

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

“DISEÑO DE UN MOTOCULTOR DE LABORES AGRÍCOLAS
PARA LA PARROQUIA DE SAN JOAQUÍN DE LA CIUDAD DE
CUENCA”

Tesis previa a la obtención del

título de Ingeniero Mecánico

Automotriz.

Autor:

Juan Pablo Medina Encalada

Director:

Ing. Marco Amaya

Cuenca, Febrero 2015

AGRADECIMIENTO

Este trabajo de tesis realizado en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca es un esfuerzo en el cual, directo o indirectamente, participaron distintas personas opinando, corrigiendo, teniéndome paciencia, dando ánimo, acompañándome en los momentos de crisis y en los momentos de felicidad. Este trabajo me ha permitido aprovechar la competencia y la experiencia de muchas personas que deseo agradecer en este apartado.

En primer lugar a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A mi director de tesis Ingeniero Marco Amaya, mi más amplio agradecimiento por haberme confiado este trabajo, por su paciencia, por su valiosa dirección y apoyo para conseguir este camino de tesis y llegar a la conclusión del mismo. Cuya experiencia y educación han sido mi fuente de motivación y de curiosidad durante estos años.

De igual manera al Ingeniero Néstor Rivera un especial agradecimiento por sus consejos y por compartir su sabiduría, durante mi estancia donde he podido tener la oportunidad de aprender y desarrollarme como un profesional.

Y por último a toda mi familia que han sido mi apoyo, mi soporte y me han motivado durante mi formación profesional.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles por su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones

A todos ustedes, mi mayor reconocimiento y gratitud.

DEDICATORIA

A Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más, A mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, a mi Tía quien ha velado por mí y ha sido mi soporte durante este arduo camino para convertirme en un profesional . A mi primo quien ha sido como un padre que con sus consejos ha sabido guiarme para culminar y cumplir con mi sueños propuestos, a mi hermano que siempre ha estado junto a mi apoyándome y alentándome para que no decaiga y siga siempre firme en lo que me he propuesto. A mi hija Amanda y mi esposa Ximena que han sido mi motivación para seguir adelante con mi sueño. Por ultimo a mis profesores gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional



Juan Pablo Medina Encalada

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo: Juan Pablo Medina Encalada, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo el derecho de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



Juan Pablo Medina Encalada

CERTIFICADO

Yo, Ing. Marco Amaya P. certifico que el trabajo de tesis “**Diseño de un motocultor de labores agrícolas para la Parroquia de San Joaquín de la Ciudad de Cuenca**”, para la carrera de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca, realizado por el estudiante: Juan Pablo Medina Encalada, fue realizado bajo mi tutela y dirección.

Cuenca, 21 de febrero de 2015



Ing. Marco Amaya P.

DIRECTOR DEL PROYECTO

INTRODUCCIÓN

En este estudio se presenta la problemática que tiene el agricultor en desarrollar las actividades de la producción agrícola referente a la escases de la mano de obra por ser un trabajo muy fuerte; por este motivo se ha perdido el interés de las nuevas generaciones en desarrollar la agricultura. La Universidad Politécnica Salesiana, considera como aspecto importante el iniciar con la investigación del campo de maquinaria agrícola y tecnificarlo de acuerdo a la situación actual.

Se ha enfatizado en verificar la situación agrícola de la Parroquia de San Joaquín donde se tiene terrenos con desniveles considerables los cuales superan los 30 grados. Los agricultores de la parroquia mencionada tienen inconvenientes al momento de ocupar maquinaria agrícola para preparar el suelo o para las diversas labores agrícolas, ya que dichos terrenos al ser minifundios, no se puede utilizar un tractor por su tamaño y por su peso ya que cuando transita por el terreno lo compactaría.

Para apoyar en las labores agrícolas a los pequeños agricultores y facilitar su trabajo se desarrolla otra alternativa la cual es el motocultor, pero dichos equipos están diseñados para terrenos planos los mismo que no pueden trabajar en pendientes mayores a los 30 grados, ya que este tiende a un vuelco lateral.

Para facilitar la problemática indicada se ha diseñado y optimizado un motocultor dotado de suspensión con un menor peso y con una gran eficacia en sus funciones, ya que se tiene un diseño innovador para la herramienta agrícola “apero” para no perjudicar el intercambio de las capas del suelo.

RESUMEN

En la presente tesis se diseña un motocultor dotado de una suspensión independiente para facilitar las labores agrícolas en pendiente, ya que en la Parroquia de San Joaquín es un territorio con elevaciones mayores a los 30 grados. Por tal razón los motocultores existentes en el mercado nacional no llegan a cubrir las necesidades del agropecuario.

Por lo tanto se realiza un análisis agrícola en la parroquia, para identificar qué tipo de arado es el más utilizado en el territorio, y con ello se determina la forma adecuada en la que va a trabajar el motocultor. Además se investiga que tipo de suelo es de la parroquia concluyendo con un suelo arcilloso muy compacta.

A través de una recopilación teórica se fundamenta los parámetros necesarios para diseñar una suspensión y también de la importancia de la geometría del apero, además se presenta información de la maquinaria agrícola y del funcionamiento del motocultor.

En la parte del diseño, se elabora un análisis de alternativas para tener la mejor selección del sistema de suspensión y del motor. Además se realiza un modelado matemático de la cinemática de la suspensión y conjuntamente de la fuerza tractora, velocidad máxima y el consumo del motocultor. Adicionalmente se elabora los estudios estáticos de las partes diseñadas del motocultor.

Finalmente se realiza un estudio económico para comprobar la inversión en la construcción del motocultor, de tal forma se verifica la viabilidad económica y técnica en la construcción.

ABSTRACT

In the present thesis designs a motocultor provided with an independent suspension to facilitate the agricultural labors in earring, since in San Joaquín's Parish it is a territory with elevations bigger than 30 degrees. For such a reason the existing motocultores on the domestic market do not manage to cover the needs of the agricultural one.

Therefore an agricultural analysis is realized in the parish, to identify what type of plough is most used in the territory, and with it there decides the suitable form at which the motocultor is going to be employed. In addition there is investigated that type of soil is of the parish concluding with a clayey soil very compact.

Across a theoretical summary the necessary parameters are based to design a suspension and also of the importance of the geometry of the equipment, in addition one presents information of the agricultural machinery and of the functioning of the motocultor.

In the part of the design, an analysis of alternatives is elaborated to have the best selection of the system of suspension and of the engine. In addition there carries out a shaped mathematician of the kinematics of the suspension and together of the force tractora, maximum speed and the consumption of the motocultor. Additional there are elaborated the static studies of the parts designed for the motocultor.

Finally an economic study is realized to verify the investment in the construction of the motocultor, of such a form there happens the economic and technical viability in the construction.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	XIV
CAPÍTULO I: ESTABLECER LAS NECESIDADES Y CONDICIONES DEL TRABAJO AGRÍCOLA DE LA PARROQUIA DE SAN JOAQUÍN	1
1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PARROQUIA DE SAN JOAQUÍN.	1
1.2 ÁMBITO AGRÍCOLA DE SAN JOAQUÍN.	1
1.3 GEOMORFOLOGÍA.	2
1.4 TIPOS DE SUELO QUE CUENTA LA PARROQUIA DE SAN JOAQUÍN.....	2
1.5 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.....	3
1.5.1 <i>Textura del suelo.</i>	3
1.5.2 <i>Estructura del suelo</i>	3
1.5.3 <i>La estructura y textura influyentes en el desarrollo de la planta.</i>	3
1.6 LABRANZA DEL SUELO.	4
1.6.1 <i>Importancia y necesidad de la labranza en la agricultura</i>	4
1.6.2 <i>Necesidad de facilitar en una forma mecanizada la labor del arado y preparación del suelo al agricultor.</i>	4
1.6.3 <i>Herramientas para arados del suelo.</i>	5
1.6.3.1 Arado de discos.....	5
1.6.3.2 Arado rotavator.	6
1.7 NECESIDADES EN LAS LABORES AGRARIAS.	7
CAPÍTULO II: ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD DE MAQUINARIA AGRÍCOLA EXISTENTES EN EL MERCADO NACIONAL	8
2.1 FUNDAMENTO TEÓRICO DE LA SUSPENSIÓN Y DIRECCIÓN DEL MOTOCULTOR.	8
2.1.1 <i>Suspensión</i>	8
2.1.1.1 Influencias para el diseño del sistema de suspensión.....	8
2.1.1.2 Consideración para el vuelco del motocultor.	9
2.1.1.3 Frecuencia a trabajar del sistema de suspensión.	10
2.1.1.3.1 Riesgo derivado por vibraciones del motocultor.....	10
2.1.1.3.2 Respuesta humana a las vibraciones.	10

2.1.1.4	Determinación de los grados de libertad en la suspensión.....	11
2.1.2	<i>Dirección</i>	12
2.1.2.1	Característica del sistema de dirección.....	12
2.1.2.2	Dirección en un motocultor.....	12
2.1.3	<i>Aperos en un motocultor</i>	13
2.1.3.1	Importancia de la forma del apero.....	14
2.2	ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD DE MAQUINARIA AGRÍCOLA EN EL MERCADO NACIONAL.....	16
2.2.1	<i>Tractores</i>	16
2.2.2	<i>Motocultor</i>	16
2.2.2.1	Clasificación del motocultor.....	17
CAPÍTULO III: DISEÑO DEL MOTOCULTOR.....		18
3.1	ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS PARA EL DISEÑO DEL MOTOCULTOR.....	18
3.1.1	<i>Alternativas para la selección del sistema de suspensión</i>	18
3.1.1.1	Evaluación de las alternativas.....	19
3.1.1.2	Selección de la alternativa favorable al motocultor.....	20
3.1.2	<i>Alternativas para la selección del motor</i>	20
3.1.2.1	Evaluación de las alternativas.....	20
3.1.2.2	Selección de la alternativa del motor.....	21
3.2	MODELADO MATEMÁTICO.....	21
3.2.1	<i>Modelo matemático de la suspensión de la alternativa "A"</i>	21
3.2.1.1	Determinación de los coeficientes de rigidez y de amortiguación.....	21
35.1.1.1	Estudio en Matlab de los datos obtenidos.....	26
35.1.1.2	Análisis de los resultados de matlab.....	28
35.1.2	<i>Modelado matemático para el diseño de los brazos de suspensión</i>	32
35.1.2.1	Recorrido de la rueda.....	33
35.1.3	<i>Cálculo de las prestaciones del motocultor</i>	35
35.1.3.1	Cálculo de la velocidad.....	36
35.1.3.2	Cálculo de la potencia en rueda.....	38

35.1.3.3	Cálculo de la fuerza tractora	39
35.1.3.4	Cálculo del consumo	41
35.1.4	<i>Modelado geométrico.</i>	41
35.2	DISEÑO DE LOS APEROS	43
35.2.1	<i>Esfuerzo cortante al suelo.</i>	43
35.2.2	<i>Modelado del apero.</i>	44
35.3	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS DISEÑADOS.....	46
35.3.1	<i>Análisis estructural de los brazos de suspensión.</i>	46
35.3.1.1	Selección de los materiales para los componentes diseñados.	46
35.3.1.2	Configuración de las condiciones de contorno de la suspensión.	46
35.3.1.3	Calidad del mallado del sistema de suspensión.	47
35.3.1.4	Resultado obtenidos.	48
35.3.2	<i>Análisis estructural del apero y de las sujeciones.</i>	50
35.3.2.1	Selección del material para el apero y los soportes.....	50
35.3.2.2	Configuración de las condiciones de contorno de la herramienta agrícola.	50
35.3.2.3	Calidad de mallado de la herramienta agrícola.	50
35.3.2.4	Calidad de mallado del sistema de sujeción.....	51
35.3.2.5	Resultados obtenidos.	52
	CAPÍTULO IV: ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DEL DISEÑO.....	56
4.1	VIABILIDAD TÉCNICA.	56
4.1.1	<i>Comparación entre el motocultor diseñado con uno existente en el mercado nacional.</i> 56	
4.2	ANÁLISIS DE COSTO.	57
4.2.1	<i>Costos de elementos mecánicos.</i>	57
4.2.2	<i>Costo de los elementos diseñados.</i>	58
4.2.3	<i>Costos de mano de obra.</i>	58
4.3	COSTO TOTAL DEL MOTOCULTOR PROPUESTO.	58
	5. BIBLIOGRAFÍA.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo I

Figura 1. 1. Ubicación geográfica de la Parroquia de San Joaquín	1
Figura 1. 2. Ventajas de la mecanización agrícola.	5
Figura 1. 3. Arado de disco.	6
Figura 1. 4. Herramienta Rotavators.	7

Capítulo II

Figura 2. 1. Parámetros para la selección del sistema de suspensión.	8
Figura 2. 2. Consideraciones para el vuelco del motocultor.....	9
Figura 2. 3. Modelo de dos grados de libertad de suspensión independiente.	11
Figura 2. 4. Características que debe cumplir el sistema de dirección.	12
Figura 2. 5. Frenos para la dirección del motocultor.....	13
Figura 2. 6. Tipos de aperos para motocultores.....	14
Figura 2. 7. Capas del suelo.	14
Figura 2. 8. Intercambio de capas durante el arado con aperos comunes.	15
Figura 2. 9. Importancia de que las capas del suelo no se intercambien.	15
Figura 2. 10. Ventaja de la utilización del apero diseñado en el arado.	15
Figura 2. 11. Partes de un tractor.....	16
Figura 2. 12. Clasificación del motocultor.	17

Capítulo III

Figura 3. 1. Máxima inclinación de trabajo de un motocultor comercial.	18
Figura 3. 2 Suspensión tipo doble A	22
Figura 3. 3. Configuración de las masas, amortiguador-muelle y los desplazamientos.	22
Figura 3. 4 Modelo matemático de la suspensión en Matlab.	27
Figura 3. 5. Obtención de la Fuerza Aplicada.	28
Figura 3. 6. Respuesta del sistema de suspensión frente a un obstáculo.	29

