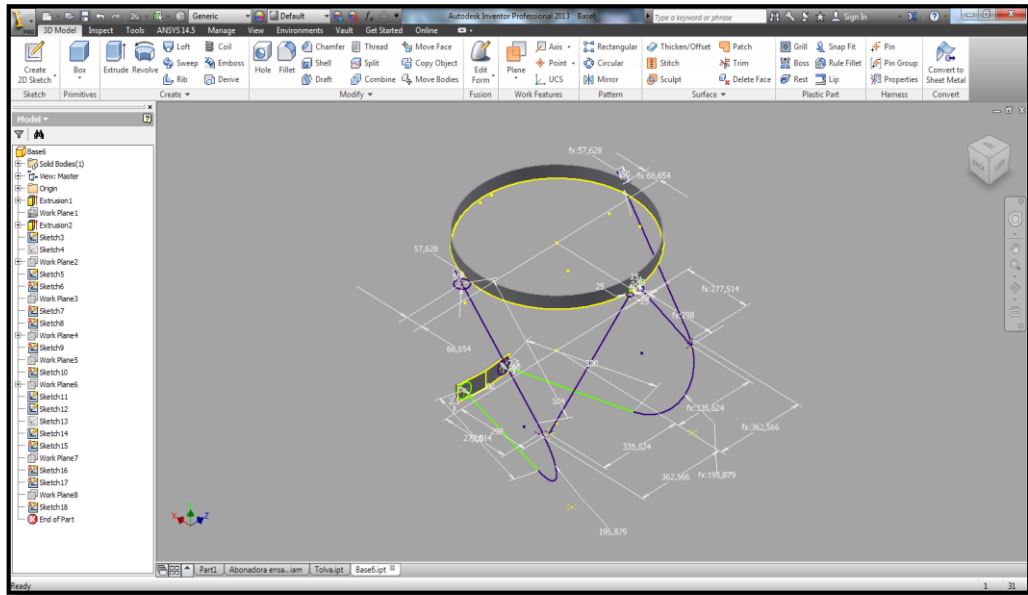
A continuación se procede a dibujar los elementos mecánicos que tiene el sistema esparcidor de abono con ayuda de los diferentes comandos que el software posee, tomando en cuenta las dimensiones tentativas para la construcción. Estas dimensiones pueden ser modificadas en el transcurso del diseño.



**Figura 3. 5. Boceto en construcción de la Tolva**

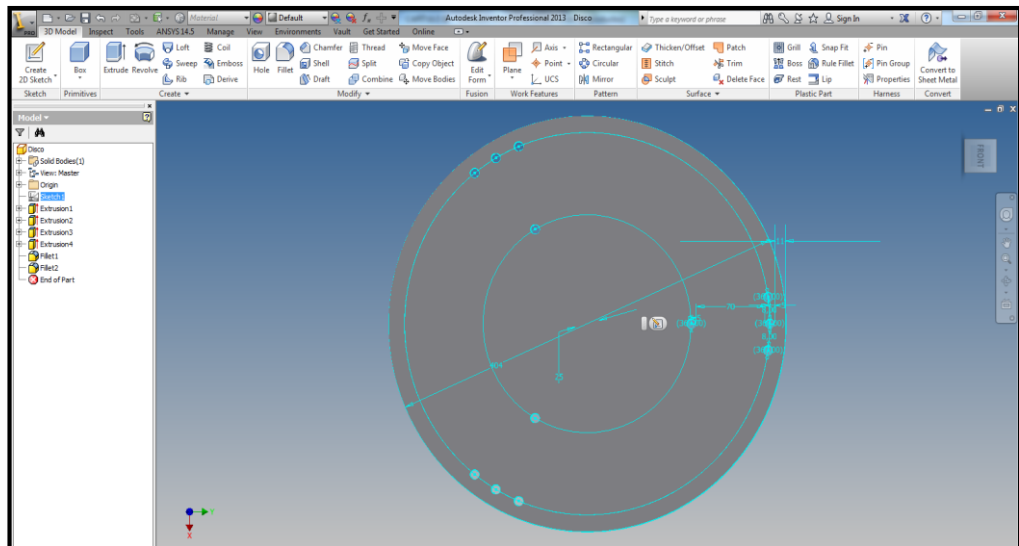
Fuente: Grupo investigador





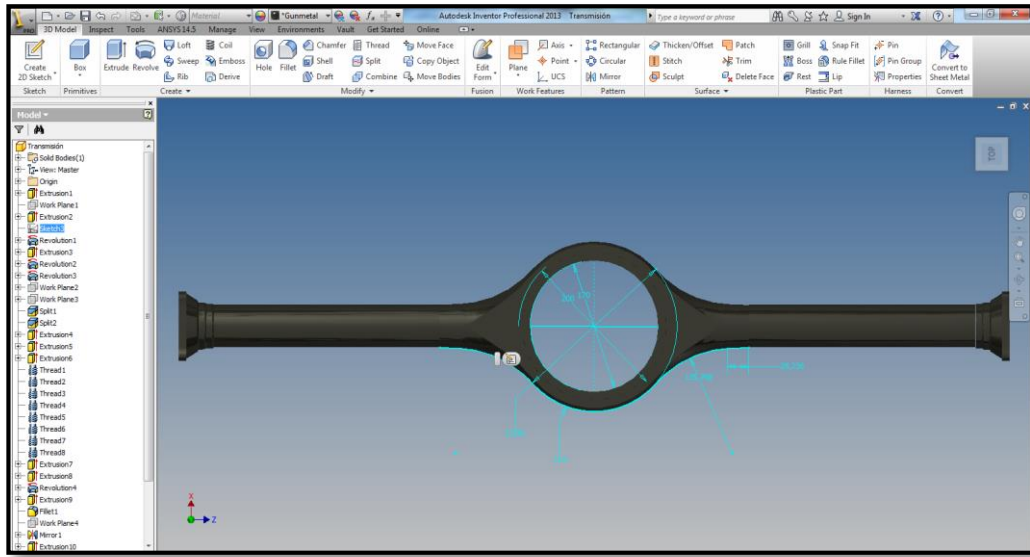
**Figura 3. 6. Boceto en construcción estructura de la Abonadora**

Fuente: Grupo investigador



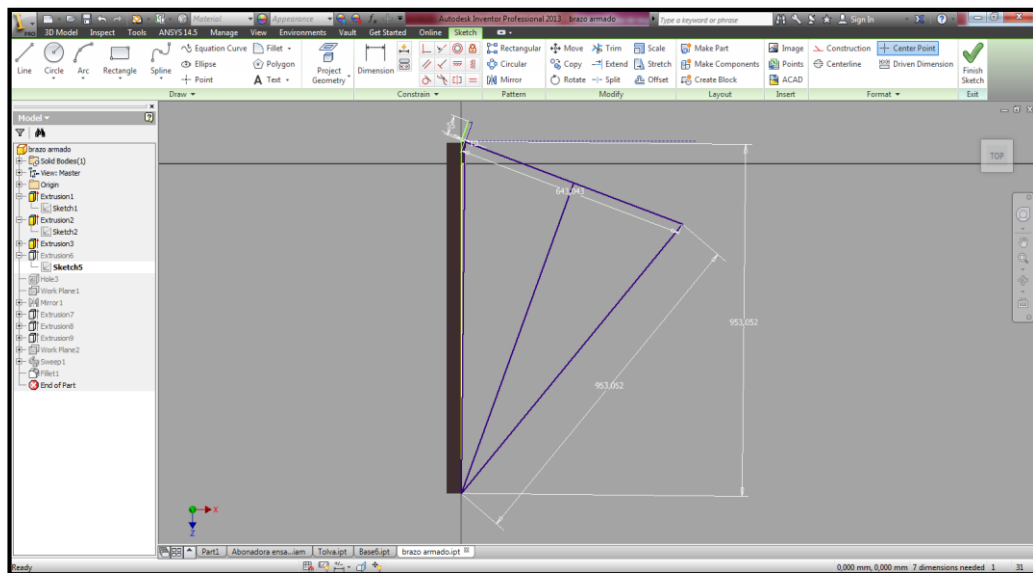
**Figura 3. 7. Boceto en construcción Disco y paletas distribuidoras**

Fuente: Grupo investigador



**Figura 3. 8. Boceto en construcción Transmisión**

Fuente: Grupo investigador



**Figura 3. 9. Boceto en construcción brazos-acople**

Fuente: Grupo investigador

Las figuras muestran el avance del diseño mediante bocetos, utilizando todas las herramientas de diseño geométrico con medidas de longitud reales.

Después de realizar operaciones como extrusiones, chaflanes, revoluciones, empalmes, etc., obtenemos el modelado del sistema esparcidor de abono.



**Figura 3. 10. Sistema esparcidor de abono ensamble-software**

Fuente: Grupo investigador

### **3.7. SELECCIÓN Y ANÁLISIS DE CARGAS APLICADAS SOBRE EL SISTEMA ESPARCIDOR DE ABONO**

Las dimensiones de la tolva son importantes para el análisis de la presión máxima a la que estará sometida, de acuerdo a la cantidad de abono que alcanza en su interior. (Véase dimensiones Anexo C)

Para calcular el peso y cantidad de abono que se llevara en la tolva, primero seleccionamos el tipo de abono.

### 3.7.1. Selección del tipo de abono a esparcir.

Existen muchos tipos de abonos o fertilizantes, utilizados según el tipo de suelo y la cantidad del nutriente que más necesita entre el Nitrógeno (N), Fósforo (P) y el Potasio (K). Es así, que el emplear distintos tipos de fertilizantes es un método ideal para ayudar a los suelos a conservar su capacidad de fuente de nutrientes.

El nitrógeno forma parte de cada célula viva por lo que es esencial en la planta. Generalmente, las plantas requieren de grandes cantidades de nitrógeno para crecer normalmente en especial en la primera siembra.

La UREA es uno de los fertilizantes más concentrados en nitrógeno (46%) y normalmente, el más económico en el mercado<sup>7</sup>. El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), a través de la Unidad Nacional de Almacenamiento (UNA), distribuye la urea subsidiada para la siembra en el Ecuador<sup>8</sup>. Todas estas ventajas para obtener, trasladar y el aporte al suelo, hemos elegido este fertilizante como el ideal.

**Tabla 3. 7. Propiedades de la Urea**

Fuente: Urea. (2005). Textos científicos. Recuperado el 6 de Abril del 2013 de <http://www.textoscientificos.com/quimica/urea>

<b>Peso molecular</b>	60.06 g/mol
<b>Densidad</b>	710 Kg/m <sup>3</sup>
<b>Punto de fusión</b>	132.7 °C
<b>Calor de fusión</b>	5.78 a 6 cal/gr
<b>Calor de combustión</b>	2531 cal/gr Humedad crítica relativa (a 30°C): 73%
<b>Acidez equivalente a carbonato de calcio</b>	84 (Partes de carbonato de calcio necesarias para neutralizar el efecto acidificante de 100 partes de urea)
<b>Índice de salinidad</b>	75.4
<b>Calor de disolución en agua</b>	57.8 cal/gr (endotérmica)
<b>Energía libre de formación a 25 °C</b>	47120 cal/mol (endotérmica)

<sup>7</sup> La Urea. (s.f). Recuperado el 3 de Abril del 2013 de <http://www2.inia.cl/medios/intihuasi/documentos/informativos/Informativo-35.pdf>

<sup>8</sup> Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (s.f.). Recuperado el 3 de Abril del 2013 de <http://www.agricultura.gob.ec/magap-entrega-a-tiempo-urea-subsidiada-para-la-siembra-de-invierno/>

### 3.7.2. Capacidad requerida vs capacidad modelada para una hectárea de terreno.

Luego de seleccionar el tipo de fertilizante que vamos a utilizar, determinamos que cantidad es la que necesita el agricultor para esparcirla en una hectárea de terreno, los expertos aconsejan 200 kg/ha, siendo que para cada saco que se consigue en cualquier distribuidor contiene 50 kg, lo que con 4 sacos alcanzaría para esparcir esa dimensión de tierra<sup>9</sup>.

Para determinar el volumen que ocuparía esa cantidad de fertilizante ocupamos la ecuación:

$$\delta = \frac{m}{V} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

$\delta$  = Densidad de la urea  
 $m$  = masa  
 $V$  = volumen

Despejando la ecuación 3.1 para hallar el volumen queda:

$$V = \frac{m}{\delta} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

En donde la densidad y la masa de la urea son:

$$\delta_U = 0.71 \frac{kg}{l} = 710 \frac{kg}{m^3}$$
$$m_U = 200 \text{ Kg}$$

Por lo que el volumen que ocupa 200 kg de urea para fertilizar 1 hectárea es de:

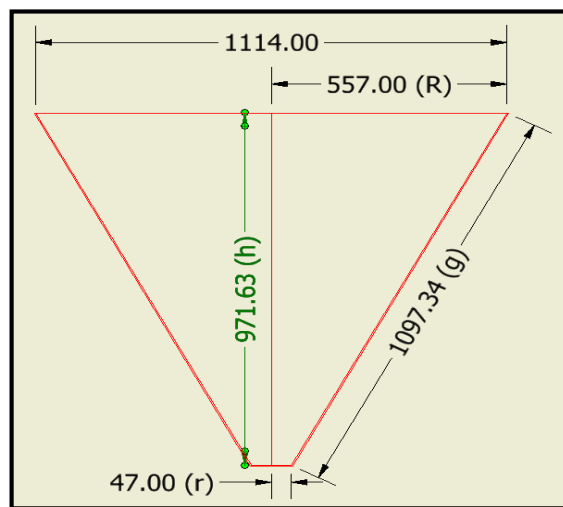
$$V_{ha} = \frac{200 \text{ kg}}{710 \frac{kg}{m^3}} = 0,28169 \text{ m}^3 \quad (\text{Ec. 3.3})$$

El volumen obtenido en la ecuación 3.3 comparamos con el volumen que se obtiene de las dimensiones tentativas de la tolva realizadas en bocetos para comprobar si cumple con la capacidad del volumen requerido.

---

<sup>9</sup> El uso de la urea como fertilizante. (julio 2008). Recuperado el 5 de Abril del 2013, de <http://www.quiminet.com/articulos/el-uso-de-la-urea-como-fertilizante-31411.htm>

La tolva modelada tiene la forma de un tronco de cono hueco, por lo que se forman 2 conos, el primero es el tronco de cono exterior donde la chapa metálica a utilizarse en su construcción es visible, y el segundo es el tronco de cono que se forma internamente “hueco” en donde la urea tomara esta forma y ocupara este volumen para llenarlo y sus dimensiones internas se muestran en la figura N° 3.11.



**Figura 3. 11. Dimensiones del tronco de cono interior “Tolva”**

Fuente: Grupo investigador

$r$  = radio interno pequeño = 47 mm

$R$  = radio interno grande = 557 mm

$g$  = hipotenusa tronco cono interno = 1097 mm

$h$  = Altura tronco cono interno = 971.63 mm

Para calcular el área lateral interna utilizamos la ecuación 3.4:

$$A_L = \pi(R + r)g \quad \text{(Ec. 3.4)}$$

$$A_L = \pi(557 + 47)1097$$

$$A_L = 2081581.59 \text{ mm}^2$$

$$A_L = 2.0815 \text{ m}^2$$

Para calcular el área total interna utilizamos la ecuación 3.5:

$$A_T = \pi [g(R + r) + R^2 + r^2] \quad (\text{Ec. 3.5})$$

$$A_T = \pi [1097(557 + 47) + 557^2 + 47^2]$$

$$A_T = 3063103.10 \text{ mm}^2$$

$$A_T = 3.0631 \text{ m}^2$$

Para calcular el volumen que ocuparía la urea en esa dimensión utilizamos la ecuación 3.6:

$$V_T = \frac{\pi h (R^2 + r^2 + R*r)}{3} \quad (\text{Ec. 3.6})$$

$$V_T = \frac{\pi (971.63) (557^2 + 47^2 + (557*47))}{3}$$

Dónde:

$$V_T = 0.34455 \text{ m}^3$$

$R$  = radio interno grande

$r$  = radio interno pequeño

Por lo que la cantidad de urea necesaria para llenar el volumen obtenido de la ecuación 3.6 es:

$$m_u = \delta_U \times V_T$$

Donde:

$$m_u = 710 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.34455 \text{ m}^3$$

$\delta_U$  = Densidad del fluido urea ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$$m_u = 244.6305 \text{ kg}$$

$V_T$  = volumen total de la tolva

Con lo que comprobamos que las dimensiones de la tolva y todos sus elementos son las ideales para satisfacer la necesidad de fertilizar una hectárea de terreno y sobra una autonomía de 44,6305 kg para aprovechar al máximo la herramienta para terrenos más grandes y menos pérdida de tiempo al momento de añadir más fertilizante en la tolva.

La capacidad total de la tolva es de 4,89 sacos de urea y puede ser aplicada a 1.223 de hectárea.

### 3.7.3. Presión Total del fluido estático sobre la Tolva

Para efectos de diseño y aplicación de fuerzas en el software, se requiere obtener las cargas en situaciones extremas sobre los distintos elementos; las cargas a las que se encuentra sometida la tolva son el peso de la urea y la presión que esta ejerce sobre toda el área lateral del tronco de cono interno cuando la tolva se encuentra llena al límite de su capacidad, para lo que emplearemos la fórmula de la presión en un fluido estático, dicha fórmula dice: la presión ejercida en un fluido estático depende solamente de la profundidad del fluido, la densidad del fluido y la aceleración de la gravedad<sup>10</sup>.

$$P = \frac{F}{A_L} = \frac{W}{A_L} = \frac{mg}{A_L}$$
$$P_T = \frac{\delta_U V g}{A_L} \quad \text{(Ec. 3.7)}$$

De donde se deduce que:

$$P = \delta * g * h \quad \text{(Ec. 3.8)}$$

$P_T$  = Presión aplicada en la Tolva

$W$  = peso

$A_L$  = Área lateral

$\delta_U$  = Densidad del fluido urea ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$g$  = Gravedad ( $\text{m}/\text{s}^2$ )

$V$  = volumen total de la tolva

$h$  = Altura del punto a determinar la presión

Emplearemos la ecuación 3.7 con los datos obtenidos en la ecuación 3.4 y la densidad de la urea.

---

<sup>10</sup> Olmo, M. (s.f.). Presión en un fluido estático. Recuperado el 3 de Mayo del 2013 de <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/pflu.html>



$$P_T = \frac{\left(710 \frac{kg}{m^3}\right) * (0.34455 m^3) * (9.81 \frac{m}{s^2})}{(2.0815 m^2)}$$

$$P_T = 1152.928177 Pa = 0,001152928 MPa$$

### 3.7.4. Fuerza aplicada sobre el chasis tubular (estructura).

En la tabla N° 3.8 podemos encontrar los pesos de cada uno de los elementos que conforman el sistema esparcidor de abono con la tolva llena.

**Tabla 3. 8. Pesos de los elementos del sistema esparcidor de abono**

Fuente: Grupo investigador.

<b>Partes</b>	<b>Masa (m)</b>	<b>Peso (W)</b>
Urea tolva llena	244,6305 kg	2399,82 N
Tolva	58,59 kg	574,76 N
Estructura	30,915 kg	303,27 N
Transmisión	39,536 kg	387,85 N
Disco	5,503 kg	53,98 N
Paletas	(0,563 * 3 kg) 1,689 kg	(5,52 N) 16,57 N
Brazos de anclaje	9,599 kg	94,16 N
Aros y llantas	(24,787 * 2) 49,574 kg	(243,16 N) 486,32 N
Conjunto Diferencial	15 kg	147,15 N
<b>TOTAL</b>	<b>455,0365 kg</b>	<b>4463,88 N</b>

La fuerza extrema a la que está sujeta la estructura de la abonadora en su parte superior, es el peso de la urea sumado el peso de la tolva.

$$m_F = m_{tolva} + m_{urea} \quad \text{(Ec. 3.9)}$$

$$m_F = 58,59 kg + 244,63 kg = 303,2205 kg$$

$$F_E = m_F * g \quad (\text{Ec. 3.10})$$

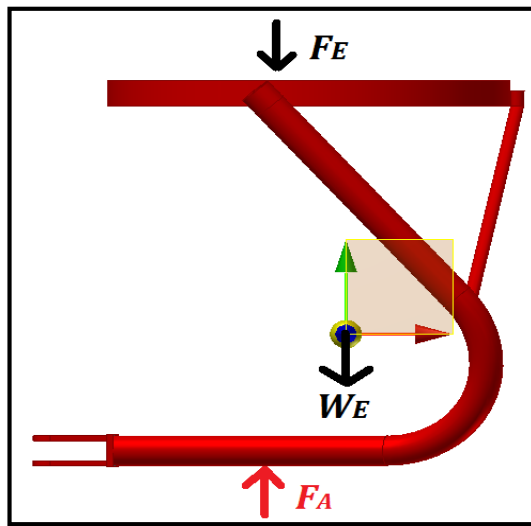
$$F_E = (303,2205 \text{ kg}) \left(9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$F_E = 2974,593 \text{ N}$$

$m_F$  = Masa total sobre estructura

$F_E$  = Peso o fuerza extrema sobre estructura

$g$  = gravedad



**Figura 3. 12. Vista lateral estructura-Diagrama de fuerzas**

Fuente: Grupo investigador

Para hallar el valor de la fuerza normal de la estructura de la abonadora representada como  $F_A$  en la figura N°3.12 se suma la fuerza aplicada sobre la estructura más el peso de la estructura así:

$$\sum F_y = 0$$

$$F_A = F_E + W_E \quad (\text{Ec. 3.11})$$

Dónde:

$F_A$  = Fuerza normal estructura abonadora

$W_E$  = Peso estructura

Entonces:

$$F_A = 2974,593 N + 303,27 N$$

$$F_A = 3277,86 N$$

A su vez la fuerza normal  $F_A$  se descompone en dos:

$$F_A = F_{A1} + F_{A2} \quad (\text{Ec. 3.12})$$

Las mismas que son los soportes en donde va apoyado sobre la transmisión y soportan cada una indistintamente el mismo peso como se indica en la figura N°3.13, por lo que:

$$F_{A1} = F_{A2}$$

Entonces:

$$F_{A1} = F_{A2} = \frac{F_A}{2} = \frac{3277,86 N}{2} = 1638,93 N \quad (\text{Ec. 3.13})$$

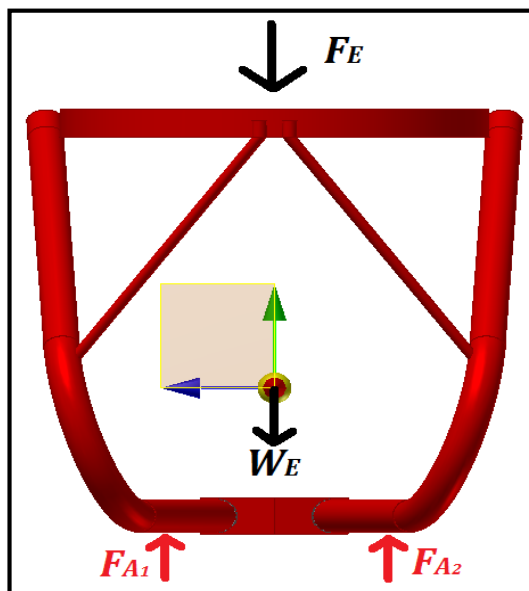
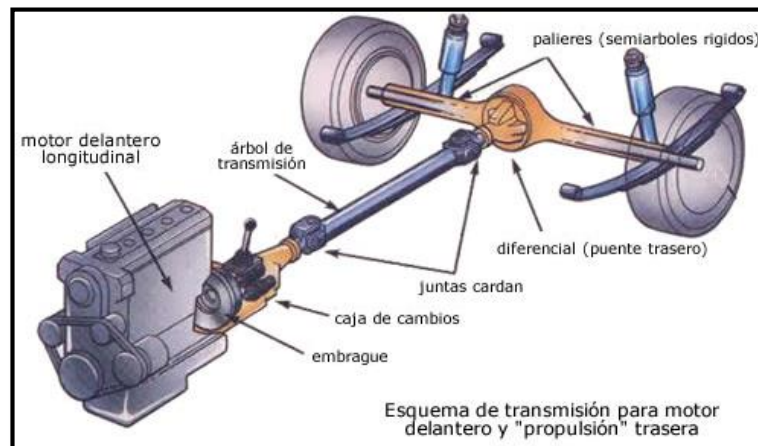


Figura 3. 13. Vista posterior estructura abonadora-Diagrama de fuerzas

Fuente: Grupo investigador.

### 3.7.5. Selección de la Transmisión.

El mecanismo utilizado para girar el disco de paletas distribuidoras de fertilizante, es el conjunto diferencial de un automóvil. El tipo de vehículos que utilizan diferencial son de tracción trasera, en donde sirve como puente de transmisión de la potencia entre el motor y las llantas.

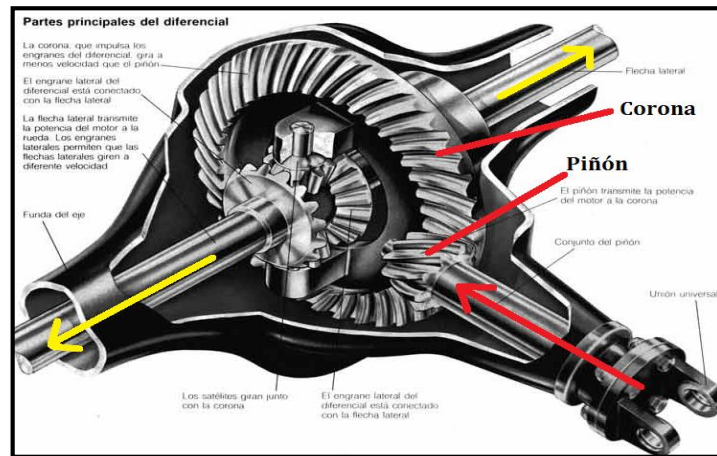


**Figura 3. 14. Transmisión de un vehículo de tracción trasera.**

Fuente: Transmisión. (s.f.). Recuperado el 4 de Junio del 2013 de <http://www.aficionadosalamecanica.net/transmisiones.htm>

En un vehículo normal, el motor funciona y entrega su potencia mediante un movimiento rotativo en el cigüeñal. Ese giro del motor de altas rpm, es el que se aprovecha para transmitirlo y reducirlo a través de elementos y hacer que el mismo se mueva. El conjunto diferencial reduce las rpm que llegan a través del movimiento de rotación del cardán mediante la corona-piñón; el piñón hace girar la corona, y la corona al rotar traslada el giro hacia las ruedas encargadas de la tracción<sup>11</sup>.

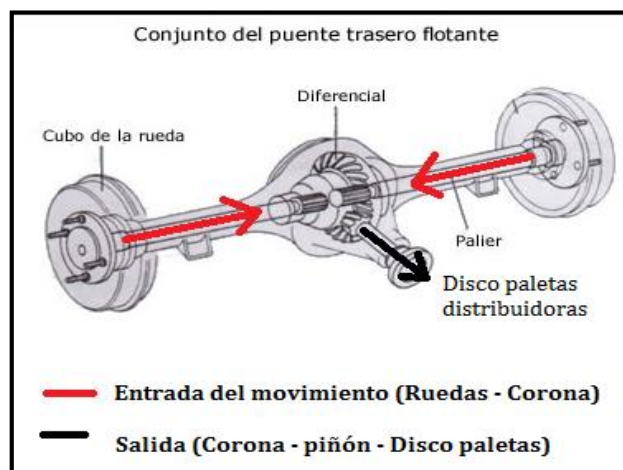
<sup>11</sup> Celis Enrique. (2011). Descripción y funcionamiento de un diferencial. Recuperado el 4 de Junio del 2013 de <http://automecanico.com/auto2000/diferencial1.html>



**Figura 3. 15. Funcionamiento del piñón-corona del diferencial de un automóvil**

Fuente: Transmisión. (s.f.). Recuperado el 4 de Junio del 2013 de <http://www.aficionadosalamecanica.net/transmisiones.htm>

En el sistema esparcidor de abono, con el fin de ser un modelo innovador y con la capacidad de adaptarse a cualquier tipo de tractor, ya que su funcionamiento no depende de tomas de fuerza, “la transmisión efectuará una función inversa”. El desplazamiento del prototipo de tractor agrícola hace girar las llantas de la transmisión, provocando a su vez el movimiento de la corona del diferencial; la corona al rotar traslada el giro hacia el piñón, haciendo de “multiplicador de rpm” de las ruedas hacia el disco con paletas distribuidoras.



**Figura 3. 16. Funcionamiento corona-piñón del diferencial del sistema esparcidor de abono**

Fuente: Grupo investigador.

Por lo que la selección de la transmisión correcta es muy importante en el diseño, ya que esta determinará la velocidad de giro del disco con paletas con la que esparcirá el abono sobre el terreno. Las características fundamentales en su selección son:

- Tamaño, distancia entre ruedas
- Relación de transmisión
- Robustez
- Tipo de rueda
- Carga máxima

**Tamaño.-** La distancia que tiene entre las ruedas, nos especifica el ancho que ocupará el sistema esparcidor de abono, y su longitud nos indica si el chasis tubular de la abonadora tiene el suficiente espacio donde apoyarse.

Las dimensiones del chasis (ver Anexo C) permiten escoger una transmisión de dimensiones pequeñas para crear una herramienta más estética a la vista del cliente.

**Relación de transmisión.-** De la división entre la cantidad de dientes de la corona y el piñón surge lo que se conoce como “Relación de Diferencial” expresada por un número referido a la unidad. Determina la multiplicación de la velocidad de rotación que es generada en las ruedas y se transmite al disco con paletas para la distribución de abono. Se logra calcular a través de la fórmula:

$$\text{Relación de transmisión} = \frac{\text{Piñón conductor}}{\text{Piñón conducido}} \quad \text{(Ec. 3.14)}$$

Es necesario seleccionar una transmisión con una alta relación de diferencial para que con las características de la baja velocidad de avance que presenta el prototipo de tractor agrícola (ver Anexo A-5), logre multiplicar las necesarias revoluciones que dan las ruedas hacia el disco.

**Robustez.-** Los automóviles más grandes son más pesados, por lo que la transmisión trasera en donde están apoyados es más robusta. Una grande relación de transmisión tiene mayor número de dientes en la corona y su piñón, por conclusión el diferencial es más grande y pesado.

La selección de la transmisión no debe ser muy robusta ya que el peso total de la abonadora cargada no representa el peso total del automóvil más pequeño, y aunque es necesario una gran relación de transmisión se debe evitar un diferencial muy grande, ya que esto provocaría que la altura a la que se encontrara el disco este más alejado del suelo, resultando perjudicial para la aplicación del fertilizante.

**Tipo de rueda.-** Las ruedas a seleccionarse deben ser del tipo neumático sujeto a una llanta metálica capaz de soportar el peso de todo el sistema, debe ser lo más pequeña posible pero tomando en consideración la altura de la transmisión y que el área donde mayormente va a transitar es de tierra. Mientras más pequeña sea la rueda, mayor vueltas por minuto efectuará y por lo tanto el diferencial multiplicará aún más las rpm del disco.

**Carga máxima.-** La determina las ruedas y el peso total del sistema sobre la transmisión, y si esta soporta tales esfuerzos.

### **3.7.6. Alternativas de transmisión:**

Las alternativas de transmisión que hemos planteado cumplen con las características fundamentales de selección, además son de fácil adquisición por lo que representarían fácil mantenimiento, entre ellas elegiremos la mejor.

**Tabla 3. 9. Alternativas y selección de transmisión**

Fuente: Grupo investigador

	<b>Transmisión Datsun 1200</b>	Transmisión Toyota Hilux
<b>Distancia entre ruedas</b>	1300 <i>mm</i>	1510 <i>mm</i>
<b>Robustez</b>	Baja	Media
<b>Tipo de rueda</b>	Neumático RIN 12	Neumático RIN 13
<b>N° dientes piñón</b>	9	13
<b>N° dientes corona</b>	44	46
<b>Relación transmisión</b>	<b>4,89</b>	3,538

La tabla N°3.9 nos indica que la transmisión más conveniente para el sistema esparcidor de abono es la transmisión de la Datsun 1200, sus características de distancia entre ruedas, robustez, tamaño de rueda y relación de transmisión son ideales y cumplen con lo requerido.

### **3.7.7. Selección de los neumáticos**

El neumático RIN 12 seleccionado para el sistema debe soportar grandes esfuerzos debido a los terrenos irregulares en los cuales va a transitar y el peso de toda la herramienta, además de variables en la velocidad que van de 0 a 4,5 *Km/h* en trabajo y en necesidad de ser transportado en carretera a unos 120 *km/h*. Por seguridad hemos elegido un índice de carga de 100, que permite soportar 800 *kg* y un índice de velocidad de 180. (Ver Anexo B-6)



**Figura 3. 17. Neumáticos del sistema esparcidor de abono.**

Fuente: Grupo investigador.



El neumático ideal para este tipo de condiciones elegido es el 155SR12 MS donde:

- 155 es el ancho de la sección en milímetros
- No posee la relación de aspecto entre la altura del perfil y la anchura del neumático como un porcentaje, por lo que equivale a un 82%
- S es el índice de velocidad para unos 180 *km/h*.
- R es de estructura radial.
- 12 es el diámetro interno del neumático en pulgadas.
- MS Mud and Snow (barro y nieve) con niveles superiores a los normales en condiciones de lodo por lo que es ideal para el terreno en donde transitará.

### 3.7.8. Fuerza aplicada sobre la transmisión.

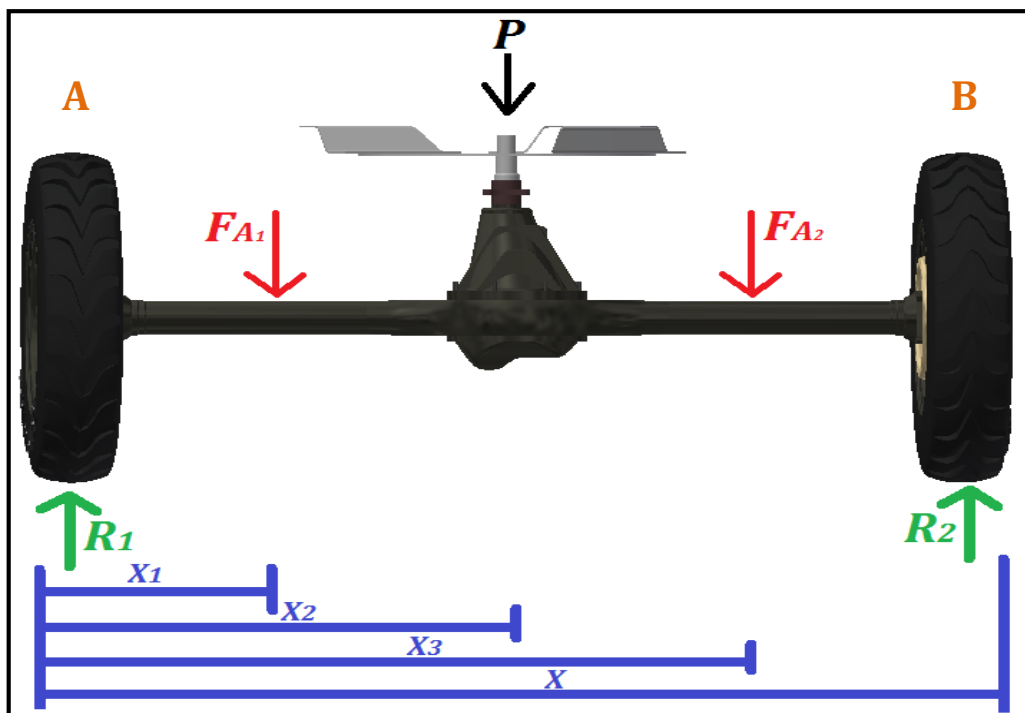


Figura 3. 18. Diagrama de fuerzas sobre la transmisión.

Fuente: Grupo investigador

$X$  = Distancia entre ruedas (anchura) = 1,30 m

$X_1$  = Distancia de aplicación fuerza  $F_{A1}$  = 0,41 m

$X_2$  = Distancia de aplicación fuerza  $P$  = 0,65 m

$X_3$  = Distancia de aplicación fuerza  $F_{A2}$  = 0,89 m

$R_1$  = Fuerza normal aplicada en el neumático A

$R_2$  = Fuerza normal aplicada en el neumático B

$P$  = Suma de todas las fuerzas o pesos que soporta en el centro de la transmisión

$$P = W_D + W_P + W_{CD} \quad \text{(Ec. 3.15)}$$

$W_D$  = Peso del Disco

$W_P$  = Peso de las paletas distribuidoras

$W_{CD}$  = Peso del conjunto diferencial (Carcaza, piñón, corona)

De la ecuación 3.15 se obtiene:

$$P = 53,98 \text{ N} + 16,57 \text{ N} + 147,15 \text{ N}$$

$$P = 217,7 \text{ N}$$

Sumando las fuerzas en y obtenemos:

$$\sum F_y = 0$$

$$R_1 - F_{A1} - P - F_{A2} + R_2 = 0 \quad \text{(Ec. 3.16)}$$

$$F_A = F_{A1} + F_{A2} \quad \text{(Véase Ecuación 3.12)}$$

$$R_1 + R_2 = F_A + P \quad \text{(Ec. 3.17)}$$

$$R_1 + R_2 = 3277,86 \text{ N} + 217,7 \text{ N}$$

$$R_1 + R_2 = 3495,56 \text{ N}$$

Sumando los momentos en el punto A obtenemos:

$$\sum M_A = 0$$

$$F_{A1}X_1 + PX_2 + F_{A2}X_3 - R_2X = 0 \quad \text{(Ec. 3.18)}$$

$$1638,93 \text{ N}(0,41 \text{ m}) + 217,7 \text{ N} (0,65 \text{ m}) + 1638,93 \text{ N} (0,89 \text{ m}) = R_2(1,30 \text{ m})$$

$$R_2 = \frac{671,96 \text{ Nm} + 141,50 \text{ Nm} + 1458,65 \text{ Nm}}{1,30 \text{ m}}$$

$$R_2 = 1747,78 \text{ N}$$

Reemplazando  $R_2$  en la respuesta de la ecuación 3.17 obtenemos:

$$R_1 = 3495,56 \text{ N} - R_2$$

$$R_1 = 3495,56 \text{ N} - 1747,78 \text{ N}$$

$$R_1 = 1747,78 \text{ N}$$

Por lo tanto:

$$R_1 = R_2$$

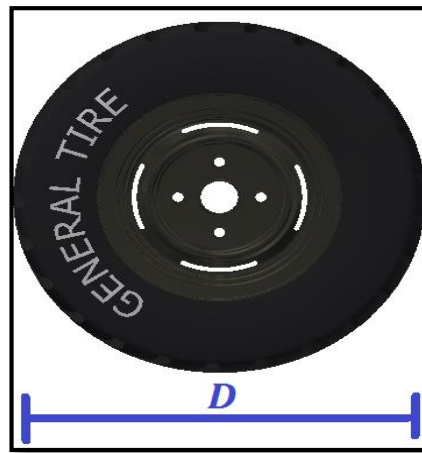
y;

$$R_1 = \frac{1747,78 \text{ N}}{9,81 \text{ m/s}^2} = 178,16 \text{ kg}$$

Con estas reacciones en los neumáticos podemos comprobar que el índice de carga de 100, el mismo que indica que soporta unos 800 kg, fue seleccionado correctamente y tiene una tolerancia amplia para soportar cualquier esfuerzo brusco.

### 3.7.9. Velocidad angular del disco con paletas distribuidoras.

La velocidad de giro del disco depende de la velocidad de desplazamiento del prototipo de tractor agrícola (ver Anexo A-5), esta velocidad es de 4,5 km/h. Otro factor importante es el diámetro de la rueda.



**Figura 3. 19. Diámetro de la rueda**

Fuente: Grupo investigador

$v$  = Velocidad del prototipo de tractor agrícola

$D_R$  = Diámetro de la rueda

$R_R$  = Radio de la rueda

$\omega_R$  = Velocidad angular de la rueda

$\omega_D$  = Velocidad angular del disco

$$v = 4,5 \frac{km}{h} = 1,25 \frac{m}{s}$$

$$D_R = 0,53 \text{ m} = 53 \text{ cm} = 530 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad R_R = 0,265 \text{ m}$$

$$\omega_R = \frac{v}{R_R} \quad \text{(Ec. 3.19)}$$

$$\omega_R = \frac{1,25 \frac{m}{s}}{0,265 m} = 4,72 \frac{rad}{s} \left[ \frac{rev}{2\pi rad} \right] \left[ \frac{60 s}{1 min} \right]$$

$$\omega_R = 45.1 RPM$$

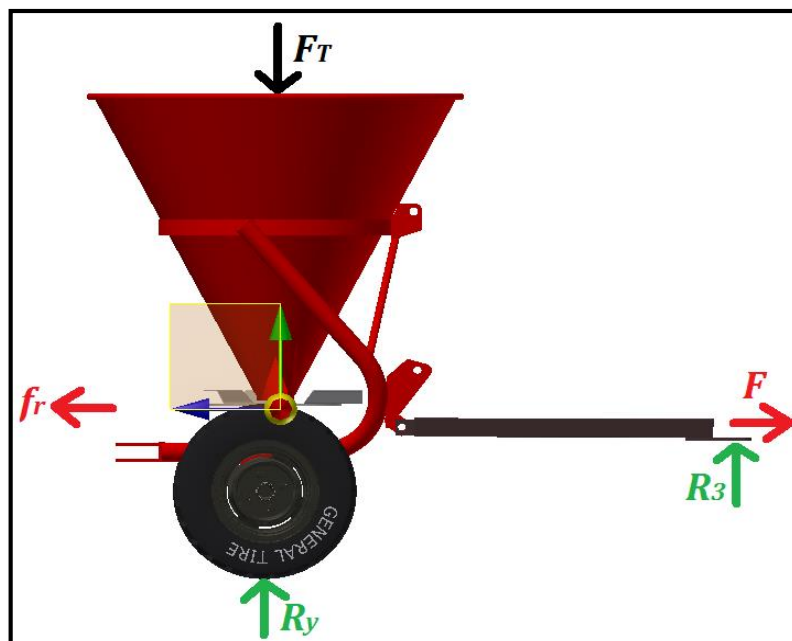
Según la tabla N°3.9 la relación de transmisión es de 4,89; así que la multiplicación de rpm efectuada en el disco será:

$$\omega_D = \omega_R * 4,89 \quad \text{(Ec. 3.20)}$$

$$\omega_D = 45,1 RPM * 4,89$$

$$\omega_D = 220,54 RPM$$

### 3.7.10. Fuerzas aplicadas en el brazo de acople.



**Figura 3. 20. Diagrama de fuerzas sistema esparcidor de abono**

Fuente: grupo investigador

Las fuerzas críticas que soporta el brazo de acople del sistema esparcidor de abono son  $R_3$  y  $F$ ; donde:

$R_3$  = Fuerza normal del brazo de acople donde se apoya en el prototipo de tractor agrícola.

$R_y$  = Fuerza normal sobre los neumáticos, suma de las fuerzas normales de ambos neumáticos.

$F_T$  = Peso total, sumatoria de todos los pesos de los elementos que conforman la abonadora y el abono.

$f_r$  = Fuerza de rozamiento del neumático con el suelo.

$F$  = Fuerza necesaria para que el prototipo de tractor agrícola mueva el sistema esparcidor de abono.

$$F_T = 4463,88 \text{ N} \quad (\text{Ver tabla N}^\circ 3.8)$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_y - F_T + R_3 = 0 \quad (\text{Ec. 3.21})$$

$$R_y = R_1 + R_2 \quad (\text{Ver respuesta ecuación 3.17})$$

$$R_y = 3495,56 \text{ N}$$

Entonces: 
$$R_3 = F_T - R_y$$

$$R_3 = 4463,88 \text{ N} - 3495,56 \text{ N}$$

$$\mathbf{R_3 = 968,32 \text{ N}}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$F - f_r = 0$$

$$F = f_r$$

$$F = \mu N \quad \text{(Ec. 3.22)}$$

$N$  = Es la suma de las normales que actúan en el sistema  $R_y$  y  $R_3$

$\mu$  = Coeficiente de rozamiento del neumático con barro (ver Anexo A-6)

$$N = R_y + R_3 \quad \text{(Ec. 3.23)}$$

$$N = 3495,56 + 968,32 = 4463,88 \text{ N}$$

Por lo tanto:

$$F = 0,8(4463,88 \text{ N})$$

$$F = 3571,10 \text{ N}$$

### 3.7.11. Potencia requerida por el tractor

$$p_o = v * F \quad \text{(Ec. 3.24)}$$

$p_o$  = Potencia requerida

$$p_o = \left(1,25 \frac{m}{s}\right) (3571,10 \text{ N})$$

$$p_o = 4463,87 \text{ W} = 5,98 \text{ HP}$$

### **3.8. ANÁLISIS COMPUTACIONAL ASISTIDO (CAE)**

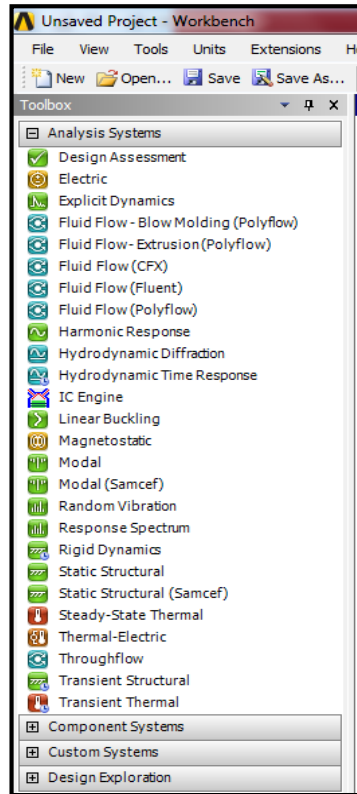
El análisis computacional asistido o Ingeniería Asistida por computador (CAE), permite verificar el comportamiento de los elementos críticos que forman parte de las herramientas a construirse, con el fin de garantizar su diseño y por lo tanto determinar la vida útil del prototipo ayudando a ahorrar tiempo y recursos sin necesidad de previamente comprar o fabricar.

El software permite simular el ambiente en forma de cargas y restricciones aplicadas y los resultados se presentan para su revisión.

El programa CAE a utilizarse es el software ANSYS 14.5, el mismo que ayudará a realizar cálculos estáticos y dinámicos que involucran cierta complejidad utilizando el análisis de elementos finitos (FEA), de tal forma que se puede obtener resultados mucho más precisos. Además es compatible con la mayoría de programas de diseño. Por ello este programa es muy usado en ingeniería Mecánica, Civil y afines. Los elementos considerados críticos en los sistemas van a ser simulados a condiciones extremas de funcionamiento, con las fuerzas determinadas.

**3.8.1. Descripción de la interfaz de WORKBENCH.-** La interfaz Workbench proporciona potentes métodos para interactuar con la familia de ANSYS. Este entorno ofrece una integración única con sistemas de CAD, y su proceso de diseño.





**Figura 3. 21. Aplicaciones Workbench**

Fuente: Grupo investigador

- **ANSYS Workbench** posee múltiples aplicaciones para ejecutar estudios multifísicos en ingeniería, para nuestro objeto de estudio, utilizaremos únicamente los módulos: Static Structural y Transient Structural

**Tabla 3. 10. Módulos ANSYS Aplicados**

Fuente. Grupo Investigador

<b>Módulos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Static Structural</li> <li>• Transient Structural</li> </ul>
<b>Cargas</b>	Calculadas para cada elemento
<b>Temperatura ambiente</b>	22 °C

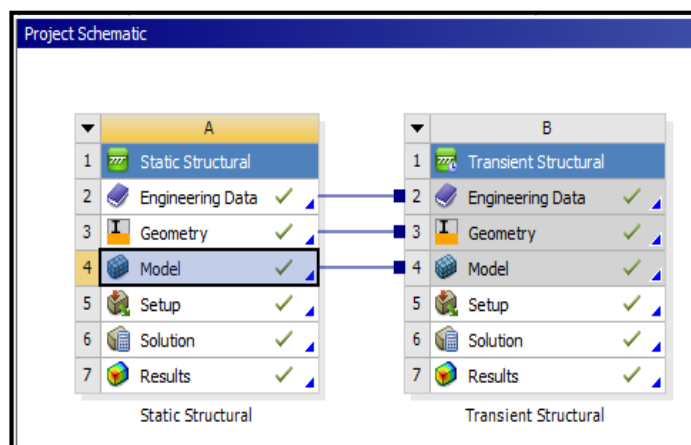
- a) **Static Structural.-** Es una de las opciones de simulación que posee el ANSYS encaminada a realizar ejercicios de cargas mecánicas sobre elementos en situaciones estáticas.

**b) Transient Structural.-** Puede llevar a cabo un análisis de transitorios estructural (también llamado tiempo de ciclo de análisis) en la aplicación mecánica mediante el análisis de transitorios estructural que utiliza específicamente el solucionador APDL ANSYS Mechanical. Este tipo de análisis se utiliza para determinar la respuesta dinámica de la estructura bajo la acción. Se puede utilizar para determinar los desplazamientos variables de tiempo, esguinces, tensiones y fuerzas en una estructura que responde a cargas transitorias. La escala de tiempo de la carga es tal que los efectos de la inercia o de amortiguación se consideran importante.

### 3.8.2. Simulación de la Estructura de la Abonadora

*“Para las simulaciones trabajaremos con un factor de diseño  $N$  de 1,25 a 2,5 el mismo que se recomienda para diseño de estructuras bajo cargas estáticas para que exista un alto grado de confianza en los datos del diseño”<sup>12</sup>*

Como primer paso abrimos el software con el módulo Static Structural y posteriormente el módulo Transient Structural, mediante el mismo abrimos el modelado previamente realizado en INVENTOR PROFESSIONAL 2013.

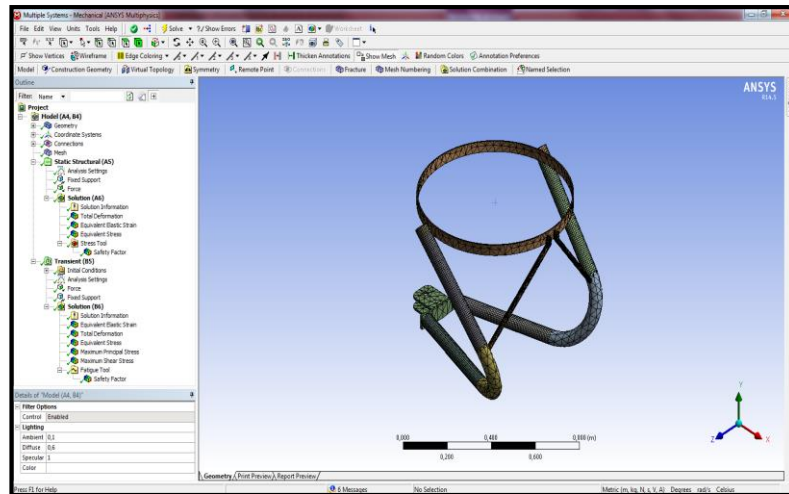


**Figura 3. 22. Módulos de simulación CAE utilizados**

Fuente: Grupo investigador

<sup>12</sup> Mott, R. L. (2001). "Diseño de elementos de máquinas". Mexico: University of Dayton.

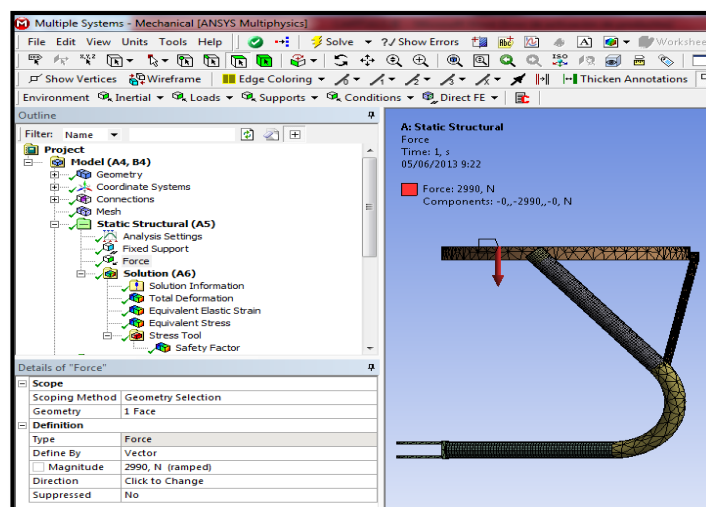
En la ventana que se abre de Mechanical, se asegura que la geometría, el material, las conexiones, el mallado, los soportes y las fuerzas previamente calculadas estén aplicados correctamente.



**Figura 3. 23. Estructura Abonadora en mallado ANSYS**

Fuente: Grupo investigador

La fuerza crítica al que está sometido la estructura es el peso de todo el fertilizante sumado el peso de la tolva, el mismo que se encuentra aplicado en la parte superior, este valor real es de 2974.593 N, pero por objeto de diseño se ha sobredimensionado este valor a 2990 N. (ecuación 3.10)



**Figura 3. 24. Aplicación de fuerzas en puntos críticos Abonadora**

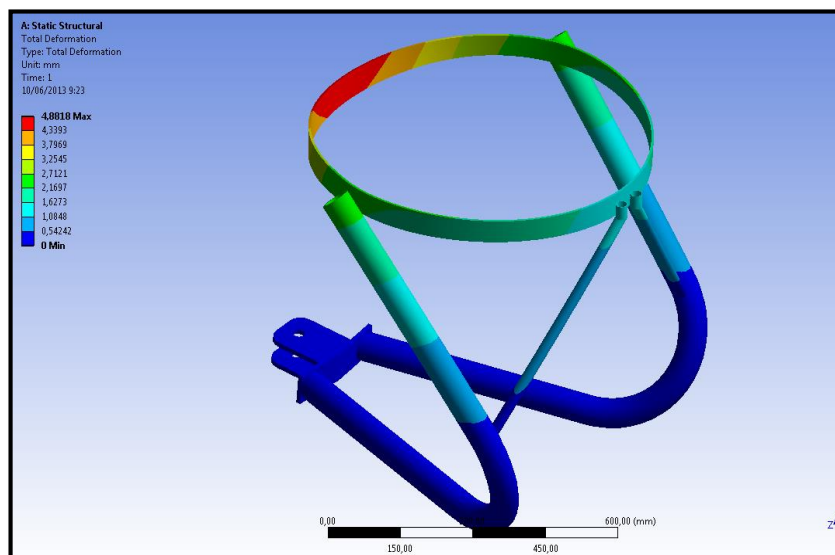
Fuente: Grupo Investigador

**Tabla 3. 11. Características mecánicas Estructura Abonadora**

FUENTE: Grupo investigador

<b>Estructura Abonadora</b>		
<b>Dimensiones</b>	<b>Material</b>	<b>Fuerza crítica</b>
60 mm Ø 3 mm espesor	Acero ASTM A500	2990 N

El valor crítico de la deformación total obtenida en la simulación, módulo static structural, se encuentra en el anillo de la parte superior de color rojo (4.88 mm), como se muestra en la figura N° 3.25.



**Figura 3. 25. Resultado deformación máxima Estructura Abonadora**

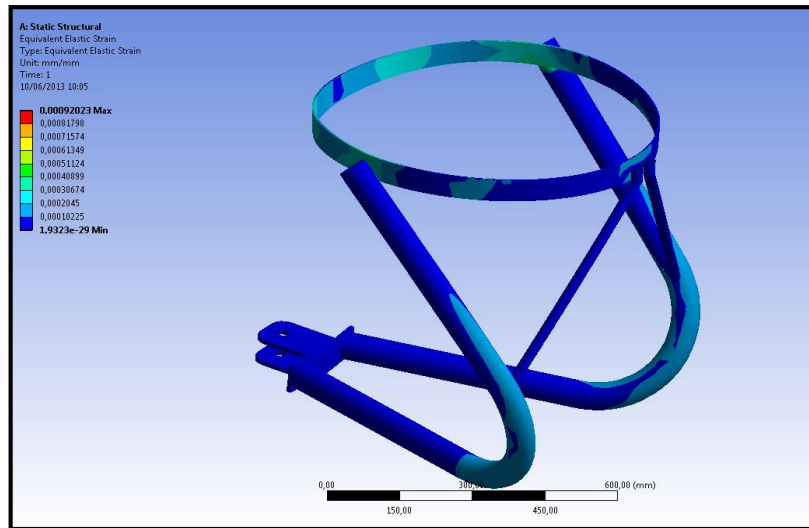
FUENTE: Grupo investigador

**Tabla 3. 12. Deformación estructura abonadora**

FUENTE: Grupo investigador

<b>Deformación máxima obtenida en la simulación</b>	4.88 mm
---	---------

El esfuerzo elástico equivalente obtenido es de 0.00092023 como se muestra en la figura N°3.26.



**Figura 3. 26. Resultado esfuerzo elástico equivalente (estructura abonadora)**

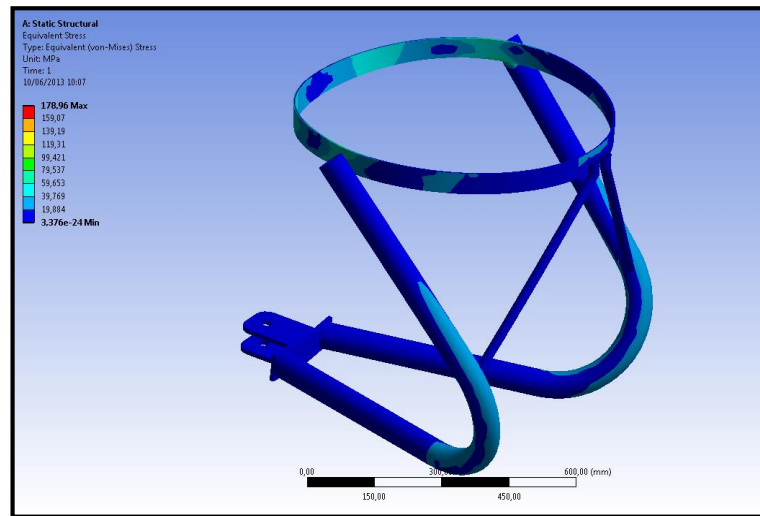
FUENTE: Grupo investigador

La tensión de Von Mises obtenida es menor al valor del límite de fluencia del material utilizado, siendo un parámetro adecuado para el diseño.

**Tabla 3. 13. Comparación de valores de tensión del material (Estructura)**

FUENTE: Grupo investigador

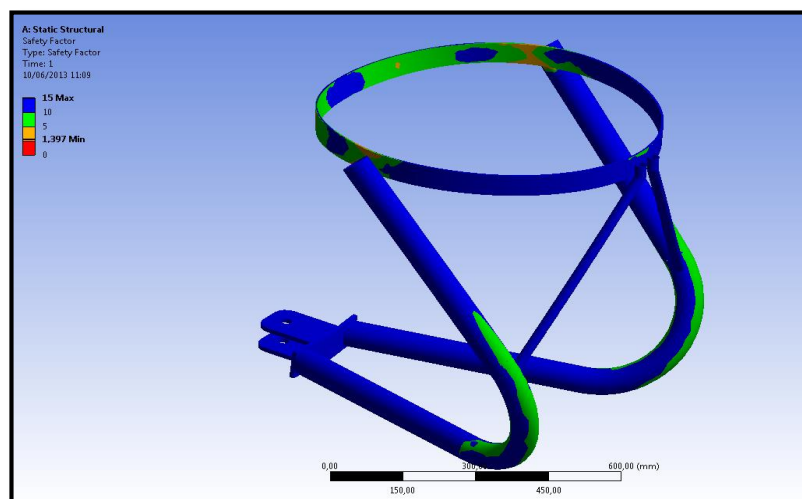
<b>Resistencia al punto cedente acero ASTM A500</b>	317 MPa
<b>Tensión máxima de Von Mises obtenido en la simulación</b>	178.96 MPa



**Figura 3. 27. Resultado tensión Von Mises Estructura Abonadora**

FUENTE: Grupo investigador

Mediante el análisis Static Structural, se determina que la estructura se comporta mecánicamente de forma apropiada bajo la acción de cargas estáticas que plantean un escenario de simulación en condiciones extremas, arrojando un factor de diseño estático  $N_s=1.397$



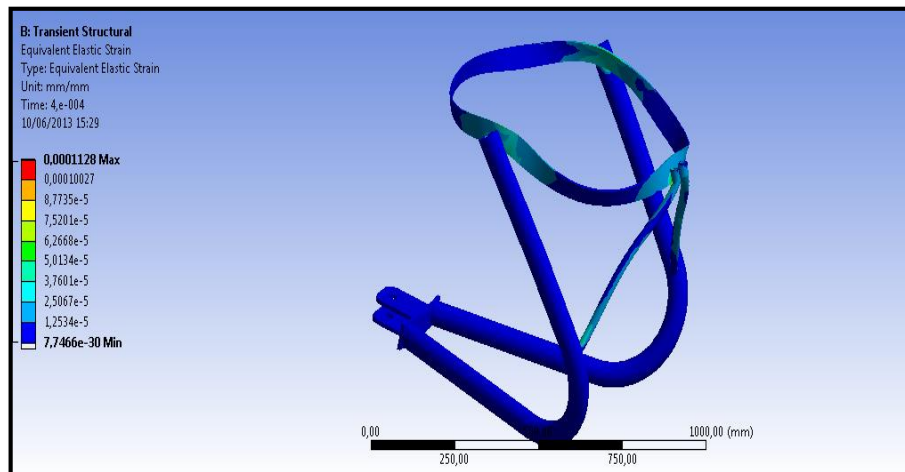
**Figura 3. 28. Análisis factor de seguridad estructura abonadora**

FUENTE: Grupo investigador

**Tabla 3. 14. Parámetros de simulación con Transient Structural para la estructura de la Abonadora**

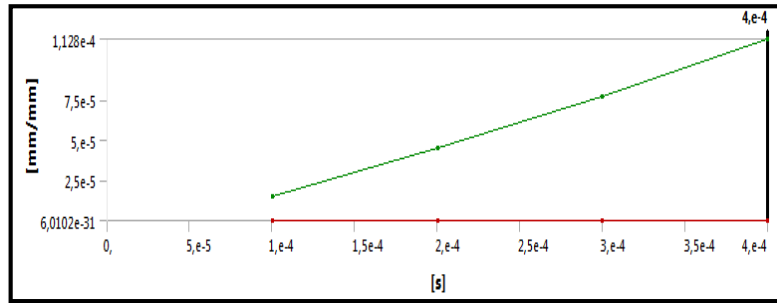
FUENTE: Grupo investigador

<b>Paso de Control</b>		
Número de la Etapa	1	
Número actual Paso	1	
Paso hora de finalización	4,e-004 s	
Definido por	tiempo	
Tiempo inicial	1,e-004 s	
Tiempo mínimo de paso	1,e-004 s	
Tiempo máximo de paso	1,e-003 s	
<b>Definición</b>		
Tipo	Fuerza	Apoyo fijo
Definido por	Vector	
Magnitud	2990, N (paso aplicado)	
Dirección	definida	
suprimida	No	



**Figura 3. 29. Esfuerzo elástico equivalente Estructura (Transient Structural)**

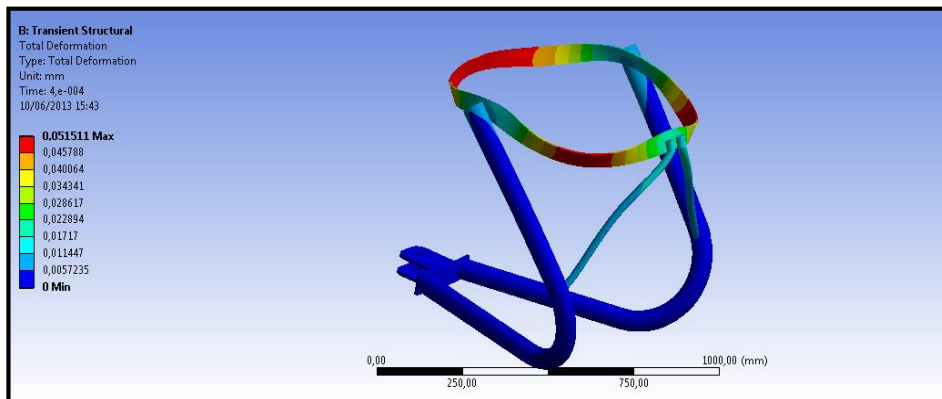
FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 30. Esfuerzo elástico vs tiempo (Estructura)**

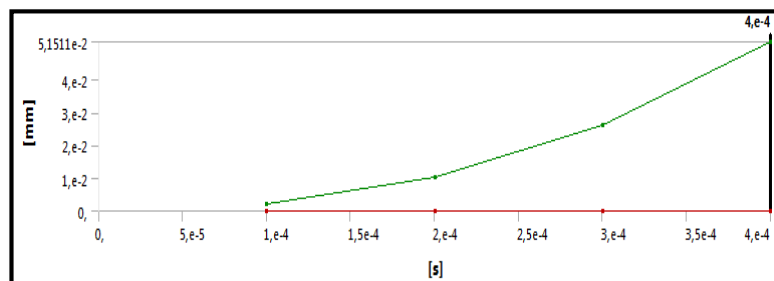
FUENTE: Grupo investigador

En la figura N°3.30 se puede observar que el esfuerzo elástico vs tiempo varia de manera lineal llegando a su valor máximo en 0.0001128 mm/mm.



**Figura 3. 31. Análisis Deformación Total estructura (Transient Structural)**

FUENTE: Grupo investigador

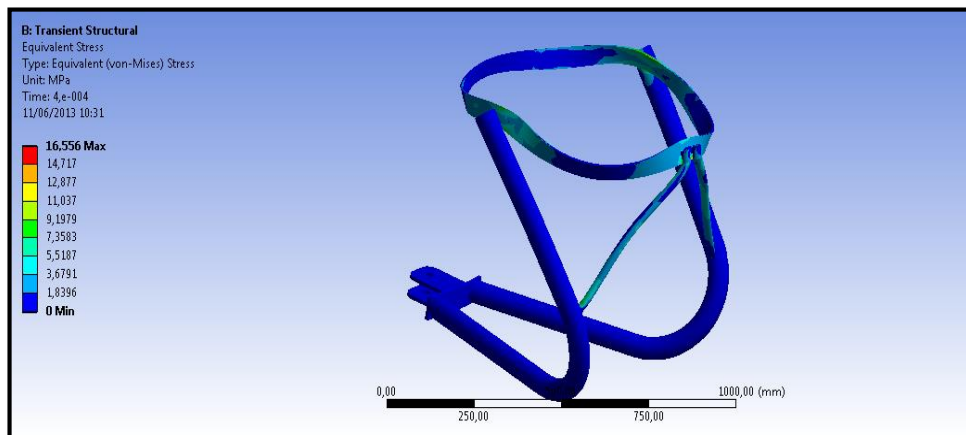


**Figura 3. 32. Deformación total vs tiempo (Estructura)**

FUENTE: Grupo investigador

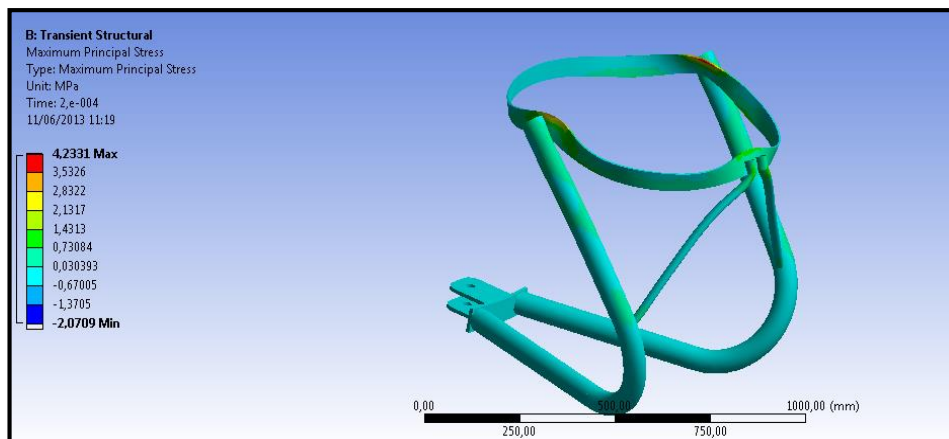


En la figura N° 3.32 podemos observar el valor máximo de la deformación referente al tiempo que es de 0.051511 mm.



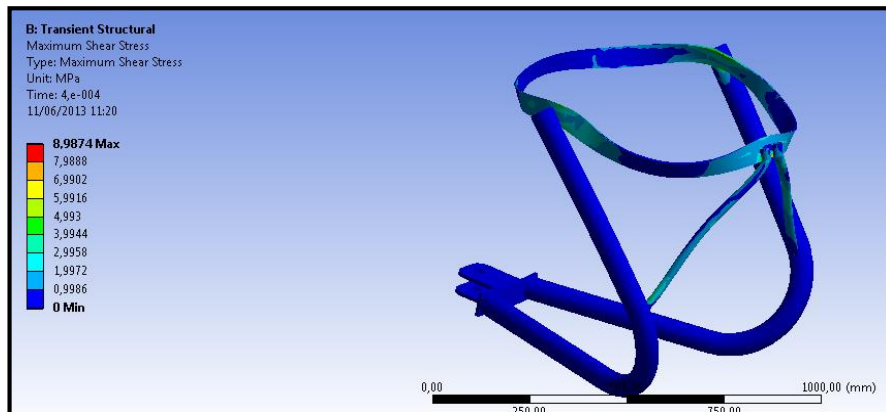
**Figura 3. 33. Análisis tensión de Von Mises Estructura (Transient Structural)**

FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 34. Análisis tensión principal máxima Estructura (Transient Structural)**

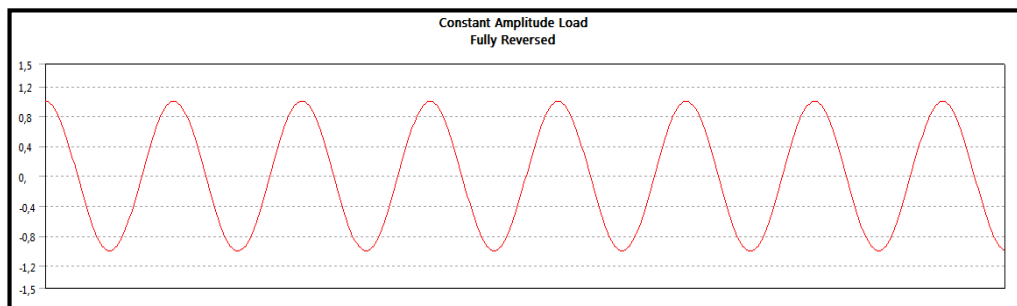
FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 35. Análisis tensión cortante máxima Estructura (Transient Structural)**

FUENTE: Grupo investigador

El factor de seguridad se determina dentro del rango cíclico especificado en la figura.



**Figura 3. 36 Fatigue tool. Rango del factor de seguridad (Estructura)**

FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 37. Fatigue tool. Factor de seguridad estructura (método utilizado)**

FUENTE: Grupo investigador

El diagrama de Soderberg se ha utilizado como método de proyección de fallas, observando que la línea de tensión de diseño se encuentra inferior al límite de fluencia por lo que se encuentra en un rango seguro de factor de seguridad. El criterio de Soderberg también se lo utiliza para tensiones variables por esfuerzo de corte, por lo que se demuestra que es un criterio conservador utilizado por los ingenieros para el diseño de elementos.

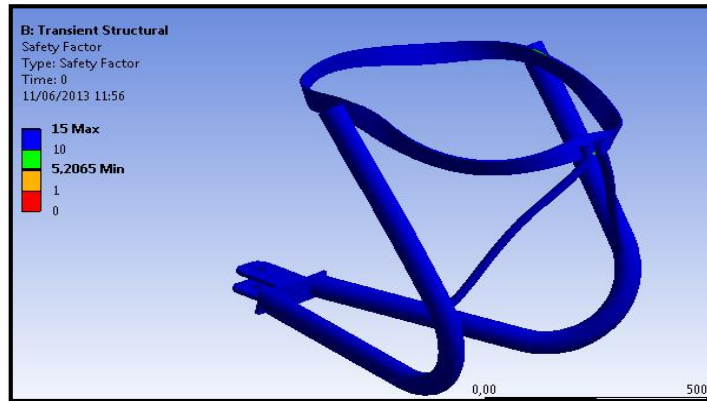
El resumen de los valores resultantes de los esfuerzos analizados se muestra en la tabla N° 3.15.

**Tabla 3. 15. Resultados de simulación con Transient Structural de la estructura de la abonadora**

FUENTE: Grupo investigador

<b>Resultados</b>					
	<b>Equivalente deformación elástica</b>	<b>Deformación total</b>	<b>Equivalente Total (von-Mises) Tensión</b>	<b>máxima tensión principal</b>	<b>máxima tensión de cizallamiento</b>
<b>Mínimo</b>	7,7466e-030 mm/mm	0, mm	0, MPa	-2,0709 MPa	0, MPa
<b>Máximo</b>	1,128e-004 mm/mm	5,1511e-002 mm	16,556 MPa	4,2331 MPa	8,9874 MPa
<b>Valor mínimo lo largo del tiempo</b>					
<b>Mínimo</b>	6,0102e-031 mm/mm	0, mm	0, MPa	-5,7336 MPa	0, MPa
<b>Máximo</b>	7,7466e-030 mm/mm	0, mm	0, MPa	-0,60132 MPa	0, MPa
<b>Máximo valor a través del tiempo</b>					
<b>Mínimo</b>	1,5083e-005 mm/mm	2,1744e-003 mm	2,2446 MPa	1,3542 MPa	1,2008 MPa
<b>Máximo</b>	1,128e-004 mm/mm	5,1511e-002 mm	16,556 MPa	11,68 MPa	8,9874 MPa

Los esfuerzos máximos obtenidos vs tiempo, son menores al límite de fluencia del material a utilizarse por lo que el material es apto para su construcción.



**Figura 3. 38. Fatigue tool. Factor de seguridad (Estructura)**

FUENTE: Grupo investigador

El factor de seguridad en condiciones de fatiga es mayor a 1 por ende se puede observar que los puntos de mayor concentración de esfuerzo y susceptibles a falla son mínimos que establece a la pieza como ideal para el diseño.

**Tabla 3. 16. Factor de seguridad estructura en condiciones de fatiga**

FUENTE: Grupo investigador

Modulo	Condiciones	Factor de seguridad
Transient Structural	Fatiga	<b>5,20</b>

### 3.8.3. Simulación Tolva-Abonadora

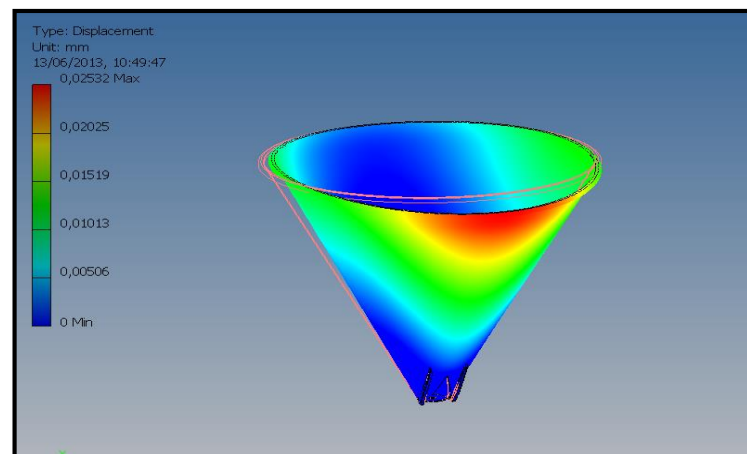
Para la simulación de la tolva se aplica el mismo criterio de factor de seguridad de su estructura para lo cual asignamos el mismo material, y al interior de la tolva se aplica la presión obtenida en los cálculos de cargas estudiados.

**Tabla 3. 17. Características mecánicas Tolva – Abonadora**

FUENTE: Grupo investigador

<b>Tolva - Abonadora</b>		
<b>Volumen</b>	<b>Material</b>	<b>Presión crítica</b>
0,34455 m <sup>3</sup>	Acero ASTM A36	0,001152928 MPa

El valor crítico de la deformación total obtenida en la simulación, se encuentra en la parte superior de la tolva de color rojo (0.02532 mm), como se muestra en la figura N° 3.39 .



**Figura 3. 39. Resultado deformación máxima Tolva Abonadora**

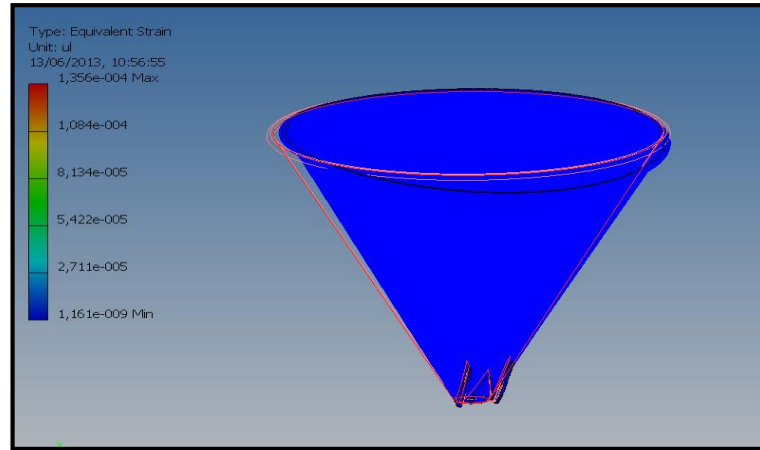
FUENTE: Grupo investigador

**Tabla 3. 18. Deformación Tolva abonadora**

FUENTE: Grupo investigador

<b>Deformación máxima obtenida en la simulación</b>	0.02532 mm
---	------------

El esfuerzo elástico equivalente obtenido es de 0.0001356 como se muestra en la figura N° 3.40.



**Figura 3. 40. Resultado esfuerzo elástico equivalente (Tolva)**

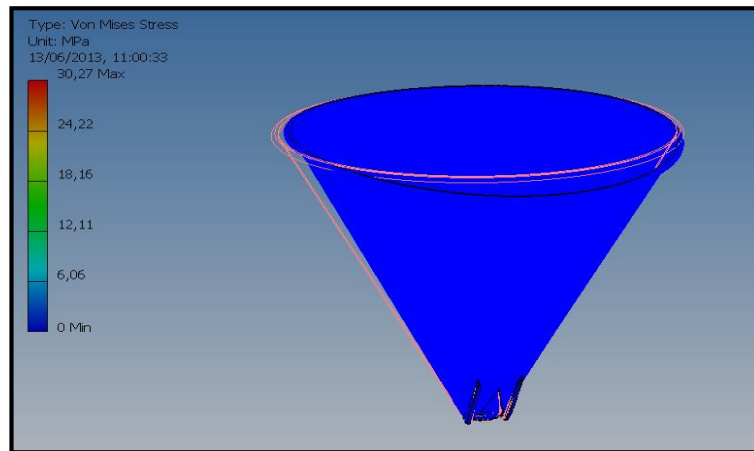
FUENTE: Grupo investigador

La tensión de Von Mises obtenida en el análisis de la figura N° 3.41, es menor al valor del límite de fluencia del material utilizado, siendo un parámetro adecuado para el diseño de la Tolva.