Figura 3. 7. Respuesta del sistema ante el escalón máximo admisible.....	30
Figura 3. 8. Transferencia de carga cuando pasa sobre un obstáculo.....	31
Figura 3. 9. Fuerza aplicada.....	31
Figura 3. 10 Diseño de suspensión independiente con desplazamiento lateral.....	33
Figura 3. 11. Análisis estático del control del brazo de suspensión.....	34
Figura 3. 12. Análisis cinemático de la suspensión.....	34
Figura 3. 13. Gráfica de la potencia, par y consumo del motor a diesel.....	35
Figura 3. 14. Neumático seleccionado para el motocultor.....	36
Figura 3. 15. Determinación de las relaciones de transmisión del motocultor.....	38
Figura 3. 16. Potencia en rueda para cada marcha.....	39
Figura 3. 17. Fuerza tractora.....	40
Figura 3. 18. Consumo del motocultor con relación a la velocidad de trabajo.....	41
Figura 3. 19 Dimensionado de los brazos de suspensión.....	42
Figura 3. 20 Determinación del C.I.R. con respecto a la batalla.....	42
Figura 3. 21. Amortiguadores del motocultor montado a 30 grados.....	43
Figura 3. 22. Promedio de los datos ejecutados en laboratorio.....	43
Figura 3. 23. Modelado del apero agrícola.....	45
Figura 3. 24. Modo de sujeción del apero con el motocultor.....	45
Figura 3. 25. Modo de sujeción al motocultor.....	46
Figura 3. 26. Condiciones de contorno del sistema de suspensión.....	47
Figura 3. 27. Calidad de mallado del sistema de suspensión.....	47
Figura 3. 28. Deformación total de la suspensión.....	48
Figura 3. 29. Esfuerzo máximo equivalente del sistema.....	49
Figura 3. 30. Factor de seguridad.....	49
Figura 3. 31. Condiciones de contorno para el apero agrícola.....	50
Figura 3. 32. Calidad de mallado del apero.....	51
Figura 3. 33. Calidad de mallado del sistema de sujeción.....	51
Figura 3. 34. Deformación total del apero.....	52

Figura 3. 35. Deformación máxima del soporte de unión.	53
Figura 3. 36. Esfuerzo máximo equivalente del apero.	53
Figura 3. 37. Esfuerzo equivalente del soporte de unión.....	54
Figura 3. 38. Factor de seguridad.	55
Figura 3. 39. Factor de seguridad del sistema de unión.	55

ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo I

Tabla 1. 1. Fuerzas internas de los tipos de suelo de San Joaquín.	2
---	---

Capítulo II

Tabla 2. 1. Frecuencias características de movimientos vibratorios en vehículos y sus efectos (V, de buen, 1980).....	11
---	----

Capítulo III

Tabla 3. 1. Puntuación de los objetivos.	19
Tabla 3. 2. Selección de la alternativa más favorable.	20
Tabla 3. 3. Evaluación de las alternativas.	21
Tabla 3. 4. Datos de las masas del motocultor.	23
Tabla 3. 5 Datos impuestos.	32
Tabla 3. 6. Datos técnicos del motor diesel.	35
Tabla 3. 7. Datos técnicos del neumático agrícola.	36
Tabla 3. 8. Parámetros de resistencia de la muestra de suelo arcilloso, ensayo CU.	44

Capítulo IV

Tabla 4. 1. Comparación entre motocultor diseñado y uno comercial.	56
Tabla 4. 2. Costos de elementos mecánicos.	57
Tabla 4. 3. Costo de elementos diseñados.	58
Tabla 4. 4. Costo de mano de obra.	58

Capítulo I: ESTABLECER LAS NECESIDADES Y CONDICIONES DEL TRABAJO AGRÍCOLA DE LA PARROQUIA DE SAN JOAQUÍN

1.1 Ubicación geográfica de la Parroquia de San Joaquín.

San Joaquín es una de las 21 parroquias rurales del cantón Cuenca, provincia del Azuay, ubicada al occidente de la ciudad de Cuenca, limitada al norte por la parroquia Sayausí, al sur con la parroquia Baños, al este con la ciudad de Cuenca y al oeste con las parroquias de Chaucha Molleturo y Baños. Tiene una extensión de 185,1 kilómetros cuadrados. Se la reconoce como parroquia civil desde el 7 de febrero de 1945¹.



Figura 1. 1. Ubicación geográfica de la Parroquia de San Joaquín

Fuente: E. «Revista Cuenca Ilustre,» 27 Noviembre 2008. [En línea]. Available:

<http://patomiller.wordpress.com/2008/11/27/plano-turistico-de-cuenca-sus-parroquias-y-del-azuay/>.

[Último acceso: 18 Octubre 2014].

1.2 Ámbito agrícola de San Joaquín.

En el ámbito agrícola, la parroquia San Joaquín es una de las económicamente más importantes de la provincia del Azuay. Sus actividades fundamentales son la horticultura, ganadería bovina para leche y la artesanía de la cestería; en ella se producen una gran variedad de cultivos de clima templado, principalmente las hortalizas, bajo un modelo de producción propio de la zona y que se ha venido desarrollado desde hace aproximadamente 60 años².

¹ S. J. C. 24 Agosto 2011. [En línea]. Available: <http://sanjoaquinencia.blogspot.com/>. [Último acceso: 19 Octubre 2014].

² E. T. «San Joaquín vive de las canastas y la agricultura,» p. 1, 20 Septiembre 2009.

El terreno es propicio para sembrar col, coliflor, lechuga, brócoli, acelga, espinaca, zanahoria, remolacha, cebollín, rábano, ajo, etc. Los vegetales que más tardan en crecer son las coles, se las cosecha en cuatro meses; el ajo y la zanahoria salen en tres meses. El nabo y el cebollín tienen un ciclo más corto: poco más de un mes. Las plagas que más atacan a estas plantas son la babosa y el pulgón, que demandan de una a tres fumigadas para desaparecer¹.

1.3 Geomorfología.

El 62,85% del territorio de San Joaquín se encuentra entre 3500 y 4000 m.s.n.m. El 56,47% del territorio tiene una pendiente mayor al 30%, el 21,14 %, tiene una pendiente entre 16 y 30% y el 22,39 5% del área tiene una pendiente menor al 16%².

1.4 Tipos de suelo que cuenta la Parroquia de San Joaquín.

Los tipos de suelo que se tiene en San Joaquín, son el arcilloso, arenoso y limoso. Cada tipo de tierra genera un distinto tipo de esfuerzo al momento de laborar con el motocultor, en la tabla 1.1 se indica los distintos tipos de esfuerzos que se genera en cada tipo de suelo al momento de la labor agrícola.

Tabla 1. 1. Fuerzas internas de los tipos de suelo de San Joaquín.

Fuente: G. R. Marrón , «Maquinaria agrícola y labranza,» Dpto. Agronomía UNS del Palihue, Bahía Blanca .

De suelo	Estado	De fricción	Interna $\left(\frac{kg}{cm^2}\right)$
Arenoso	Compactado	38 ⁰ - 40 ⁰	0
Arenoso	Suelto	32 ⁰ - 35 ⁰	0
Arenoso fino	Compactado	25 ⁰ - 30 ⁰	0
Arenosos fino	Suelto	18 ⁰ - 22 ⁰	0
Franco arenoso	Friable	24 ⁰ - 28 ⁰	0.20 - 0,25
Franco arenoso	Plástico	24 ⁰ - 28 ⁰	0.10 - 0.15
Franco	Friable	22 ⁰ - 26 ⁰	0.25 - 0.30
Franco	Plástico	15 ⁰ - 19 ⁰	0.15 - 0.20

¹ E. T. «San Joaquín vive de las canastas y la agricultura,» p. 1, 20 Septiembre 2009.

² J. G. Loyola Illescas, «Análisis de la situación agroecológica y socio económica de los productores de San Joaquín,» p. 31, 2012.

Arcillosos	Friable	17 ⁰ - 19 ⁰	0.40 - 0.60
Arcillosos	Plástico	10 ⁰ - 14 ⁰	0.25 - 0.30

1.5 Propiedades físicas del suelo.

1.5.1 Textura del suelo.

La textura es un concepto que expresa la composición granulométrica (disposición de los componente minerales según el tamaño de las partículas) del suelo. Es una propiedad física muy importante para la agricultura, ya que condiciona el comportamiento del suelo en cuanto a la aireación, drenaje, capacidad de retención de agua y facilidad de laboreo¹.

Los suelos de texturas arcillosas resultan difíciles de cultivar y presentan problemas de drenaje y aireación. En el otro extremo, los suelos arenosos son fáciles de labrar y tienen buena aireación, pero su drenaje es excesivo, con lo que retienen poca agua, se secan con rapidez y nutrientes se pierden fácilmente por lavado (eluviación o lixivación). En un punto de equilibrio están los suelos francos, que son los de textura más adecuada para la agricultura².

1.5.2 Estructura del suelo.

Las partículas que conforma el suelo tiene la capacidad de agruparse de diferentes formas, y el ordenamiento que estas adopten se conoce como estructura. Si el suelo contiene alta proporción de arena no existe una ordenación estructural, debido a la ausencia de las propiedades aglutinantes que le proporcionan la materia orgánica, el calcio y la arcilla³.

1.5.3 La estructura y textura influyentes en el desarrollo de la planta.

El desarrollo de la planta está íntimamente relacionado con la estructura y textura del suelo, ya que la planta depende de la proporción de agua que es absorbida por el suelo y el movimiento del mismo, además de la aireación, de la disponibilidad de nutrientes y la resistencia a la penetración por las raíces de las plantas. Con una

¹ O. «Suelo,» de Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería, Océano, 2002, p. 56.

² O. «Suelo,» de Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería, Océano, 2002, p. 57.

³ I. «Suelo,» de Manual Agropecuario, Bogotá, Grania Ltda, 2002, p. 28.

buena estructura significa una excelente calidad en los espacios de los poros ya que influye en la fertilidad de la planta¹.

1.6 Labranza del suelo.

El propósito de la labranza del suelo es de aumentar el volumen de los poros. Para una buena estructura requiere del equilibrio entre poros finos, medianos y en menor grado gruesos, pero toda herramienta agrícola crea poros gruesos².

1.6.1 Importancia y necesidad de la labranza en la agricultura.

La importancia de la labranza agrícola se refiere a la modificación de aquellas características que afectan a la brotación de las semillas y posteriores etapas del desarrollo del cultivo ya que es alterada las propiedades físicas del suelo.

La necesidad de la labranza es debida que se debe proteger el suelo contra la erosión y además conservar y almacenar la humedad en el perfil del suelo, en beneficio del cultivo³.

1.6.2 Necesidad de facilitar en una forma mecanizada la labor del arado y preparación del suelo al agricultor.

La necesidad de hacer las labores del arado de forma mecanizada se debe a que determina un aumento de la producción y a que reemplaza la mano de obra tradicional que consiste en laborar con la yunta, además de una serie de ventajas adiciones:

¹ F. «Los principales factores ambientales y de suelos que influyen sobre la productividad y el manejo,» 2000.

² A. Benzing, «Labranza del suelo,» de Agricultura orgánica , Berlín , Neckar-Verlag, 2001, p. 328.

³ J. Camacho y G. Rodríguez, «Evaluación de Implementos de Labranza a Diferentes Velocidades de Operación y Contenidos de Agua del Suelo,» Agricultura técnica , vol. 67, nº 1, p. 1, 2007.

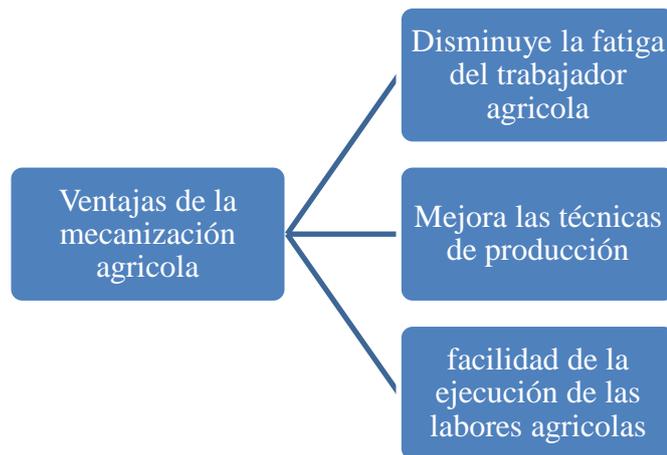


Figura 1. 2. Ventajas de la mecanización agrícola.

Fuente: G. Esquivel, «Eficiencia en la utilización de la maquinaria y equipo,» de Administración de empresas agropecuarias, EVED, p. 105.

1.6.3 Herramientas para arados del suelo.

1.6.3.1 Arado de discos.

Se trata de un arado formado por discos en forma de casquete esférico que giran alrededor de unos ejes unidos al bastidor. Estos ejes forman un cierto ángulo con la dirección de avance, encontrándose por parte inclinados con relación al plano horizontal¹.

Desventajas².

- Voltea mal el suelo.
- No hay disponibilidad de seleccionar el cuerpo del arado según las características del suelo.
- Mala penetración de los discos en el suelo siendo difícil de trabajar suelos duros o cascajos.
- No se puede trabajar en terrenos inclinados a consecuencia de una gran presión lateral del arado de discos.

1 «Arados de Disco y Vertedera,» sharinganx06 , 2009, p. 24.

2 C. [En línea]. Available: <http://www.chalero.com/mapa.html>. [Último acceso: 26 Diciembre 2014].



Figura 1. 3. Arado de disco.

Fuente: C. [En línea]. Available: <http://www.chalero.com/mapa.html>. [Último acceso: 26 Diciembre 2014].

1.6.3.2 Arado rotavator.

Consiste en un eje horizontal con cuchillas que reciben movimiento de la toma de fuerza del tractor. Tiene como objeto cortar una capa de suelo y fraccionarla mediante impacto contra una coraza metálica graduable, que se encuentra en la parte posterior¹.

Desventajas²

- El uso continuo destruye la estructura del suelo.
- No se puede utilizar en lugares que hay demasiados obstáculos como piedras o raíces.
- Desgaste de la máquina que lo mueve.

1 I. C. A. «Implementos de labranza primaria,» de Investigación sobre mecanización agrícola para el pequeño productor de leguminosas comestibles en la subresión Andina, Pasto, Prociandino, 1990, p. 53.

2 L. «Lovol Guatemala S.A.,» 5 Febrero 2012. [En línea]. Available: <http://www.lovolguatemala.com/rotavators/>. [Último acceso: 26 Diciembre 2014].



Figura 1. 4. Herramienta Rotavators.

Fuente: L. «Lovol Guatemala S.A.» 5 Febrero 2012. [En línea]. Available: <http://www.lovolutatemala.com/rotavators/>. [Último acceso: 26 Diciembre 2014].

1.7 Necesidades en las labores agrarias.

En el trabajo agrícola de la Región Sierra Sur del Ecuador, tiene un alto grado de dificultad para las diversas actividades agrarias, debido que en dichas zonas presenta pendientes mayores a los treinta grados lo cual dificulta desarrollar las actividades agrícolas. Por lo tanto esta descompensación del terreno genera un grado de inconvenientes al momento de utilizar la maquinaria para los diversos trabajos; este tipo de irregularidad de los terrenos provoca en los campesinos mayor tiempo y mayor esfuerzo en las diversas labores agrícolas para la producción de los alimentos para el consumo familiar como para la venta.

La maquinaria agrícola existente en el mercado no llega a cubrir las necesidades de los pequeños agricultores debido a la falta de estabilidad, la rápida maniobrabilidad y sobre todo disponen de un peso excesivo. Los equipos sin la adaptabilidad para las pendientes que existen en nuestra zona rural tienden a perder su estabilidad o equilibrio por la carencia de un medio elástico y amortiguador que absorba las irregularidades del terreno. Para los campesinos que tienen terrenos de áreas pequeñas requieren maquinaria con un ágil movimiento en zonas reducidas. Otro elemento a considerar en las labores agrícolas que desarrolla el agricultor en el terreno es evitar el daño a la textura del suelo, es decir evitar la compactación del terreno por el peso de la maquinaria, lo que es perjudicial debido a que reduce los espacios de porosidad de aire, agua y nutrientes del suelo¹.

¹FAO.(2014).Recuperadoel18deMayode2014,dehttp://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27spanish/tme/tools.pdf

Capítulo II: ANÁLISIS DE LA DIVERSIDAD DE MAQUINARIA AGRÍCOLA EXISTENTES EN EL MERCADO NACIONAL

2.1 Fundamento teórico de la suspensión y dirección del motocultor.

2.1.1 Suspensión.

El sistema de suspensión automotriz se diseña con el fin de amortiguar al máximo las oscilaciones consideradas como más perjudiciales y busca minimizar el efecto de todas ellas en el funcionamiento y desempeño del vehículo. Cuando un automóvil se encuentra en movimiento puede ocurrir oscilaciones variables en términos de frecuencia y amplitud; estas dependen de las características del camino y de la velocidad del vehículo¹.

2.1.1.1 Influencias para el diseño del sistema de suspensión.

En el diseño de la suspensión para el motocultor, se considera algunos de los siguientes parámetros para la selección del sistema. Como parámetros relevantes son los siguientes: el coste, la masa, el montaje en el vehículo y la seguridad, figura 2.1.



Figura 2. 1. Parámetros para la selección del sistema de suspensión.

Fuente: L. Martínez, «Análisis del sistema de suspensión,» p. 2.

¹ Miller, «Manual de preparación de automóviles,» Barcelona, Grafos S.A., 2012, p. 533.

2.1.1.2 Consideración para el vuelco del motocultor.

Un riesgo asociado al motocultor es el vuelco, esto se produciría cuando al equipo se emplea como elemento de tracción acoplado a un remolque. Una consideración que se toma en cuenta con respecto a un tractor agrícola es a cuanto menor anchura de eje, menor peso y mayor altura de un vehículo será mayor el riesgo de vuelco¹.

Para el límite de vuelco de un vehículo se determina principalmente por la anchura de la pista y la altura del centro de gravedad².

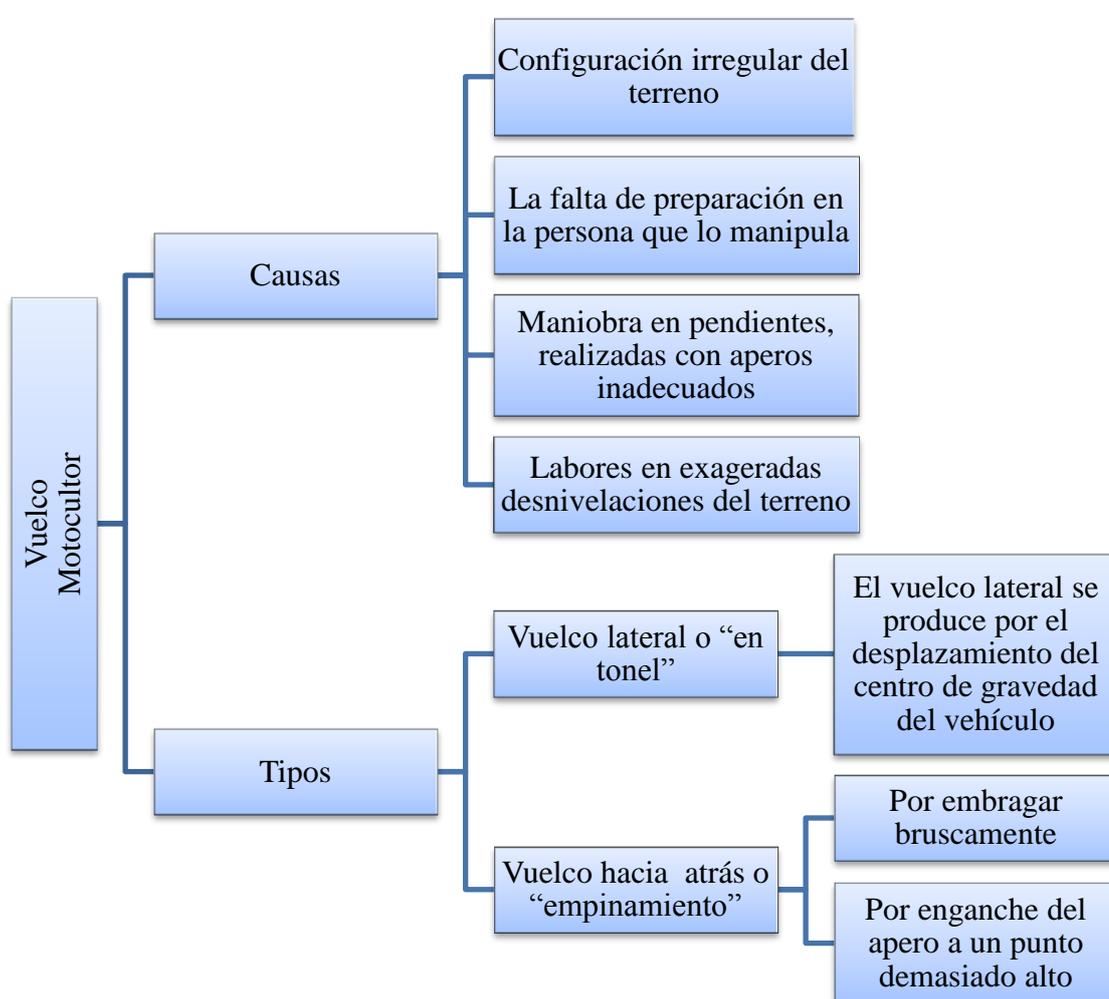


Figura 2. 2. Consideraciones para el vuelco del motocultor.

Fuente: F. p. l. p. d. r. l. «Guía técnica para la implantación de medidas de seguridad y reglamentación técnica en equipos de trabajo de la actividad agrícola,» Cepyme, pp. 119-121.

¹ F. p. l. p. d. r. l. «Guía técnica para la implantación de medidas de seguridad y reglamentación técnica en equipos de trabajo de la actividad agrícola,» Cepyme, pp. 119-121.

² G. Rill, «Lateral dynamics,» de Road vehicle dynamics, New York , Taylor y Francis Group , 2012, p. 276.

2.1.1.3 Frecuencia a trabajar del sistema de suspensión.

2.1.1.3.1 Riesgo derivado por vibraciones del motocultor.

Al motocultor se trata como una máquina agrícola más peligrosa en relación al sistema mano-brazo y cuando trabaja con el tren de azadas, dado que, con frecuencia no posee ningún elemento de amortiguación¹.

Las vibraciones en el vehículo son excitadas, fundamentalmente, por tres tipos, la del acciones: irregularidad de la calzada, acción de las masas giratorias, especialmente motor, transmisión, y aerodinámicas. Las dos primeras, más importantes, son respectivamente, de naturaleza fundamentalmente aleatoria y periódica. El control de los movimientos vibratorios: frecuencia, amplitud, aceleración, etc, se realiza a través del sistema de suspensión².

2.1.1.3.2 Respuesta humana a las vibraciones.

Los límites de la Incomodidad Cinética Vibratoria (ICV), indica parámetros de medida a la vibración, tales como: frecuencia, valores máximos de desplazamiento, velocidad, aceleración, sobreaceleración primera, etc. Los usuarios soportan bien vibraciones de frecuencias aproximadas a 1 Hz³. En la tabla 2.1 indica las frecuencias y características que pueden presentarse en los vehículos y sus efectos sobre el cuerpo humano.

¹ F. p. l. p. d. r. l. «Guía técnica para la implantación de medidas de seguridad y reglamentación técnica en equipos de trabajo de la actividad agrícola,» Cepyme, p. 123.

² F. Aparicio, C. Vera y V. Díaz, «Dinámica de un vehículo dotado de suspensión,» de Teoría de los vehículos automóviles, Madrid, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales, 2001, p. 467.

³ F. Aparicio, C. Vera y V. Díaz, «Dinámica de un vehículo dotado de suspensión,» de Teoría de los vehículos automóviles, Madrid, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales, 2001, p. 468.

Tabla 2. 1. Frecuencias características de movimientos vibratorios en vehículos y sus efectos (V, de buen, 1980)

Fuente: F. Aparicio, C. Vera y V. Díaz, «Dinámica de un vehículo dotado de suspensión,» de Teoría de los vehículos automóviles, Madrid, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales, 2001, p. 472.

Frecuencias en Hz		Efectos producidos	
		Sobre las personas	Sobre los automóviles actuales
Muy bajas	<0'5	Sensación de mareo con grandes amplitudes	
Bajas 0'5 a 4	1 a 3	1'2 a 2	Frecuencia del movimiento vertical del paso humano
		1 a 2	Resonancia de la cabeza en movimientos horizontales
		1 a 3	Umbral mínimo de la ICV en movimientos horizontales
		Modos de baja frecuencia de la m. suspendida y del conjunto movimiento vertical, cabeceo, balanceo y guiñada.	

2.1.1.4 Determinación de los grados de libertad en la suspensión.

Cuando se analiza la suspensión mediante el 1 G.D.L., no se considera la masa no suspendida, mientras tanto en el análisis de 2 G.D.L., si se considera este parámetro ya que se estaría considerando la rigidez del neumático, figura 2.3. El modelo de dos grados de libertad, consta de masa suspendida (m_s), elemento amortiguador de coeficiente (R_s), elemento elástico de rigidez (K_s), masa no suspendida (m_{ns}), rigidez del neumático (K_n) y amortiguador de coeficiente (R_n).

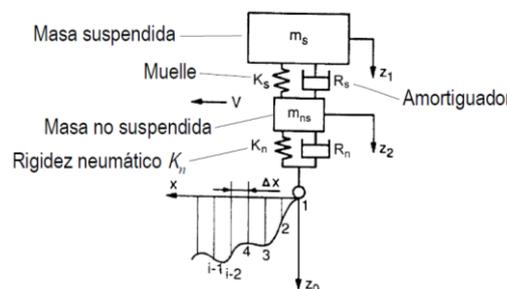


Figura 2. 3. Modelo de dos grados de libertad de suspensión independiente.

Fuente: L. Martínez, «Análisis del sistema de suspensión,» de Sistemas y componentes del chasis , p.

2.1.2 Dirección.

El sistema de dirección tiene como objetivo direccionar el giro del automóvil, con un adecuado movimiento de las ruedas delanteras. Esta acción es proporcionada por el conductor quien por medio del volante le da el giro conveniente para que el vehículo tome la trayectoria requerida¹.

2.1.2.1 Característica del sistema de dirección.

El sistema de dirección debe reunir una serie de cualidades que le proporcione al usuario, la seguridad y el confort necesario para la manipulación².

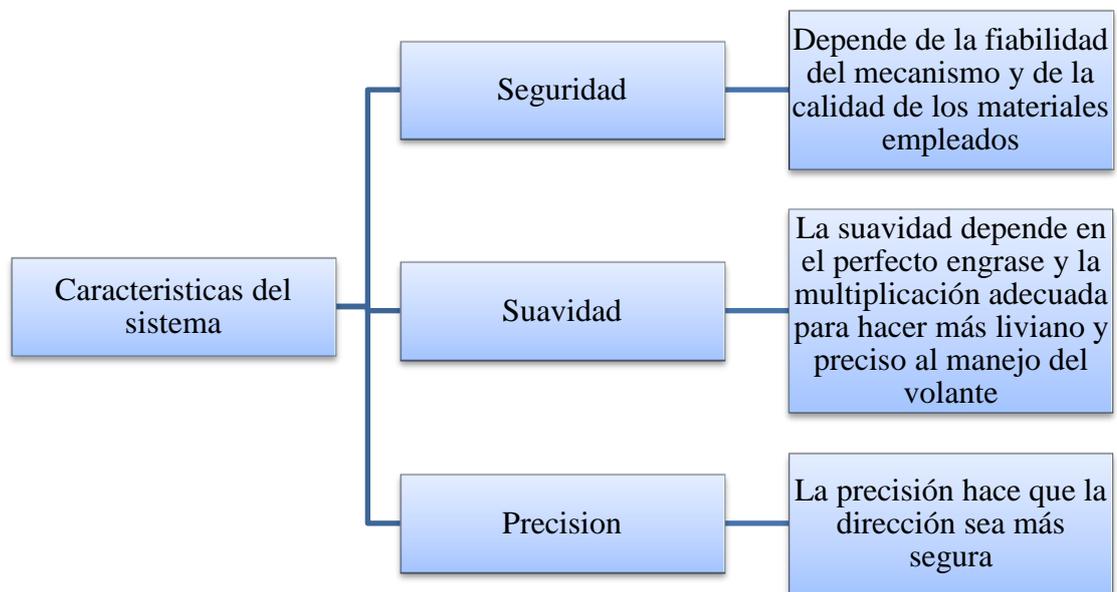


Figura 2. 4. Características que debe cumplir el sistema de dirección.

Fuente: Miller , «Sistema de dirección,» de Manual de reparación de automóviles , Barcelona , Grafos S.A., 2012, p. 653.

2.1.2.2 Dirección en un motocultor.

Cuando el motocultor va a girar, se emplea las ruedas como punto de giro y se levanta el mecanismo de fresa del suelo³. El sistema de dirección en los motocultores

¹ Miller, «Sistema de dirección,» de Manual de reparación de automóviles, Barcelona, Grafos S.A., 2012, p. 650.

² Miller, «Sistema de dirección,» de Manual de reparación de automóviles, Barcelona, Grafos S.A., 2012, p. 653.

³ I. N. d. S. L. «Situaciones de riesgo,» de El motocultor y la motoazada, p. 5.

se los realiza utilizando frenos independientes en cada llanta, esto sirve para desconectar la transmisión del eje de cada llanta y para que sirva como eje de giro, esa orden se le da al embrague mediante palancas colocadas en las manceras que embragan la llanta contraria a la dirección.



Figura 2. 5. Frenos para la dirección del motocultor

Fuente: i. «infoAgro,» [En línea]. Available:

http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/medidor.asp?id=3556&_motoazada-motocultor_para_huerto_honda_ff_300_tienda_on_line. [Último acceso: 13 Noviembre 2014].

2.1.3 Aperos en un motocultor.

En el capítulo uno se cita la importancia de la labranza en la agricultura. Para ejercer esta labor se utiliza herramientas agrícolas conocidas como aperos figura 2.6. Los aperos del motocultor existen de varias formas con un terminado diferente para el trabajo del suelo.



Figura 2. 6. Tipos de aperos para motocultores.
Fuente: Autor

2.1.3.1 Importancia de la forma del apero.

La labranza del terreno se basa en dos factores primordiales, el primer factor son las técnicas utilizadas por el agrario y segundo son los utensilios ocupados. Como se indica en la figura 2.6 existen varias formas de aperos, pero en la Parroquia de San Joaquín se enfatiza que durante el arado no se intercambie el suelo.