**Tabla 3. 19. Comparación de valores de tensión del material (Tolva)**

FUENTE: Grupo investigador

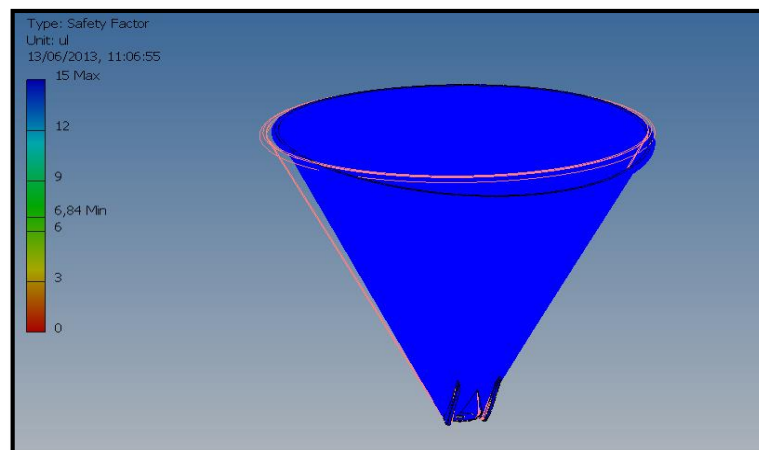
<b>Resistencia al punto cedente acero ASTM A36</b>	248 MPa
<b>Tensión máxima de Von Mises obtenido en la simulación</b>	30.27 MPa



**Figura 3. 41. Resultado tensión Von Mises Tolva Abonadora**

FUENTE: Grupo investigador

El factor de seguridad determinado en el análisis de la tolva (figura N°3.42), aplicada las cargas estáticas en condiciones extremas es de **N = 6,84**. Valor aceptable comprobando que la tolva se comporta mecánicamente de forma apropiada.

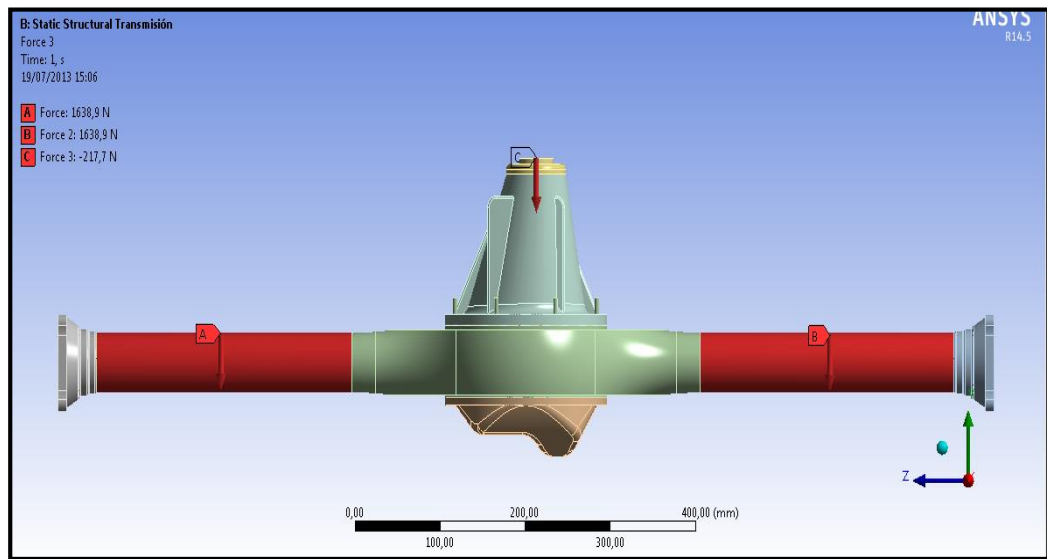


**Figura 3. 42. Análisis factor de seguridad tolva abonadora**

FUENTE: Grupo investigador

### 3.8.4. Simulación de la Transmisión

Una vez anclado el elemento para el análisis en el software, las fuerzas críticas a las que se somete la transmisión son aplicadas en los puntos marcados, con los valores previamente calculados y seleccionando el material del que se encuentra construido:



**Figura 3. 43. Aplicación de fuerzas en puntos críticos (Transmisión)**

FUENTE: Grupo investigador

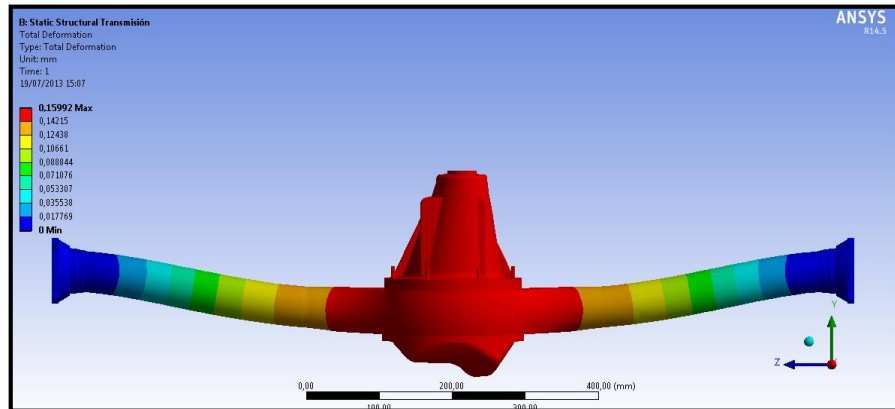
**Tabla 3. 20. Características mecánicas Transmisión.**

FUENTE: Grupo investigador

Transmisión		
Dimensión	Material	Fuerzas críticas
1,30 m longitud	Acero estructural	$P = 217,7 \text{ N}$ $F_{A1} = 1638,93 \text{ N}$ $F_{A2} = 1638,93 \text{ N}$



El valor crítico de la deformación total obtenida en la simulación, módulo static structural, se encuentra en la parte central de la transmisión de color rojo (0,15992 mm), como se muestra en la figura N° 3.44.



**Figura 3. 44. Resultado deformación máxima Transmisión**

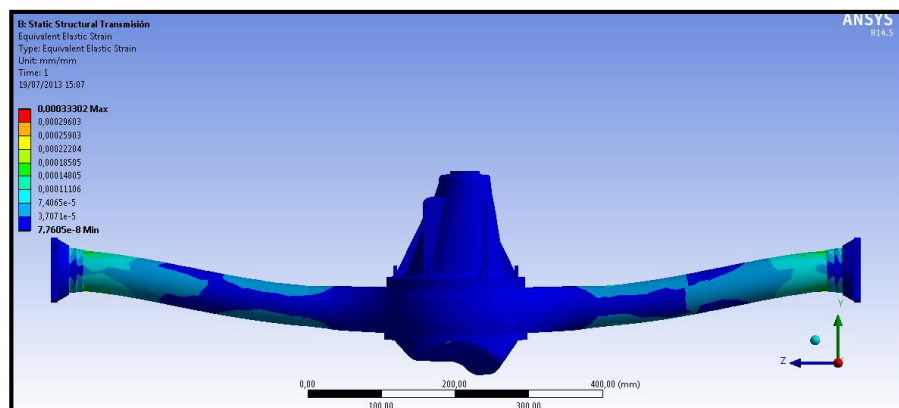
FUENTE: Grupo investigador

**Tabla 3. 21. Deformación máxima Transmisión abonadora**

FUENTE: Grupo investigador

<b>Deformación máxima obtenida en la simulación</b>	0,15992 mm
---	------------

El esfuerzo elástico equivalente obtenido es de 0.00033302 como se muestra en la figura N° 3.45.



**Figura 3. 45. Resultado esfuerzo elástico equivalente Transmisión**

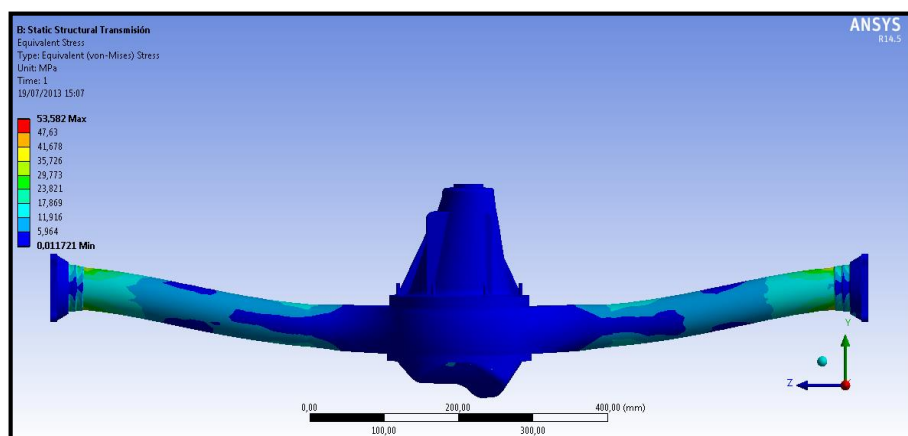
FUENTE: Grupo investigador

La tensión de Von Mises obtenida en el análisis (figura N° 3.46), es menor al valor del límite de fluencia del material utilizado, siendo un parámetro adecuado para el diseño.

**Tabla 3. 22. Comparación de valores de tensión del material (Transmisión)**

FUENTE: Grupo investigador

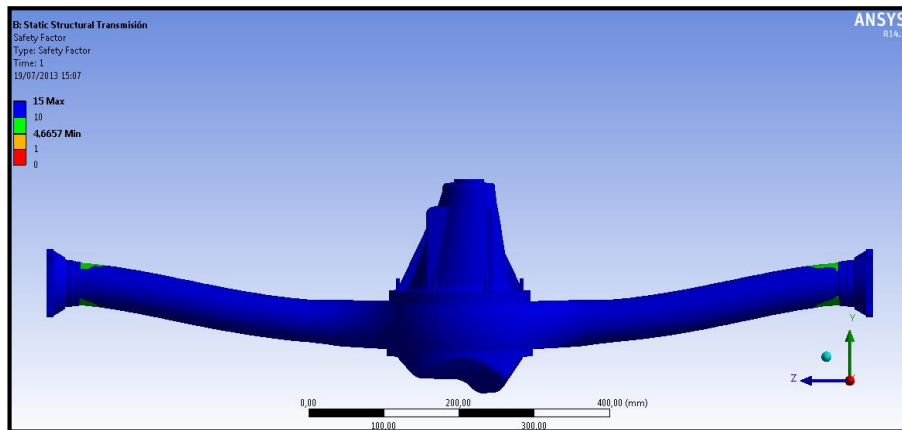
<b>Resistencia al punto cedente acero estructural</b>	248 MPa
<b>Tensión máxima de Von Mises obtenido en la simulación</b>	53,582 MPa



**Figura 3. 46. Resultado tensión Von Mises Transmisión Abonadora**

FUENTE: Grupo investigador

Mediante el análisis Static Structural, se determina que la transmisión se comporta mecánicamente de forma apropiada bajo la acción de cargas estáticas que plantean un escenario de simulación en condiciones extremas, arrojando un factor de diseño estático  $N_s = 4,6657$ .



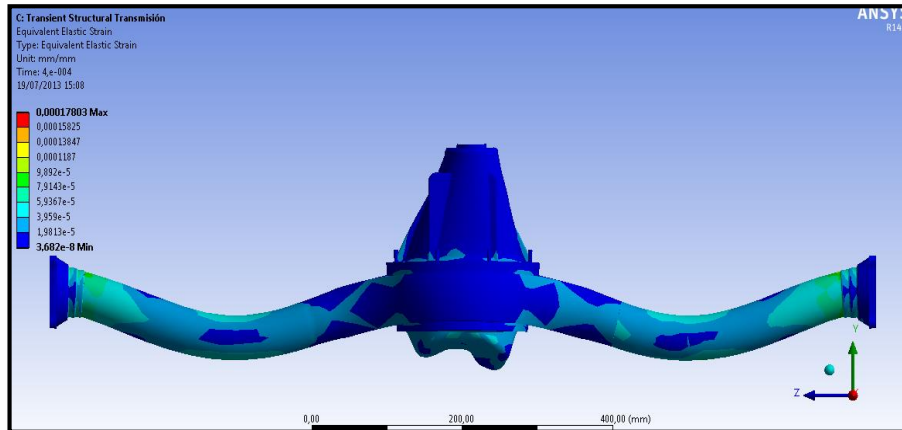
**Figura 3. 47. Análisis factor de seguridad (Transmisión)**

FUENTE: Grupo investigador

**Tabla 3. 23. Parámetros de simulación con Transient Structural para la Transmisión de la Abonadora**

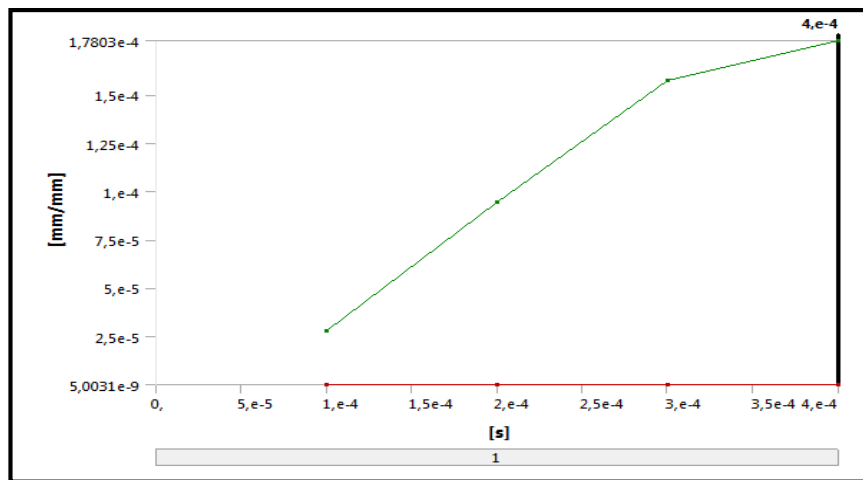
FUENTE: Grupo investigador

<b>Paso de Control</b>		
Número de la Etapa	1	
Número actual Paso	1	
Paso hora de finalizacion	4,e-004 s	
Definido por	Time	
Tiempo inicial	1,e-004 s	
Tiempo minimo de paso	1,e-004 s	
Tiempo máximo de paso	1,e-003 s	
<b>Definición</b>		
Tipo	Fuerza	Punto de apoyo
Definido por	Vector	
Magnitud	-1638,9 N (paso aplicado -217,7 N (paso aplicado))	
Dirección	definido	
Suprimida	No	



**Figura 3. 48. Esfuerzo elástico equivalente (Transient Structural)  
Transmisión**

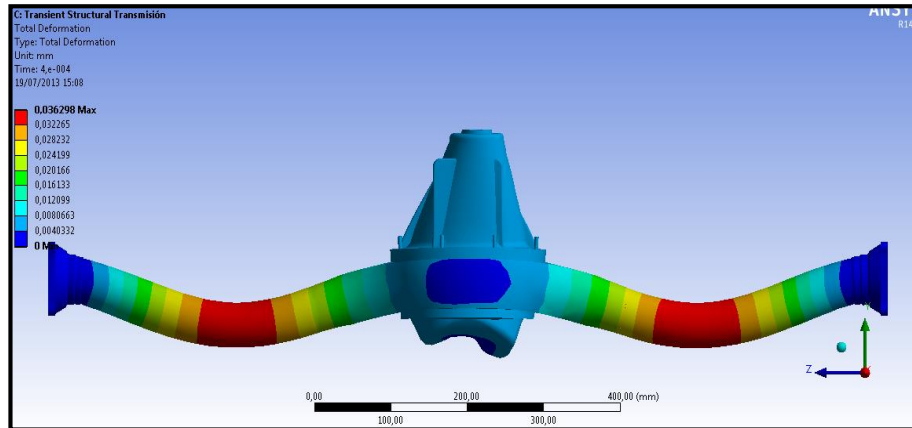
FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 49. Esfuerzo elástico vs tiempo (Transmisión)**

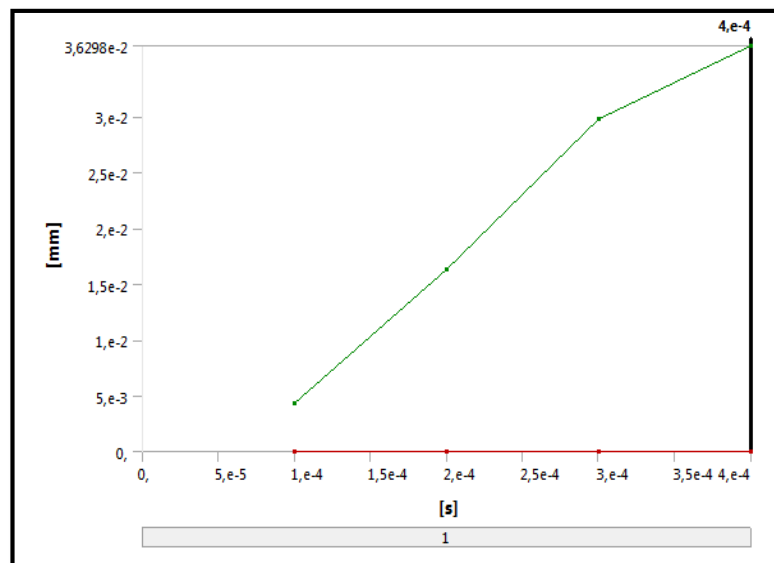
FUENTE: Grupo investigador

En la figura N° 3.49, se puede observar que el esfuerzo elástico vs tiempo varia de manera gradual llegando a su valor máximo en  $0.00017803$  mm/mm.



**Figura 3. 50. Análisis Deformación Total Transmisión (Transient Structural)**

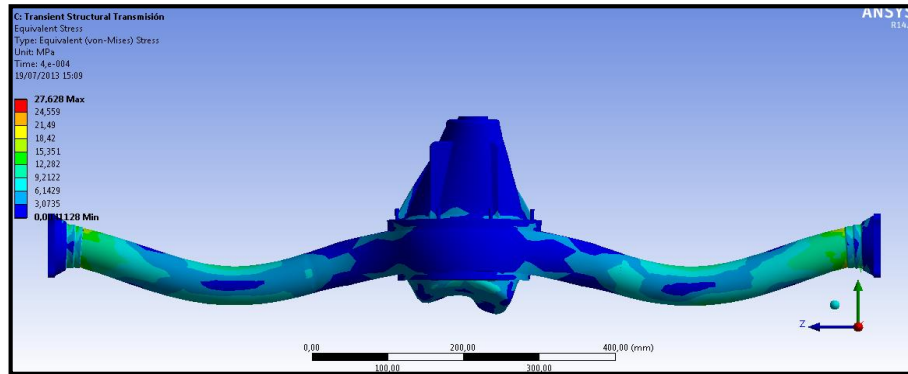
FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 51. Deformación total vs tiempo (Transmisión)**

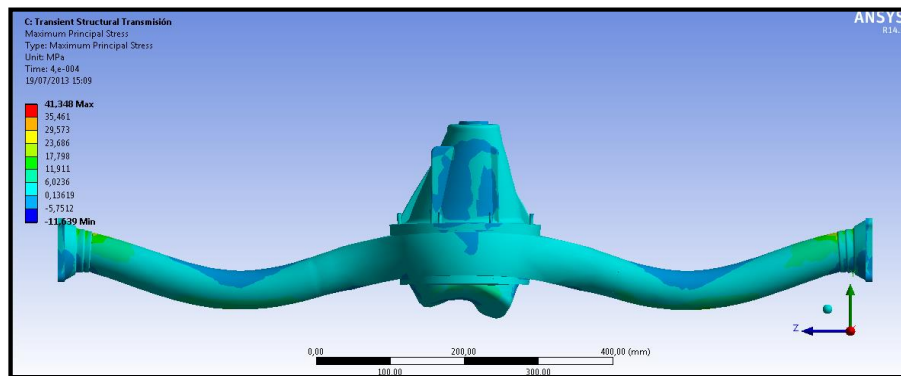
FUENTE: Grupo investigador

En la figura N°3.51 podemos observar el valor máximo de la deformación referente al tiempo que es de 0.036298 mm.



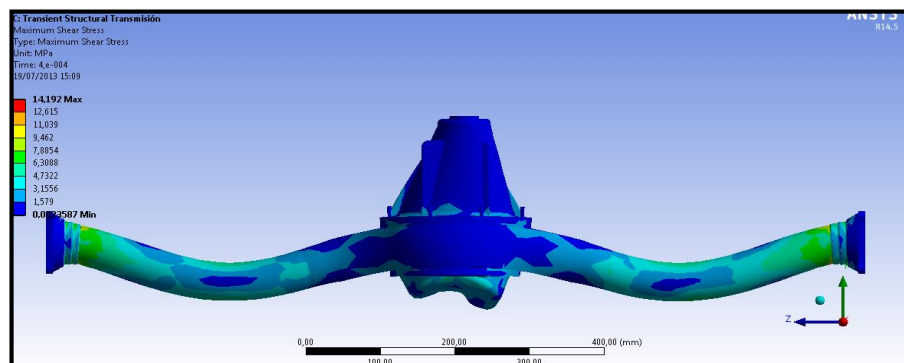
**Figura 3. 52. Análisis tensión de Von Mises Transmisión (Transient Structural)**

FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 53. Análisis tensión principal máxima Transmisión (Transient Structural)**

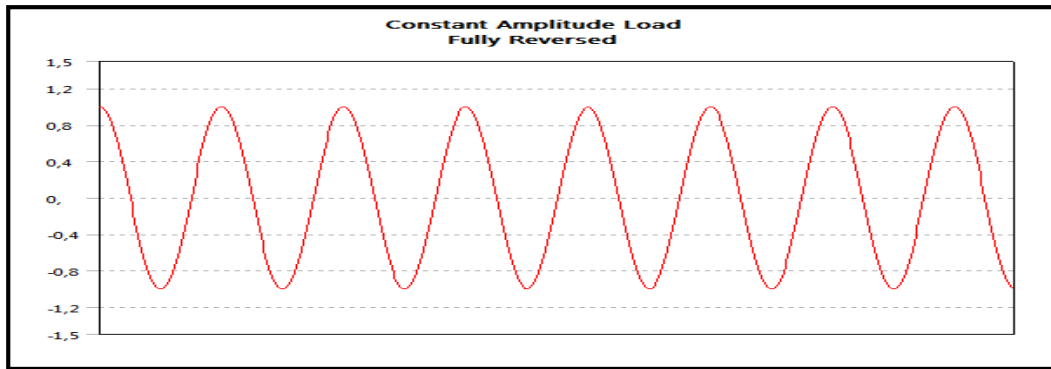
FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 54. Análisis tensión cortante máxima Transmisión (Transient Structural)**

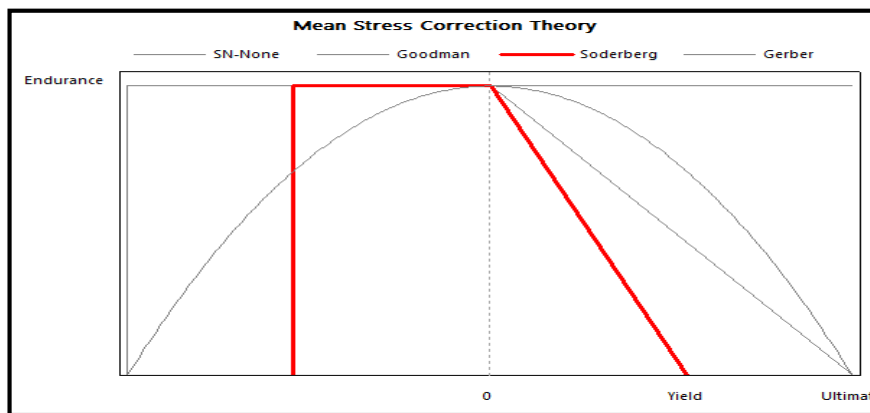
FUENTE: Grupo investigador

El factor de seguridad se determina dentro del rango cíclico especificado en la figura N° 3.55.



**Figura 3. 55. Fatigue tool. Rango del factor de seguridad (Transmisión)**

FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 56. Fatigue tool. Factor de seguridad Transmisión (método utilizado)**

FUENTE: Grupo investigador

El diagrama de Soderberg se ha utilizado como método de proyección de fallas para la Transmisión del sistema esparcidor de abono.

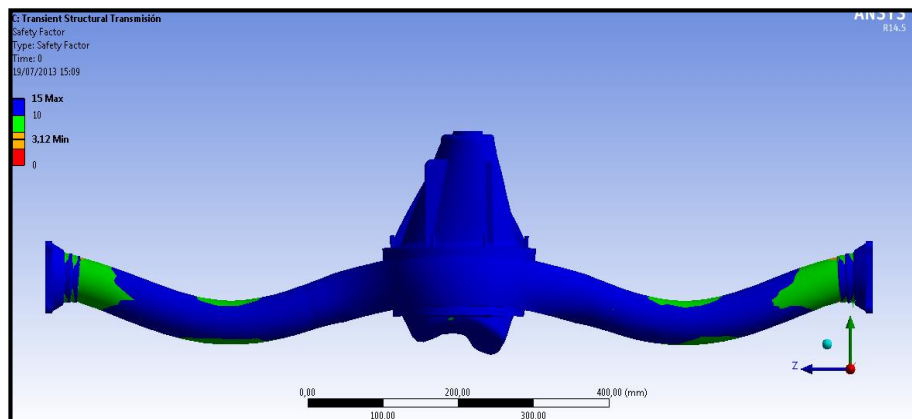
El resumen de los valores resultantes de los esfuerzos analizados se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 3. 24. Resultados de simulación con Transient Structural de la Transmisión de la abonadora**

FUENTE: Grupo investigador

<b>Resultados</b>					
	<b>Equivalente deformación elástica</b>	<b>Deformación total</b>	<b>Equivalente Total (von-Mises) Tensión</b>	<b>máxima tensión principal</b>	<b>máxima tensión de cizallamiento</b>
<b>Mínimo</b>	3,682e-008 mm/mm	0, mm	4,1128e-003 MPa	-11,639 MPa	2,3587e-003 MPa
<b>Máximo</b>	1,7803e-004 mm/mm	3,6298e-002 mm	27,628 MPa	41,348 MPa	14,192 MPa
<b>Valor mínimo lo largo del tiempo</b>					
<b>Mínimo</b>	5,0031e-009 mm/mm	0, mm	7,5906e-004 MPa	-11,639 MPa	4,3811e-004 MPa
<b>Máximo</b>	3,682e-008 mm/mm	0, mm	5,1756e-003 MPa	-1,7077 MPa	2,9682e-003 MPa
<b>Máximo valor a través del tiempo</b>					
<b>Mínimo</b>	2,7854e-005 mm/mm	4,2748e-003 mm	4,6707 MPa	6,033 MPa	2,6774 MPa
<b>Máximo</b>	1,7803e-004 mm/mm	3,6298e-002 mm	27,628 MPa	41,348 MPa	14,192 MPa

Los esfuerzos máximos obtenidos vs tiempo, son menores al límite de fluencia del material a utilizarse por lo que el material es apto para su construcción.



**Figura 3. 57. Fatigue tool. Factor de seguridad (Transmisión)**

FUENTE: Grupo investigador



El factor de seguridad en condiciones de fatiga es mayor a 1 por ende se puede observar que los puntos de mayor concentración de esfuerzo y susceptibles a falla son mínimos que establece a la pieza como ideal para el diseño.

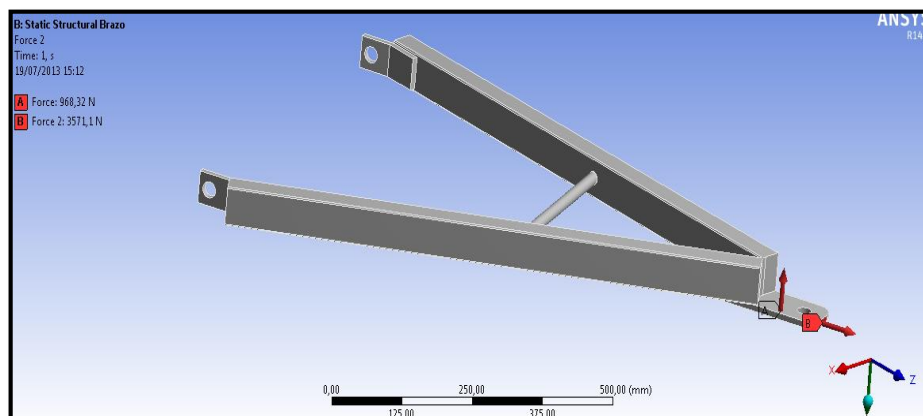
**Tabla 3. 25. Factor de seguridad Transmisión en condiciones de fatiga**

FUENTE: Grupo investigador

Modulo	Condiciones	Factor de seguridad
Transient Structural	Fatiga	<b>3,12</b>

### 3.8.5. Simulación del Brazo-Acople de la Abonadora

Una vez anclado el elemento para el análisis en el software, las fuerzas críticas a las que se somete el brazo de acople son aplicadas en los puntos marcados, con los valores previamente calculados y seleccionando el material del que se encuentra construido:



**Figura 3. 58. Aplicación de fuerzas en puntos críticos (Brazo-acople)**

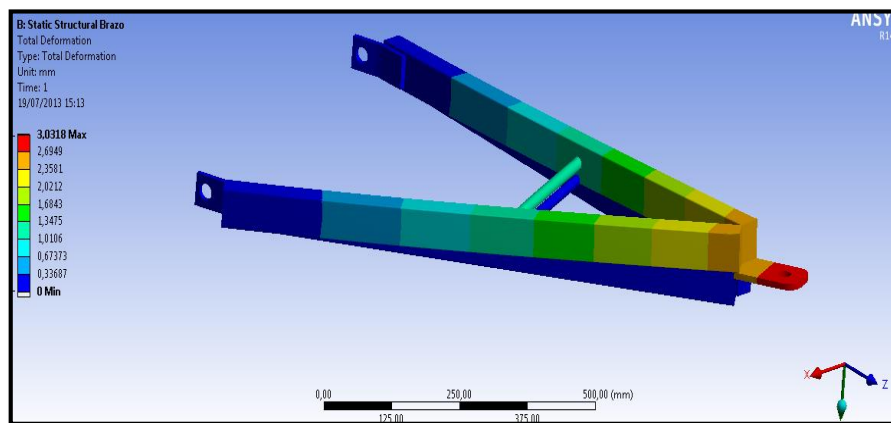
FUENTE: Grupo investigador

**Tabla 3. 26. Características mecánicas Brazo-acople.**

FUENTE: Grupo investigador

<b>Brazo - Acople</b>		
<b>Dimensión</b>	<b>Material</b>	<b>Fuerzas críticas</b>
955 mm longitud 40 x 60 mm tubo 3 mm espesor	Acero ASTM A500	$R_3 = 968,32 N$  $F = 3571,10 N$

El valor crítico de la deformación total obtenida en la simulación, módulo static structural, se encuentra en la parte frontal del brazo de acople, en la parte donde va apoyada al prototipo de tractor agrícola, ubicada de color rojo (3,0318 mm), como se muestra en la figura N° 3.59.



**Figura 3. 59. Resultado deformación máxima (Brazo-acople)**

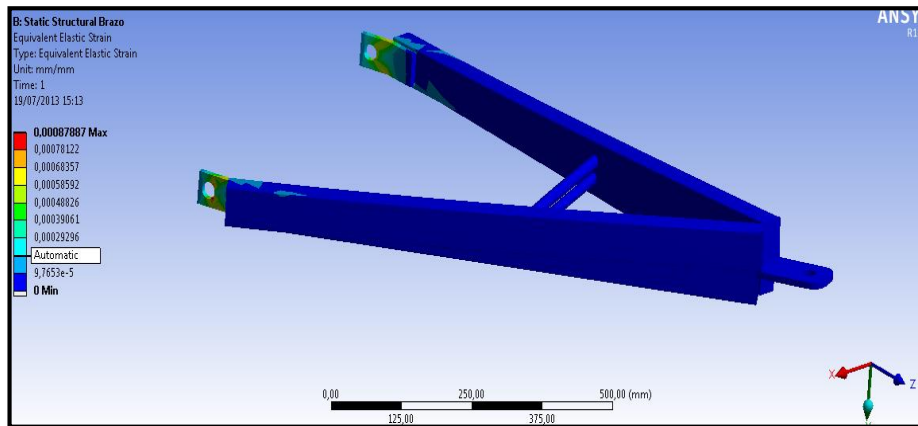
FUENTE: Grupo investigador

**Tabla 3. 27. Deformación máxima Brazo de acople**

FUENTE: Grupo investigador

<b>Deformación máxima obtenida en la simulación</b>	3,0318 mm
---	-----------

El esfuerzo elástico equivalente obtenido es de 0.00087887 como se muestra en la figura N° 3.60.



**Figura 3. 60. Resultado esfuerzo elástico equivalente (Brazo-acople)**

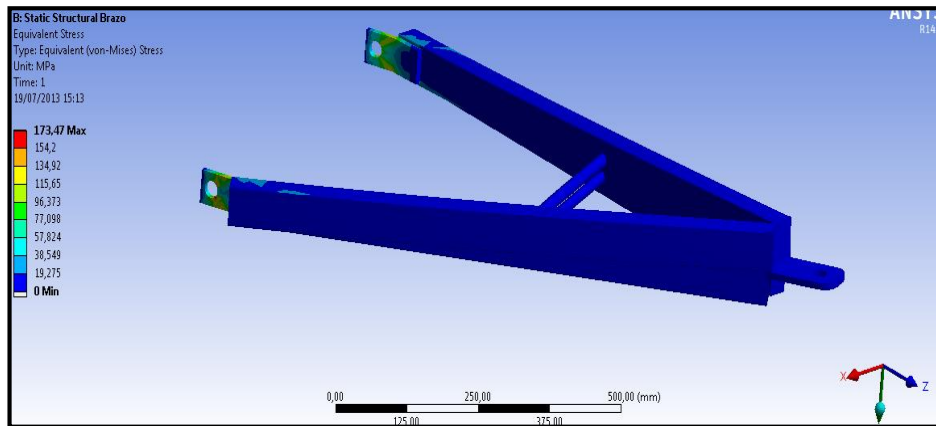
FUENTE: Grupo investigador

La tensión de Von Mises obtenida en la simulación (figura N° 3.61), es menor al valor del límite de fluencia del material utilizado (tabla 3.28), siendo un parámetro adecuado para el diseño.

**Tabla 3. 28. Comparación de valores de tensión del material (Brazo-Acople)**

FUENTE: Grupo investigador

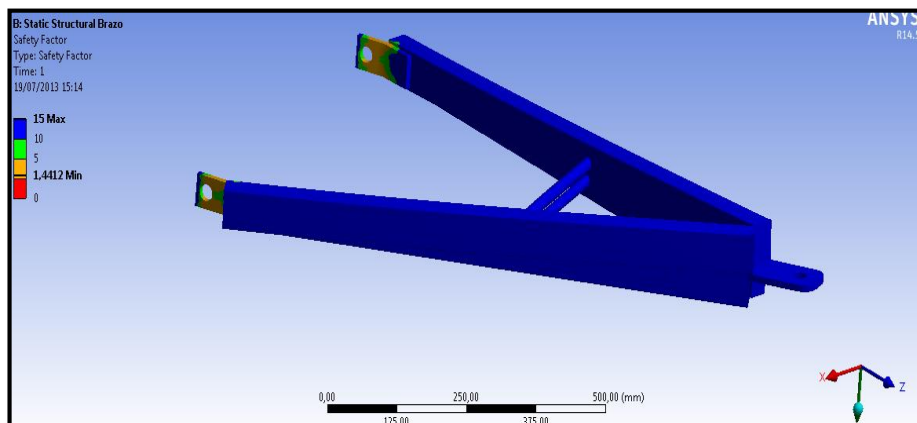
<b>Resistencia al punto cedente acero estructural</b>	317 MPa
<b>Tensión máxima de Von Misses obtenido en la simulación</b>	173,47 MPa



**Figura 3. 61. Resultado tensión Von Mises (Brazo – Acople)**

FUENTE: Grupo investigador

Mediante el análisis Static Structural, se determina que el brazo de acople se comporta mecánicamente de forma apropiada bajo la acción de cargas estáticas que plantean un escenario de simulación en condiciones extremas, arrojando un factor de diseño estático  $N_s = 1,4412$ . (figura N° 3.62)



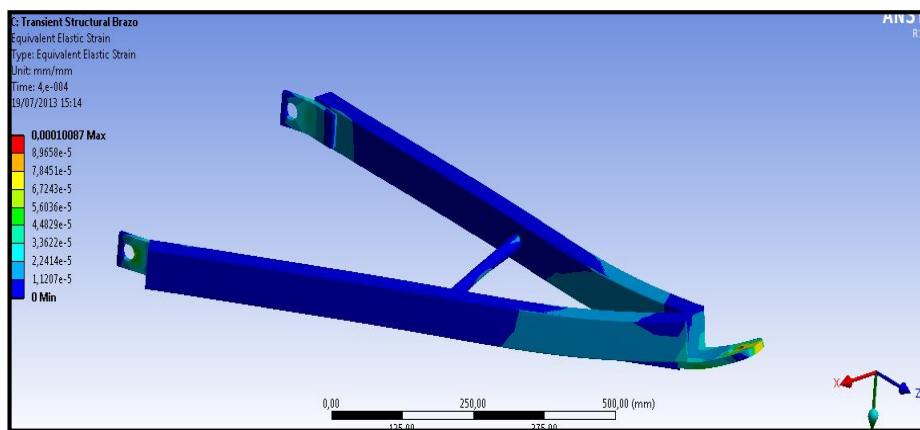
**Figura 3. 62. Análisis factor de seguridad (Brazo-acople)**

FUENTE: Grupo investigador

**Tabla 3. 29. Parámetros de simulación con Transient Structural para el brazo de acople de la Abonadora**

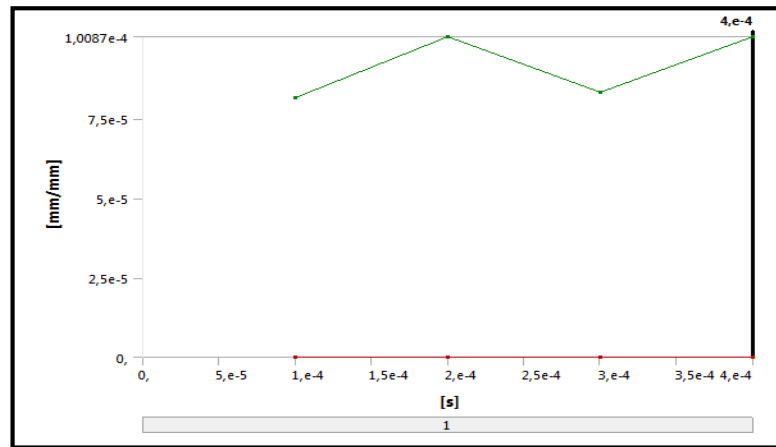
FUENTE: Grupo investigador

Paso de control		
Número de la Etapa	1	
Número actual Paso	1	
Paso hora de finalizacion	4,e-004 s	
Definido por	Time	
Tiempo inicial	1,e-004 s	
Tiempo minimo de paso	1,e-004 s	
Tiempo máximo de paso	1,e-003 s	
Definición		
Tipo	Fuerza	Punto apoyo
Definido por	Vector	
Magnitud	-968,32 N (paso aplicado) 3571,1 N (paso aplicado)	
Dirección	Definido	
Suprimida	No	



**Figura 3. 63. Esfuerzo elástico equivalente (Transient Structural) Brazo-Acople**

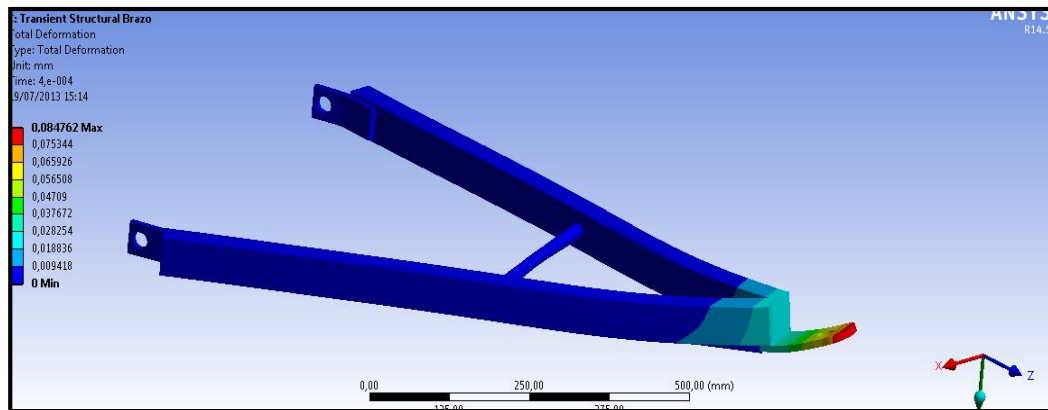
FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 64. Esfuerzo elástico vs tiempo (Brazo-acople)**

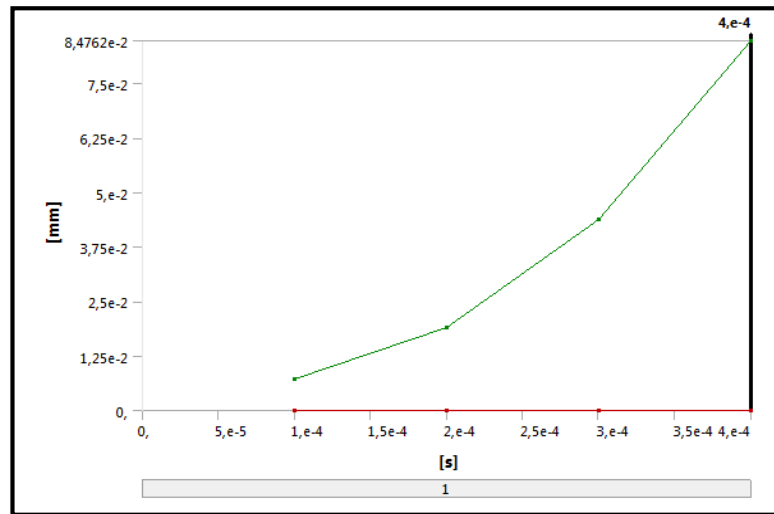
FUENTE: Grupo investigador

En la figura N°3.64 se puede observar que el esfuerzo elástico vs tiempo varia de manera cíclica llegando a su valor máximo en 0.00010087 mm/mm.