- **Capas del suelo.**

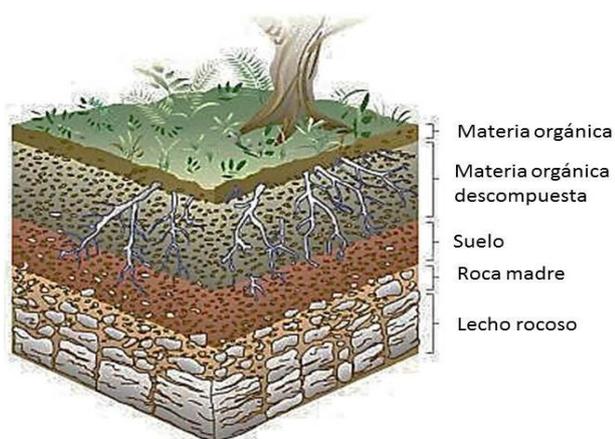


Figura 2. 7. Capas del suelo.
Fuente: Autor

- **Intercambio de las capas del suelo con aperos comunes.**

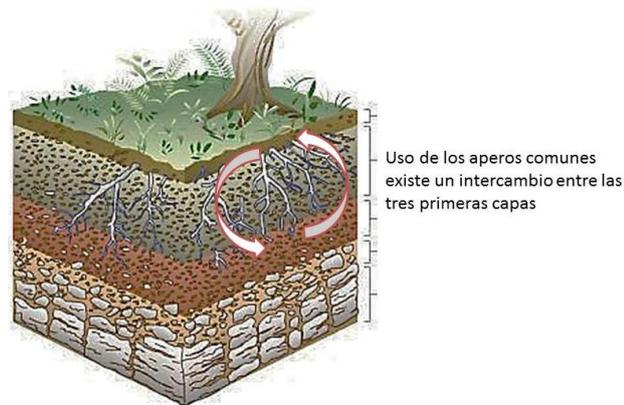


Figura 2. 8. Intercambio de capas durante el arado con aperos comunes.
Fuente: Autor

- **Ventaja del apero diseñado con respecto a otro común.**



Figura 2. 9. Importancia de que las capas del suelo no se intercambien.
Fuente: Autor

- **Ventaja del diseño del apero para el motocultor.**

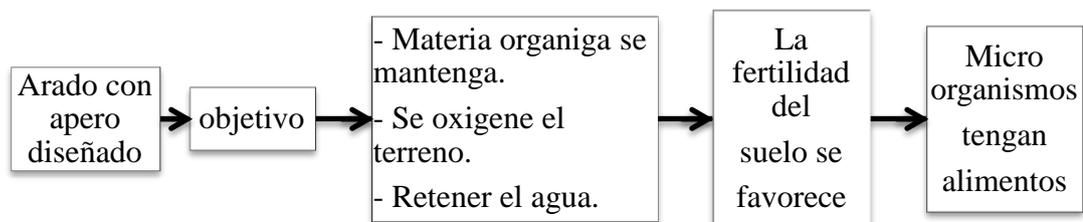


Figura 2. 10. Ventaja de la utilización del apero diseñado en el arado.
Fuente: Autor

2.2 Análisis de la diversidad de maquinaria agrícola en el mercado nacional.

Las maquinarias son elementos que se utilizan para dirigir la acción de fuerzas de trabajo a base de energía; por su parte en el campo agrícola, los mecanismos a motor que se emplean en las labores agrícolas aligeran la producción y mejoran las técnicas de cultivo. Entre las máquinas agrícolas más utilizadas en las labores son el tractor y el motocultor¹.

2.2.1 Tractores.

El tractor es un vehículo dotado de motor que le sirve para poder desplazarse por sí mismo y remolcar o accionar las distintas máquinas que se utilizan en la agricultura actual².

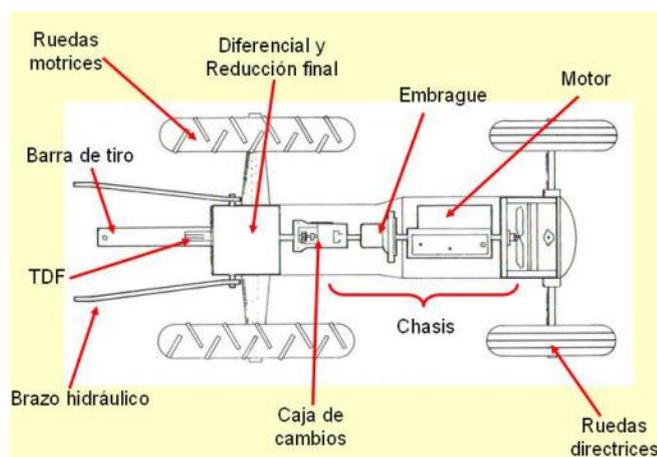


Figura 2. 11. Partes de un tractor

Fuente: U. N. d. T. «informes-agricola,» [En línea]. Available: <http://informes-agricola.es.tl/Examenes-de-tractores-y-motores-agricola.htm>. [Último acceso: 21 Octubre 2014].

2.2.2 Motocultor.

Es una máquina agraria de un solo eje que dispone de varios aperos para sus labores. Los implementos que cuenta el equipo pueden ser utilizados para cosechar, sembrar

1C..A.BORRERO,«wikispaces,»24Febreso2008.[Enlínea].Available:<http://borrerosesar.wikispaces.com/MAQUINARIA,+EQUIPOS+Y+HERRAMIENTAS+M%C3%81S+UTILIZADAS+EN+LABOR+ES+AGRICOLAS>. [Último acceso: 19 Octubre 2014].

² A. A. P. y L. B. A., «Generalidades del tractor,» de Tractores y motores agrícolas, Bilbao, Grafo, S.A, 2005, p. 13.

o transportar. Por su versatilidad se utiliza en terrenos que no son de grandes extensiones¹.

Las características que presenta un motocultor es que: pose dos ruedas, además con poca potencia ya que generalmente cuenta con un motor a diesel de 12 hp, la velocidad de trabajo es de 1 a 5 km/h y una toma de fuerza para máquinas que requieran ser accionadas por su motor. También el equipo tiene: un bastidor para sostener a los mecanismos, un motor de un cilindraje bajo de cuatro tiempos, caja de velocidades y neumáticos con banda de rodadura agrícola².

2.2.2.1 Clasificación del motocultor.

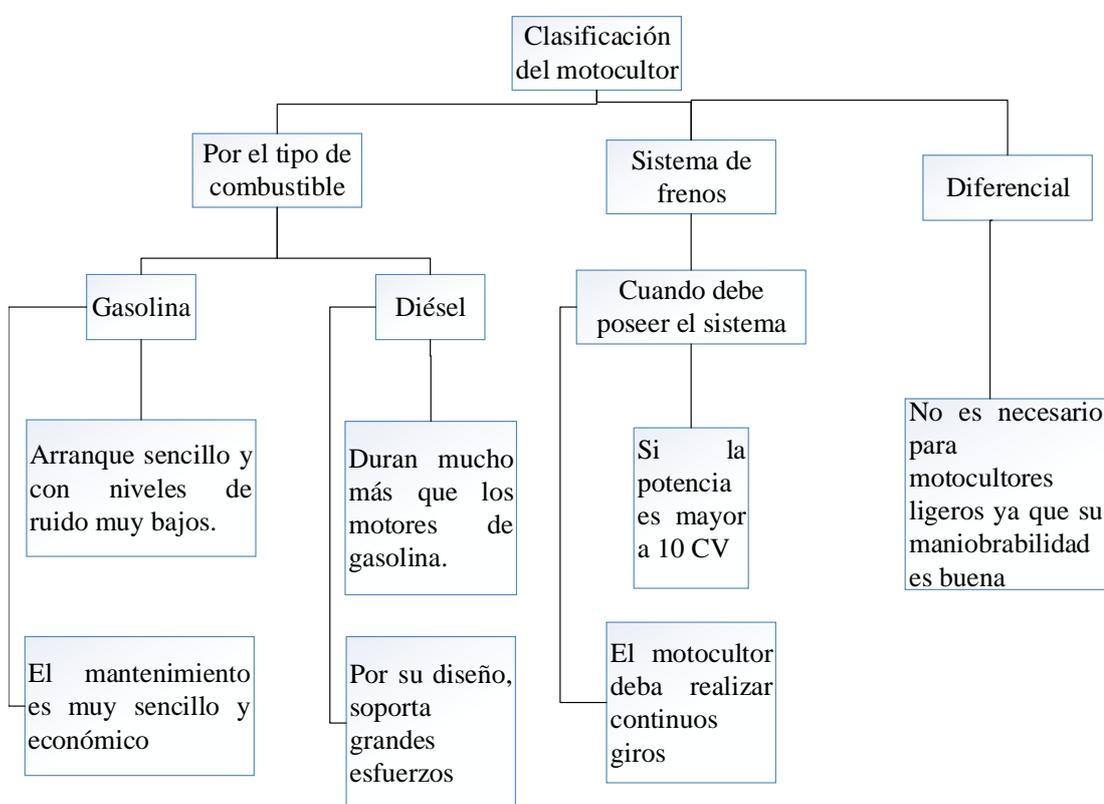


Figura 2. 12. Clasificación del motocultor.

Fuente: P. «PASQUALI,» 2013. [En línea]. Available:

<http://t.tractorespasquali.com/blog/post/consejos-para-comprar-un-motocultor>. [Último acceso: 21 Octubre 2014].

¹ Arias, L. (s.f.). blogspot. Recuperado el 31 de Mayo de 2014, de <http://agricultura-lauraarias.blogspot.com/>

² Ecuared. (s.f.). Ecuared. Recuperado el 31 de Mayo de 2014, de <http://www.ecured.cu/index.php/Motocultor>

CAPÍTULO III: DISEÑO DEL MOTOCULTOR

3.1 Análisis de las alternativas para el diseño del motocultor.

Para una buena selección de las alternativas, se utiliza el software “Expert Choice”, el cual tiene una versión libre para estudiantes y consiste en dar ciertos puntajes a una alternativa frente a unos objetivos planteados por el diseñador, para la valorización se basa en un criterio experto y técnico.

3.1.1 Alternativas para la selección del sistema de suspensión.

Los motocultores existentes en el mercado nacional ninguno tienen un sistema de suspensión independiente, debida que los motocultores están diseñados para terrenos planos y con una inclinación máxima de 30° figura 3.1. En la Parroquia de San Joaquín, cuenta con inclinaciones mayores de 30° lo que dificulta trabajar con un motocultor normal.

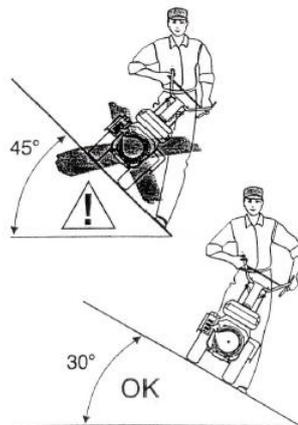


Figura 3. 1. Máxima inclinación de trabajo de un motocultor comercial.

Fuente: B. A. «Norma de seguridad,» de *Manual de uso y mantenimiento*, Italia, 1998, p. 6.

La propuesta de diseño del motocultor es de crear una suspensión independiente, para facilitar las labores agrarias en la parroquia en los distintos tipos de terrenos que trabaje el agricultor.

Las alternativas a considerar para el diseño del sistema de suspensión es la suspensión independiente la que proporciona el soporte individual a cada rueda, lo cual impide que los golpes que recibe una rueda pasen a la otra¹.

- a) **Alternativa uno:** Suspensión de brazos doble A.
- b) **Alternativa dos:** Suspensión independiente McPherson.
- c) **Alternativa tres:** Suspensión independiente de paralelogramo deformable.

3.1.1.1 Evaluación de las alternativas.

En la tabla 3.1, se indica la valorización para cada objetivo que va ser sometida cada alternativa, el puntaje se introdujo mediante un criterio técnico y por lo tanto se dio el mayor puntaje al costo seguido de la seguridad y del mantenimiento.

Tabla 3. 1. Puntuación de los objetivos.
Fuente: Autor

	Costo	Espacio uti	Materiales	Mantenimi	Seguridad	Peso	Confort	Facilidad d
Costo	5,0							
Espacio utilizado en el montaje			1,14758					
Materiales				2,54127				
Mantenimiento					1,08391			
Seguridad						2,10575		
Peso							1,03117	
Confort								1,43542
Facilidad de construcción	Incon: 0,00							

En la tabla 3.2 se indica la evaluación de cada alternativa frente a los objetivos, de igual forma se valorizo con un criterio experto y técnico. Por lo tanto con la respectiva puntuación se encontró la alternativa más favorable para el motocultor.

¹ «e-auto,» 2012. [En línea]. Available: <http://e-auto.com.mx/engew/index.php/noticias-de-la-industria-automotriz/85-boletines-tecnicos/3497-sistemas-de-suspension>. [Último acceso: 15 Octubre 2014].

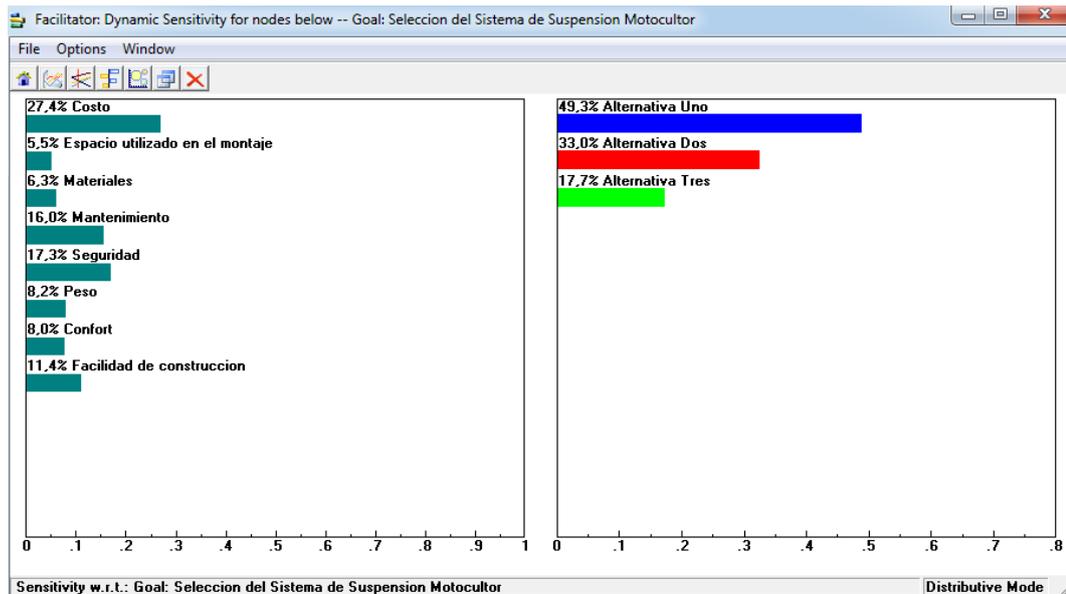


Tabla 3. 2. Selección de la alternativa más favorable.
Fuente: Autor

3.1.1.2 Selección de la alternativa favorable al motocultor.

La alternativa más adecuada para el motocultor bajo la puntuación registrada por el diseñador se ha llegado que la más favorable a la máquina es la alternativa uno, la cual es la suspensión de brazos doble A.