**Figura 3. 65. Análisis Deformación Total Brazo-acople (Transient Structural)**

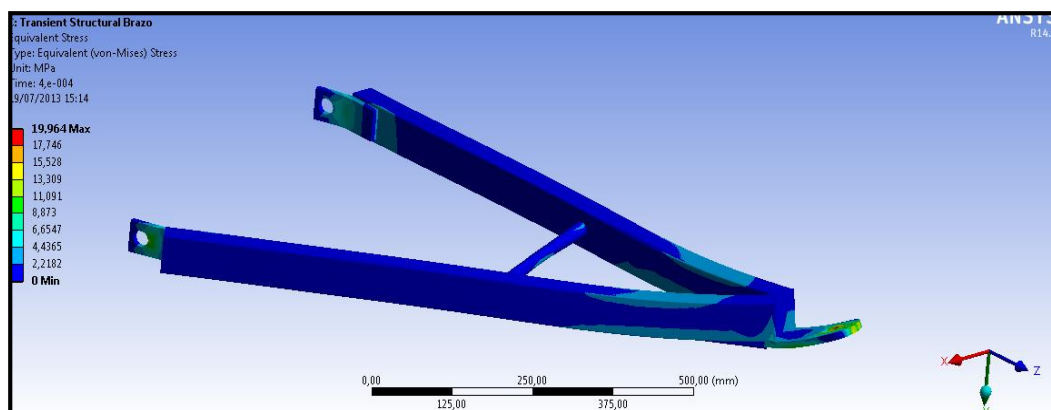
FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 66. Deformación total vs tiempo (Brazo-acople)**

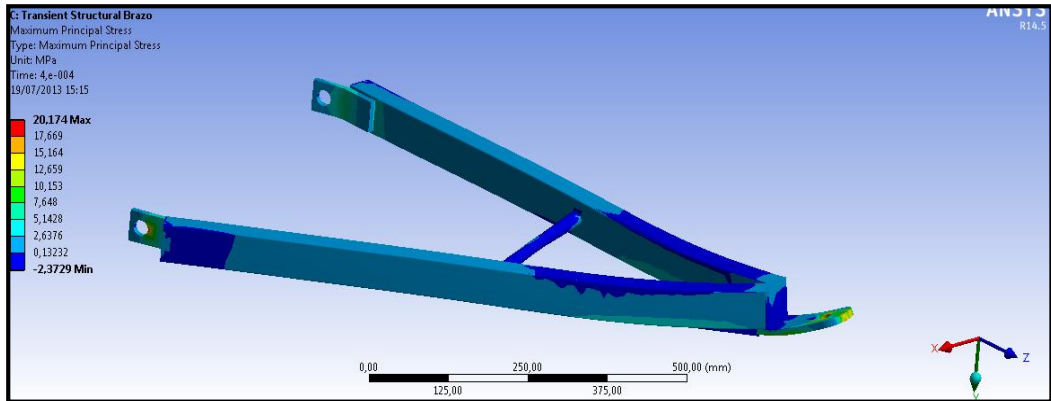
FUENTE: Grupo investigador

En la figura N° 3.66 podemos observar el valor máximo de la deformación referente al tiempo que es de 0.084762 mm.



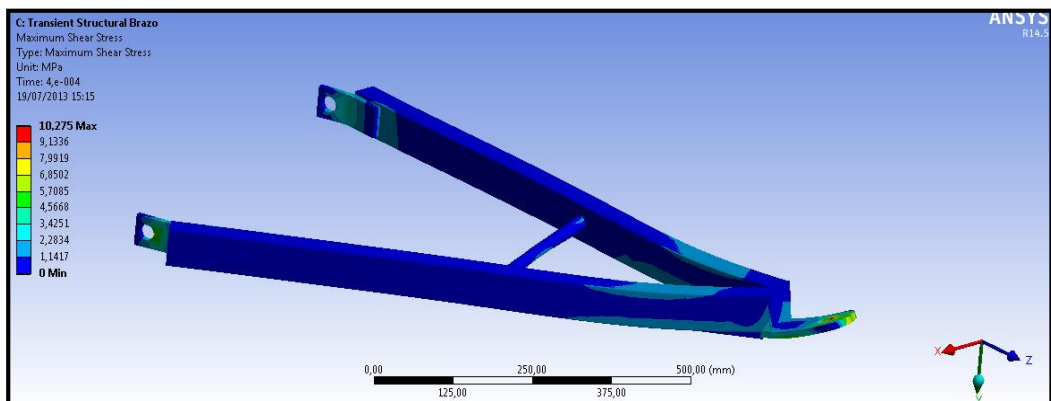
**Figura 3. 67. Análisis tensión de Von Mises Brazo-Acople (Transient Structural)**

FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 68. Análisis tensión principal máxima Brazo-Acople (Transient Structural)**

FUENTE: Grupo investigador

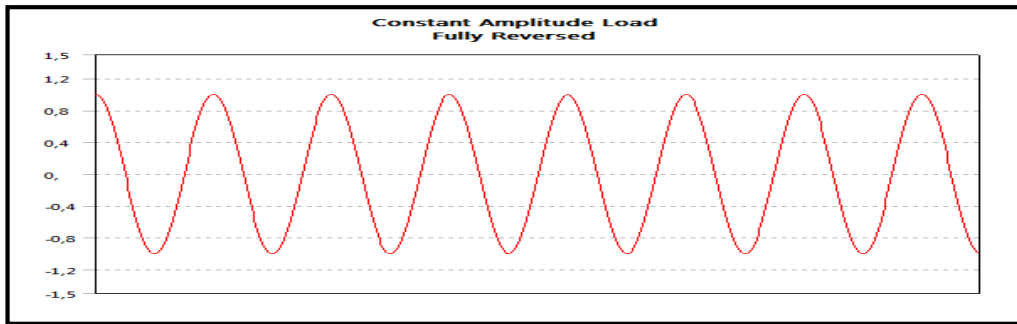


**Figura 3. 69. Análisis tensión cortante máxima Brazo-Acople (Transient Structural)**

FUENTE: Grupo investigador

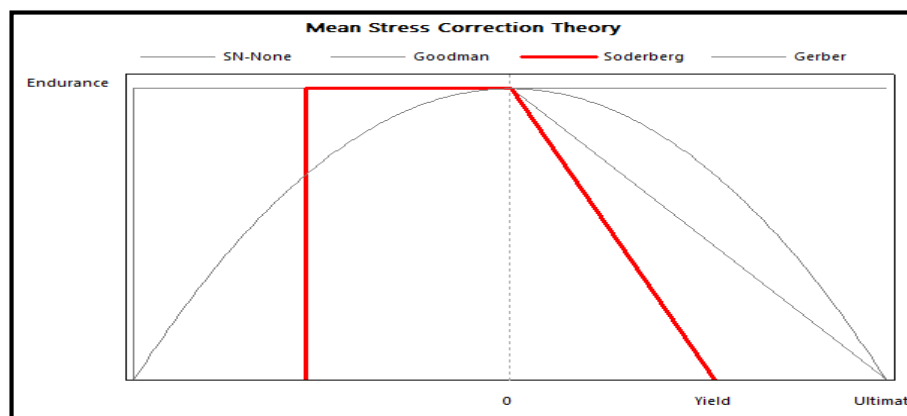


El factor de seguridad se determina dentro del rango cíclico especificado en la figura N° 3.70.



**Figura 3. 70. Fatigue tool. Rango del factor de seguridad (Brazo-Acople)**

FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 71. Fatigue tool. Factor de seguridad Brazo-Acople (método utilizado)**

FUENTE: Grupo investigador

El diagrama de Soderberg se ha utilizado como método de proyección de fallas para el brazo de acople del sistema esparcidor de abono.

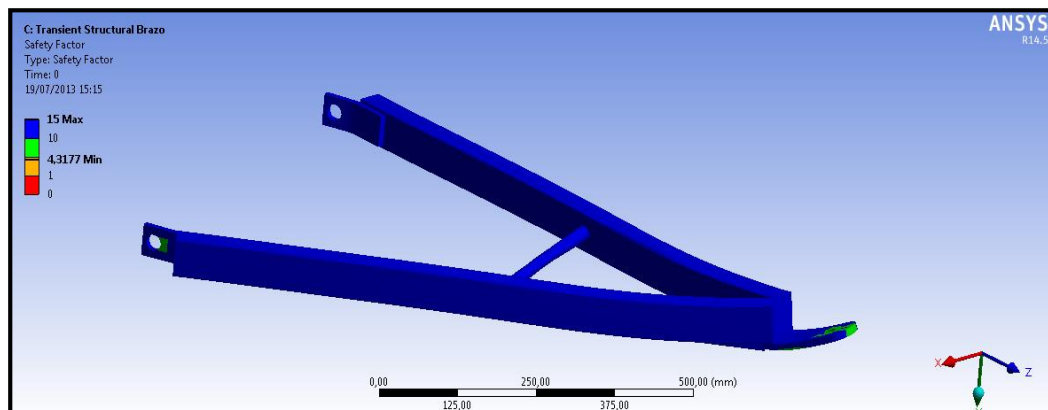
El resumen de los valores resultantes de los esfuerzos analizados se muestra en la tabla N° 3.30.

**Tabla 3. 30. Resultados de simulación con Transient Structural del Brazo de Acople de la abonadora**

FUENTE: Grupo investigador

<b>Resultados</b>					
	<b>Equivalente deformación elástica</b>	<b>Deformación total</b>	<b>Equivalente Total (von-Mises) Tensión</b>	<b>máxima tensión principal</b>	<b>máxima tensión de cizallamiento</b>
<b>Minimo</b>	0, mm/mm	0, mm	0, MPa	-2,3729 MPa	0, MPa
<b>Maximo</b>	1,0087e-004 mm/mm	8,4762e-002 mm	19,964 MPa	20,174 MPa	10,275 MPa
<b>Valor mínimo lo largo del tiempo</b>					
<b>Minimo</b>	0, mm/mm	0, mm	0, MPa	-2,3729 MPa	0, MPa
<b>Maximo</b>	0, mm/mm	0, mm	0, MPa	-0,12007 MPa	0, MPa
<b>Máximo valor a través del tiempo</b>					
<b>Minimo</b>	8,1619e-005 mm/mm	7,2363e-003 mm	16,168 MPa	16,525 MPa	8,319 MPa
<b>Maximo</b>	1,0087e-004 mm/mm	8,4762e-002 mm	19,964 MPa	20,863 MPa	10,275 MPa

Los esfuerzos máximos obtenidos vs tiempo, son menores al límite de fluencia del material a utilizarse por lo que el material es apto para su construcción.



**Figura 3. 72. Fatigue tool. Factor de seguridad (Brazo-Acople)**

FUENTE: Grupo investigador

El factor de seguridad en condiciones de fatiga es mayor a 1 por ende se puede observar que los puntos de mayor concentración de esfuerzo y susceptibles a falla son mínimos que establece a la pieza como ideal para el diseño. (Figura N° 3.72)

**Tabla 3. 31. Factor de seguridad del Brazo de acople en condiciones de fatiga**

FUENTE: Grupo investigador

<b>Modulo</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Factor de seguridad</b>
Transient Structural	Fatiga	<b>4,3177</b>

### **3.9. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA “HERRAMIENTA APORCADORA”**

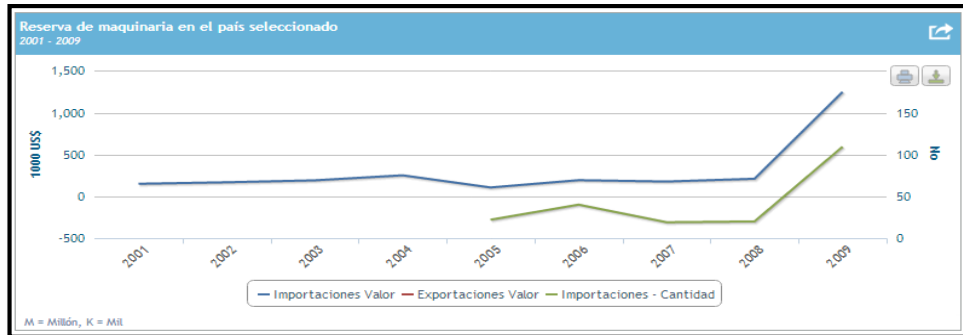
En el Ecuador existe una gran riqueza, en cuanto al suelo es apto para casi toda clase de cultivo lo cual lo hace un país con buena producción agrícola. A pesar de esto los agricultores no cuentan con la herramienta adecuada para la correcta preparación del suelo, ya sea por falta de recursos y por no tener asesoría técnica por parte del estado.

Para la preparación de terreno desde los comienzos de las labores agrícolas el hombre trato de eliminar las hierbas indeseables, primero con las manos y después con la ayuda de implementos sencillos. El azadón es uno de estos implementos para el desyerbe y descompactación de la capa superficial del suelo, que todavía se emplea masivamente. Ahora con la ayuda de la tecnología y con la gran demanda de la agricultura en nuestra sociedad, se han dado muchas alternativas para este tipo de trabajo, tenemos la ayuda de las herramientas agrícolas.

El Ecuador no es un productor de este tipo de herramientas agrícolas convirtiéndole en un país que necesariamente exporta de países desarrollados, en la siguiente tabla se demuestra que en nuestro país solo se importa este tipo de maquinarias.

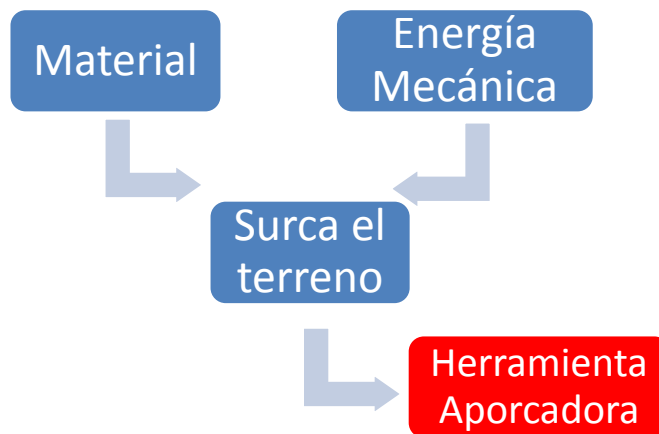
**Tabla 3. 32. Referencia de importación de maquinaria agrícola**

FUENTE: Grupo investigador

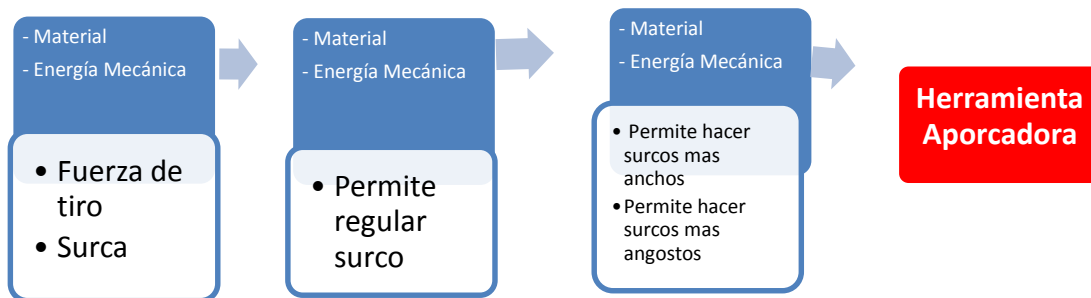


**3.10. DIAGRAMA FUNCIONAL “APORCADORA”**

**FASE 0**



**FASE 1**



### 3.11. CASA DE LA CALIDAD “APORCADORA”

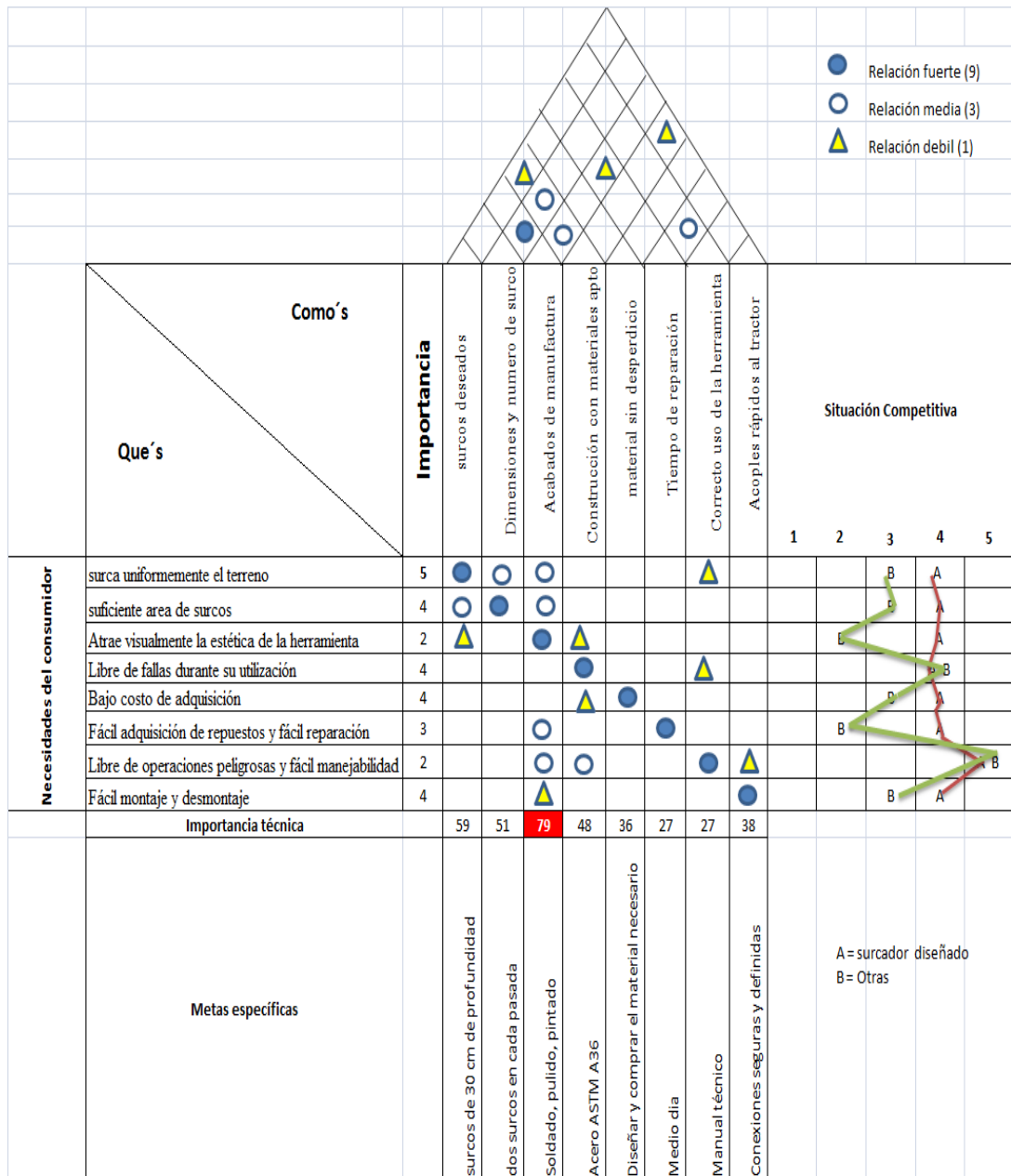
Para la construcción de la casa de la calidad, se establecen una lista de características que los agricultores requieren y solicitan:

- **Desempeño:** Esta es una de las razones principales por las que un cliente compra un producto, surca uniformemente el terreno
- **Capacidad:** Suficiente área de los surcos
- **Apariencia:** Atrae visualmente la estética de la herramienta
- **Confiabilidad y durabilidad:** Libre de fallas durante su utilización
- **Precio:** En el mercado existen una amplia gama de marcas de surcadores y de todos los precios, normalmente el núcleo del diseño suele afectar directamente al precio del producto final. El cliente solicita bajo costo de adquisición de materiales y construcción
- **Mantenimiento:** Fácil adquisición de repuestos y fácil reparación, es muy importante para el cliente en que si sufre algún desperfecto la herramienta ¿se puede arreglar?
- **Seguridad:** Libre de operaciones peligrosas y fácil manejabilidad
- **Instalación:** Fácil montaje y desmontaje

Una vez establecidos las voluntades del cliente, se analiza las diferentes fases de la creación del producto, extrayendo los diferentes aspectos claves y estableciendo grados de relación entre las peticiones del cliente con la manera de llevarlas a cabo.

- **Desempeño:** surcos uniformes deseados
- **Capacidad:** Dimensiones de los surcos realizados
- **Apariencia:** Acabados de manufactura
- **Confiabilidad y durabilidad:** Construcción con materiales aptos
- **Precio:** Adquisición de material necesario, sin desperdicios
- **Mantenimiento:** Tiempo de reparación
- **Seguridad:** Correcto uso de la herramienta

- **Instalación:** Acoples rápidos al tractor



El QFD realizado, indica que la surcadora que vamos a construir va enfocada en realizar surcos uniformes poniendo énfasis en los acabados de manufactura, tomando en cuenta las metas planteadas, dando como resultado una herramienta innovadora y que tenga un valor agregado a la competencia.

### 3.12. PLANTEAMIENTO DE ALTERNATIVAS

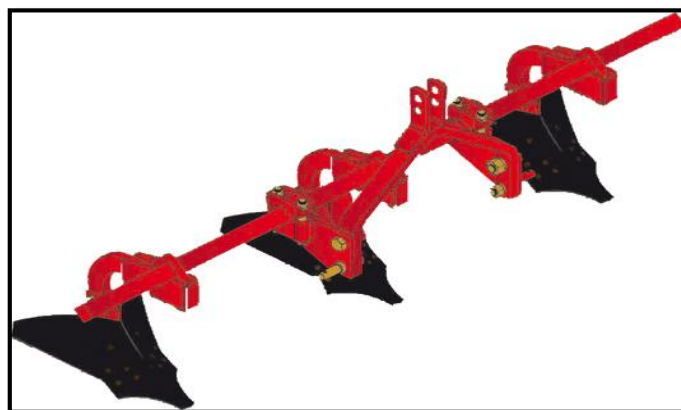
**Tabla 3. 33. Alternativa Surcadora**

FUENTE: Grupo investigador

<b>ALTERNATIVA 1</b>	Aporcadora	Formación de Caballones
<b>ALTERNATIVA 2</b>	Escarificador	Disgregar el suelo
<b>ALTERNATIVA 3</b>	Extirpadoras	Cortar raíces

#### 3.12.1. ALTERNATIVA 1: Aporcadora

Es un implemento que se emplea para la apertura de surcos en la siembra de cultivos, como la papa y caña de azúcar, y en versiones más diminutas para rallar siembras de plántulas como en hortalizas; pero igualmente puede usarse para surcar drenajes del agua de escorrentía de los lotes de cultivo entre otras.

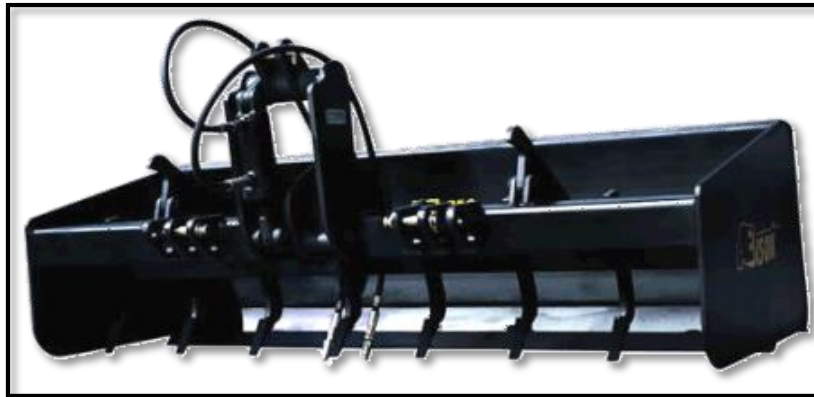


**Figura 3. 73. Surcador**

FUENTE: Grupo investigador

### 3.12.2. ALTERNATIVA 2: Escarificadora

La escarificadora es una herramienta o máquina que sirve para escarificar la tierra. El escarificado se define como el rompimiento o rasgadura de la superficie o costra de la tierra con el fin de prepararla para iniciar otras tareas agrícolas. Las distintas escarificadoras consisten en púas o cuchillas que se pasan por el suelo para sacar raíces muertas, musgos u otras impurezas, dejando escaras en el terreno que permiten la ventilación y el espacio para las especies vegetales más fuertes.



**Figura 3. 74. Escarificadora**

FUENTE: Grupo investigador

### 3.12.3. ALTERNATIVA 3: Extirpadora

El extirpador es un instrumento agrícola apropiado sobre todo, para destruir las malezas y enterrar la semilla.

Consiste en un marco de madera teniendo en lugar de dientes, tres, cinco o siete rejas de hierro acerado de un pie de ancho sobre 15 pulgadas de largo sostenidas por troncos del mismo metal. Estos troncos deben ser muy fuertes para resistir los esfuerzos de dos o cuatro caballos o el tractor que se ata al extirpador. Tienen casi la forma de una reja de arado y para darles más solidez se les inclina y se les encorva hacia adelante. Algunas veces también se les ahorquilla abajo.



El extirpador no puede funcionar en las tierras que no han sido removidas excepto en las que están por desmontar inmediatamente después de la ciega en que produce muy buenos resultados pero para la segunda o tercera labor puede reemplazar al arado y hacer tres o cuatro veces tanta más tarea.



**Figura 3. 75. Extirpadora**

FUENTE: Grupo investigador

### **3.13. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS**

#### **3.13.1. Parámetros:**

Los parámetros que se han tomado en cuenta para la selección de las alternativas anteriormente presentadas para realización del presente proyecto son:

- Facilidad para la formación de surcos: Aplicación
- Costo de fabricación bajo: Costos
- Peso que pueda ser sostenido o arrastrado por el prototipo de tractor agrícola: Peso
- Facilidad de construcción: Construcción
- Buen funcionamiento: Confiabilidad

### 3.13.2. Factor de ponderación

- Aplicación: 0.4
- Costos: 0.4
- Peso: 0.3
- Construcción: 0.2
- Confiabilidad: 0.2

### 3.13.3. Matriz de Ponderación

**Tabla 3. 34. Matriz de ponderación “Aporcadora”**

FUENTE: Grupo investigador

	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3
Aplicación	0.4 9	0.4 3	0.4 3
Costos	0.4 9	0.4 7	0.4 6
Peso	0.3 7	0.3 4	0.3 4
Construcción	0.2 8	0.2 6	0.2 4
Confiabilidad	0.2 7	0.2 5	0.2 7
TOTAL	<b>12,3</b>	<b>7,4</b>	<b>7,0</b>

### 3.13.4. Alternativa seleccionada:

- Aporcador (surcadora).

### 3.14. MODELADO ASISTIDO POR COMPUTADORA - APORCADORA

#### 3.14.1. Procedimiento de la modelización.

Para empezar con la modelización, primero identificamos las partes de un sistema aporcador con las características de la alternativa seleccionada y las dimensiones aptas para ser acoplada al prototipo de tractor agrícola.

Las partes a modelar son las siguientes:

- **Bastidor:** Constituye el armazón del surcador sobre este se montan los cuerpos del surcador, la torreta de enganche al tractor y las rejas. Se trata de una estructura tubular cuadrada.
- **Brazo:** es el acople del bastidor con las alas del surcador
- **Rejas Aporcadoras:** se utiliza en forma de caballones, a modo de dos vertederas que voltean ambos lados del brazo.

#### 3.14.2. Boceto de las piezas.

Luego de abrir una plantilla se procede a dibujar los elementos mecánicos que tiene el sistema aporcador tomando en cuenta las dimensiones tentativas para la construcción.

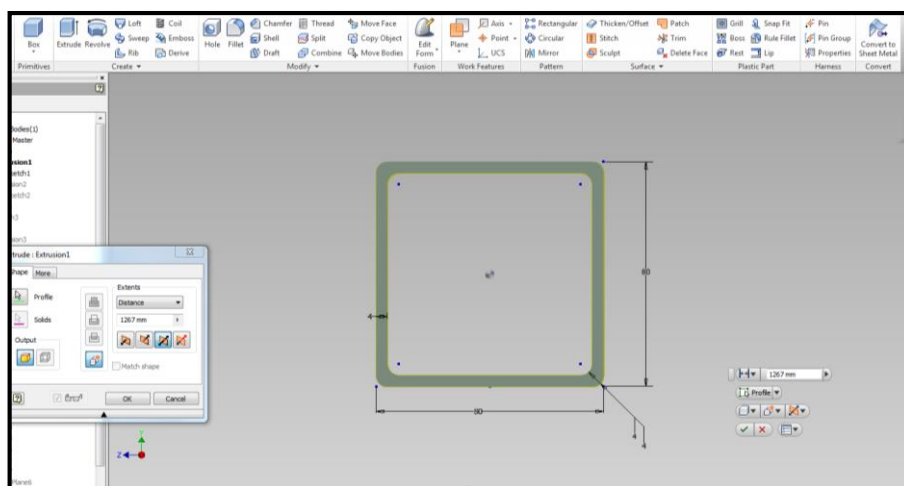
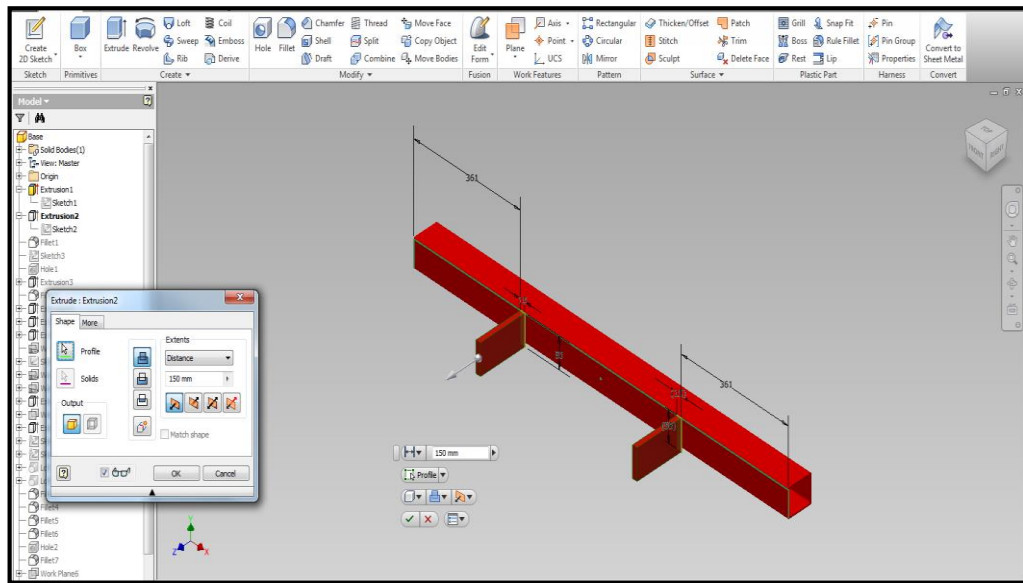


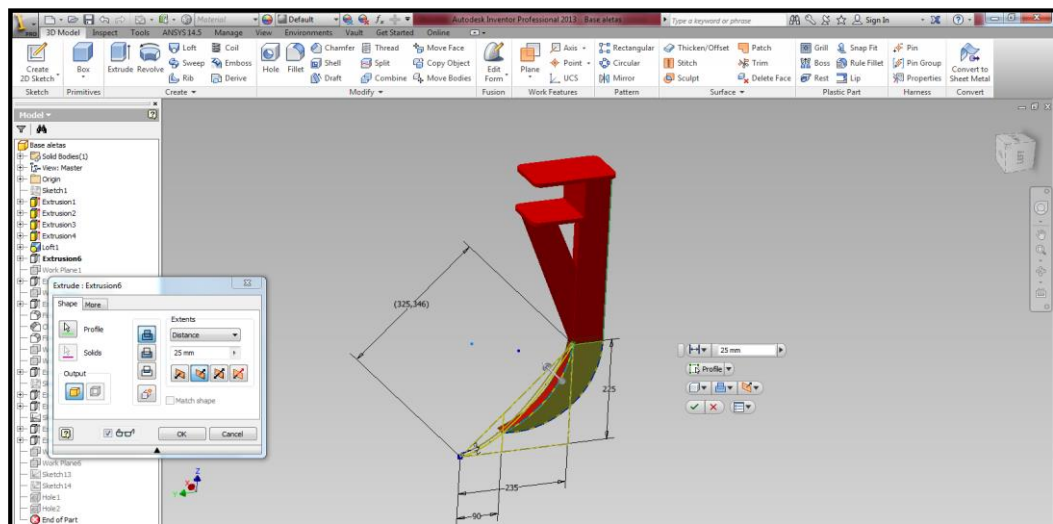
Figura 3. 76. Boceto creación del chasis tubular

FUENTE: Grupo investigador



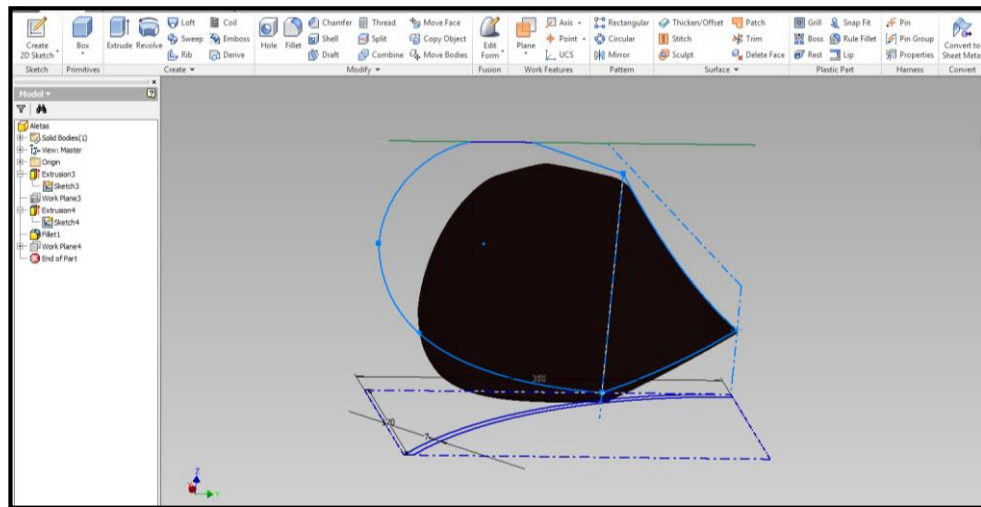
**Figura 3. 77. Boceto modelado enganche del tractor**

FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 78. Boceto modelado brazos porta alas**

FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 79. Boceto modelado alas surcadoras**

FUENTE: Grupo investigador

Las figuras muestran el avance del diseño mediante bocetos, utilizando todas las herramientas de diseño geométrico con medidas de longitud reales.

Después de realizar operaciones como extrusiones, chaflanes, revoluciones, empalmes, etc., obtenemos el modelado del sistema aporcador.