3.1.2 Alternativas para la selección del motor.

Las alternativas a considerar para el tipo de motor que se utilizara, esta entre un motor a diesel y gasolina.

- a) **Alternativa uno:** Motor a diesel LDW 702.
- b) **Alternativa dos:** Motor a gasolina.

3.1.2.1 Evaluación de las alternativas.

Las dos alternativas planteadas serán sometidas a evaluaciones bajo distintos criterios técnicos y económicos. La forma de puntuación será bajo una comparación entre las dos alternativas y a cada una se le asignara un valor que oscilara entre el 1 a 5 siendo la más baja y la más alta puntuación respectivamente.

Tabla 3. 3. Evaluación de las alternativas.

Fuente: Autor

		Alternativa 1	Alternativa 2
Parámetros de evaluación		Valorización	
1	Costo	3	2
2	Espacio utilizado en el montaje	3	3
3	Materiales	5	3
4	Mantenimiento	4	3
5	Seguridad	5	5
6	Estabilidad	4	4
7	Peso	4	3
8	Potencia	4	3
9	Torque	4	3
10	Contaminación	2	4
Suma total		38	33
Porcentaje		76%	66%

3.1.2.2 Selección de la alternativa del motor.

La alternativa más adecuada para el motocultor bajo la puntuación registrada por el diseñador se ha llegado que la más favorable a la máquina es la alternativa uno, debido que se trata de un motor a diesel LDW 702, de la marca lombardini.

3.2 Modelado matemático.

3.2.1 Modelo matemático de la suspensión de la alternativa “A”.

Para la absorción de las irregularidades del terreno o de obstáculos (piedras) donde va a transitar el motocultor, la suspensión será un sistema sobreamortiguado. Por lo tanto con dicho sistema se evitara las sobre oscilaciones para el operario en el sistema mano-brazo.

3.2.1.1 Determinación de los coeficientes de rigidez y de amortiguación.

El diseño a estudiar consta de dos brazos, un amortiguador y un muelle helicoidal.

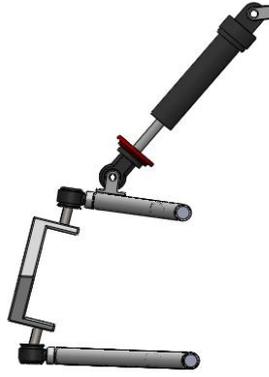


Figura 3. 2 Suspensión tipo doble A

Fuente: Autor

En la figura 3.3 se distingue la masa suspendida y no suspendida, además del amortiguador-muelle de la suspensión, el comportamiento del muelle-amortiguador de la rueda y a más del desplazamiento tanto de la rueda como del bastidor del motocultor.

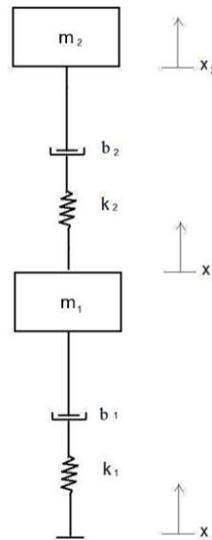


Figura 3. 3. Configuración de las masas, amortiguador-muelle y los desplazamientos.

Fuente: Autor

En la tabla 3.4 se indica los pesos de la masa suspendida y no suspendida que va a contar el motocultor.

Tabla 3. 4. Datos de las masas del motocultor.

Fuente: Autor

Tipo de masas	Designación	Peso
Masa de la rueda	m_r	20 kg
Masa del conjunto Muelle-Amortiguador	M_{m-a}	15 kg
Masa suspendida	m_2	40 kg
Masa no suspendida	m_1	35 g

- **Determinación del coeficiente de rigidez.**

Para obtener la constante del muelle se comprimió el mismo con una determinada carga y se mide la compresión que sufre.

$$F_R = kx \quad 3.1^1$$

Donde:

F_R = Fuerza aplicada al resorte [N]

x = Desplazamiento [m]

k = Coeficiente de rigidez [$\frac{N}{m}$]

$$k = F_R/x$$

Para un cuerpo con masa 38 kg el muelle se comprime 100mm.

$$w = mg \quad 3.2^2$$

Donde:

w = Peso [N]

¹ R. C. Hibbeler, «Cinética de una partícula,» de Mécanica vectorial para ingenieros, Dinámica, Juárez, Pearson Educación, 2004, p. 111.

² R. C. Hibbeler, «Cinética de una partícula,» de Mécanica vectorial para ingenieros, Dinámica, Juárez, Pearson Educación, 2004, p. 99.

$m = \text{Masa [kg]}$

$g = \text{Gravedad } \left[\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right]$

$$F_R = w = 38\text{kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_R = 373\text{N}$$

$$k_2 = \frac{373\text{N}}{0.100\text{m}}$$

$$k_2 = 3730 \text{ N/m}$$

- **Coefficiente de amortiguación.**

Para un cuerpo de 4,7kg el amortiguador desciende 18mm en un tiempo aproximado de 1s. Si se considera que el vástago del amortiguador desciende con velocidad constante se tiene que:

$$\mathbf{F_a = b\dot{x}} \quad 3.3$$

Donde:

$\mathbf{F_a}$ = Fuerza aplicada al amortiguador [N]

\dot{x} = Velocidad $\left[\frac{\text{m}}{\text{s}}\right]$

\mathbf{b} = Coeficiente de amortiguamiento $\left[\frac{\text{N s}}{\text{m}}\right]$

$$\dot{x} = 0.018\text{m}/1\text{s}$$

$$\dot{x} = 0.018 \text{ m/s}$$

$$b = F_a/\dot{x}$$

$$F_a = 4,7\text{kg} * 9.81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_a = 46,1\text{N}$$

$$b_2 = \frac{46,1 \text{ N}}{0.018\text{m/s}}$$

$$b_2 = 2561 \text{ Ns/m}$$

De igual forma se determina los coeficientes de amortiguación y de rigidez del neumático b_1 y k_1 respectivamente.

$$b_1 = 3680 \text{ Ns/m}$$

$$k_1 = 5468 \text{ N/m}$$

Por lo tanto la respuesta natural del sistema está rígida por las raíces de la ecuación 3.4.

$$\mathbf{ms^2 + bs + k = 0} \quad \mathbf{3.4}$$

Al resolver la ecuación 3.4, con la formula general se obtiene las raíces, lo cual indica que tipo de respuesta se obtendría al manipular cada constante, ya que puede ser un sistema sub-amortiguado, sobre-amortiguado o un sistema críticamente-amortiguado.

$$\mathbf{s = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4mk}}{2m}} \quad \mathbf{3.5}$$

Donde:

m = masa concentrada en una rueda.

b = coeficiente de amortiguamiento.

k = coeficiente de rigidez.

Por lo tanto la suspensión debe cumplir con el sistema sobreamortiguado, con las raíces obtenidas del discriminante se trabajara con la igualdad que representa la ecuación 3.6, para satisfacer lo propuesto para el motocultor.

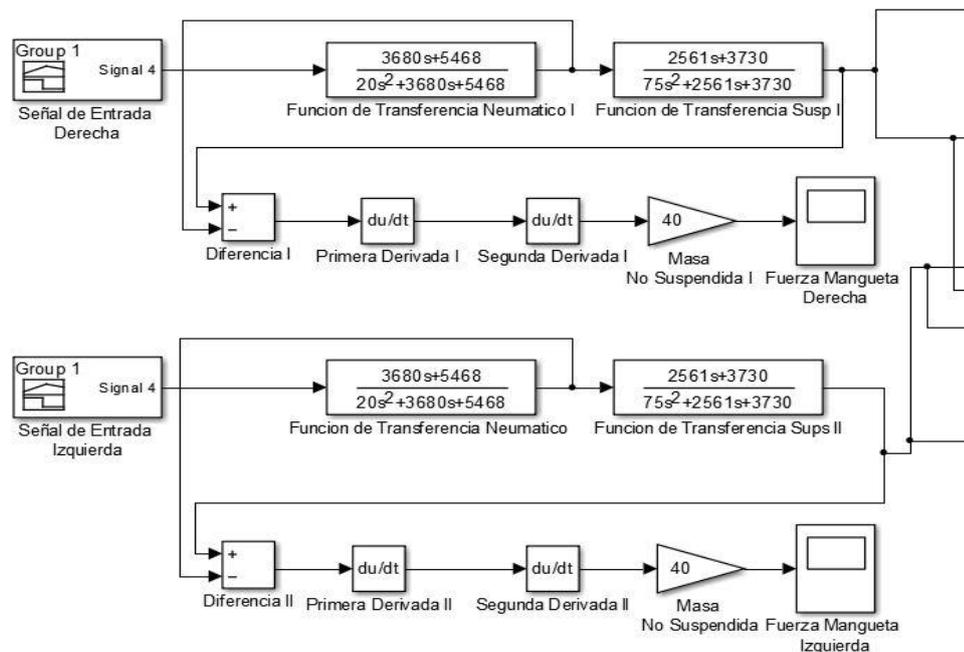
$$b^2 > 4mk$$

3.6

$$6,56 \times 10^6 > 1,12 \times 10^6$$

35.1.1.1 Estudio en Matlab de los datos obtenidos.

Para verificar el comportamiento del sistema de suspensión frente a un obstáculo y corroborar lo obtenido de la ecuación 3.6 se simula en el software Matlab.



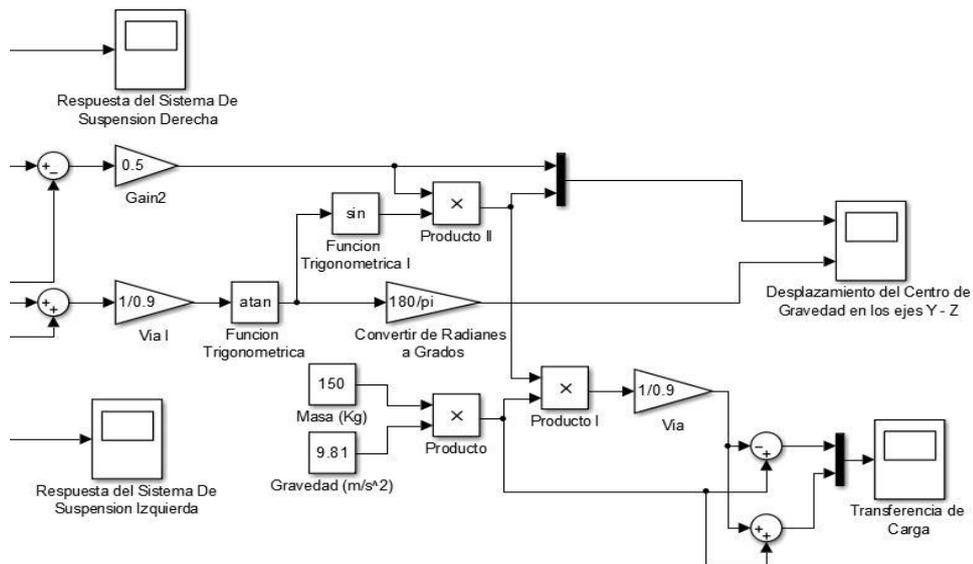


Figura 3. 4 Modelo matemático de la suspensión en Matlab.

Fuente: Autor

En la figura 3.4 se representa el modelado matemático de la suspensión para ser ejecutado en matlab, en la entrada del sistema se indica la irregularidad del camino y como salida el desplazamiento del sistema.

El máximo impulso que se le someterá a la suspensión doble A se define una amplitud de 0.30 m, tomando en cuenta que este valor sea la altura de una piedra. Para efectos de la simulación, el valor de entrada se impondrá a la rueda derecha mientras tanto la rueda izquierda estará sin la perturbación.

Para el cálculo de la fuerza sobre la mangueta se analiza de la siguiente forma. Durante el desplazamiento de la mangueta que se une al brazo de suspensión, se debe obtener la diferencia de desplazamientos entre la salida del neumático y la salida de la suspensión. A este valor de desplazamiento se deriva dos veces con respecto al tiempo y se obtiene la aceleración, a este valor se multiplica por la masa no suspendida del brazo de suspensión y obtenemos la fuerza aplicada sobre la mangueta y transmitida al brazo, figura 3.5.

$$\mathbf{F} = \mathbf{m} \times \mathbf{a}$$

3.7¹

Donde:

F = Fuerza [N]

m =Masa [kg]

a =Aceleración [$\frac{m}{s^2}$]

$$F = m \frac{d^2s}{dt}$$

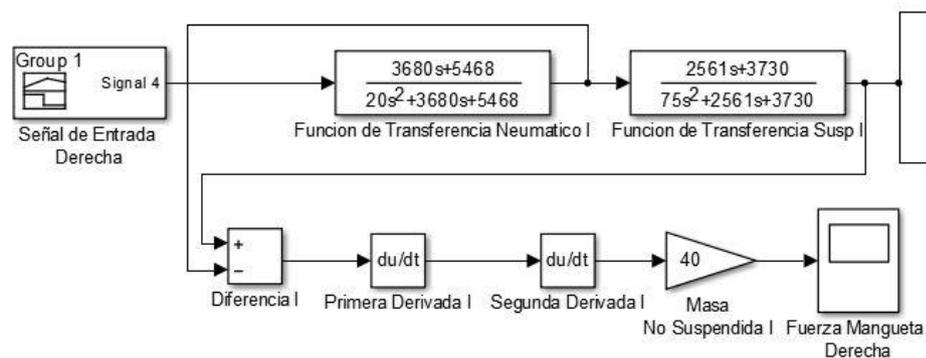


Figura 3. 5. Obtención de la Fuerza Aplicada.

Fuente: Autor

35.1.1.2 Análisis de los resultados de matlab.

- **Respuesta del sistema de suspensión.**

La respuesta obtenida frente a una perturbación en la rueda derecha con un escalón unitario de 0,30 m, se verifica que el sistema de suspensión es sobre-amortiguado, debido que presenta su máximo desplazamiento del 0.31m y luego se estabiliza rápidamente, de tal forma se disminuye las vibraciones en el sistema mano-brazo figura 3.6.

¹ R. C. Híbbeler, «Cinética de una partícula,» de *Mécanica vectorial para ingenieros, Dinámica*, Juárez, Pearson Educación , 2004, p. 99.

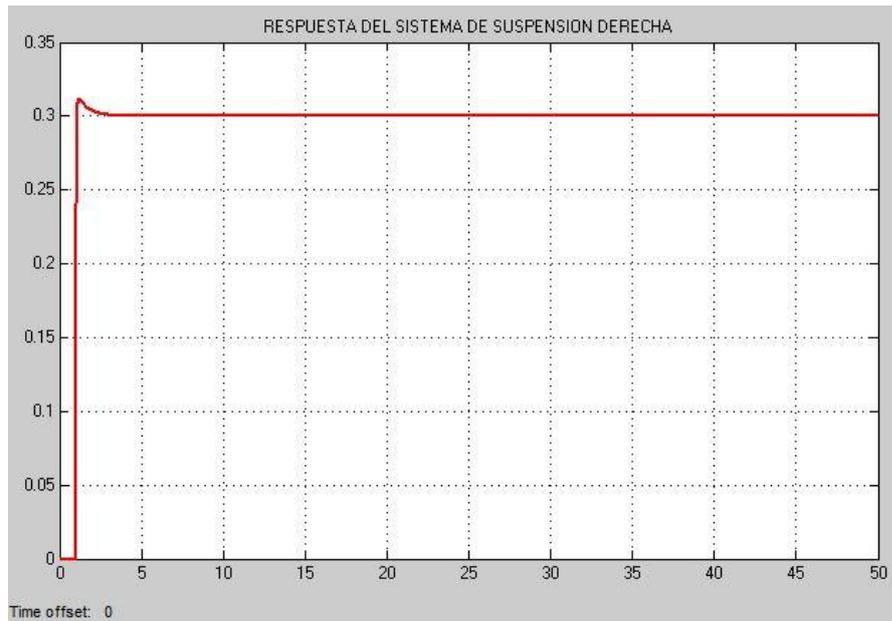


Figura 3. 6. Respuesta del sistema de suspensión frente a un obstáculo.
Fuente: Autor.

En la figura 3.7a se observa el desplazamiento del centro de gravedad a lo largo de los ejes z e y. El desplazamiento en el eje z es de 0,155 m, mientras en el eje y es de 0,05 m.

En la figura 3.7b se obtiene el ángulo de balanceo provocado por la perturbación, tomando un valor máximo de 19° y luego se estabiliza.

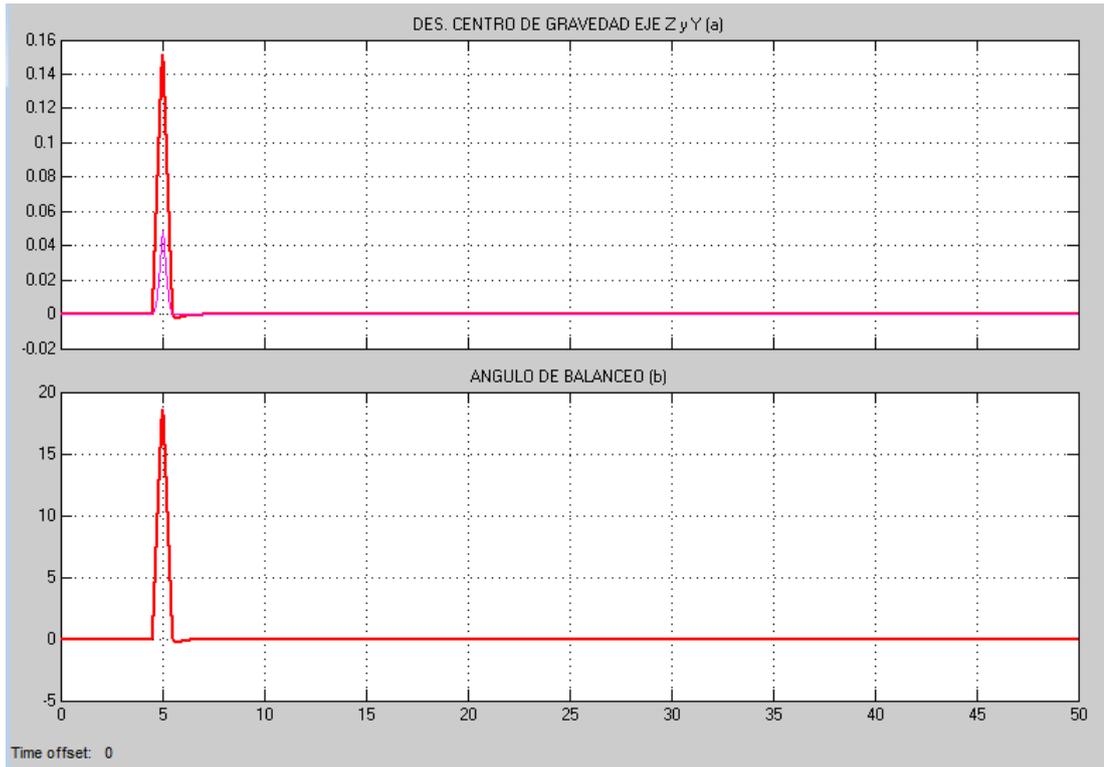


Figura 3. 7. Respuesta del sistema ante el escalón máximo admisible

Fuente: Autor

- **Transferencia de carga.**

En el momento de transitar por un obstáculo existe en una transferencia de carga de la rueda afectada hacia la otra rueda. Por lo tanto en la figura 3.8 se aprecia la pérdida y la ganancia de la carga llegando el valor máximo de la transferencia de 78,5 N y luego estabilizándose a los 1471,5 N.

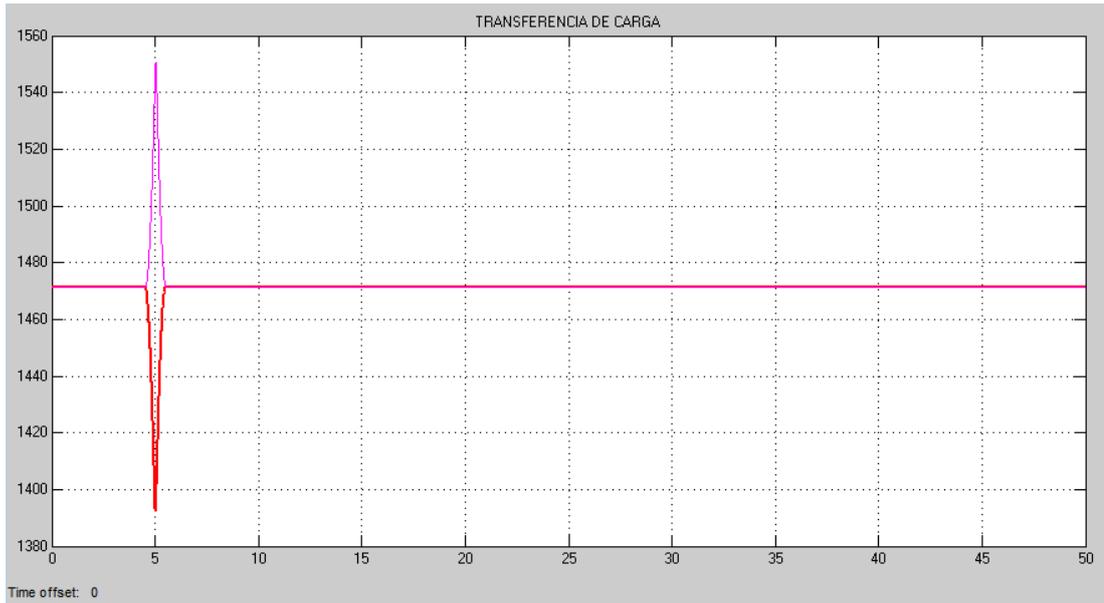


Figura 3. 8. Transferencia de carga cuando pasa sobre un obstáculo.
Fuente: Autor.

- **Fuerza aplicada sobre la mangueta.**

En la figura 3.9 indica la fuerza que se ejerce en la mangueta al momento de transitar por un obstáculo en el camino llegando a un valor máximo de 3000 N.

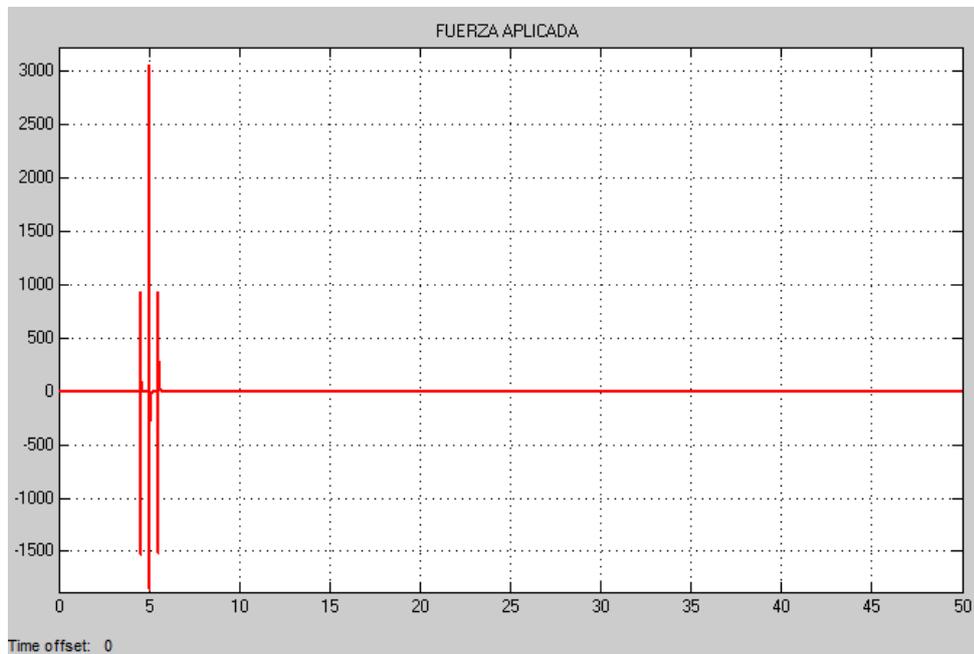


Figura 3. 9. Fuerza aplicada

Fuente: Autor

35.1.2 Modelado matemático para el diseño de los brazos de suspensión.

Para el modelado de los brazos de suspensión se determinó la dimensión y el tipo de sujeción de cada componente tal como: el motor, la caja de cambios, etc. También se determina los distintos ángulos que tendrá el neumático como: el ángulo de salida y avance, con el ajuste de cada ángulo, se obtendrá mayor maniobrabilidad al momento de operar al motocultor. Para el análisis matemático de los brazos de suspensión se realizó mediante las ecuaciones presentadas en el libro de Milliken, "Chassis Design". Durante el diseño de los brazos de suspensión se impuso ciertos valores tales como se indica en la tabla 3.5 y representado en la figura 3.10.

Tabla 3. 5 Datos impuestos.

Fuente: Autor

Datos					
			Valor	Unidades	
Batalla			900	mm	
Centro Instantáneo de Rotación			2195	mm	
Longitud de los brazos	Superior	R1=	150	mm	
	Inferior	R2=	215	mm	
Ángulos de dirección	Salida		10	Deg	
	Avance		5	Deg	
	Caída	γ	0	Deg	
Distancia de puntos de soporte de brazos	Superior	a=	22	mm	
	Inferior	b=	9	mm	
Distancia de puntos de soporte de brazos	Superior	d=	173	mm	
	Inferior	e=	117	mm	
Longitud del punto de pivote del brazo superior			H=	372	mm
Longitud entre los puntos de pivote de los brazos			h=	210	mm
Elevación del centro de rueda			z=	47	mm
Peso del motocultor			W=	440	Lb

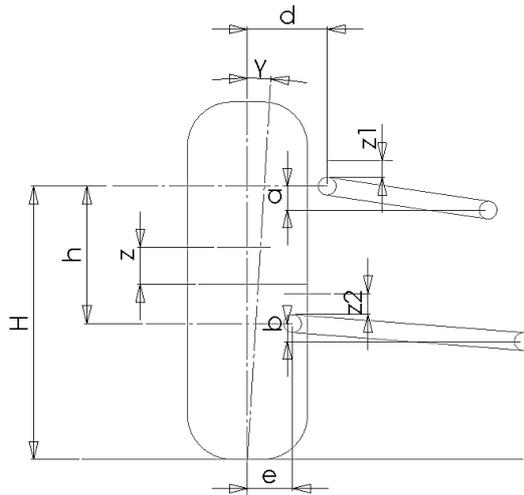


Figura 3. 10 Diseño de suspensión independiente con desplazamiento lateral
Fuente: D. L. Milliken y W. F. Milliken , «Suspension linkages,» de Chassis design, New York, 2001, p. 415.

35.1.2.1 Recorrido de la rueda.

Para conocer el recorrido de la rueda en movimiento hacia arriba y hacia abajo (golpe y rebote) se considera la longitud y el desplazamiento de los puntos de pivote de los brazos, los cuales se relacionara con las siguientes ecuaciones.

$$Y_1 = \frac{(z_1)^2}{2 \times R_1} + \frac{(Z_1 \times a)}{R_1} \quad 3.8^1$$

$$Z_1 = Z - d \times \left(\gamma \times \frac{\pi}{180} \right) \quad 3.9$$

$$Z_1 = 47\text{mm}$$

$$Y_1 = 15\text{mm}$$

¹ D. L. Milliken y W. F. Milliken , «Suspension linkages,» de Chassis design , New York , 2001, p. 400.

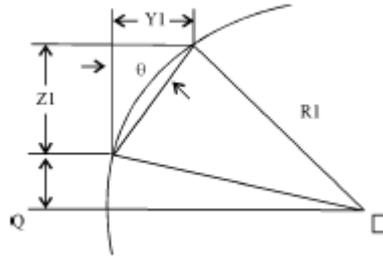


Figura 3. 11. Análisis estático del control del brazo de suspensión.
Fuente: V. V. Jagirdar, M. S. Dadar y V. P. Sulakhe, «Wishbone Structure for front independent suspension of a military truck,» DESIDOC , 2010.

$$Y_2 = \frac{(z_2)^2}{2 \times R_2} + \frac{(Z_2 \times b)}{R_2}$$

$$Z_2 = Z - e \times \left(\gamma \times \frac{\pi}{180} \right)$$

$$Z_2 = 47\text{mm}$$

$$Y_2 = 7,18\text{mm}$$

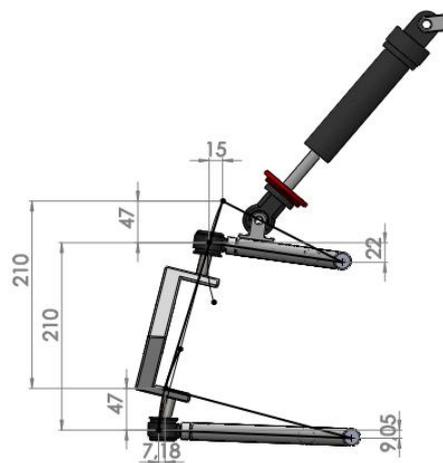


Figura 3. 12. Análisis cinemático de la suspensión.
Fuente: Autor

35.1.3 Cálculo de las prestaciones del motocultor.

En la figura 3.13 indica las curvas de potencia, torque y consumo del motor seleccionado, diesel LDW 702, y en la tabla 3.5 se muestra los datos que se necesitan para los cálculos posteriores y satisfacer las necesidades que requiere el motocultor.