**Figura 3. 80. Sistema aporcador ensamble-software**

FUENTE: Grupo investigador

### 3.15. ANÁLISIS DE CARGAS APLICADAS AL SURCADOR

#### 3.15.1. Fuerza necesaria para surcar

$$F = u * S \quad (\text{Ec. 3.25})$$

$$S = n * a * p \quad (\text{Ec. 3.26})$$

Dónde:

$n$  = número de cuerpos del surcador

$a$  = Ancho de cada cuerpo

$p$  = profundidad

$$S = 2 * 10 * 20$$

$$S = 600 \text{ cm}^2$$

Según ASAE el valor específico para la resistencia específica para distintos suelos. (Anexo A-1)

Tomamos el suelo con mayor resistencia que es el Arcillo – limonoso con un coeficiente de:

$$u = 7 + 0,049 * v^2 \quad (\text{Ec. 3.27})$$

Dónde:

$v$  = La velocidad promedio del tractor que es  $4 \text{ km/h}$

$S$  = sección de trabajo

$$F = u * S$$

$$F = [7 + (0.049)(4^2)] * 600$$

Fuerza necesaria total

$$F = 4670.4 \text{ N}$$

### 3.15.2. Fuerza para cada cuerpo del surcador

$$F_p = \frac{4670.4}{2} = 2335.2 \text{ N} \quad (\text{Ec. 3.28})$$

### 3.15.3. Cálculo de la potencia necesaria para mover un surcador de dos cuerpos

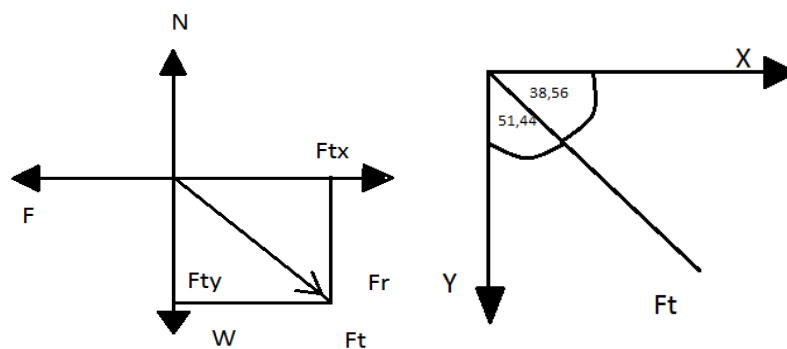


Figura 3. 81. Diagrama de equilibrio surcador

FUENTE: Grupo investigador

Se aplica la sumatoria de fuerzas en y:

$$\sum F_y = 0$$

Dónde:

N = normal

W = peso

$Ft_y$  = Fuerza necesaria para surcar en el eje y

$$N - w - Ft_y = 0$$

$$N = mg + Ft \text{ Sen } 51.44$$

$$N = 602.21 + 3652.05$$

$$N = 4254.26 \text{ N}$$

Se aplica la sumatoria de fuerzas en x:

Dónde:

F = Fuerza total

F<sub>t</sub> = fuerza necesaria para surcar

F<sub>r</sub> = fuerza de fricción

$$\sum F_x = m * a$$

$$F_N - F_t - F_r = m * a$$

Se presume una aceleración de  $1.11 \text{ m/s}^2$

$$F = u * N + F_t \cos 51.44 + m * a$$

$$F = 68.21 + 3828.83 + 2911.22$$

$$F = 6808.26 \text{ N} = 69425 \text{ Kgf}$$

Dónde:

P= potencia necesaria

F= Fuerza total

V= velocidad del tractor (m/s)

$$P = \frac{F * V}{76} \quad (\text{Ec. 3.29})$$

$$P = \frac{694.25 * 1.11}{76}$$

$$P = 10.31 \text{ Hp}$$

Para mover un surcador de dos cuerpos se necesita una potencia de 10.31 Hp



## 3.16. ANÁLISIS COMPUTACIONAL ASISTIDO (CAE)

### 3.16.1. Simulación del soporte de los brazos de la herramienta Aporcadora.

En la ventana de Mechanical, se asegura que la geometría, el material, las conexiones, el mallado, los soportes y las fuerzas previamente calculadas estén aplicados correctamente.

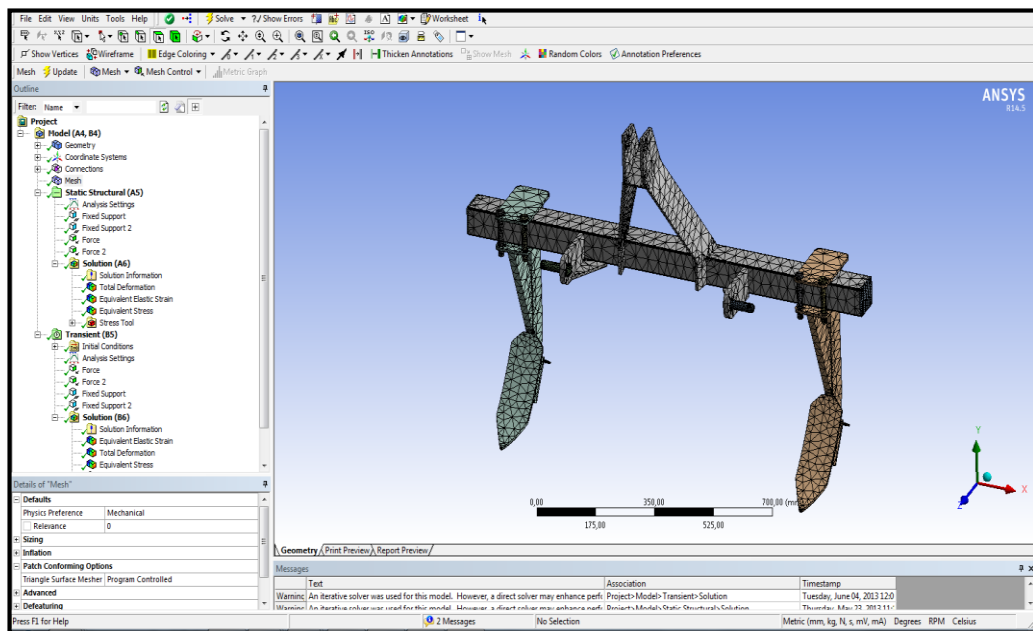
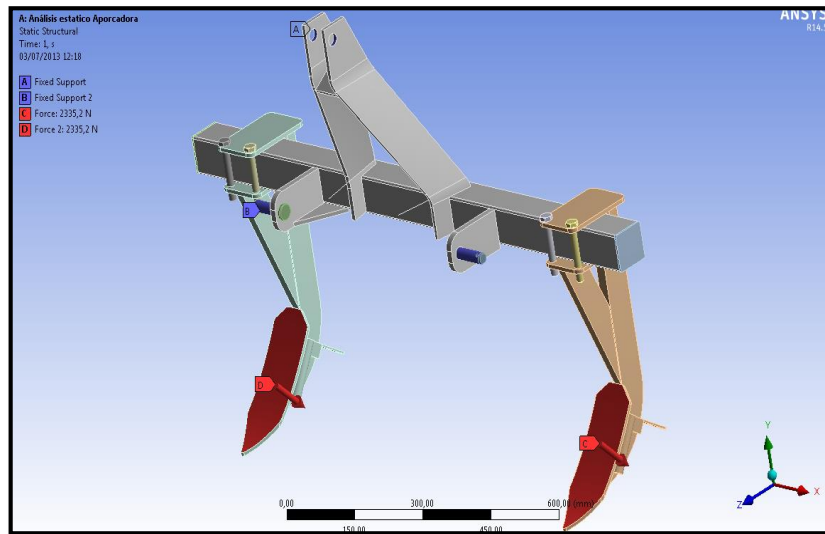


Figura 3. 82. Estructura surcadora aplicada ANSYS

FUENTE: Grupo investigador

La fuerza crítica al que está sometida la estructura de la surcadora es la fuerza necesaria para surcar, este valor es de 2335.2 N, calculando este valor con el tipo de suelo más duro que existe. (Ecuación 3.28)



**Figura 3. 83. Aplicación de fuerzas en puntos críticos de la surcadora**

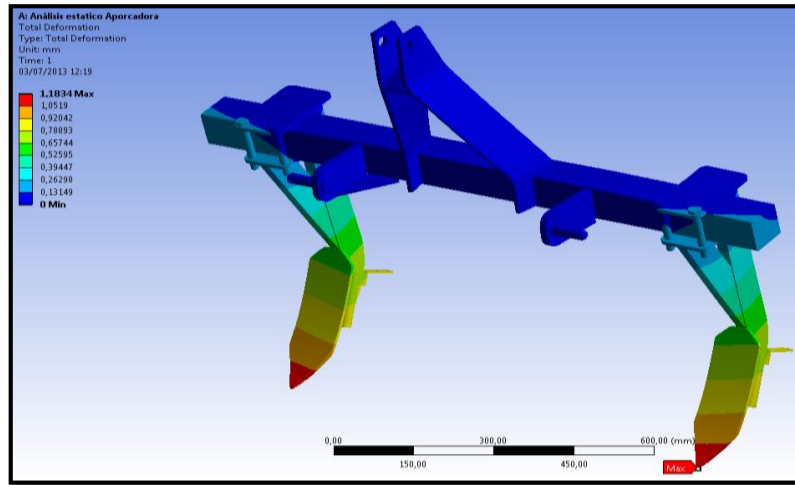
FUENTE: Grupo investigador

**Tabla 3. 35. Característica mecánica surcadora**

FUENTE: Grupo investigador

<b>Característica mecánica surcadora</b>	
<b>Material</b>	<b>Esfuerzo crítico</b>
Acero ASTM A36	2335,2 N

El valor crítico de la deformación total obtenida en la simulación, módulo static structural, se encuentra en las puntas de las alas en la parte inferior de color rojo (1.1834mm), como se muestra en la figura N° 3.84.



**Figura 3. 84. Resultado deformación máxima Estructura Aporcadora**

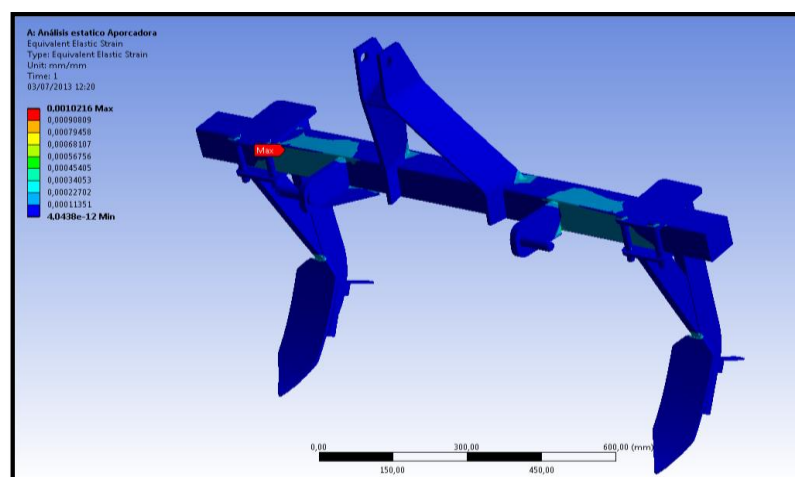
FUENTE: Grupo investigador

**Tabla 3. 36. Deformación estructura Aporcadora**

FUENTE: Grupo investigador

<b>Deformación máxima obtenida en la simulación</b>	1.1834 mm
---	-----------

El esfuerzo elástico equivalente obtenido es de 0.0010216 como se muestra en la figura N° 3.85.



**Figura 3. 85. Resultado esfuerzo elástico equivalente Aporcadora**

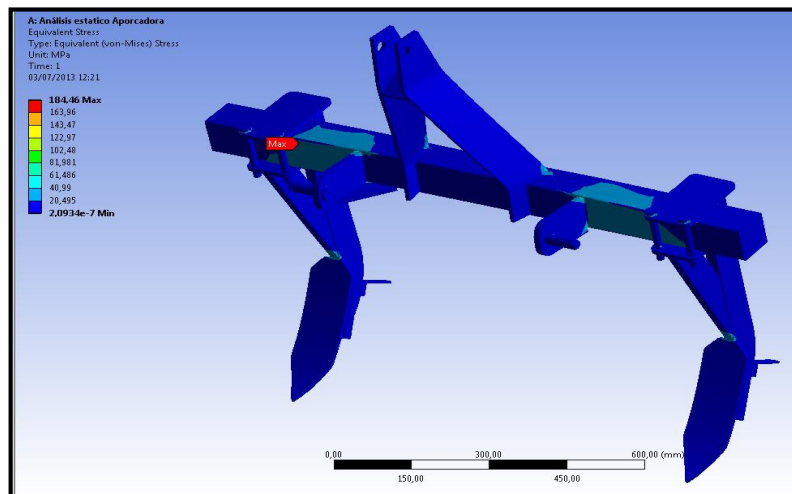
FUENTE: Grupo investigador

La tensión de Von Mises obtenida en la simulación (figura N° 3.86), es menor al valor del límite de fluencia del material utilizado, siendo un parámetro adecuado para el diseño. (Tabla N° 3.37)

**Tabla 3. 37. Comparación de valores de tensión del material Aporcadora**

FUENTE: Grupo investigador

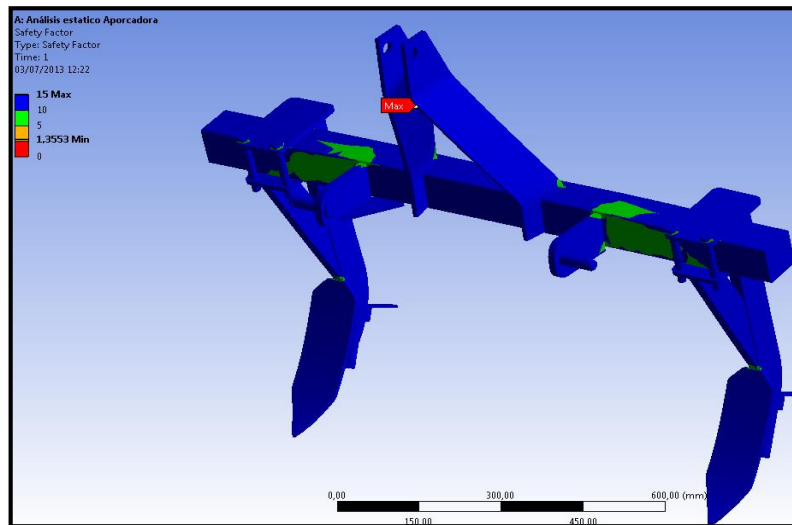
<b>Resistencia al punto cedente acero ASTM A36</b>	248MPa
<b>Tensión máxima de Von Misses obtenido en la simulación</b>	178.96 MPa



**Figura 3. 86. Resultado tensión Von Mises Estructura surcadora**

FUENTE: Grupo investigador

Mediante el análisis Static Structural, se determina que la estructura se comporta mecánicamente de forma apropiada bajo la acción de cargas estáticas que plantean un escenario de simulación en condiciones extremas, arrojando un factor de diseño estático  $N_s=1.3535$ . (Figura 3.87)



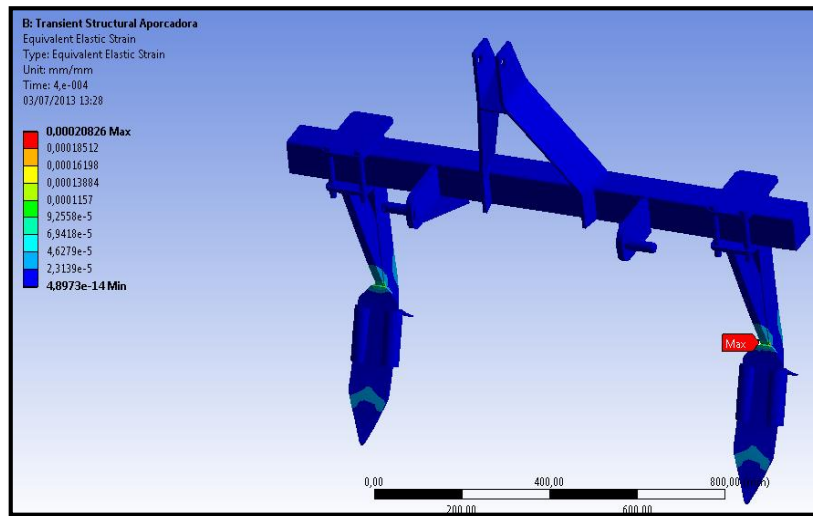
**Figura 3. 87. Análisis factor de seguridad surcadora**

FUENTE: Grupo investigador

**Tabla 3. 38. Parámetros de simulación con Transient Structural para la herramienta Aporcadora**

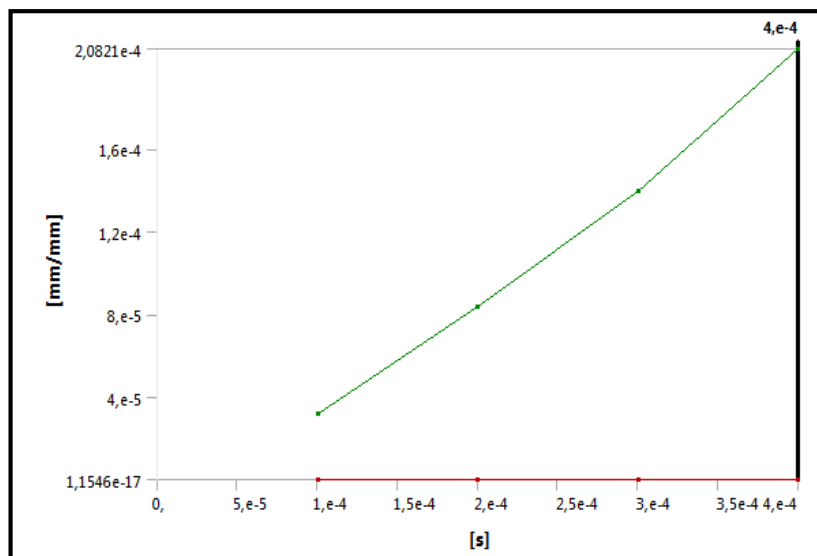
FUENTE: Grupo investigador

<b>Paso de control</b>		
Número de la Etapa	1	
Número actual Paso	1	
Paso hora de finalizacion	4,e-004 s	
Definido por	Time	
Tiempo inicial	1,e-004 s	
Tiempo minimo de paso	1,e-004 s	
Tiempo máximo de paso	1,e-003 s	
<b>Definición</b>		
Tipo	Fuerza	Punto de apoyo
Definido por	Vector	
Magnitud	2335,2 N (paso aplicado)	
Dirección	Definida	
suprimida	No	



**Figura 3. 88. Esfuerzo elástico equivalente Aporcadora (Transient Structural)**

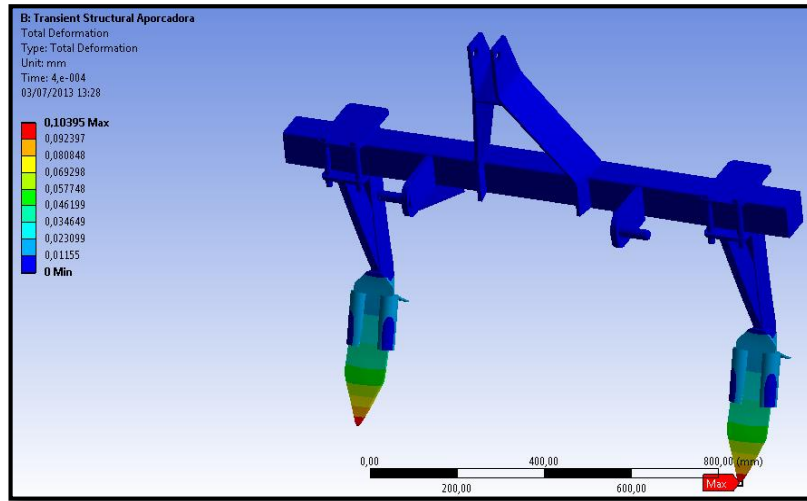
FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 89. Esfuerzo elástico vs tiempo (Aporcadora)**

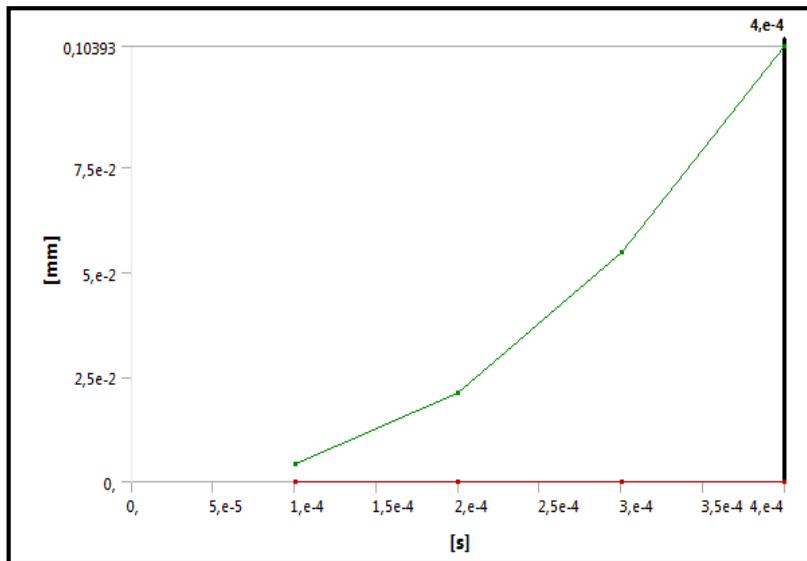
FUENTE: Grupo investigador

En la figura N° 3.89, se puede observar que el esfuerzo elástico vs tiempo varia de manera lineal llegando a su valor máximo en 0.00020826 mm/mm.



**Figura 3. 90. Análisis Deformación Total Aporcadora (Transient Structural)**

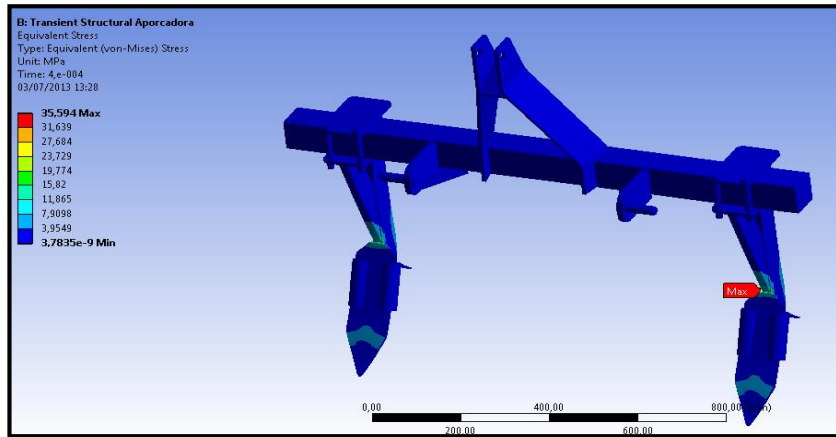
FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 91. Deformación total vs tiempo (Aporcadora)**

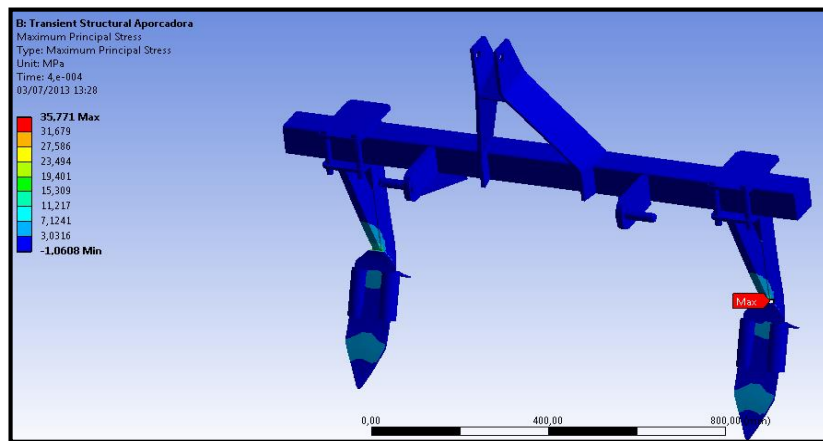
FUENTE: Grupo investigador

En la figura N° 3.91, podemos observar el valor máximo de la deformación referente al tiempo que es de 0.10393 mm.



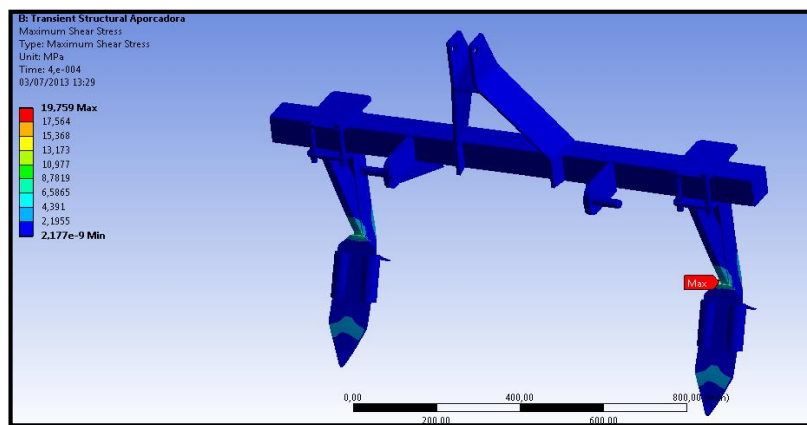
**Figura 3. 92. Análisis tensión de Von Mises Aporcadora (Transient Structural)**

FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 93. Análisis tensión principal máxima Aporcadora (Transient Structural)**

FUENTE: Grupo investigador

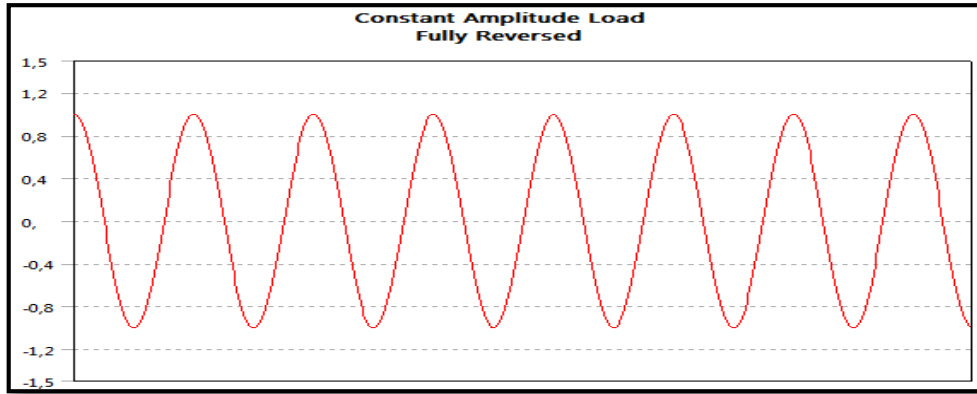


**Figura 3. 94. Análisis tensión cortante máxima Aporcadora (Transient Structural)**

FUENTE: Grupo investigador

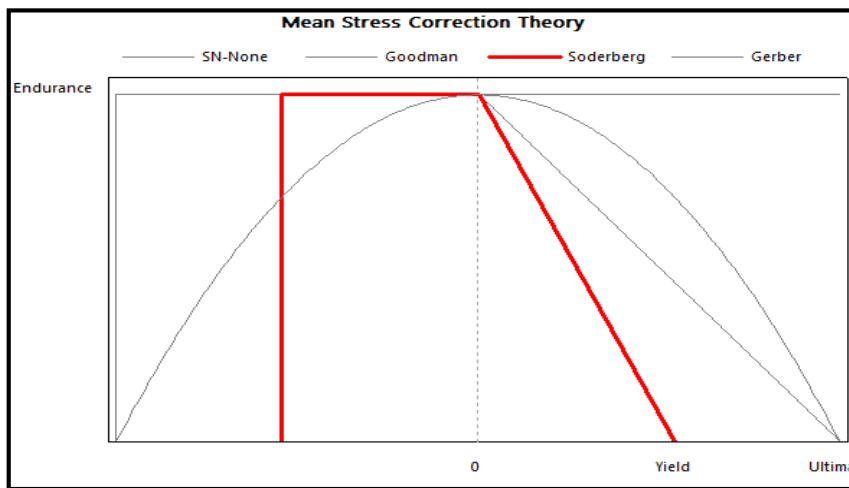


El factor de seguridad se determina dentro del rango cíclico especificado en la figura N° 3.95.



**Figura 3. 95. Fatigue tool. Rango del factor de seguridad cíclico.  
(Aporcadora)**

FUENTE: Grupo investigador



**Figura 3. 96. Fatigue tool. Factor de seguridad Aporcadora (método  
utilizado)**

FUENTE: Grupo investigador

En el diagrama de Soderberg se ha utilizado como método de proyección de fallas, observando que la línea de tensión de diseño se encuentra inferior al límite de fluencia por lo que se encuentra en un rango seguro de factor de seguridad.

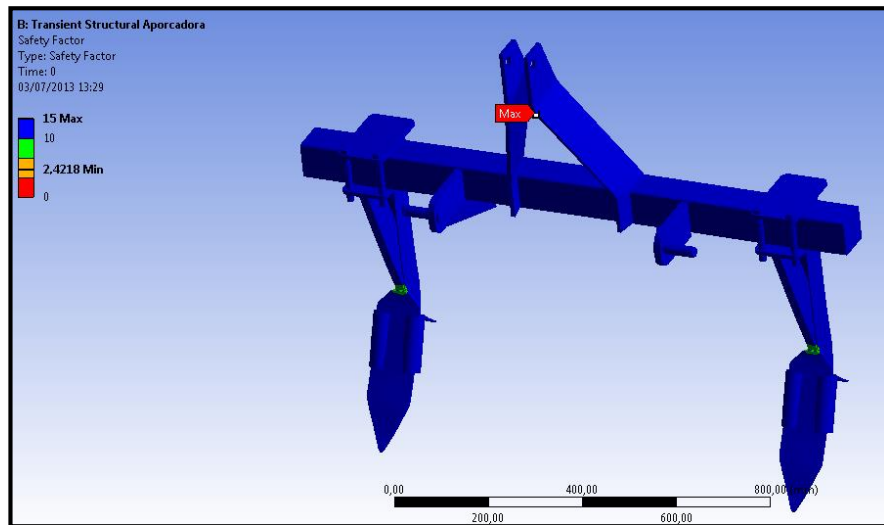
El resumen de los valores resultantes de los esfuerzos analizados se muestra en la tabla N° 3.39.

**Tabla 3. 39. Resultados de simulación con Transient Structural de la estructura de la Aporcadora.**

FUENTE: Grupo investigador

	<b>Equivalente deformación elástica</b>	<b>Deformación total</b>	<b>Equivalente Total (von-Mises) Tensión</b>	<b>máxima tensión principal</b>	<b>máxima tensión de cizallamiento</b>
<b>Resultados</b>					
<b>Minimo</b>	4,9121e-014 mm/mm	0, mm	3,7951e-009 MPa	-6,0721 MPa	2,1837e-009 MPa
<b>Máximo</b>	2,0821e-004 mm/mm	0,10393 mm	35,585 MPa	16,247 MPa	19,755 MPa
<b>Valor mínimo lo largo del tiempo</b>					
<b>Minimo</b>	1,1546e-017 mm/mm	0, mm	1,1728e-012 MPa	-6,0721 MPa	6,5651e-013 MPa
<b>Máximo</b>	4,9121e-014 mm/mm	0, mm	3,7951e-009 MPa	-0,24234 MPa	2,1837e-009 MPa
<b>Máximo valor a través del tiempo</b>					
<b>Minimo</b>	3,1973e-005 mm/mm	4,2739e-003 mm	5,1246 MPa	5,3827 MPa	2,8546 MPa
<b>Máximo</b>	2,0821e-004 mm/mm	0,10393 mm	35,585 MPa	16,247 MPa	19,755 MPa

Los esfuerzos máximos obtenidos vs tiempo, son menores al límite de fluencia del material a utilizarse por lo que el material es apto para su construcción.



**Figura 3. 97. Fatigue tool. Factor de seguridad Aporcadora**

FUENTE: Grupo investigador

El factor de seguridad en condiciones de fatiga es mayor a 1 por ende se puede observar que los puntos de mayor concentración de esfuerzo y susceptibles a falla son mínimos que establece a la pieza como ideal para el diseño. (Figura 3.97)

**Tabla 3. 40. Factor de seguridad de Aporcadora en condiciones de fatiga**

FUENTE: Grupo investigador

<b>Modulo</b>	<b>Condiciones</b>	<b>Factor de seguridad</b>
Transient Structural	Fatiga	<b>2,4218</b>

## CAPITULO IV

### 4. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA ESPARCIDOR DE ABONO Y DE UNA HERRAMIENTA APORCADORA.

En el presente capítulo se detalla los procedimientos para la construcción del sistema esparcidor de abono y de la herramienta aporcadora. Los conocimientos adquiridos sobre los procesos de construcción de la maquinaria serán de gran beneficio para tener una apropiada distribución de los materiales.

Una vez realizada la distribución de materiales se procedió a marcar, cortar, plegar. Posteriormente el armado, soldado de las distintas partes que conforman la herramienta esparcidora de abono y la surcadora, dando como parte final el acabado con la pintura.

Una vez concluidas las herramientas, se podrá poner a prueba y dar el uso adecuado de acuerdo a las necesidades del agricultor, acoplándolas individualmente en el prototipo de tractor agrícola monoplaza a Diesel.



**Figura 4. 1. Prototipo de Tractor Agrícola**

FUENTE: Grupo investigador

#### 4.1. CONSTRUCCIÓN “HERRAMIENTA APORCADORA”

##### 4.1.1. Diagrama de Operaciones para la Construcción de la Aporcadora

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UNA HERRAMIENTA APORCADORA PARA EL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIESEL											
		<input type="checkbox"/> METODO ACTUAL <input type="checkbox"/> METODO PROPUESTO					FECHA: 07-05-2013				
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: Estructura principal y brazos aletas.											
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: CONSTRUCCIÓN											
		ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS			
		TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM				
	OPERACIONES	12						ESTUDIADO POR : BUENAÑO MÁXIMO CAIZALUISA GUSTAVO			
	TRANSPORTE	0									
	INSPECCIONES	3									
	RETRASOS	0									
	ALMACENAM	1									
DIST RECORRIDA											
PASO	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DIST. EN KM	CANTIDAD	TIEMPO HORA/UNI	CÁLCULOS DE TIEMPO COSTO
1	ADQUISICIÓN DE MATERIALES	AUTO						2	2		
2	MEDICIÓN DE PERFIL	FLEXÓMETRO						10	2		
3	CORTAR	PLASMA						10	3		
4	PULIR	MOLADORA						14	2		
5	MEDICION DE PLETINA	FLEXÓMETRO						4	0.5		
6	CORTAR	PLASMA						4	1		
7	PULIR	MOLADORA						4	0.5		
8	MEDICIÓN DE PLANCHA	FLEXÓMETRO						2	0.5		
9	CORTAR	PLASMA						8	1		
10	PULIR	MOLADORA						6	1		
11	SOLDAR	SMAW						12	4		
12	LIMPIAR	CEPILLO						15	1		
13	LIJAR	LIJA						10	2		
14	PINTAR	PISTOLA						8	2		
15	ALMACENAMIENTO	TALLER						1	0.5		

#### 4.1.2. Construcción del Sistema de Enganche de Tres puntos del Surcador

Para la construcción de este sistema de enganche de tres puntos se utilizó una plancha de acero ASTM A-36, las dimensiones se indican en el Anexo C y Anexo B-4. Para realizar este procedimiento se utilizó la herramienta de corte en plasma, los acabados finales se dieron con una amoladora con disco de desbaste, los agujeros fueron realizados el torno y el proceso de soldadura fue SMAW con electrodo 6010 y posteriormente con electrodo 7018.