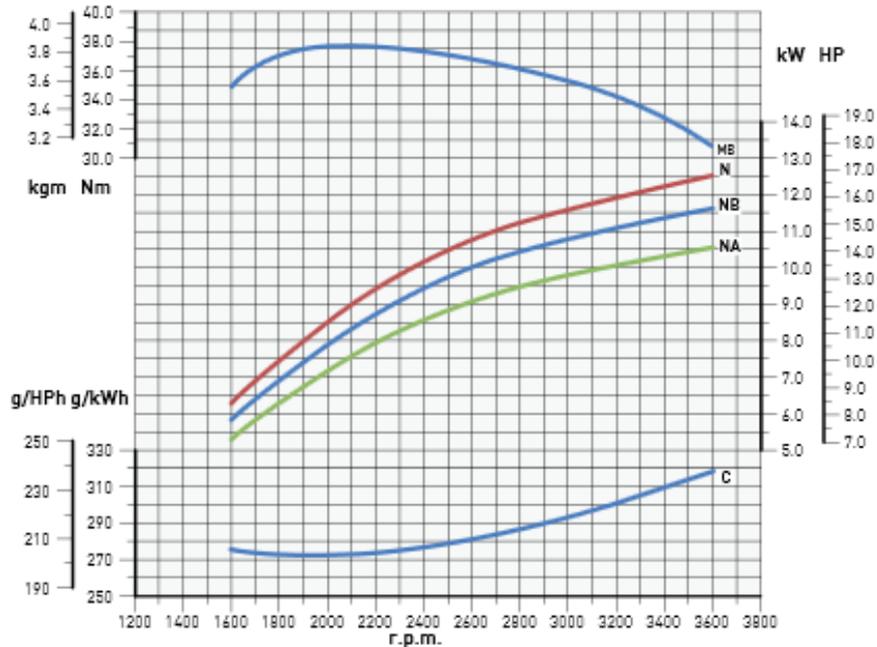


Figura 3. 13. Gráfica de la potencia, par y consumo del motor a diesel

Fuente: G. L. «lombardinigroup,» Octubre 2013. [En línea]. Available:

http://www.lombardinigroup.it/documents/266679/300108/Water_cooled_diesel_engines_8.6-26.0_kW_ENG_LR.pdf. [Último acceso: 22 Noviembre 2014].

Tabla 3. 6. Datos técnicos del motor diesel.

Fuente: Autor

Potencia máxima [KW]	12.5 @ 3600 rpm
Torque máximo [Nm]	38 @ 2000 rpm
Marcha directa	4
Numero de cambios	4
Relación del diferencial	4.25

El tipo de neumático escogido para las labores agrícolas es el de la denominación, 18 × 7.00 – 8 figura 3.14, que cuenta con las siguientes características indicado en la tabla 3.6.

Tabla 3. 7. Datos técnicos del neumático agrícola.

Fuente: C. «interempresas,» Diciembre 2013. [En línea]. Available:

http://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/166748/Continental_databook_2014-15_ES.pdf. [Último acceso: 21 Noviembre 2014].

Neumático 18 × 7.00 – 8		
Diámetro total	457	mm
Ancho de la sección	178	mm
Diámetro nominal	203	mm
Radio efectivo (re)	0.24	m



Figura 3. 14. Neumático seleccionado para el motocultor.

Fuente: C. «interempresas,» Diciembre 2013. [En línea]. Available:

http://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/166748/Continental_databook_2014-15_ES.pdf. [Último acceso: 21 Noviembre 2014].

35.1.3.1 Cálculo de la velocidad.

Con el desarrollo de la ecuación 3.10, se determina la velocidad que puede alcanzar el motocultor, para una mayor velocidad es necesario tener la menor reducción.

$$V = \frac{\pi \times n_m \times r_e}{30 \times \xi_q} \quad 3.10^1$$

1 F. Aparicio , C. Vera y V. Díaz , «Dinámica longitudinal,» de Teoría de los vehículos automóviles , Madrid , Sección d Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales , 2001, p. 262.

Donde:

V = velocidad máxima para cada régimen del motor [$\frac{\text{km}}{\text{s}}$]

n_m = rpm del motor

r_e = radio efectivo [m]

ξ_q = relación que produce la menor reducción

Para determinar los valores $\xi_1 \dots \xi_q$, son términos de una progresión geométrica de razón k , ecuación 3.11.

$$k = \left(\frac{\xi_q}{\xi_1} \right)^{\frac{1}{q-1}} \quad 3.11^1$$

$$\xi_1 = \frac{R_T \times r_c}{M_m \times \eta}$$

Donde:

q = número de la marcha en directa

ξ_1 = relación de transmisión de la primera marcha.

R_T = resistencia total al movimiento [N]

r_c = radio bajo carga de la rueda [m]

M_m = par neto a la salida del motor [Nm]

¹ A. Francisco, C. Vera y V. Díaz , «Dinámica longitudinal,» de Teoría de los vehículos automóviles, Madrid , Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales , 2001, p. 217.

η = rendimiento de la transmisión [%]

En la figura 3.15 representa las velocidades que tendrá el motocultor en cada marcha con respecto a las rpm del motor. La velocidad de operación de la maquina estará en uno de rango de 1 a 2 km/h, mientras para ser trasladado el equipo a otro lugar, se llegara a una velocidad máxima de 16 km/h.

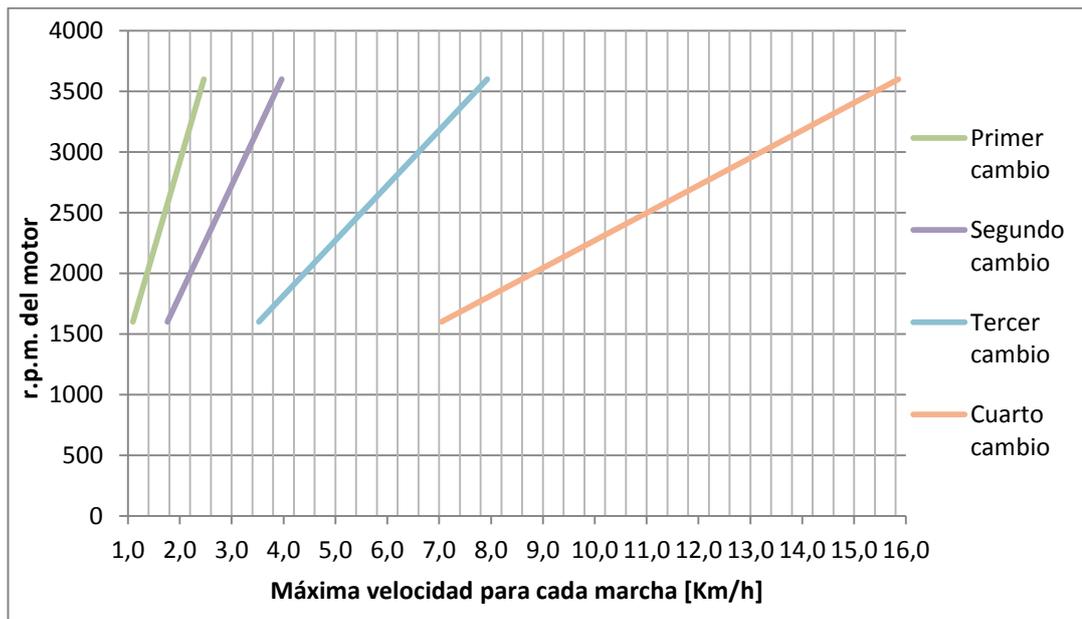


Figura 3. 15. Determinación de las relaciones de transmisión del motocultor.
Fuente: Autor

35.1.3.2 Cálculo de la potencia en rueda.

La potencia en la rueda generada es para poder movilizarse de un lugar a otro en un tiempo mínimo o máximo ya que se considera las pérdidas desde el motor y de la caja de cambios.

$$P_r = \frac{P_n}{\xi_j \times \pi \times \eta_i} \quad 3.12$$

Donde:

P_r = potencia en rueda [kw]

P_n = potencia normal del motor [kw]

η_i = rendimiento de la transmisión, 80%¹

ξ_j = relación de marcha en ese momento.

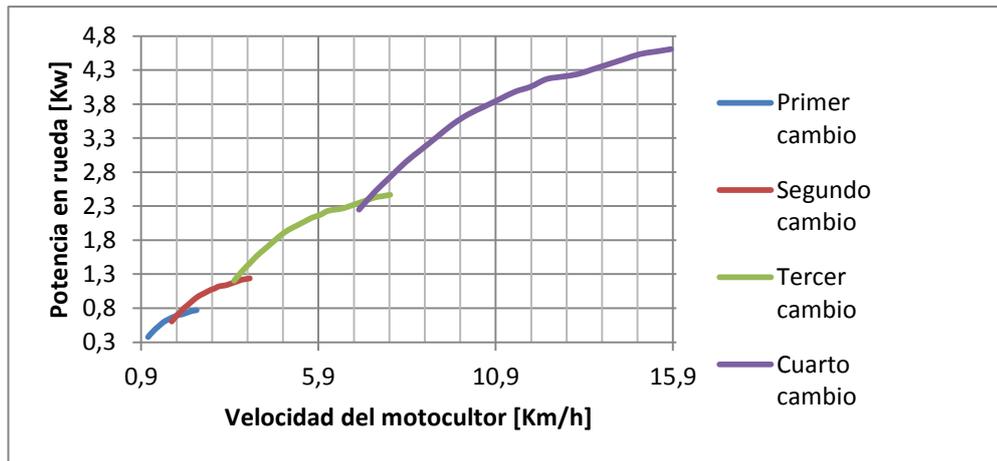


Figura 3. 16. Potencia en rueda para cada marcha.
Fuente: Autor.

En la figura 3.16 indica las diferentes potencias en rueda que va contar motocultor durante cada marcha y en cada régimen del motor.

35.1.3.3 Cálculo de la fuerza tractora

La fuerza tractora, es aquella generada por el motocultor para desplazarse, estará en función del par generado por el motor y podrá ser medida conforme a la velocidad y aceleración que pueda alcanzar el equipo al momento de circular, ecuación 3.13.

$$F_T = \frac{M_n \times \eta_i \times \xi_j}{r_e} \quad 3.13$$

Donde:

¹ F. Aparicio, C. Vera y V. Díaz, «Dinámica longitudinal. Prestaciones,» de Teoría de los vehículos automóviles, Madrid , Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales , 2001, p. 219.

F_T = fuerza tractora [N]

M_m = par neto a la salida del motor [Nm]

η_i = rendimiento de la transmisión, 80%¹

ξ_j = relación de marcha en ese momento.

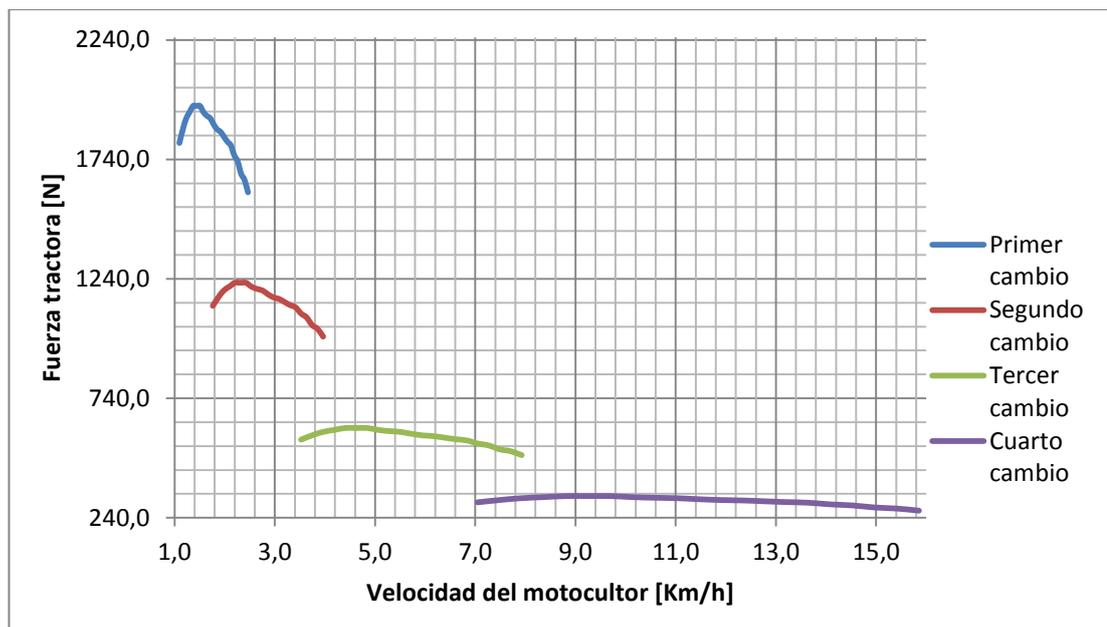


Figura 3. 17. Fuerza tractora.

Fuente: Autor.

En la figura 3.17, indica la fuerza tractora con respecto a la velocidad del motocultor. Los saltos que se tiene entre marcha y marcha son debidos a que los cambios se realizan de forma estática y no de forma simultánea como se efectúa en un automóvil. Durante las labores agrarias del motocultor se necesita la mayor fuerza tractora ya que en este momento se utiliza las herramientas de trabajo, por lo tanto la primera marcha genera la mayor fuerza la cual es de 1950N a una velocidad de 1,5 km/h.

¹ F. Aparicio, C. Vera y V. Díaz, «Dinámica longitudinal. Prestaciones,» de Teoría de los vehículos automóviles, Madrid , Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales , 2001, p. 219.

35.1.3.4 Cálculo del consumo

Con el análisis que se realiza en la figura 3.18, se trata de verificar el menor consumo para las labores agrarias, por lo tanto se recomienda a que trabaje a un velocidad de 1 a 1,5 km/h ya que en este rango el consumo es de 2 a 2,4 l/h

Con este tipo de recomendación se garantiza que se trabajara con la mayor fuerza tractora que dispone el motocultor.