**Figura 4. 2. Enganche tres puntos del surcador**

FUENTE: Grupo investigador

#### 4.1.3. Construcción del Bastidor del Surcador

Para la construcción del bastidor se adquirió perfiles estructurales q son ángulos de acero ASTM A-36 de dimensiones 0.38 mm x 3 mm de espesor. En este Angulo procedemos a cortar con en dos partes iguales de 1275 mm para luego unir y formar un tubo cuadrado q es la base del bastidor la unión se realiza mediante el proceso de soldadura GMAW, Se utilizó un electrodo continuo consumible ER70S-3 con un diámetro de alambre de 0.7mm. (Anexo B-1)



**Figura 4. 3. Bastidor del surcador**

FUENTE: Grupo investigador

#### **4.1.4. Construcción del Brazo del Surcador**

Para la construcción del brazo se utilizó acero ASTM A-36 las dimensiones tenemos en el Anexo C y Anexo B-4. Se procedió a marcar y emplear el proceso de corte por plasma, una vez obtenido la pieza procedemos a realizar el proceso de esmerilado y biselado para luego realizar el proceso de soldadura SMAW con electrodo 6011 y posteriormente electrodo 7018. A continuación se utilizó un taladro con una broca 5/8 para poder instalar los pernos. (Figura 4.4)



**Figura 4. 4. Brazos del surcador**

FUENTE: Grupo investigador

#### 4.1.5. Construcción de las rejas Aporcadoras

En la construcción de estas rejas aporcadoras se empleó una plancha de acero ASTM A-36. Sus dimensiones están en el Anexo C. Primero se realizó una matriz de cartón para luego proceder al cortar con la plasma y así dar forma a las alas, con la amoladora se dio los acabados finales, también se utilizó bisagras y pletinas para hacer q estas rejas aporcadoras sean regulables según sea la necesidad, estos elementos anteriormente mencionados fueron unidos mediante el proceso de soldadura SMAW con electrodo 6011. Fig. 4.6



**Figura 4. 5. Rejas aporcadoras**

FUENTE: Grupo investigador



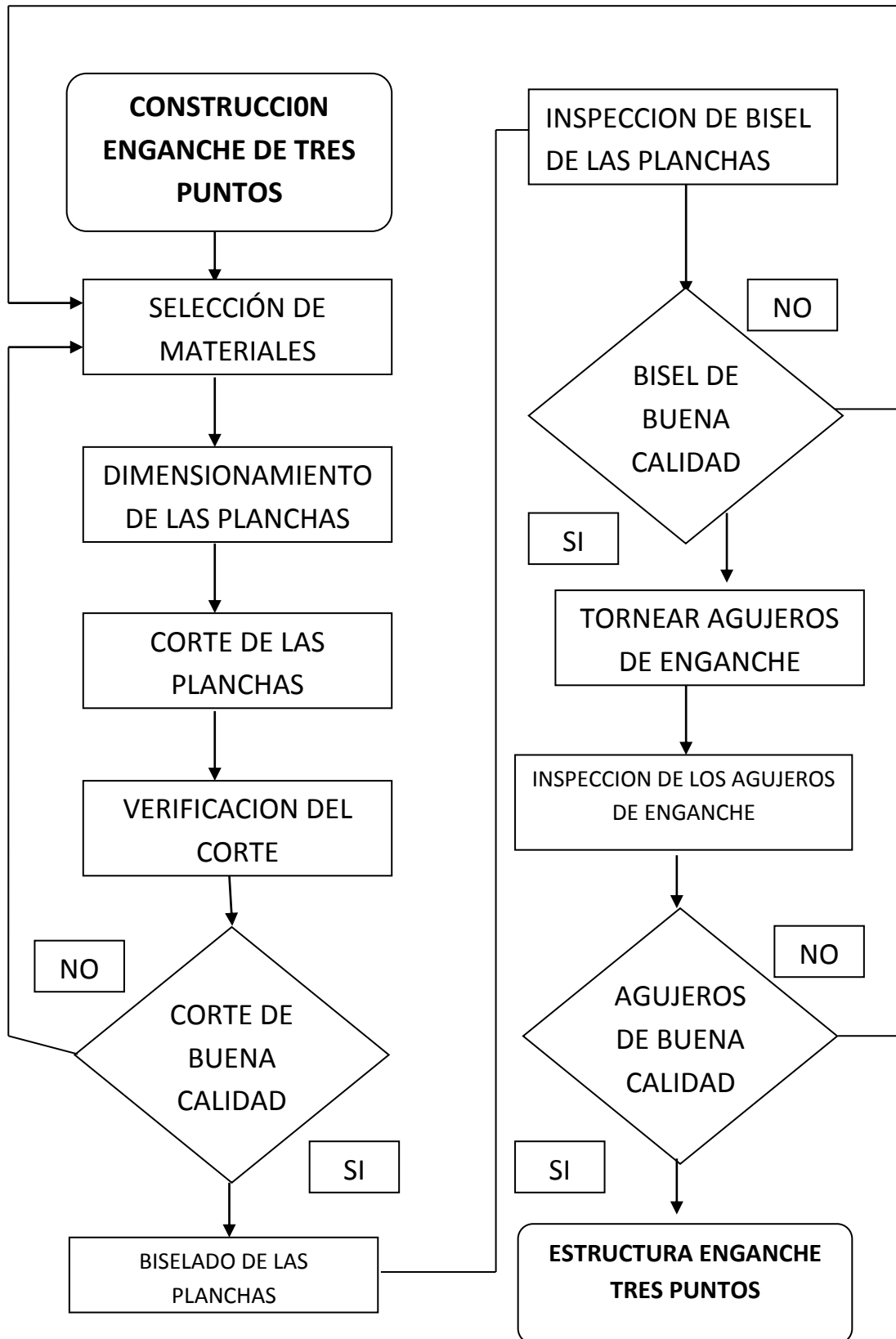
**Figura 4. 6. Mecanismo de regulación de las rejas aporcadoras**

FUENTE: Grupo investigador

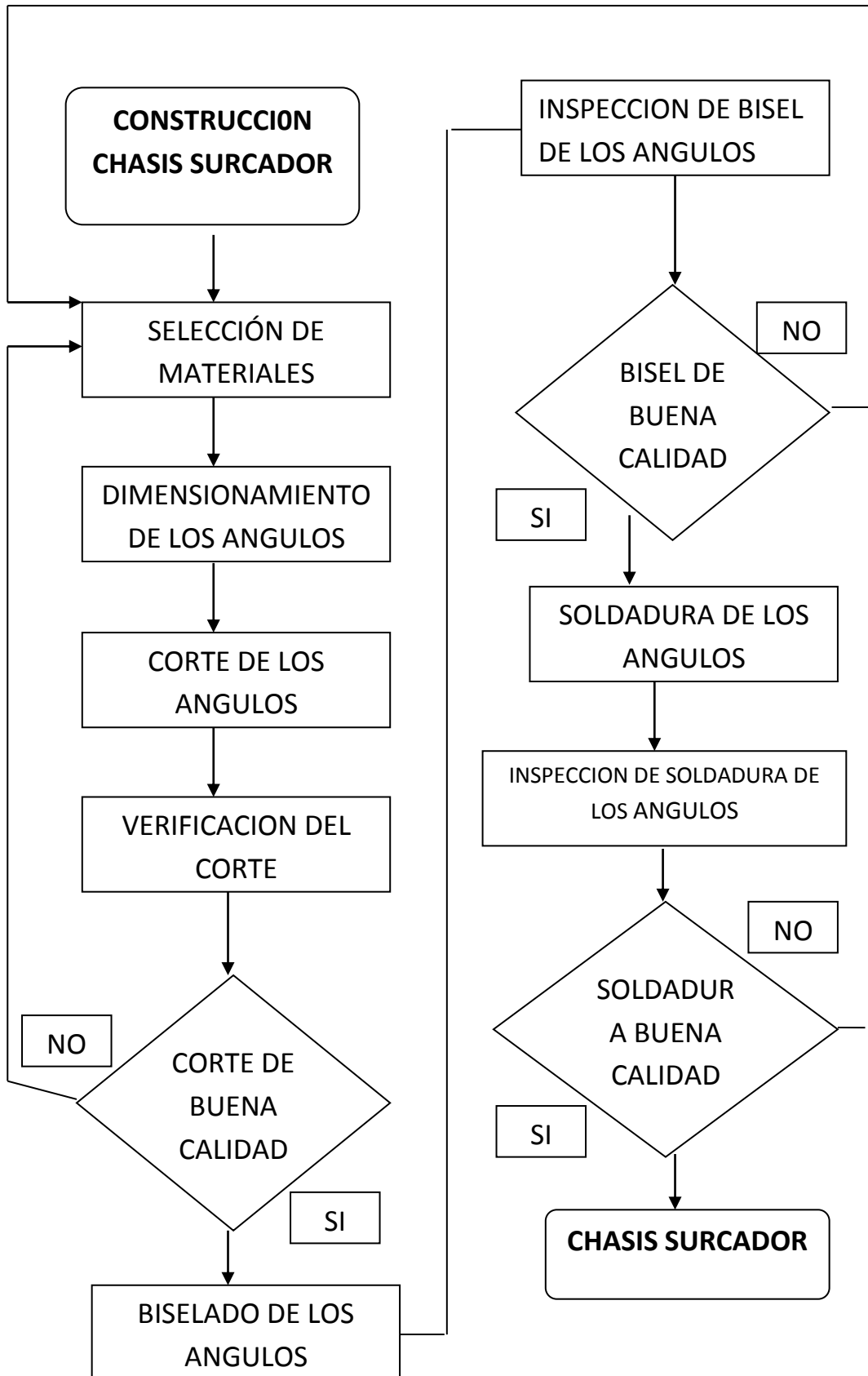


#### 4.1.6. Diagramas de Procesos

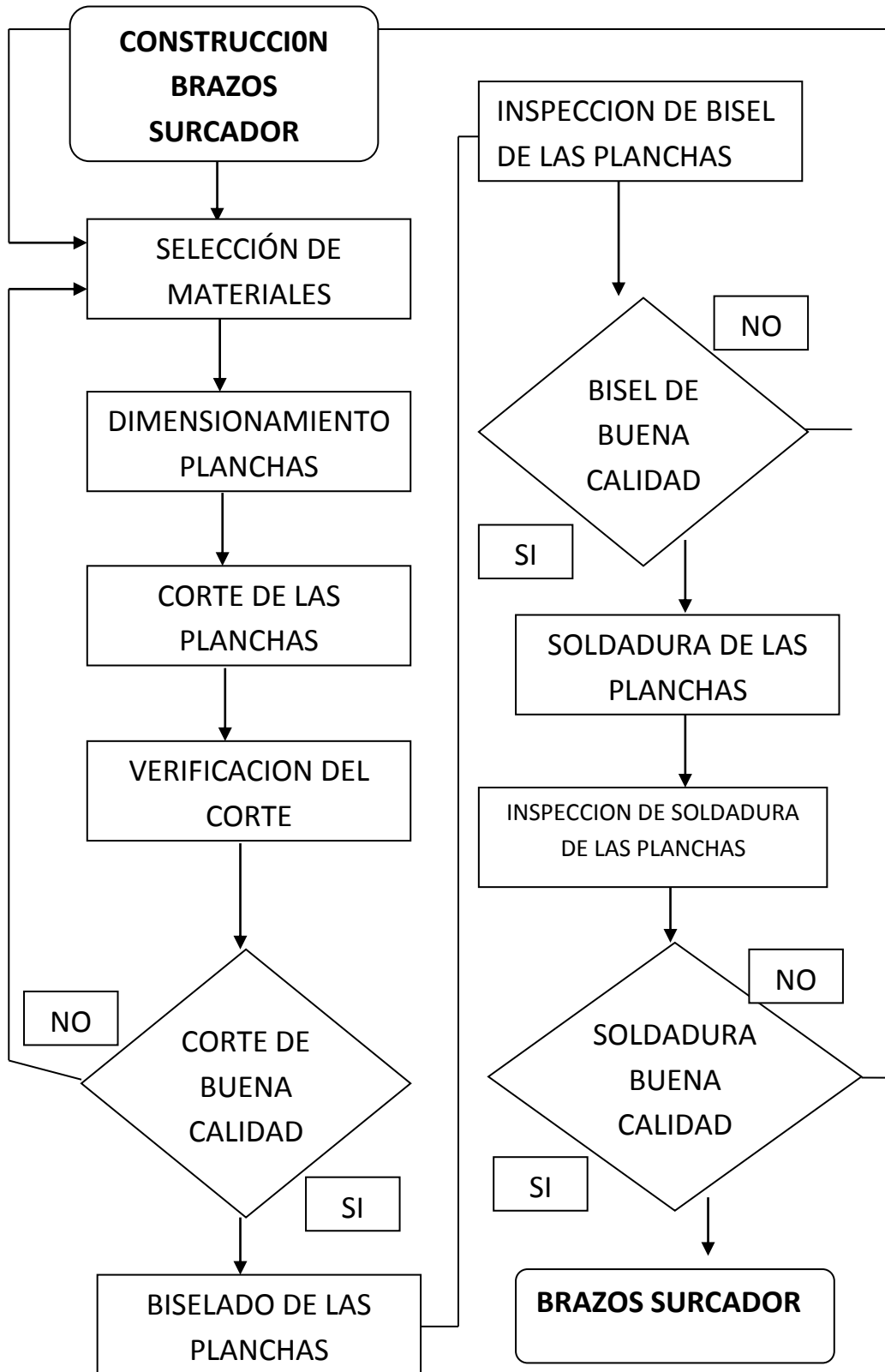
##### a) Proceso 1: Enganche tres puntos



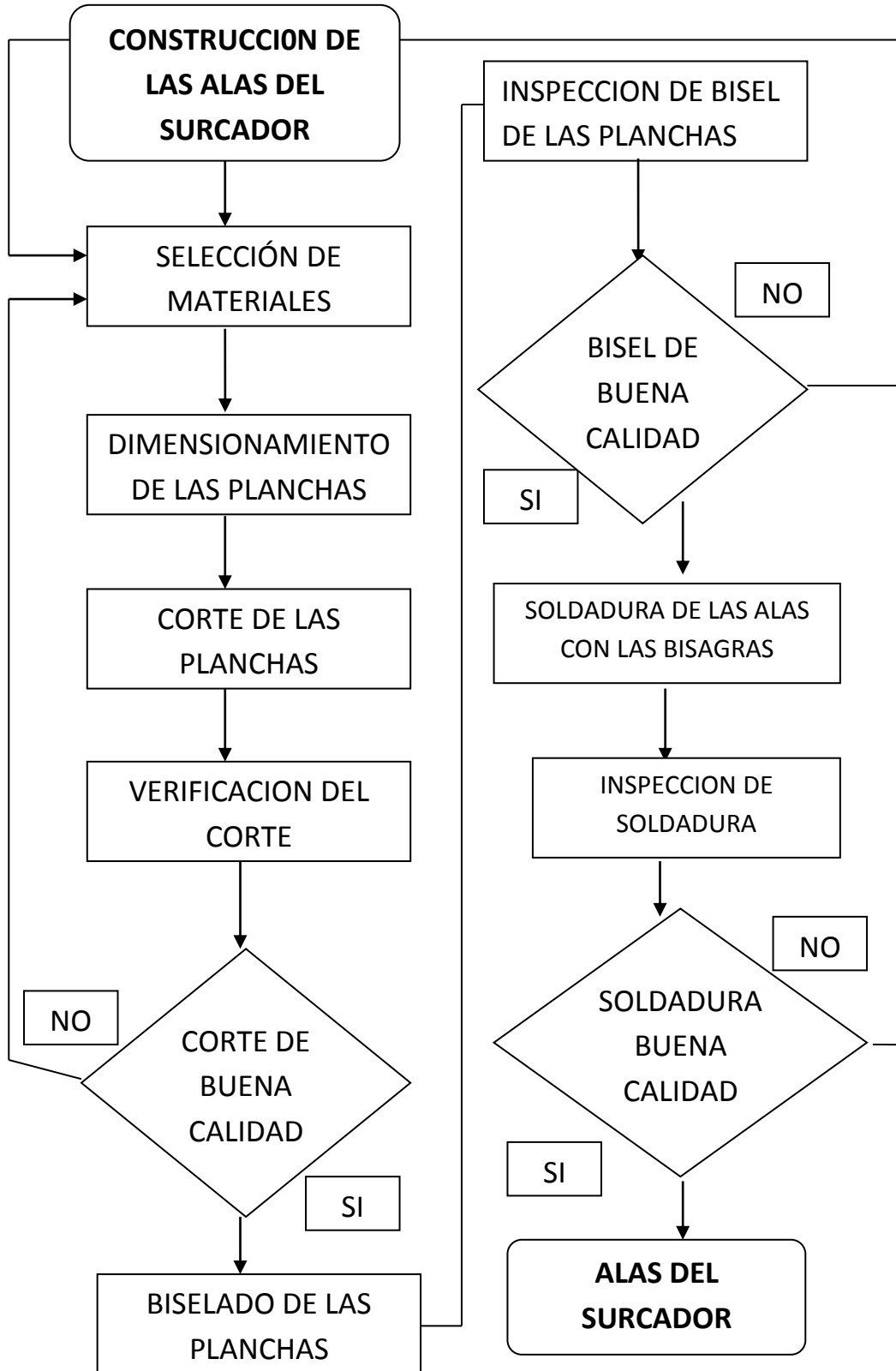
**b) Proceso 2: Bastidor**



c) Proceso 3: Brazos surcador



**d) Proceso 4: Alas del surcador**



## **4.2. MONTAJE DE LA HERRAMIENTA APORCADORA**

En el montaje de los distintos elementos que conforman esta herramienta aporcadora se tomó en cuenta que se realizar un sistema desmontable para facilitar el mantenimiento de los diferentes puntos que sufren desgaste mecánico.

Con estas consideraciones a continuación se describen los procedimientos para el armado y pintado de la herramienta aporcadora.

### **4.2.1. Montaje del Brazo del Surcador en el Chasis**

El brazo del surcador se sujeta al chasis con dos pernos de 5/8 por 4 pulgadas, como tenemos dos brazos utilizamos 4 pernos. (Figura 4.7)



**Figura 4. 7. Montaje del brazo sobre el chasis del surcador**

FUENTE: Grupo investigador

Finalmente en las figuras 4.8 y 4.9 se pueden apreciar la herramienta aporcadora ya ensamblada y lista para realizar las respectivas pruebas.



**Figura 4. 8. Herramienta aporcadora**

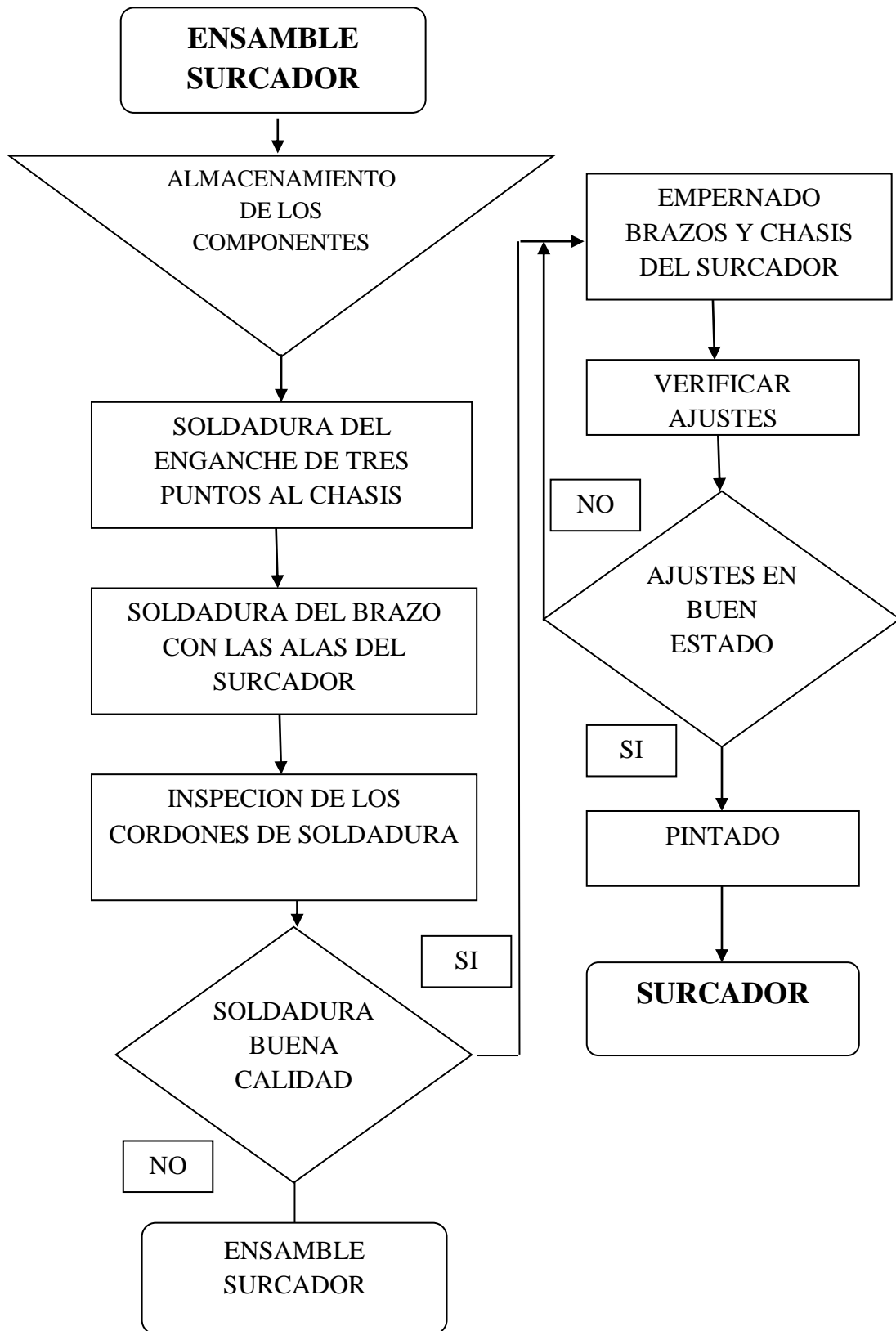
FUENTE: Grupo investigador



**Figura 4. 9. Herramienta aporcadora**

FUENTE: Grupo investigador

e) Proceso 5: Ensamble surcador



### 4.3. CONSTRUCCIÓN “SISTEMA ESPARCIDOR DE ABONO”

#### 4.3.1. Diagrama de Operaciones para la Construcción de la Abonadora

DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ESPARCIDOR DE ABONO PARA EL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIESEL											
		<input type="checkbox"/> METODO ACTUAL <input type="checkbox"/> METODO PROPUESTO					FECHA: 07-05-2013				
DESCRIPCIÓN DE LA PARTE: chasis tubular, tolva, brazos de acople, disco distribuidor											
DESCRIPCIÓN DE LA OPERACIÓN: CONSTRUCCIÓN											
		ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		ANÁLISIS			
		TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM	TIEMPO	NUM				
○	OPERACIONES	12						<b>ESTUDIADO POR :</b> BUENAÑO MÁXIMO CAIZALUISA GUSTAVO			
➔	TRANSPORTE	0									
□	INSPECCIONES	3									
D	RETRASOS	0									
▽	ALMACENAM	1									
DIST RECORRIDA											
PASO	DETALLES DEL PROCESO	MÉTODO	OPERACIÓN	TRANSPORTE	INSPECCIÓN	RETRASO	ALMACENAMIENTO	DIST. EN KM	CANTIDAD	TIEMPO HORA/UNI	CÁLCULOS DE TIEMPO COSTO
1	ADQUISICIÓN DE MATERIALES	AUTO	➔	➔	□	D	▽	2	2		
2	MEDICIÓN DE PERFIL	FLEXÓMETRO	○	➔	➔	D	▽	10	2		
3	CORTAR	PLASMA	○	➔	□	D	▽	10	3		
4	PULIR	MOLADORA	➔	➔	□	D	▽	14	2		
5	MEDICION DE PLETINA	FLEXÓMETRO	○	➔	➔	D	▽	4	0.5		
6	CORTAR	PLASMA	□	➔	□	D	▽	4	1		
7	PULIR	MOLADORA	○	➔	□	D	▽	4	0.5		
8	MEDICIÓN DE PLANCHA	FLEXÓMETRO	○	➔	□	D	▽	2	0.5		
9	CORTAR	PLASMA	➔	➔	□	D	▽	8	1		
10	PULIR	MOLADORA	□	➔	□	D	▽	6	1		
11	SOLDAR	SMAW	○	➔	□	D	▽	12	4		
12	LIMPIAR	CEPILLO	○	➔	□	D	▽	15	1		
13	LIJAR	LIJA	○	➔	□	D	▽	10	2		
14	PINTAR	PISTOLA	○	➔	□	D	▽	8	2		
15	ALMACENAMIENTO	TALLER	○	➔	□	D	▽	1	0.5		



### **4.3.2. Construcción de la Tolva de la Abonadora**

Para la construcción de la tolva se utilizó una plancha de 3mm acero ASTM A36 las dimensiones se muestran en el Anexo B-3 y el Anexo C. Procedimos a cortar el tol con la maquina cortadora, varolamos el tol dándole la forma de la tolva y unimos con el proceso de soldadura SMAW con electrodo 6011. (Fig. 4.10)



**Figura 4. 10. Tolva de la abonadora**

FUENTE: Grupo investigador

### **4.3.3. Construcción del Chasis Tubular**

El chasis es la estructura donde se montaron todos los elementos que conforman la abonadora; en el Anexo C se muestran las dimensiones y el Anexo B-2, se utilizó acero ASTM A500 grado C. Se cortó dos tubos de 150 cm, para darle la forma utilizamos la dobladora de tubos, para realizar las respectivas juntas se utilizó el proceso de soldadura SMAW con electrodo 6011. (Fig. 4.11 y Fig. 4.12)



**Figura 4. 11. Tubos doblados del chasis**

FUENTE: Grupo investigador



**Figura 4. 12. Chasis ensamblado**

FUENTE: Grupo investigador

#### **4.3.4. Construcción de las Paletas Distribuidoras**

Para la construcción de estos elementos sus dimensiones están en el Anexo C, se utilizó material ASTM A 36. Se construyó una matriz de cartón para luego cortar la plancha mediante el proceso de plasma, dimos los acabados finales con una amoladora y un taladro para juntar las paletas con el disco. (Fig. 4.13)



**Figura 4. 13. Paletas distribuidoras de abono**

FUENTE: Grupo investigador

#### **4.3.5. Construcción de la Palanca Dosificadora**

Para la construcción de este mecanismo tenemos sus dimensiones en el Anexo C, se utilizó material ASTM A 36, procedimos a cortar según los planos, taladramos y utilizamos el proceso de soldadura GMAW. (Fig. 4.14)



**Figura 4. 14. Mecanismo dosificador**

FUENTE: Grupo investigador

#### **4.3.6. Construcción de la Toma de Fuerza de la Abonadora**

Para la construcción del mecanismo de la toma de fuerza se utilizó una transmisión de una camioneta Datsun 1200, las dimensiones tenemos en el Anexo C, para la unión de esta transmisión y el chasis tubular utilizamos el proceso de soldadura GMAW. (Fig. 4. 15)



**Figura 4. 15. Bases de la transmisión y el chasis tubular**

FUENTE: Grupo investigador



**Figura 4. 16. Unión de la transmisión al mecanismo esparcidor**

FUENTE: Grupo investigador

#### **4.3.7. Construcción del Soporte de la Abonadora**

Para la construcción de este soporte utilizamos material estructural ASTM A500 grado C, sus dimensiones están en el Anexo C y el Anexo B-5, se utilizó el proceso de soldadura GMAW. Para los acabados pulimos con una amoladora. (Fig. 4.17)

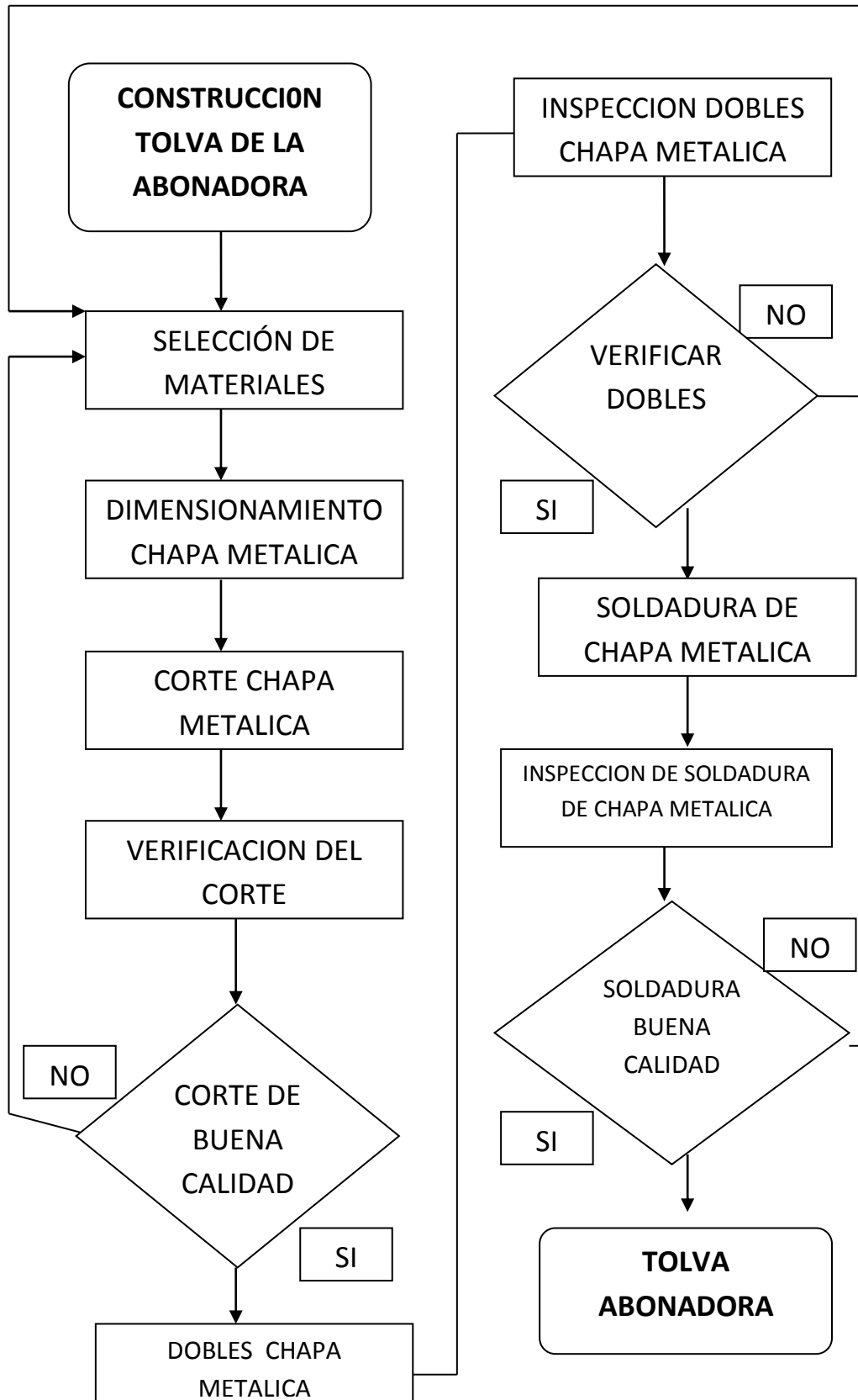


**Figura 4. 17. Bases para el soporte de la abonadora**

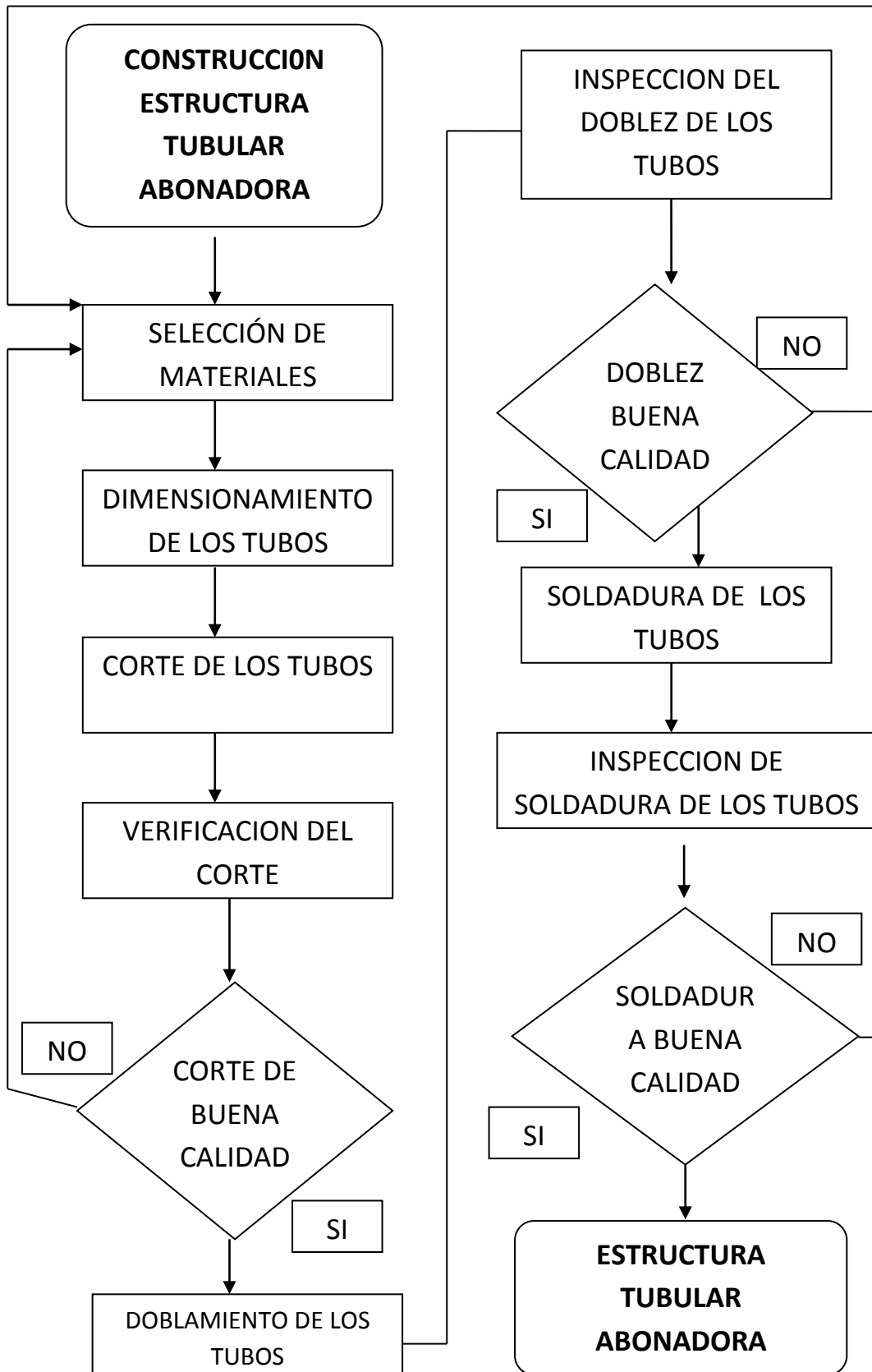
FUENTE: Grupo investigador

### 4.3.8. Diagramas de Procesos

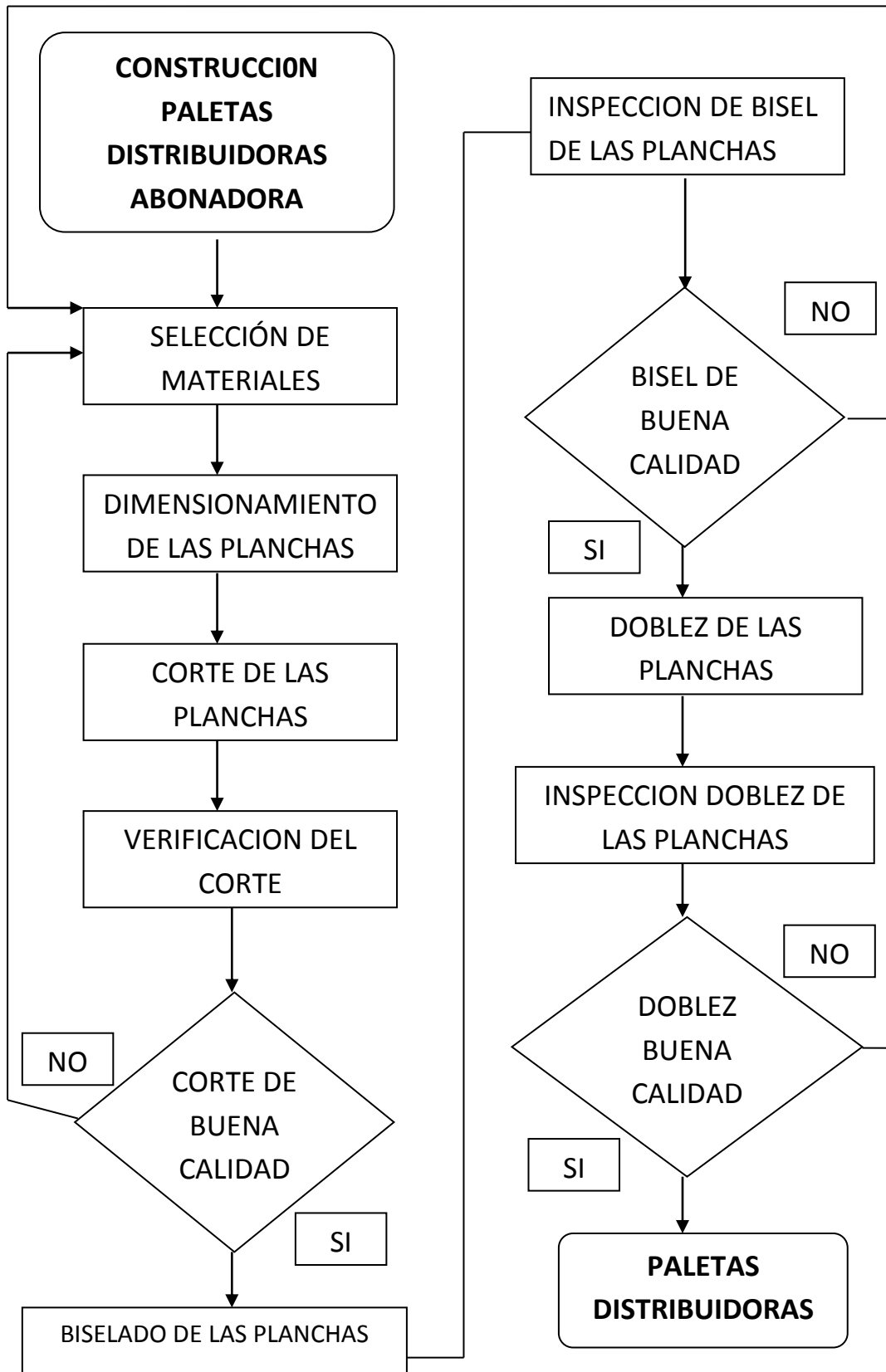
#### a) Proceso 1: Tolva



b) Proceso 2: Estructura tubular

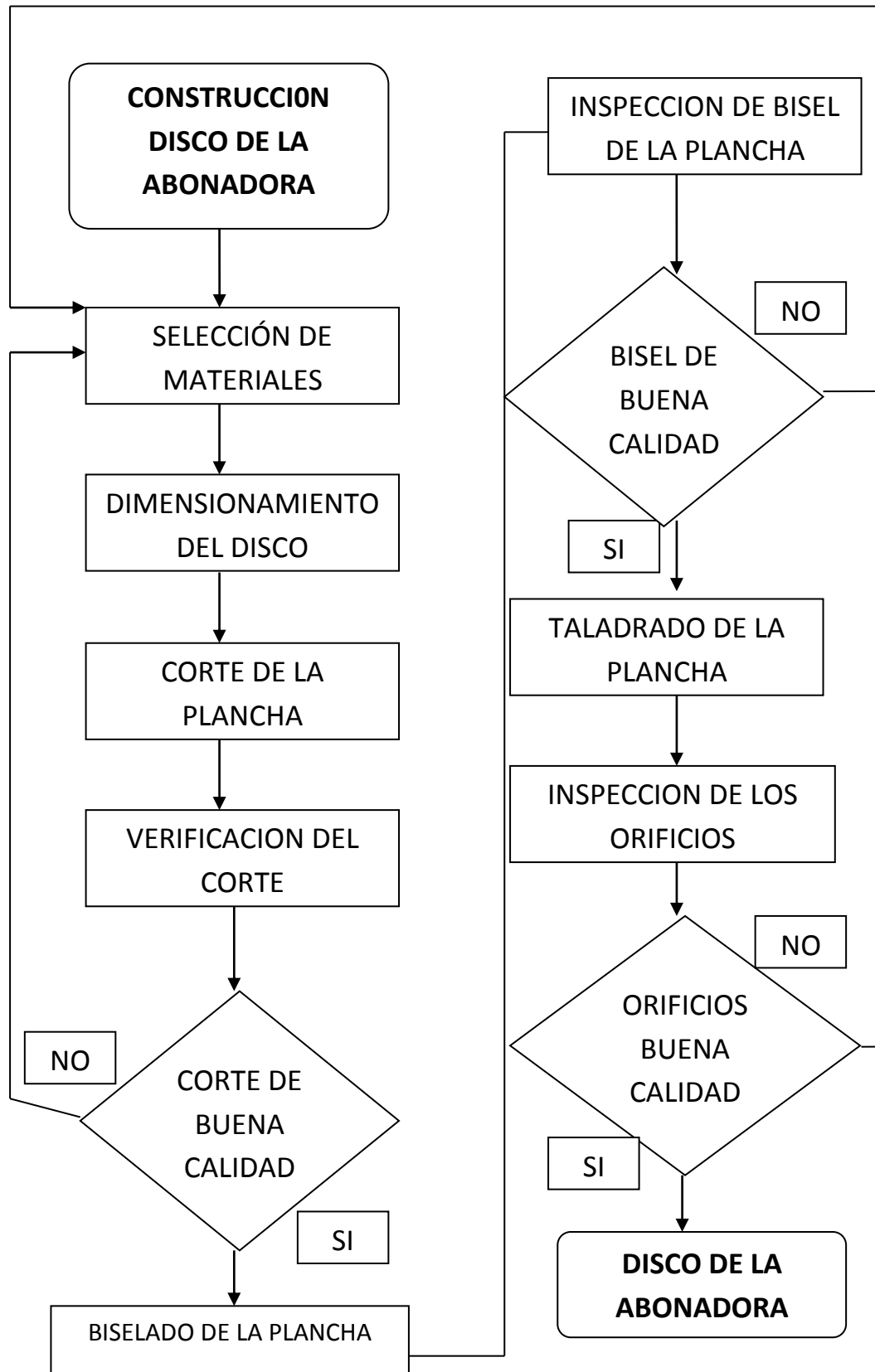


c) Proceso 3: Paletas distribuidoras

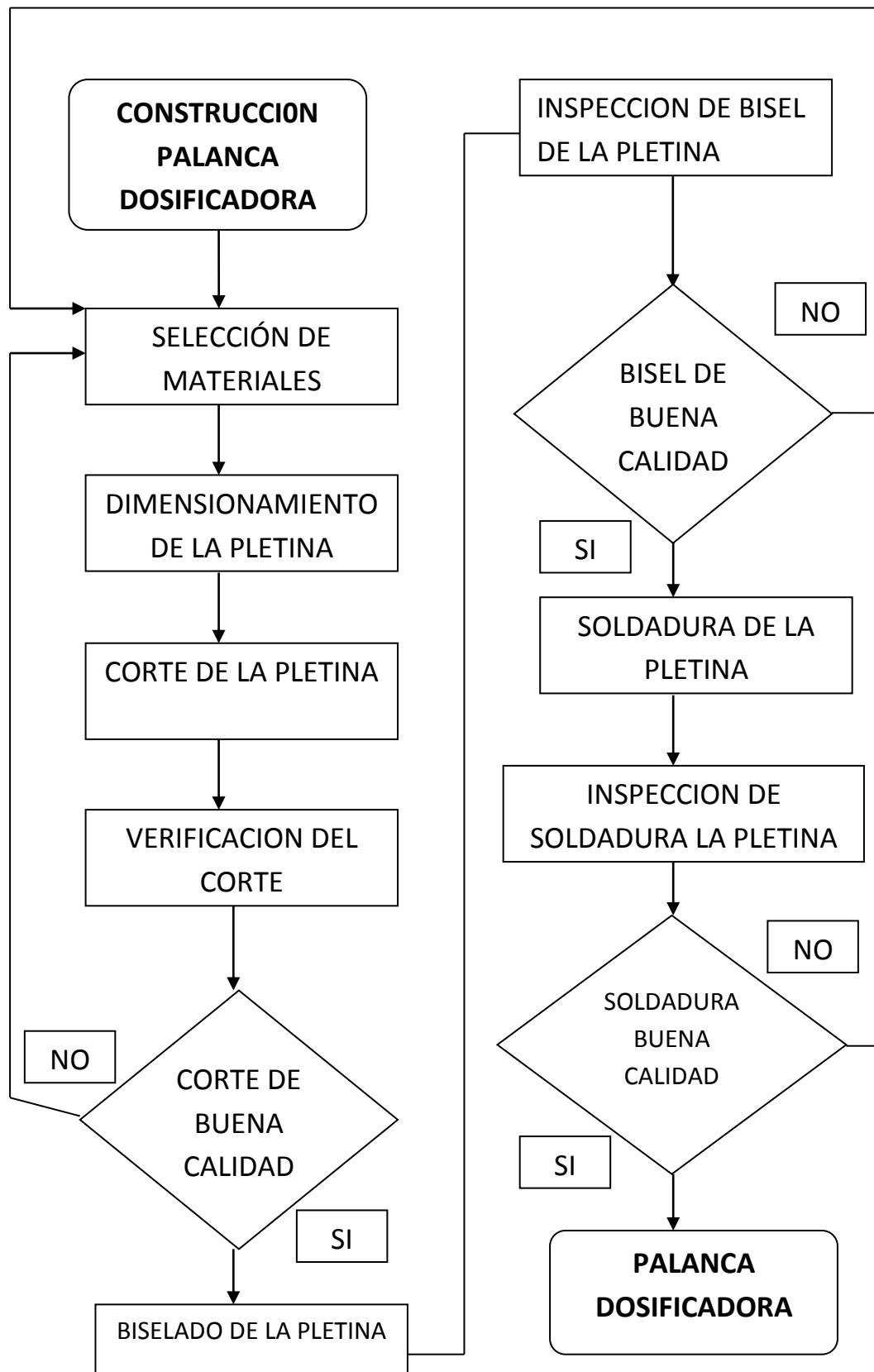




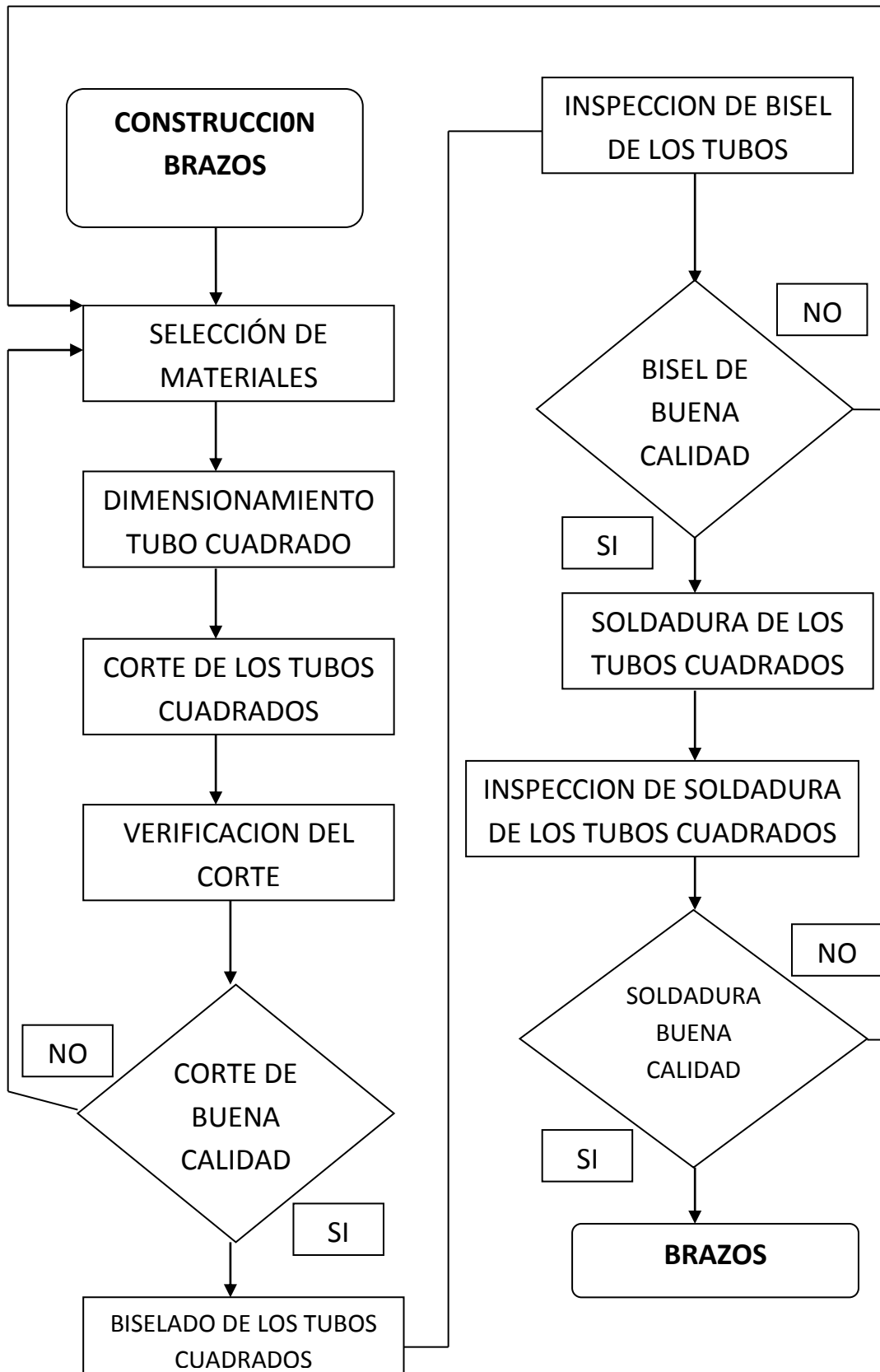
**d) Proceso 4: Disco abonadora**



e) Proceso 5: Palanca dosificadora



f) Proceso 6: Brazos de Acople



#### **4.3.9. Montaje Final de la Abonadora**

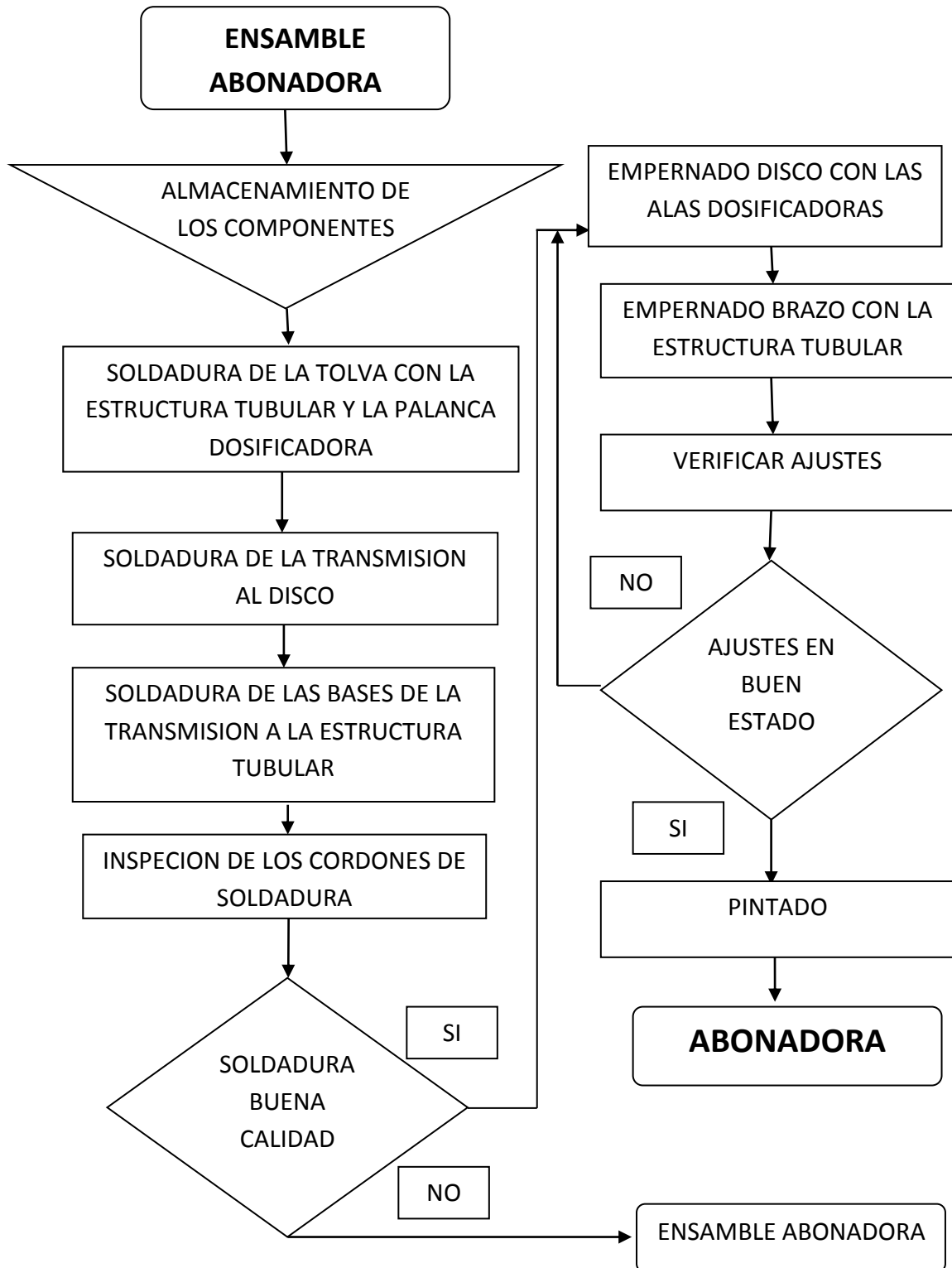
Como parte final de la construcción de la abonadora se procedió a realizar el montaje de los distintos elementos que construimos, además realizamos el proceso de pintura dando como pintura inicial un fondo y como acabado una pintura de color rojo.



**Figura 4. 18. Abonadora lista para realizar sus pruebas de funcionamiento.**

FUENTE: Grupo investigador

**g) Proceso 7: Ensamble Abonadora**



## CAPITULO V

### 5. PROTOCOLO DE PRUEBAS

#### 5.1. UBICACIÓN DONDE SE REALIZÓ LAS DIFERENTES PRUEBAS:

Concluida la construcción, y montaje del sistema esparcidor de abono y la herramienta aporcadora, en el presente capítulo se muestran las pruebas realizadas a los elementos que conforman las herramientas. Las pruebas se realizaron en el nuevo campus de la Escuela Politécnica del Ejército sede Latacunga, en la parroquia Belisario Quevedo de la provincia de Cotopaxi.

La decisión para escoger el terreno apto se dio bajo la circunstancia primordial de poner a prueba al máximo la eficiencia de la surcadora, por lo tanto se escogió una superficie compacta (dura), para realizar dichas actividades. Cabe mencionar que la decisión de realizar ésta actividad en dicha zona se dio bajo la perspectiva de que si concluía con éxitos las pruebas y sin problemas estaría apto y en condiciones de trabajar en cualquier otra superficie.



**Figura 5. 1. Terreno antes de realizar las pruebas**

FUENTE: Grupo investigador

## **5.2. CUANDO SE REALIZÓ LAS DIFERENTES PRUEBAS:**

El día jueves 11 de abril del 2013

## **5.3. COMO SE REALIZÓ LAS DIFERENTES PRUEBAS:**

### **5.3.1. Pruebas con la surcadora:**

- Las dimensiones del terreno que se utilizó para las pruebas son de 5 metros de ancho por 25 metros de largo formando una forma rectangular
- Antes de iniciar las pruebas con la surcadora fue necesario pasar el arado de discos debido a tener un suelo totalmente compacto y con maleza.
- Una vez arado el terreno procedimos a enganchar el surcador al tractor.



**Figura 5. 2. Enganche de los tres puntos del surcador**

FUENTE: Grupo investigador





**Figura 5. 3. Acople al prototipo del Surcador**

FUENTE: Grupo investigador

- Una vez enganchado procedimos a encender el tractor y ubicarnos frente al terreno donde se surco como se muestra en la Figura N° 5.4.



**Figura 5. 4. Surcador iniciando sus pruebas**

FUENTE: Grupo investigador



- Para dejar la tierra apta para la siembra fue necesario realizar dos pasadas con el surcador debido a la compactación de este tipo de suelo.



**Figura 5. 5. Terreno surcado y con forma de caballones**

FUENTE: Grupo investigador

En esta prueba las camas de cultivos que obtuvimos con nuestra surcadora tienen un ancho de 30 cm con una profundidad de 25 cm, una distancia de 80 cm entre surcos, lo que en el campo agrícola son medidas normales para la obtención de un buen sembrado.



**Figura 5. 6. Calidad de Surcos**

FUENTE: Grupo investigador

Una vez terminada de realizar la prueba con el surcador, se pudo realizar una inspección visual de la herramienta la misma que no sufrió ninguna falla al exponerle a este tipo de terreno compacto.

**Tabla 5. 1. Tipo de suelo vs Comportamiento del Surcador**

FUENTE: Grupo investigador

<b>SUELO SEGÚN ASAE</b>	<b>DIMENSIONES SURCADAS</b>
arcillo- limonoso con <i>u</i> de 7 (Anexo A-1)	Ancho cama cultivo: 30 – 45 cm Profundidad: 25 cm Distancia entre surcos: 80-100 cm ❖ Ancho y distancia entre surcos son regulables

### 5.3.2. Producción del surcador

La producción esperada en hectáreas hora de trabajo es 0,57 Ha/h a una velocidad de 3,99 Km/h y con un ancho de trabajo de 1,6 metros.

$$A = \frac{L * V * F}{X}$$

Dónde:

L= Ancho de trabajo

V = velocidad el tractor

F = Factor de producción 0.9 constante

X = valor hectárea

$$A = \frac{1,60 \text{ m} * 3,99 \text{ Km/h} * 0,9}{10000}$$

$$A = 0,57 \text{ Ha/h}$$

Es decir en una jornada de 8 horas laborables se realiza 4,56 hectáreas surcadas.

### 5.3.3. Pruebas con la abonadora

- Para realizar las pruebas con la abonadora se utilizó un quintal de urea de 50 kg.
- Llenamos la tolva de la abonadora con la urea y procedimos a conectar el respectivo acople de la abonadora con el tractor



**Figura 5. 7. Acople del Tractor con la Abonadora**

FUENTE: Grupo investigador

- Una vez acoplado la abonadora, se procedió a encender el tractor y ubicarle en la zona donde se requiere abonar.



**Figura 5. 8. Ubicación de la Abonadora con el Tractor**

FUENTE: Grupo investigador



- En la posición donde se desea abonar se procede a abrir la palanca dosificadora la que permite el paso del fertilizante a las paletas distribuidoras, se pone en marcha el tractor y empieza a esparcir el abono, como se indica en la figura N°5.9.



**Figura 5. 9. Funcionamiento de la Abonadora**

FUENTE: Grupo investigador

Una vez terminada de realizar la prueba con la abonadora, se pudo realizar una inspección visual de la herramienta la misma que no sufrió ninguna falla al exponerle a este tipo de fertilizante.

**Tabla 5. 2. Comportamiento de la Abonadora en las Pruebas de Desempeño**

FUENTE: Grupo investigador

<b>Velocidad</b>	<b>Cantidad de abono</b>	<b>Área fertilizadas</b>	<b>Ancho de esparcimiento</b>
4.5 Km/h	3 Kg de urea	150 m <sup>2</sup>	5 metros

#### **5.3.4. Producción de la abonadora**

- La producción esperada de la abonadora es de 2.27 Ha/h a una velocidad de 4.5 Km/h y una anchura de esparcimiento de 5 metros, como se indica en la Tabla N° 5.2.
- En las dimensiones de pruebas se determinó un esparcimiento de 3Kg de urea y para una hectárea se consume 200 kg de urea.
- En una jornada de 8 horas laborables se abona 18 hectáreas.

## CAPÍTULO VI

### 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. CONCLUSIONES

- Se pudo diseñar, simular y constatar a través de los softwares Autodesk Inventor Professional y ANSYS que los materiales utilizados en la construcción del sistema esparcidor de abono como de la herramienta aporcadora son ideales, debido a que resisten sin ningún inconveniente las cargas máximas en condiciones extremas a las que pueden estar sometidas en el trabajo real.
- El límite de fluencia obtenido en las simulaciones del sistema esparcidor de abono y la herramienta aporcadora, es inferior al límite máximo de los materiales utilizados.
- Se construyó una herramienta aporcadora capaz de realizar surcos de 30 – 45 cm de ancho, con una profundidad de 25 cm, en un tiempo de 1 hora 45 minutos por hectárea.
- El material en acero ASTM A36 utilizado en la construcción de la herramienta aporcadora, en las pruebas de desempeño sobre un tipo de suelo altamente compacto demostró su capacidad de resistencia a la deformación y ruptura.
- La estética, el peso y la geometría de la herramienta aporcadora, nos permiten regular sus brazos y sus aletas según las necesidades del agricultor, así como de hacer fácil su instalación al prototipo de tractor agrícola.

- Se construyó un sistema esparcidor de abono capaz de fertilizar una hectárea de terreno en 26 minutos, con una anchura de trabajo de 5 metros a una velocidad de 4,5 km/h.
- El material en acero ASTM A36 y ASTM A500, utilizado en la construcción del sistema esparcidor de abono, en las pruebas de desempeño demostró su capacidad de resistencia a la deformación y ruptura, así como de desempeño.
- La estética, el peso y la geometría del sistema esparcidor de abono, nos permiten regular el caudal con la que fluye el fertilizante sobre el terreno, y hacer fácil su instalación al prototipo de tractor agrícola.
- El mantenimiento de las herramientas no representa un problema al usuario, debido a su fácil acceso al material utilizado por el alto nivel comercial en el mercado nacional y su bajo costo, además todos los elementos pueden ser desmontados fácilmente.
- Con el correcto uso de las herramientas se trabaja con mayor eficiencia, mejor operación, menor desgaste físico, en suelos pesados, pedregosos y húmedos.



## 6.2. RECOMENDACIONES

- El modelado de las diferentes herramientas, se recomienda utilizar el software Autodesk Inventor 20013, ya que permite fácil y rápidamente realizar la geometría antes de ser construidas con sus dimensiones exactas.
- El análisis por ingeniería asistida se recomienda ejecutarlo con un software especializado CAE, como en nuestro caso ANSYS, que ha demostrado su efectividad y alto nivel de precisión en los resultados obtenidos, permitiendo corregir errores antes de que estos se presenten en el mecanismo ya construido lo que resultaría costoso e incluso peligroso, y es precisamente la principal ventaja de la simulación virtual es la posibilidad de realizar las correcciones necesarias para la construcción.
- Es fundamental el estudio y desarrollo de materiales más ligeros con altas características mecánicas, para ocuparlos en nuevos proyectos con el fin de reducir peso para evitar compactar el suelo, y abaratar costos de construcción.
- Leer atentamente los manuales de operaciones antes de poner en marcha, empleo, mantenimiento u otras intervenciones sobre las herramientas.
- Para evitar sobreesfuerzos del tractor y la herramienta aporcadora, es recomendable antes de abrir surcos en el terreno, haber realizado la labor de arado.
- Cada 8 horas de trabajo efectivo es recomendable controlar el apretado de todas las tuercas, tornillos y pernos del sistema esparcidor de abono y la herramienta aporcadora.

- Se debe usar protecciones como guantes, máscara antipolvos, lentes de seguridad y ropa adecuada al momento de utilizar el sistema esparcidor de abono debido a que la exposición constante a los fertilizantes pueden ocasionar lesiones a la piel y alergias, además de irritar los ojos.
- Limpiar y retirar todo el fertilizante sobrante del sistema esparcidor de abono luego de su utilización, debido a que corroe el acero y daña la pintura cuando este se humedece.

## BIBLIOGRAFIA:

- Ashby, M. (2008). *Materiales para Ingeniería 1*. España: Reverté.
- Askeland, D. (s.f.). *Ciencia de los materiales*. Recuperado el 5 de enero de 2013, de <http://html.rincondelvago.com/materiales-de-ingenieria.html>
- Briosa, F. (2001). *Tractores y Máquinas Agrícolas*. España.
- Chiriboga, M. (s.f.). *Realidad Nacional*. Recuperado el 4 de Enero de 2013, de <http://www.eluniverso.com/2007/04/16/0001/21/0BB892BF00C846AAA199C4AE29D33291.aspx> Manuel Chiriboga V
- *Estadísticas FAO*. (s.f.). Recuperado el 14 de Febrero de 2013, de [http://faostat3.fao.org/home/index\\_es.html?locale=es#VISUALIZE](http://faostat3.fao.org/home/index_es.html?locale=es#VISUALIZE)
- *Estudios de ingresos per capita*. (s.f.). Recuperado el 4 de Enero de 2013, de [www.diputados.gob.mx/comisiones59legislatura/ciencia\\_tecnología/web/indicadores1.htm](http://www.diputados.gob.mx/comisiones59legislatura/ciencia_tecnología/web/indicadores1.htm)
- Guerrero Riascos, R. (1998). *Fertilacion de cultivos en clima frio*.
- Loja, U. N. (2011). *Realidad Social Agropecuaria y Ambiental del Ecuador*.
- Mott, R. L. (2001). *"Diseño de elementos de máquinas"*. Mexico: University of Dayton.
- Ortiz-Cañavate, J. (2004). *Las Maquinas Agrícolas y su aplicación* (Sexta ed.). Madrid, España: Aedos.
- Terciado Barcal, M. (2009). *Evaluación de abonadoras*. España: AIMCRA.
- *Tubos estructurales*. (s.f.). Recuperado el 8 de Enero de 2013, de [http://www.unicon.com.ve/estructural\\_tubos\\_estructurales.html](http://www.unicon.com.ve/estructural_tubos_estructurales.html)
- Shigley, J. E., y Mischke, C. R. (2001). *Diseño en ingeniería mecánica* (6ta. ed.). México: Editorial McGraw-Hill.
- Potter, Merle C. (2008). *Mecánica de Fluidos*. (3ra Edición). México: Editorial THOMSON

# **ANEXO A**

Valores Medios de la resistencia específica para distintos suelos según ASAE

<b>Arcillo-limoso</b>	<b><math>u = 7 + 0,049 * v^2</math></b>
Franco-arcilloso	$u = 6 + 0,053 * v^2$
Franco-arcillo-limoso	$u = 4,8 + 0,024 * v^2$
Franco	$u = 3 + 0,020 * v^2$
Limo-arenoso	$u = 3 + 0,032 * v^2$
Franco-arenoso	$u = 2,8 + 0,013 * v^2$
Arenoso	$u = 2 + 0,013 * v^2$

		Estado físico	Densidad (kg/l)	Higroscopicidad
Amoniacales	Sulfato amoniaco	Cristalizado	1,08	Débil
	Cianamida cálcica	Polvo o granulado	1,00-1,05	Nula
	Fosfato amónico	Cristalizado	1,00	Nula
	<b>Urea</b>	<b>Granulado</b>	<b>0,71</b>	<b>Nula</b>
Nítricos	Nitrato de cal	Triturado	1,00	Elevada
	Nitrato sódico	Cristalizado	1,25	Débil
	Nitrato potásico	Cristalizado	1,00	Débil
	Nitrato de amonio	Granulado	1,25	Alta
Fosfatos	Superfosfato	Polvo	1,00	Débil
	Escorias	Polvo	2,00	Débil
	Fosfato naturales	Polvo	1,28	Nula
Potásicos	Cloruro potásico	Cristalizado	1,00	Débil
	Sulfato potásico	Cristalizado	0,90	Débil

## Tensiones de rotura de algunos materiales

Material	Límite elástico (MPa)	Tensión de rotura (MPa)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
"Liquidmetal" alloy	1723	550-1600	6,1
2800 Maraging steel	2617	2693	8.00
Acero ASTM A500	317	427	7.85
Acero al carbono 1090	250	841	7.58
Acero estructural ASTM acero A36	248	400	7.8
Acero inoxidable AISI 302 - Cold-rolled	520	860	8,19
Acero, API 5L X65	448	531	7.8
Acero, high strength alloy ASTM A514	690	760	7,8

	Intervalo (km/h)	Velocidad típica (km/h)
<b>Laboreo:</b>		
Subsolador .....	4-8	6
Cultivador rotativo accionado .....	2-8	6
Cultivador en línea .....	5-11	8
Grada de discos .....	5-10	9
Arado (discos o vertedera) .....	5-9	7
Cilindro desterronador .....	7-12	10
Grada rotativa de estrellas .....	8-16	13
Cultivador de púas .....	8-13	11
Fresadora .....	2-7	5
<b>Abonado:</b>		
Abonadora centrífuga .....	8-16	11
Distribuidor de estiércol .....	5-8	7
<b>Siembra:</b>		
A chorrillo .....	6-10	8
<b>Monograno:</b>		
Maíz .....	5-9	7
Resto, incluido hortícolas .....	4-7	6
<b>Tratamientos:</b>		
Pulverizador .....	5-11	9
<b>Recolección:</b>		
Barra guadañadora .....	4-8	
Segadora rotativa .....	8-16	11
Segadora acondicionadora .....	6-10	8
Rastrillo .....	5-11	8
Hileradora .....	6-11	9
Picadora de cuchillas .....	4-7	6
Empacadora .....	5-10	8
Cosechadora de cereales grano .....	3-6,5	5
Cosechadora de remolacha .....	6-8	7
Cosechadora de patatas .....	3-6	4



**Modelo tren de rodaje:** DX27 Z

**Motor:** Diesel - 28 HP

**Batería**

Voltaje 12 V

Capacidad 80 Ah

**Main Pump (Bomba hidráulica principal)**

Lugar de origen: Japón

Marca: Nachi

Número de modelo: PVD-2B-34P-9AG5-4787J

Tipo: Engranajes

Displacement: 2 x 12 cc/rev

Caudal: 34.2 liter/min

Presión 220 kg/cm<sup>2</sup>, 3129.136 PSI

**Travel Motor (Motores hidráulicos)**

Tipo: Axial Piston, 2 speed

Max. Supply flow: 34.2 liter/min

Travel Speed (EFF. = 0.99/0.97): **4.5 / 2.4 km/hr**

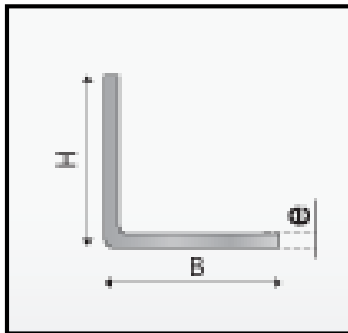
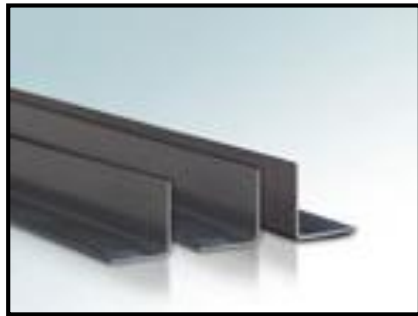
Traction Force (EFF.=0.71): **2.4/1.4 ton**

## COEFICIENTES DE ROZAMIENTO PARA SUPERFICIES PLANAS

<u>Superficies en contacto</u>	<u>estático</u>	<u>cinético</u>
Metal sobre metal (secas)	0.2	0.1
Metal sobre metal (engrasadas)	0.1	0.05
Cuerda metálica sobre hierro (secas)	0.2	0.15
Goma o cuero sobre madera o metal (secas)	0.4	0.3
Madera dura sobre metal (secas)	0.6	0.4
Madera dura sobre metal (engrasadas)	0.2	0.1
Cáñamo sobre metal (secas)	0.3	0.2
Cuerda metálica sobre polea de hierro (secas)	0.2	0.15
<b>Neumáticos de caucho sobre pavimento, barro, arena (secos)</b>	<b>0.9</b>	<b>0.8</b>
Forro de amianto para frenos sobre hierro colado	0.4	0.3
Acero sobre piedra de afilar mojada	.....	0.7
Metal sobre hielo	.....	0.02
Zapatillas de freno de hierro colado sobre llantas		
De acero de ferrocarril		
15 km/hr		0.3
50 Km		0.2
100 Km/hr		0.05

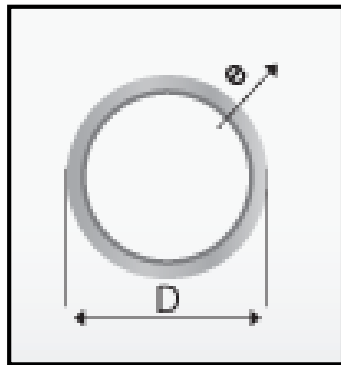
# ANEXO B

CARACTERÍSTICAS DE  
MATERIALES



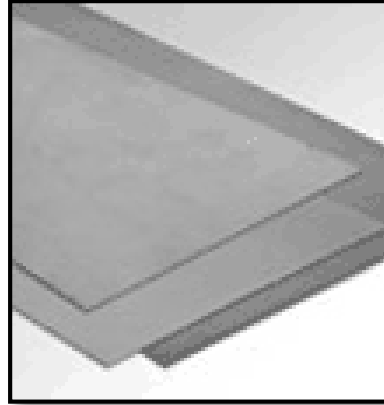
DIMENSIONES		ESPESOR	PESO
H	B	e	P
mm	mm	mm	Kg/8m
20	20	2.00	3.46
		3.00	4.96
25	25	2.00	4.38
		3.00	6.36
30	30	2.00	5.34
		3.00	7.78
40	40	2.00	7.23
		3.00	10.61
		4.00	13.83
		5.00	16.90
50	50	6.00	19.80
		2.00	9.11
		3.00	13.43
		4.00	17.60
		5.00	21.61
75	75	6.00	25.50
		2	14.13
		4	28.26
		6	42.39
		8	56.52
100	100	10	70.65
		2	18.84
		4	37.68
		6	56.52
		8	75.36

Largo Normal: 6 m  
 Recubrimiento: Negro o Galvanizado  
 Norma de Fabricación: NTE INEN 1623  
 Calidad de Acero: ASTM A 36  
 ASTM A 572 Gr. 50  
 Observaciones: Otras dimensiones y largos  
 previa consulta



DIMENSIONES		ESPESOR	AREA	PESO
Designación	D	e	A	P
Pulg	mm	mm	cm <sup>2</sup>	Kg/m
3/4	19.1	1.5	0.83	0.65
		2.0	1.07	0.84
7/8	22.2	1.5	0.98	0.77
		2.0	1.27	1.00
1	25.4	1.5	1.13	0.88
		2.0	1.47	1.15
1 1/4	31.8	1.5	1.43	1.12
		2.0	1.87	1.47
1 1/2	38.1	1.5	1.72	1.35
		2.0	2.27	1.78
1 3/4	44.5	1.5	2.02	1.59
		2.0	2.67	2.09
1 7/8	47.6	1.5	2.17	1.71
		2.0	2.87	2.25
2	50.8	1.5	2.32	1.82
		2.0	3.07	2.41
		3.0	4.51	3.54
2 3/8	60.3	1.5	2.77	2.18
		2.0	3.66	2.88
		3.0	5.40	4.24
2 1/2	63.5	1.5	2.92	2.29
		2.0	3.86	3.03
		3.0	5.70	4.48
3	76.2	1.5	3.52	2.76
		2.0	4.66	3.66
		3.0	6.90	5.42
4	101.6	2.0	6.26	4.91
		3.0	9.29	7.29
		4.0	12.26	9.63
5	127.0	2.0	7.85	6.17
		3.0	11.69	9.17
		4.0	15.46	12.13
		2.0	9.45	7.42

Largo Normal: 6 m  
 Recubrimiento: Negro o Galvanizado  
 Norma de Referencia  
 para Fabricación: ASTM A500 / NTE INEN  
 2415



ESPECIFICACIONES		
Dimensión	Espesor	Calidad de Acero
mm	mm	
1.220 x 2.440	1.5 - 12.0	ASTM A36
1.220 x 6.000	2.0 - 12.0	
1.500 x 6.000	4.0 - 12.0	
1.800 x 6.000	4.0 - 12.0	
2.000 x 6.000	6.0 - 100.0	
1.220 x 2.440	3.0 - 12.0	ASTM A572 Gr. 50
1.220 x 6.000	3.0 - 12.0	
1.500 x 6.000	3.0 - 12.0	
2.500 x 6.000	6.0 - 30.0	ASTM A 283/ A36
1.500 x 6.000	3.0 - 12.0	
2440 X 12.000	6.0 - 30.0	
2.500 x 6.000	6.0 - 30.0	
2.500 x 12.000	6.0 - 30.0	

Largo Normal: 6 m  
 Recubrimiento: Negro  
 Norma de Referencia para  
 Fabricación: DIN 17100  
 ST 37-2  
 ASTM A-36



DIMENSIONES		ESPESOR	PESO
B		e	P
mm		mm	Kg/6m
12		3.0	1.70
12		4.0	2.26
12		6.0	3.39
20		3.0	2.83
20		4.0	5.00
20		6.0	5.37
25		3.0	3.53
25		4.0	4.71
25		6.0	7.07
25		8.0	9.42
25		9.5	10.59
25		12.0	14.13
30		3.0	4.24
30		4.0	7.07
30		6.0	8.47
30		8.0	11.30
30		9.5	12.71
30		12.0	16.96
40		3.0	5.37
40		4.0	7.16
40		6.0	10.74
40		8.0	16.11
40		9.5	17.90
40		12.0	21.48
50		3.0	7.07
50		4.0	9.50
50		6.0	14.13
50		8.0	18.84
50		9.5	21.20
50		12.0	28.26
65		6.0	18.37
65		9.5	30.62
65		12.0	36.74
75		6.0	21.20
75		9.5	35.33
75		12.0	42.39
100		6.0	28.26
100		8.0	37.68
100		9.5	47.10
100		12.0	56.52



TUBO ESTRUCTURAL RECTANGULAR				
DIMENSIONES		ESPESOR	AREA	PESO
B	H	e	A	P
mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	Kg/m
20	40	1.5	1.65	1.30
		2.0	2.14	1.68
25	50	1.5	2.10	1.65
		2.0	2.74	2.15
		3.0	3.91	3.07
30	50	1.5	2.25	1.77
		2.0	2.94	2.31
		3.0	4.21	3.30
40	60	1.5	2.85	2.24
		2.0	3.74	2.93
		3.0	5.41	4.25
30	70	1.5	2.85	2.24
		2.0	3.74	2.93
		3.0	5.41	4.25
40	80	2.0	4.54	3.56
		3.0	6.61	5.19
		4.0	8.55	6.71
50	100	2.0	5.74	4.50
		3.0	8.41	6.60
		4.0	10.95	8.59
50	150	2.0	7.74	6.07
		3.0	11.41	8.96
		4.0	14.05	11.73

Largo Normal: 6 m  
 Recubrimiento: Negro o Galvanizado  
 Norma de Referencia para:  
 Fabricación: ASTM A500 / NTE INEN 2415  
 ASTM A123



Indice de velocidad	Velocidad en km/h	Indice de velocidad	Velocidad en km/h	Indice de velocidad	Velocidad en km/h
A1	5	D	65	Q	160
A2	10	E	70	R	170
A3	15	F	80	S	180
A4	20	G	90	T	190
A5	25	J	100	U	200
A6	30	K	110	H	210
A7	35	L	120	V	240
A8	40	M	130	ZR	>240
B	50	N	140	W	270
C	60	P	150	Y	300

Indice de carga	Peso en kgs	Indice de carga	Peso en kgs	Indice de carga	Peso en kgs	Indice de carga	Peso en kgs
20	80	55	218	79	437	101	825
22	85	58	236	80	450	102	850
24	85	59	243	81	462	103	875
26	90	60	250	82	475	104	900
28	100	61	257	83	487	105	925
30	106	62	265	84	500	106	950
31	109	63	272	85	515	107	975
33	115	64	280	86	530	108	1000
35	121	65	290	87	545	109	1030
37	128	66	300	88	560	110	1060
40	136	67	307	89	580	111	1090
41	145	68	315	90	600	112	1120
42	150	69	325	91	615	113	1150
44	160	70	335	92	630	114	1180
46	170	71	345	93	650	115	1215
47	175	72	355	94	670	116	1250
48	180	73	365	95	690	117	1285
50	190	74	375	96	710	118	1320
51	195	75	387	97	730	119	1360
52	200	76	400	98	750	120	1400
53	206	77	412	99	775		
54	212	78	425	100	800		



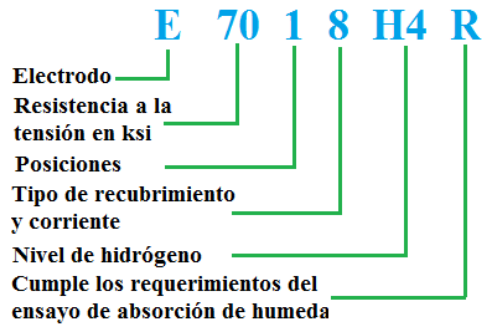
# ANEXO C

PLANOS MECÁNICOS

# ANEXO D

SOLDADURA

## CLASIFICACIÓN AWS A5.1 PARA ELECTRODOS



## RESISTENCIA A LA TENSIÓN SEGÚN DESIGNACIÓN

Clasificación AWS	Valores Mínimos	
	Resistencia a la tensión (lb/pulg <sup>2</sup> )	Límite de cedencia (lb/pulg <sup>2</sup> )
E60XX	62000	50000
E70XX	70000	57000
E80XX	80000	67000
E90XX	90000	77000
E100XX	100000	87000
E110XX <sup>a</sup>	111000	95000
E120XX <sup>a</sup>	120000	107000

a. En este tipo de electrodos se utiliza recubrimientos tipo bajo de hidrógeno únicamente

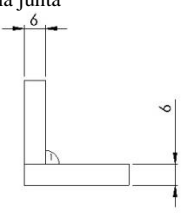
Posiciones de soldadura	
Clasificación	Posiciones
EXX1X	Plano, horizontal, vertical, sobre cabeza
EXX2X	Plano, horizontal (filete)
EXX4X	Plano, horizontal, vertical descendente, sobre cabeza

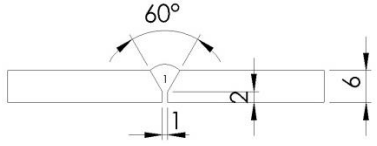
Tipo de recubrimiento			
Clasificación	Recubrimiento	Tipo de corriente	Penetración
EXXX0	Celulósico, sodio	DCEP	Profunda
EXX20	Óxido de hierro, sodio	DCEN, DCEP, AC	Media
EXXX1	Celulósico, potasio	AC, DCEP	Profunda
EXXX2	Rutílico, sodio	AC, DCEN	Media
EXXX3	Rutílico, potasio	AC, DCEP, DCEN	Ligera
EXXX4	Rutílico, polvo hierro	AC, DCEP, DCEN	Ligera
EXXX5	Bajo hidrógeno, sodio	DCEP	Media
EXXX6	Bajo hidrógeno, potasio	AC, DCEP	Media
EXXX7	Óxido de hierro, polvo de hierro	AC, DCEP, DCEN	Media
EXXX8	Bajo hidrógeno, polvo de hierro	AC, DCEP	Media
EXXX9	Óxido de hierro, rutílico, potasio	AC, DCEP, DCEN	Media

## ELECTRODOS REVESTIDOS PARA ACEROS AL CARBONO

ELECTRODOS	CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES
<b>E6010</b>	Electrodo celulósico de alta penetración, ideal para soldadura de raíz. Capaz de ser empleado en cualquier posición, excelente desempeño en aplicaciones verticales y sobre cabeza. Principales aplicaciones: tubería, estructuras, tanques, reparaciones y en materiales base oxidado o con residuos de aceite o pintura.
<b>E6011</b>	Electrodo celulósico de alta penetración con capacidad para ser utilizado con corriente alterna. Puede ser empleado en cualquier posición sobre acero contaminado, oxidado o pintado. Uso general en aceros estructurales de bajo carbono. Sus principales aplicaciones son en cordones de raíz y soldadura de filete.
<b>E6013</b>	Electrodo rutílico de uso general en aceros comunes. Posee un arco suave con escoria fácil de remover sencillo de encender y re-encender dando lugar a una excelente apariencia de la soldadura. Las aplicaciones típicas son carpintería metálica, soldadura de filete de perfiles, soldadura de espesores delgados en general y en todas aquellas aplicaciones donde es importante la calidad de terminación
<b>E7016-1</b>	Electrodo básico de bajo hidrógeno especial para estructuras y equipos bajo el efecto de fuerzas dinámicas. Trabaja con corriente alterna y con aceros de baja aleación con contenido de azufre y fósforos altos. Apto para utilizar en cañerías o contenedores sometidos a presión. Indicado para la soldadura de fundiciones de hierro cuando no se requiere un depósito mecanizable o el material base está muy contaminado.
<b>E7018-1H4</b>	Electrodo básico de arco suave y estable, permitiendo una soldadura limpia y uniforme. El manejo operativo es sencillo gracias a la fluidez del material depositado, el cual es muy resistente a fisuras, ideal donde los esfuerzos de tensión a la soldadura son inevitables. Su aplicación abarca desde estructuras, recipientes y tuberías a maquinaria bajo esfuerzos mecánicos a bajas temperaturas (-40°C).
<b>E7024</b>	Electrodo rutílico de alta eficiencia. Logra altas tasas de deposición por ser proceso SMAW, con bajo nivel de salpicadura y escoria de fácil desprendimiento, permitiendo altas velocidades de trabajo. Se logra la mejor eficiencia del mismo aplicando en soldaduras largas y en múltiples pesadas, ideal para soldadura de filete. Además, presenta excelente desempeño en soldadura horizontal.

				Diseño de la junta			
Nombre de la compañía ESPE-L							
WPS N° MBA 001							
Proceso de soldadura SMAW-MANUAL							
Según norma AWS D1.1							
Junta Utilizada	Tipo de junta UNIÓN A TOPE			Posición	Tope 3G		
	Tipo de soldadura RELLENO				Califica vertical.		
	Cordón de respaldo si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>			Característica eléctrica	Corriente:		
	Preparar junta si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>				CA <input type="checkbox"/> DC+ <input checked="" type="checkbox"/>		
	Método Amolado				DC+ <input type="checkbox"/>		
	Angulo de la ranura 0°						
	Cara de la raíz 0mm						
Abertura de la raíz ±0.1mm							
Limpieza Limpiar las superficies antes de soldar							
Metal base	Especificación ASTM A36			Técnica de soldadura	Técnica un pase <input type="checkbox"/>		
	Califica Acero				varios pases <input checked="" type="checkbox"/>		
	Espesor 6mm				Oscilación si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>		
	Califica Desde 3.2 a 12 mm				Limpieza entre Pases No		
Electrodo	Diámetro 3.2 mm				Otros pase : No		
	Clasificación AWS E 6011				Método de ensamble Apuntado		
	Especificación AWS A5.1			Soldadura Un lado <input type="checkbox"/>			
	Casa comercial AGA			Dos lados <input checked="" type="checkbox"/>			
Aplicación de Soldadura de Estructuras.				Pre calen	Temperatura N/A		
					Tiempo entre pases N/A		
N° de pase	Metal de aporte			Tensión de trabajo			(Vel. De avance m/min)
	Denominación AWS	Denominación Comercial	Diámetro (mm)	Pol	Voltaje (V)	Amperaje (A)	
1	E 6010	Zi -10T	3.2 mm	DC+	22-25	105	0.05-0.1
2	E 6010	Zip-10T	3.2 mm	DC+	22-25	105	0.05-0.1
<b>Notas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar alineación de la junta</li> <li>• Asegurar la limpieza de las partes</li> </ul>							
<b>REALIZADO POR:</b>  Buenaño Máximo Caizaluisa Gustavo  <b>FECHA:</b> 15/03/2013				<b>APROBADO POR:</b>  Ing. Félix Manjarres  <b>FECHA:</b> 15/03/2013			

Anexo D-4		ESPECIACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)				Pág. 4 de 5	
				Diseño de la junta 			
Nombre de la compañía		ESPE-L					
WPS N°		MBA 002					
Proceso de soldadura		SMAW-MANUAL					
Según norma		AWS D1.1					
Junta Utilizada	Tipo de junta	ESQUINA		Posición	Tope 2F		
	Tipo de soldadura	FILETE			Califica horizontal		
	Cordón de respaldo	si <input type="checkbox"/> no <input checked="" type="checkbox"/>					
	Preparar junta	si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>		Característica eléctrica	Corriente:		
	Método	Amolado			CA <input type="checkbox"/> DC+ <input checked="" type="checkbox"/>		
	Angulo de la ranura	0°			DC+ <input type="checkbox"/>		
	Cara de la raíz	0mm					
Abertura de la raíz	0mm						
Limpieza	Limpiar las superficies antes de soldar						
Metal base	Especificación	ASTM A36		Técnica de soldadura	Técnica varios pases <input type="checkbox"/>		
	Califica	Acero			Un pase <input checked="" type="checkbox"/>		
	Espesor	6mm			Oscilación si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>		
	Califica	Desde 3.2 a 12 mm			Limpieza entre Pases No		
Electrodo	Diámetro	3.2 mm			Otros pases: No		
	Clasificación AWS	E 6011			Método de ensamble Apuntado		
	Especificación AWS	A5.1		Soldadura Un lado <input checked="" type="checkbox"/> Dos lados <input type="checkbox"/>			
Casa comercial	AGA		Pre calen	Temperatura N/A			
Aplicación de Soldadura de Estructuras.				Tiempo entre pases N/A			
N° de pase	Metal de aporte			Tensión de trabajo			(Vel. De avance m/min)
	Denominación AWS	Denominación Comercial	Diámetro (mm)	Pol	Voltaje (V)	Amperaje (A)	
1	E 6011	Zip-10T	3.2 mm	DC+	22-25	105	0.05-0.1
<b>Notas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar alineación de la junta</li> <li>• Asegurar la limpieza de las partes</li> </ul>							
<b>REALIZADO POR:</b>  Buenaño Máximo Caizaluisa Gustavo  <b>FECHA:</b> 15/03/2013				<b>APROBADO POR:</b>  Ing. Félix Manjarres  <b>FECHA:</b> 15/03/2013			

				Diseño de la junta			
Nombre de la compañía ESPE-L							
WPSN° MBA 003							
Proceso de soldadura SMAW-MANUAL							
Según norma AWS D1.1							
Junta Utilizada	Tipo de junta	UNIÓN A TOPE		Posición	Tope 1G		
	Tipo de soldadura	BISEL			Califica vertical		
	Cordón de respaldo	si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>		Característica eléctrica	Corriente:		
	Preparar junta	si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>			CA <input type="checkbox"/> DC+ <input checked="" type="checkbox"/>		
	Método	Amolado			DC+ <input type="checkbox"/>		
	Ángulo de la ranura	60°			Técnica de soldadura	Técnica un pase <input type="checkbox"/>	
	Cara de la raíz	2mm				varios pases <input checked="" type="checkbox"/>	
Abertura de la raíz	1mm		Oscilación si <input checked="" type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/>				
Limpieza	Limpiar las superficies antes de soldar		Limpieza entre Pases No _____				
Especificación	ASTM A36		Otros pases: No				
Califica	Acero		Método de ensamble Apuntado				
Espesor	6mm		Soldadura Un lado <input checked="" type="checkbox"/> Dos lados <input type="checkbox"/>				
Metal base	Califica	Desde 3.2 a 12 mm		Pre calen	Temperatura N/A		
	Diámetro	3.2 mm			Tiempo entre pases N/A		
	Clasificación AWS	E 7018					
Electrodo	Especificación AWS	A5.1		Aplicación de Soldadura de Estructuras.			
	Casa comercial	AGA					
N° de pase	Metal de aporte			Tensión de trabajo			(Vel. De avance m/min)
	Denominación AWS	Denominación Comercial	Diámetro (mm)	Pol	Voltaje (V)	Amperaje (A)	
1	E 7018	INFRA 18	3.2 mm	DC+	22-25	120	0.05-0.1
<b>Notas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar alineación de la junta</li> <li>• Asegurar la limpieza de las partes</li> </ul>							
<b>REALIZADO POR:</b>  Buenaño Máximo Caizaluisa Gustavo  <b>FECHA:</b> 15/03/2013				<b>APROBADO POR:</b>  Ing. Félix Manjarres  <b>FECHA:</b> 15/03/2013			



# ANEXO E

MANUAL DE OPERACIÓN Y  
MANUAL DE MANTENIMIENTO



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO**  
**EXTENSIÓN LATACUNGA**

**MANUAL DE OPERACIÓN Y**  
**MANTENIMIENTO**

Sistema esparcidor de abono

**RESPONSABLES**

Buenaño González Máximo Alberto

Caizaluisa Ortiz Gustavo Felipe

LATACUNGA-ECUADOR

Dirección: Dirección: Calle Quijano Ordoñez y Hermanas Páez

Teléfono: 2813-130

**CONTENIDO**

**INSTRUCCIONES TÉCNICAS DE SEGURIDAD DE LA MÁQUINA**

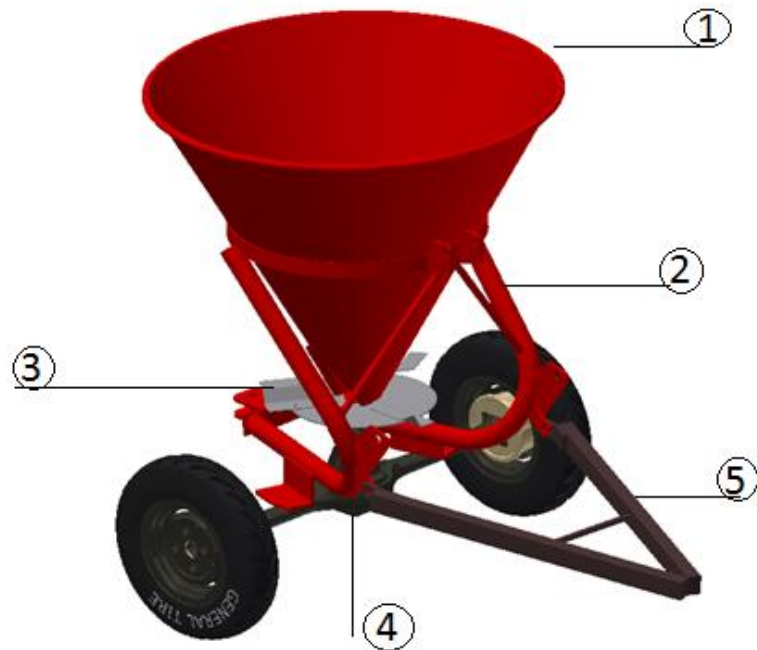
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.**

- Partes del sistema esparcidor de abono
- Características generales del esparcidor de abono
- Seguridad

**MÉTODO DE OPERACIÓN DEL ESPARCIDOR DE ABONO**

- Método de operación de la abonadora.
- Montaje de la abonadora.
- Carga de la tolva.
- Distribución del fertilizante en el campo
- Errores de la distribución
- Recomendaciones.

<b>Anexo E-1</b>	<b>MANUAL DE OPERACIÓN ESPARCIDOR DE ABONO</b>	<b>Pág. 3 de 8</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Los modelos de maquina presentados en este manual han sido diseñados y fabricados exclusivamente para efectuar la distribución sobre el terreno de abonos sólidos granulares y de semillas.</li><li>✓ Esta máquina se utiliza generalmente durante el día; si se requiere su uso nocturno o en condiciones de visibilidad reducida, se debe utilizar sistemas de iluminación.</li><li>✓ La alimentación del disco se realiza por fuerza de gravedad, a través de una apertura lateral a la tolva, en el interior está equipada con un agitador para impedir la formación de grumos fertilizantes.</li><li>✓ La dosificación del producto se lleva a cabo variando la sección de las aperturas de la tolva por medio de un sistema de palancas.</li><li>✓ Si como consecuencia de otras aplicaciones de la máquina se producen desperfectos o daños, el fabricante no se hará responsable de ellos.</li><li>✓ Deben respetarse todas las disposiciones legales relativas a la seguridad en las máquinas, las de tráfico si se transporta suspendida al tercer punto de un tractor y las de higiene y seguridad en el trabajo.</li><li>✓ Las modificaciones realizadas por cuenta del usuario anulan la posibilidad de garantía del fabricante para los posibles desperfectos o daños que se originen.</li></ul>		

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.****➤ Partes de la abonadora**

1. Tolva
2. Estructura tubular (Chasis).
3. Paletas distribuidoras
4. Transmisión
5. Brazos remolque

➤ **Características de la abonadora**

<b>Especificación</b>	<b>Dimensión</b>
Capacidad (lbs)	500
Peso de la maquina(lbs)	463
Altura(m)	1.10
Ancho de la tolva (m)	1.12
Anchura esparcimiento(m)	5
Potencia Requerida(hp)	5,98

➤ **Seguridad**

- ✓ La máquina debe ser utilizada por un solo operador, no hacer utilizar la maquina a menores de edad.
- ✓ Verificar con atención la maquina antes de cada puesta en funcionamiento.
- ✓ Antes de poner la máquina en marcha, comprobar cada vez la seguridad de la máquina, en el trabajo y en lo relativo al tráfico.
- ✓ Leer atentamente el manual de funcionamiento.
- ✓ Utilizar mascarilla para el operador durante todo el proceso.
- ✓ No trabaje jamás con esta máquina si está cansado, enfermo o bajo influencia de alcohol, drogas o medicinas.
- ✓ Al momento de hacer la limpieza de este maquina se debe utilizar gafas, guantes y mascarilla y alejar a personas y animales del sitio de limpieza.
- ✓ Antes de arrancar compruebe la visibilidad de los alrededores y la inexistencia de personas en la zona de trabajo.
- ✓ Está terminantemente prohibido subirse a la máquina durante el trabajo y el transporte.
- ✓ Prestar una atención muy especial al enganchar y desenganchar la máquina al tractor.
- ✓ No abandonar nunca el asiento del conductor durante la marcha.
- ✓ Antes de bajar del tractor, dejar la máquina en el suelo y extraer la llave de arranque.

Anexo E-1	MANUAL DE OPERACIÓN ESPARCIDOR DE ABONO	Pág. 6 de 8
<p data-bbox="347 383 927 416">➤ <b>Método de operación de la abonadora.</b></p> <p data-bbox="300 439 1350 580">Las condiciones de operación para la abonadora son controlados desde la abonadora así que antes de empezar a trabajar se debe regular el sistema esparcidor.</p> <p data-bbox="357 658 890 692">➤ <b>Montaje de la abonadora al tractor</b></p> <p data-bbox="300 714 1350 855">Existen dos formas de acoplamiento de la abonadora al tractor: herramienta suspendida en base a los tres puntos del tractor, y herramienta remolcada mediante un pin y arrastrada con sus ruedas.</p> <p data-bbox="300 934 1350 1075">Esta herramienta de acoplamiento está limitada por su peso y dimensiones que no generen levantamiento de la parte frontal del tractor y no sobrepasa las dimensiones y capacidad del elevador hidráulico del mismo.</p> <p data-bbox="347 1153 643 1187">➤ <b>Carga de la tolva:</b></p> <p data-bbox="300 1209 1350 1294">Antes de efectuar la carga, las compuertas deben estar cerradas. Durante la carga el tractor debe estar en posición apagado o estático.</p> <p data-bbox="300 1317 1350 1402">No conducir o ir por largas distancias con la tolva llena, esto podría comprimir el fertilizante.</p> <p data-bbox="300 1424 1350 1509">No hacer girar por mucho tiempo el disco distribuidor con las compuertas de la tolva cerrada</p> <p data-bbox="347 1592 951 1626">➤ <b>Distribución del fertilizante en el campo</b></p> <p data-bbox="300 1648 1350 1792">Ubicados en el terreno donde se quiere fertilizar, se abre gradualmente la tolva para que permita la aspersión del fertilizante, se recomienda una velocidad constante para no tener desperdicio del fertilizante.</p>		

**Errores de la distribución**

- Velocidad de avance inadecuada
- Errores de conducción
- Falta de limpieza de los discos distribuidores
- Fertilizante de mala calidad
- Fertilizante mojado
- Cuerpos extraños en el abono
- Aperturas de la tolva obturadas.



**Objetivo General:**

- ✓ Conservar en óptimas condiciones de operación y funcionamiento la esparcidora de abono logrando que no presente fallas ni paros y al mismo tiempo trabaje lo más silenciosamente posible.

**Objetivo Específico:**

- ✓ Generar un alto nivel de seguridad y confort para que el agricultor pueda desarrollar su actividad con mayor eficiencia y tranquilidad.

**Plan de mantenimiento**

- Un buen mantenimiento diario mantiene bajo el coste de ejercicio de la máquina y permite un aprovechamiento integral de sus potencialidades.
- En caso de avería el conductor debe detener inmediatamente la máquina y asegurarse del tipo de problema y efectuar las eventuales reparaciones.
- Cada 8 horas de trabajo efectivo hay que controlar el apretado de todas las tuercas y bulones.
- En caso de vibraciones hay que controlar el estado del desgaste de las paletas del disco distribuidor, el correcto apretado de los bulones y el engrase del grupo de transmisión.
- Antes del empleo hay que hacer una limpieza y engrasar el grupo de transmisión cada 8 horas.
- El aceite de la transmisión se debe cambiar cada 500 horas de trabajo.



**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO  
EXTENSIÓN LATACUNGA**

**MANUAL DE OPERACIÓN Y  
MANTENIMIENTO**

Sistema Aporcador

**RESPONSABLES**

Buenaño González Máximo Alberto

Caizaluisa Ortiz Gustavo Felipe

LATACUNGA-ECUADOR

Dirección: Dirección: Calle Quijano Ordoñez y Hermanas Páez

Teléfono: 2813-130

**CONTENIDO**

**INSTRUCCIONES TÉCNICAS DE SEGURIDAD DE LA MÁQUINA**

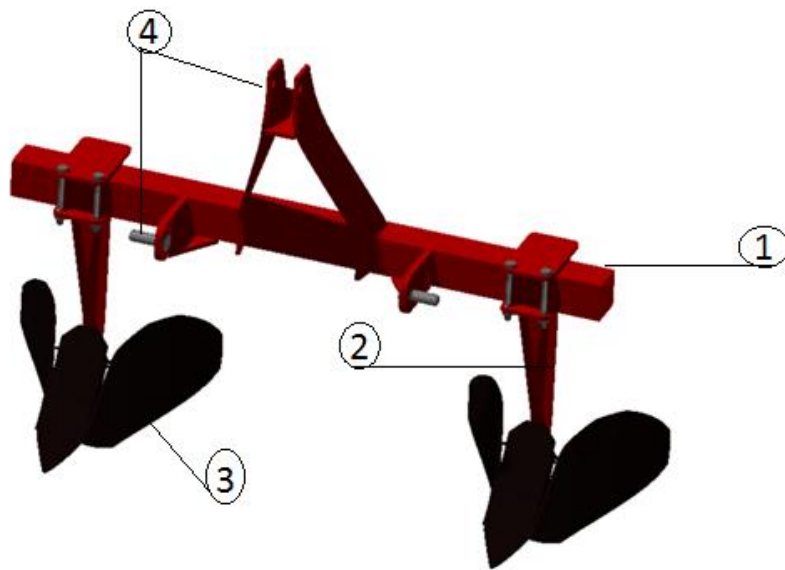
**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.**

- Partes del sistema aporcador
- Características generales de la herramienta aporcadora
- Seguridad

**MÉTODO DE OPERACIÓN DEL APORCADOR.**

- Método de operación del aporcador.
- Montaje del aporcador al tractor.
- Regulación del ancho de los surcos.
- Posición de trabajo
- Recomendaciones.

<b>Anexo E-2</b>	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA APORCADOR</b>	<b>Pág. 3 de 6</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Los modelos de maquina presentados en este manual han sido diseñados y fabricados exclusivamente para efectuar la labores de labranza.</li><li>✓ Esta máquina se utiliza generalmente durante el día; si se requiere su uso nocturno o en condiciones de visibilidad reducida, se debe utilizar sistemas de iluminación.</li><li>✓ La herramienta debe ser utilizada por personal capacitado.</li><li>✓ Si como consecuencia de otras aplicaciones de la máquina se producen desperfectos o daños, el fabricante no se hará responsable de ellos.</li><li>✓ Deben respetarse todas las disposiciones legales relativas a la seguridad en las máquinas, las de tráfico si se transporta suspendida al tercer punto de un tractor y las de higiene y seguridad en el trabajo.</li><li>✓ Las modificaciones realizadas por cuenta del usuario anulan la posibilidad de garantía del fabricante para los posibles desperfectos o daños que se originen.</li></ul>		

**ESPECIFICACIONES TÉCNICAS.****➤ Partes del Surcador**

1. Bastidor surcador
2. Brazos surcador
3. Alas aporcadoras
4. Eganche tres puntos

<b>Anexo E-2</b>	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA APORCADOR</b>	<b>Pág. 5 de 6</b>
------------------	--	--------------------

➤ **Características de la herramienta aporcadora**

<b>Especificación</b>	<b>Dimensión</b>
Capacidad (Surcos)	2
Peso de la maquina (lbs.)	145
Altura(mm)	1.10
Ancho del surcador(m)	1.27
Ancho de las aletas (cm)	36
Ancho del surco(cm)	60-80-100
Profundidad de surcos (cm)	24.8
Potencia Requerida(hp)	10,31

➤ **Seguridad**

- ✓ La máquina debe ser utilizada por un solo operador, no hacer utilizar la maquina a menores de edad.
- ✓ Verificar con atención la maquina antes de cada puesta en funcionamiento.
- ✓ Antes de poner la máquina en marcha, comprobar cada vez la seguridad de la máquina, en el trabajo y en lo relativo al tráfico.
- ✓ Leer atentamente el manual de funcionamiento.
- ✓ No trabaje jamás con esta máquina si está cansado, enfermo o bajo influencia de alcohol, drogas o medicinas.
- ✓ Antes de arrancar compruebe la visibilidad de los alrededores y la inexistencia de personas en la zona de trabajo.
- ✓ Está terminantemente prohibido subirse a la máquina durante el trabajo y el transporte.
- ✓ Prestar una atención muy especial al enganchar y desenganchar la máquina al tractor.
- ✓ No abandonar nunca el asiento del conductor durante la marcha.
- ✓ Antes de bajar del tractor, dejar la máquina en el suelo y extraer la llave de arranque.

Anexo E-2	<b>MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA APORCADOR</b>	Pág. 6 de 6
<p>➤ <b>Método de operación de la aporcadora.</b></p> <p>Las condiciones de operación para la aporcadora son controladas desde los mandos del tractor.</p> <p>➤ <b>Montaje de la aporcadora al tractor</b></p> <p>Existe una forma de acoplar la herramienta al tractor, es mediante la unión de los tres puntos del tractor a la herramienta, siempre hay que verificar que estén bien colocados los pasadores de los pines, para evitar posibles accidentes</p> <p>Esta herramienta de acoplamiento está limitada por su peso y dimensiones que no generen levantamiento de la parte frontal del tractor y no sobrepasa las dimensiones y capacidad del elevador hidráulico del mismo.</p> <p>➤ <b>Regulación del ancho de los surcos</b></p> <p>En la parte posterior de las aletas esta herramienta cuenta con un mecanismo regulador del ancho de los surcos el cual nos permite regular según la necesidad del agricultor.</p> <p>➤ <b>Posición de trabajo</b></p> <p>El tractor mediante su control hidráulico debe poner en la posición de contacto al surcador con la tierra, y arrancar para de esta forma poder formar los surcos.</p> <p><b>Recomendaciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Los beneficiarios del sistema aporcador se encuentran obligados apropiarse de este manual.</li> <li>• Garantizar una buena operación y mantenimiento del sistema aporcador.</li> <li>• Este manual debe ser entendido por completo por el campesino operador del sistema aporcador antes de poner en marcha, evitando así inconvenientes con el correcto funcionamiento.</li> </ul>		

# ANEXO F

ARTICULO DE REVISTA



# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA ESPARCIDOR DE ABONO Y UNA HERRAMIENTA APORCADORA PARA EL PROTOTIPO DE TRACTOR AGRÍCOLA MONOPLAZA A DIESEL

*Félix Manjarrés<sup>1</sup>, José Quiroz<sup>2</sup>, Gustavo Caizaluisa<sup>3</sup>, Máximo Buenaño<sup>4</sup>*

*<sup>1,2,3,4</sup> Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.*

*e-mail: fxmanjarres@espe.edu.ec, jose\_quiroz\_erazo@yahoo.com, gustavocaizaluisa89@gmail.com, maxvuelv@yahoo.com*

## RESUMEN

El proyecto consiste en el diseño y construcción de un sistema esparcidor de abono y una herramienta aporcadora, herramientas que serán implementadas al prototipo de tractor agrícola monoplaza a diésel, las mismas que permitirán disminuir el esfuerzo físico de los agricultores del centro del país, minimizar tiempo e incrementar la producción agrícola.

## ABSTRACT

The project consists of the design and construction of a manure spreader and a plow tool, tools to be implemented to prototype car to diesel farm tractor, the same as to reduce the physical effort of farmers in the Midwest, minimize time and increase agricultural production.

## I. INTRODUCCIÓN

Se diseñara y construirá una aporcadora que permita dejar a punto la tierra en forma de caballones ya lista para iniciar la labor de siembra, así como también el sistema esparcidor de abono que permita fertilizar el terreno

para de esta manera tener una buena cosecha al final del proceso agrícola.

Para tener un desempeño eficiente al momento de operar estas herramientas, el diseño se basó en las características técnicas del prototipo del tractor agrícola monoplaza a diésel, por lo cual se optó desarrollar un surcador con dos cuerpos y un esparcidor de abono que sea capaz de transportar y esparcir (250 kg).

El diseño y modelado se realiza a través del software Autodesk Inventor Professional 2013, los análisis estáticos y dinámicos se realizara en el software Ansys 14.5, el mismo que permite realizar simulaciones, y emitir resultados reales que permitan visualizar con claridad las modificaciones que se producen.

## II. DISEÑO DE LAS HERRAMIENTAS

### Aporcadora

Primeramente se realizan cálculos de la sección de trabajo, capacidad teórica de trabajo, capacidad efectiva de campo, rendimiento, potencia necesaria para traccionar el surcador y la profundidad de los surcos, esto con el fin de

seleccionar el tamaño de las alas adecuado para esta herramienta. Una vez elegido el tamaño de las alas se realiza el modelado en el software Autodesk Inventor 2013, mediante análisis analítico se obtuvo las fuerzas y cargas que actúan sobre esta herramienta, las mismas que aplicamos en el software Ansys.

La tensión de Von Mises es de gran importancia, debido a que ahí se puede verificar si el elemento resiste a las cargas que está sometido. Para un correcto diseño el resultado obtenido en el programa de la tensión de Von Mises debe ser menor que el límite de fluencia del material. También es importante observar el factor de seguridad y el desplazamiento que sufre el material.

La deformación total obtenida en el análisis es de 1.1834 mm, que es realmente un valor bajo y nos indica un correcto diseño

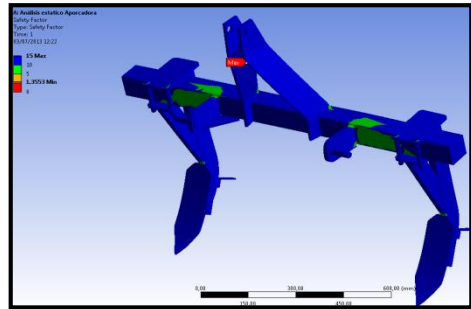


Figura 3. Factor de diseño

El valor obtenido en el factor de diseño es de  $N_s = 1.3535$ , el mismo que está en el rango permitido.

## Aporcadora (Surcador)

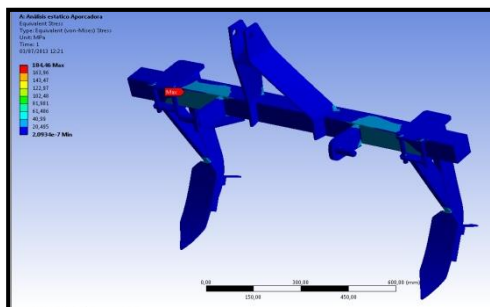


Figura 1. Tensión de Von Mises

El límite de fluencia del material es de 248 MPa. y el Von Mises del disco es de 178.96 MPa, lo que nos indica un diseño correcto.

## Esparcidor de Abono

Se empieza calculando el volumen que debe tener la tolva para transportar el fertilizante. A partir del volumen podemos dimensionar la tolva, adecuando con el tamaño del tractor agrícola, además se realizó la selección de una transmisión para efectuar el giro que nos ayuda a esparcir el abono, la transmisión seleccionada fue de una camioneta Datsun 1200. El modelado se realizó en el software Autodesk Inventor 2013, mediante análisis analítico se obtuvo las fuerzas y cargas que actúan sobre esta herramienta, las mismas que aplicamos en el software Ansys.

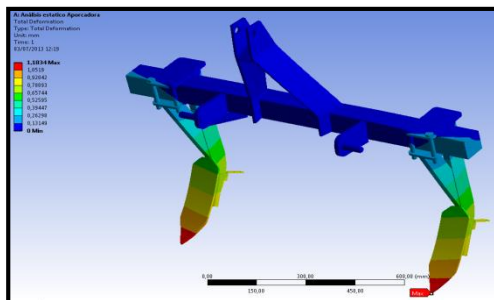


Figura 2. Deformación total

## Estructura tubular

Es el chasis de la abonadora donde se instalan todos los elementos que conforman la herramienta.

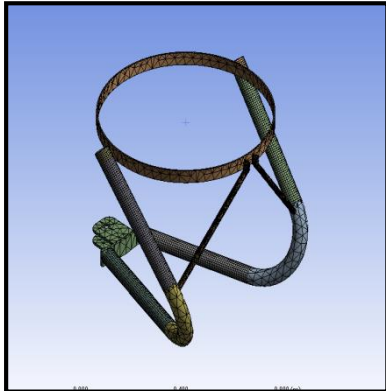


Figura 4. Estructura tubular abonadora

Mediante el análisis de Von Mises se obtuvo un valor de 178.96 MPa que es menor al valor de la resistencia al punto cedente del material utilizado que es de 317 MPa.

El factor de seguridad obtenido en esta simulación es de  $N_s = 1.397$  que es un valor aceptable en el rango de diseño.

### Tolva

Es el elemento donde se deposita todo el fertilizante que va a ser transportado y posteriormente esparcido en el terreno.

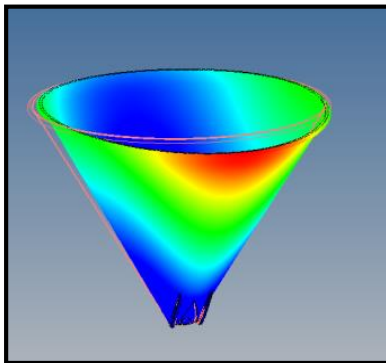


Figura 5. Tolva de la abonadora

Mediante el análisis de Von Mises se obtuvo un valor de 30.27MPa que es menor al valor de la resistencia al punto cedente del material utilizado que es de 248MPa.

El factor de seguridad obtenido en esta simulación es de  $N_s = 6.84$  que es un

valor aceptable en el rango de diseño. Lo cual indica que la tolva se comporta de una manera adecuada.

### Transmisión

La función de la transmisión es de invertir el movimiento de los neumáticos hacia las aletas que tiene la abonadora para distribuir el fertilizante

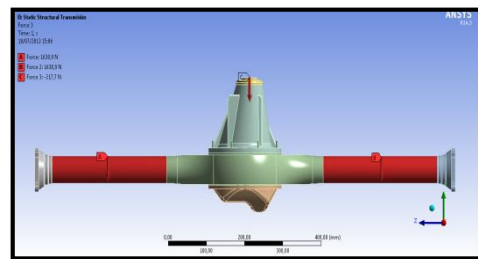


Figura 6. Transmisión de la abonadora

Mediante el análisis de Von Mises se obtuvo un valor de 53.58MPa que es menor al valor de la resistencia al punto cedente del material utilizado que es de 248MPa.

El factor de seguridad obtenido en esta simulación es de  $N_s = 4.6657$  que es un valor aceptable en el rango de diseño.

### Brazo- Acople de la Abonadora

Es el mecanismo de acople tractor-abonadora, el mismo que debe resistir a ser remolcado por el tractor agrícola.

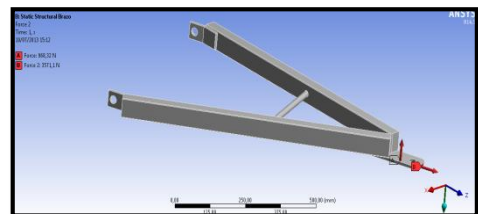


Figura 7. Brazo Acople abonadora

Mediante el análisis de Von Mises se obtuvo un valor de 173.47MPa que es

menor al valor de la resistencia al punto cedente del material utilizado que es de 317 MPa.

El factor de seguridad obtenido en esta simulación es de  $N_s = 1.44$  que es un valor aceptable en el rango de diseño. Lo cual indica que este mecanismo se comporta de una manera adecuada.

### III. CONSTRUCCIÓN

Para la construcción se utilizó herramientas que entre las principales tenemos: soldadora SMAW y GMAW, cortadora (plasma), taladro, amoladora, caja de herramientas, etc.

#### Aporcadora (surcadora)

Para la construcción de la surcadora se utilizó el proceso de soldadura Smaw y Gmaw, con electrodos AWS E- 6011 E-7018.

Los cortes de cada uno de los elementos se realizaron con una cortadora plasma (PAW), se utilizó una amoladora para dejar los acabados y biselados listos para el proceso de soldadura. En los anexos se encuentran los planos de todos los elementos de la surcadora.



Figura 8. Herramienta aporcadora

#### Herramienta Abonadora

La construcción de esta herramienta es similar a la herramienta aporcadora se utilizó las mismas herramientas de construcción, para el dobles de la

estructura tubular y de la tolva se utilizó una varoladora.



Figura 9. Herramienta esparcidora de abono

### IV. CONCLUSIONES

- El límite de fluencia obtenido en las simulaciones de las herramientas diseñadas es inferior al límite máximo de los materiales utilizados.
- La estética y el peso de la herramienta aporcadora, nos permite regular sus brazos y aletas según la necesidad, y es fácil de instalar al tractor agrícola
- Se probó que la surcadora puede soportar grandes esfuerzos en sus materiales sin que se presente problemas de rupturas.
- La herramienta esparcidora de abono es capaz de fertilizar una hectárea de terreno en 26 minutos con una anchura de trabajo de 5 metros a una velocidad de 4.5 Km/h
- Con el correcto uso de las herramientas se trabaja con mayor eficiencia, mejor operación, menor desgaste físico, en suelos pesados, pedregosos y húmedos.

### V. RECOMENDACIONES

- Leer atentamente los manuales de operación antes de poner en marcha,

empleo, mantenimiento u otras intervenciones sobre las herramientas.

- Para evitar sobreesfuerzos del tractor y la herramienta aporcadora, es recomendable antes de abrir surcos en el terreno, haber realizado la labor de arado.

- Cada 8 horas de trabajo efectivo es recomendable controlar el apretado de todas las tuercas, tornillos y pernos de las herramientas construidas

- Limpiar y retirar todo el fertilizante del sistema esparcidor de abono luego de su utilización, debido a que corroe el acero y daña la pintura cuando este se humedece.

[9] Mott, R. L. (2001). *"Diseño de elementos de máquinas"*. Mexico: University of Dayton.

[10] Ortiz-Cañavate, J. (2004). *Las Maquinas Agrícolas y su aplicación* (Sexta ed.). Madrid, España: Aedos.

[11] Terciado Barcal, M. (2009). *Evaluación de abonadoras*. España: AIMCRA.

[12] *Tubos estructurales*. (s.f.). Recuperado el 8 de Enero de 2013, de [http://www.unicon.com.ve/estructural\\_tubos\\_estructurales.html](http://www.unicon.com.ve/estructural_tubos_estructurales.html)

[13] Shigley, J. E., y Mischke, C. R. (2001). *Diseño en ingeniería mecánica* (6ta. ed.). México: Editorial McGraw-Hill.

[14] Potter, Merle C. (2008). *Mecánica de Fluidos*. (3ra Edición). México: Editorial THOMSON

## VI. REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

[1] Ashby, M. (2008). *Materiales para Ingeniería 1*. España: Reverté.

[2] Askeland, D. (s.f.). *Ciencia de los materiales*. Recuperado el 5 de enero de 2013, de <http://html.rincondelvago.com/materiales-de-ingenieria.html>

[3] Briosa, F. (2001). *Tractores y Máquinas Agrícolas*. España.

[4] Chiriboga, M. (s.f.). *Realidad Nacional*. Recuperado el 4 de Enero de 2013, de <http://www.eluniverso.com/2007/04/16/0001/21/0BB892BF00C846AAA199C4AE29D33291.aspx> Manuel Chiriboga V

[5] *Estadísticas FAO*. (s.f.). Recuperado el 14 de Febrero de 2013, de [http://faostat3.fao.org/home/index\\_es.html?locale=es#VISUALIZE](http://faostat3.fao.org/home/index_es.html?locale=es#VISUALIZE)

[6] *Estudios de ingresos per capita*. (s.f.). Recuperado el 4 de Enero de 2013, de [www.diputados.gob.mx/comisiones59legislatura/ciencia\\_tecnología/web/indicadores1.htm](http://www.diputados.gob.mx/comisiones59legislatura/ciencia_tecnología/web/indicadores1.htm)

[7] Guerrero Riascos, R. (1998). *Fertilización de cultivos en clima frío*.

[8] Loja, U. N. (2011). *Realidad Social Agropecuaria y Ambiental del Ecuador*.

## VII. BIOGRAFIA



### **Máximo Buenaño**

Nació en Cuenca, Ecuador, es ingeniero automotriz, estudio en la Escuela Politécnica del Ejército, presta sus

servicios profesionales en asesoramiento en sistemas automotrices.



### **Gustavo Caizaluisa**

Nació en Quito, Ecuador, es Ingeniero Automotriz, estudio en la Escuela Politécnica del

Ejército, presta sus servicios profesionales en asesoramiento en sistemas automotrices.

**José Quiroz** nació en Latacunga, Ecuador, Es ingeniero Automotriz,



dispone estudios de Postgrado en Autotrónica, gestión para el aprendizaje universitario proyectos, Energías Renovables y Docente tiempo

completo en la Escuela Politécnica del Ejército desde 2007. Jefe de laboratorio de Autotrónica.

**Félix J. Manjarrés A.**, nació en



Guayaquil - Ecuador, Ingeniero Automotriz e Ingeniero Industrial, Maestrante en la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, en el programa de Diseño, Producción y

Automatización Industrial. Docente tiempo Parcial en la Escuela Politécnica del Ejército extensión Latacunga desde 2010. Consultor de proyectos en el área de la ingeniería industrial y mecánica.

**Latacunga, Agosto del 2013**

**Autores**

---

**Máximo Alberto Buenaño González**

---

**Gustavo Felipe Caizaluisa Ortiz**

---

**Ing. Juan Castro**

**DIRECTOR DE LA CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

---

**Dr. Rodrigo Vaca Corrales**

**SECRETARIO ACADÉMICO**

**UNIDAD ADMISIÓN Y REGISTRO**