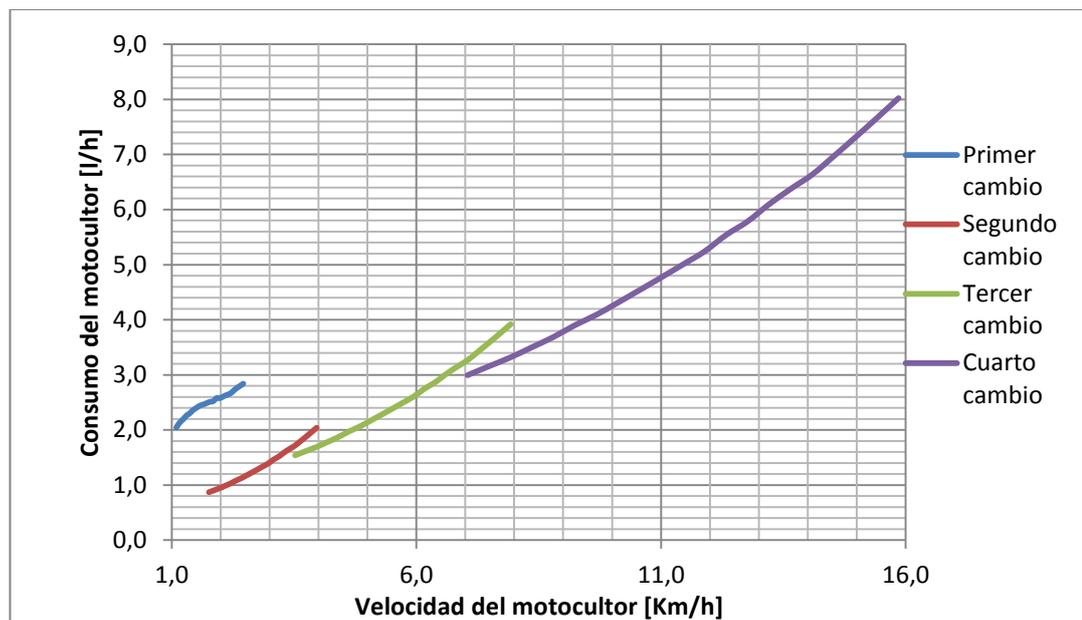


Figura 3. 18. Consumo del motocultor con relación a la velocidad de trabajo
Fuente: Autor

35.1.4 Modelado geométrico.

Para determinar las características de los tubos de los brazos de suspensión se verifico en catálogos existentes en el mercado local en seleccionar entre espesores de 1,5mm a 2mm y de diámetros que oscilan entre $\frac{3}{4}$ a 1 pulgada.

Los tubos de los brazos serán sometidos a un análisis estructural para verificar las deformaciones y el factor de seguridad sometido a las cargas antes calculadas. La longitud de los brazos y el centro instantáneo de rotación se especifica en la figura 3.19 y figura3.20 respectivamente.

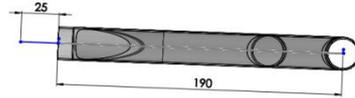
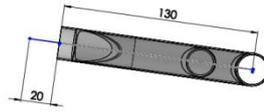


Figura 3. 19 Dimensionado de los brazos de suspensión.

Fuente: Autor

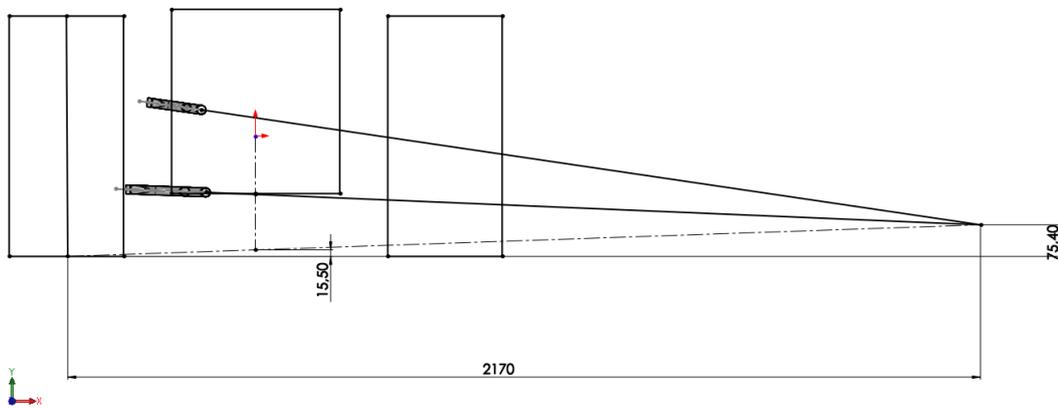


Figura 3. 20 Determinación del C.I.R. con respecto a la batalla.

Fuente: Autor

La capacidad de absorción de las irregularidades del camino depende de la ubicación del amortiguador por lo tanto se seleccionó la ubicación del amortiguador a 30° ¹, lo que da una efectividad de funcionamiento del 86% del amortiguador, figura 3.21.

¹ H. Adams , «Chassis Engineering,» de Springs y shocks, New York, Penguin Group, 1992, p. 36.

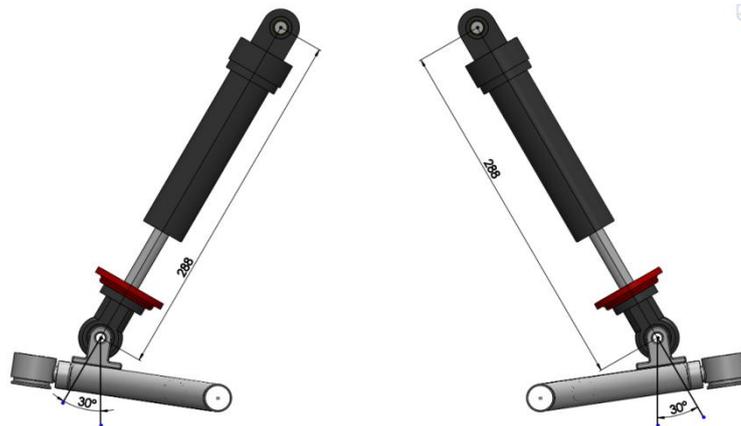


Figura 3. 21. Amortiguadores del motocultor montado a **30** grados.

Fuente: Autor

35.2 Diseño de los aperos

35.2.1 Esfuerzo cortante al suelo.

El apero conjuntamente con el motocultor ejerce un esfuerzo de cortante sobre el suelo para producir la rotura del terreno figura 3.22. Los suelos fallan o se cortan cuando exceden su resistencia al corte, es decir, cuando alcanza una tensión equivalente a la tensión de falla. Por lo tanto en la tabla 3.8 se indica el esfuerzo de cohesión en el suelo arcilloso muy compactado¹.

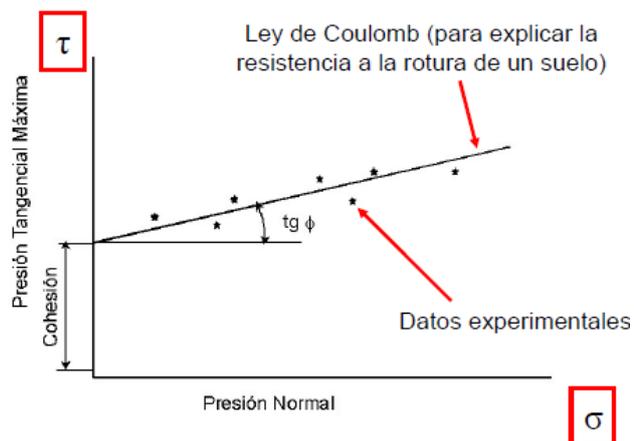


Figura 3. 22. Promedio de los datos ejecutados en laboratorio.

Fuente: B. R. Gregorio, de *Laboreo del terreno*, 2007, p. 9.

¹ J. L. Ugalde, «Parámetros de resistencia obtenidos,» de Implementación de la Técnica de etapas múltiples en el ensayo de corte directo, San José, 2006, p. 60.

Tabla 3. 8. Parámetros de resistencia de la muestra de suelo arcilloso, ensayo CU.
 Fuente: J. L. Ugalde, «Parámetros de resistencia obtenidos,» de Implementación de la Técnica de etapas múltiples en el ensayo de corte directo, San José, 2006, p. 60.

Método convencional			
No. Ensayo	R ²	Cohesión (kg/cm ²)	Ángulo F. (Grados)
Promedio	0,9981	0,42	30,76

Para obtener la fuerza ejercida sobre el apero se utiliza la fórmula 3.14. Donde la área de corte del apero es de 40,77 cm² y el esfuerzo cortante es la que se indica en la tabla 3.8 Dando como resultado la fuerza de 168 N.

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad 3.14$$

Donde:

σ = Esfuerzo cortante (kg/cm²)

F=Fuerza (N)

A= Área

35.2.2 Modelado del apero.

En el capítulo dos se cita la importancia de la forma geométrica del apero, ya que con ello se garantiza que no exista el intercambio de las capas del suelo. En la figura 3.23 se indica la forma geométrica del apero.



Figura 3. 23. Modelado del apero agrícola.
Fuente: Autor

En la figura 3.24 se indica la forma de sujeción del apero con el motocultor.

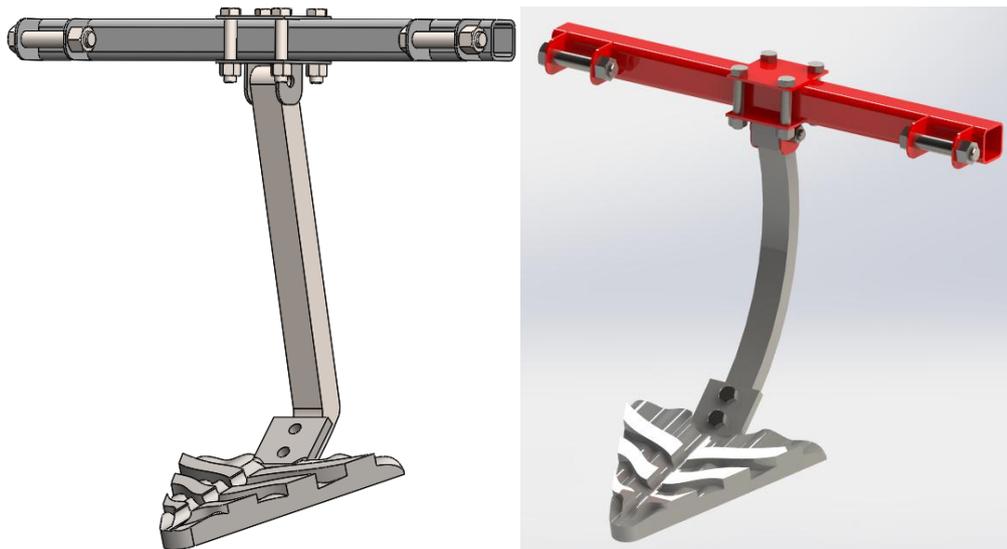


Figura 3. 24. Modo de sujeción del apero con el motocultor.
Fuente: Autor

La forma de sujeción del apero al motocultor, esta propuesto por una viga cuadrada de $40 \times 3 \text{ mm}$, además de unos soportes soldados a la viga con pernos y de la forma de sujeción de la viga con el apero esta con otro tipo de soporte y con un brazo, figura 3.25.

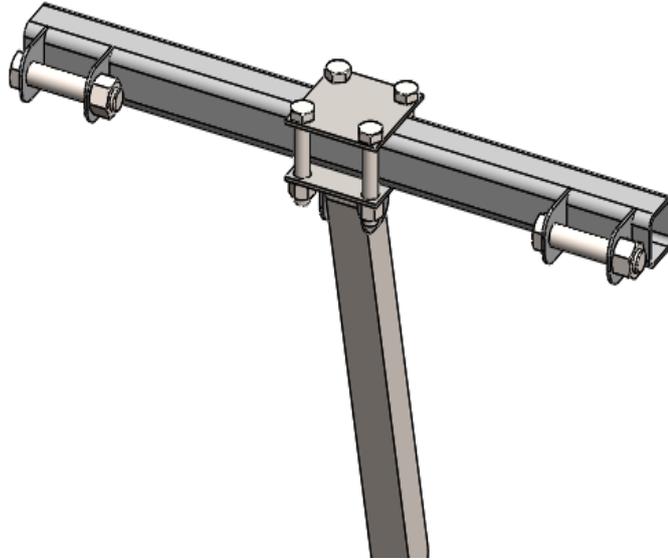


Figura 3. 25. Modo de sujeción al motocultor.
Fuente: Autor.

35.3 Análisis estructural de los elementos diseñados.

35.3.1 Análisis estructural de los brazos de suspensión.

35.3.1.1 Selección de los materiales para los componentes diseñados.

El tubo de la suspensión es el acero ASTM A 500 Gr, con recubrimiento negro o galvanizado [1], el esfuerzo a la fluencia es de 325 MPa y la resistencia última a la tracción es de 410 MPa [2]. El material para la mangueta es el acero SAE 1020 con un límite a la fluencia de 490 MPa[3] y el material del buje es el acero estructural SAE A36 limite a la fluencia de 250 MPa.

35.3.1.2 Configuración de las condiciones de contorno de la suspensión.

En la figura 3.26, indica la fuerza ejercida sobre el terminal (A), soporte fijo (B), masa suspendida (C), gravedad (D).

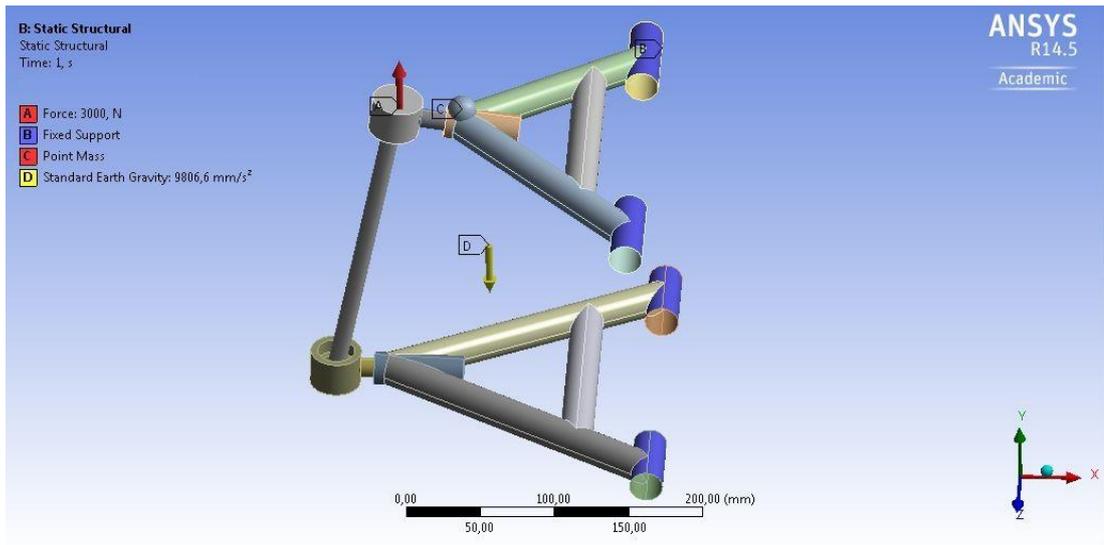


Figura 3. 26. Condiciones de contorno del sistema de suspensión.
Fuente: Autor

35.3.1.3 Calidad del mallado del sistema de suspensión.

Para garantizar los resultados obtenidos del software, se estima un mallado del 85%, figura 3.27, del sistema de suspensión, ya que con esta calidad de mallado se validan los resultados obtenidos.

Details of "Mesh"	
<input checked="" type="checkbox"/> Sizing	
<input checked="" type="checkbox"/> Inflation	
<input type="checkbox"/> Patch Conforming Options	
Triangle Surface Mesher	Program Controlled
<input checked="" type="checkbox"/> Advanced	
<input checked="" type="checkbox"/> Defeaturing	
<input type="checkbox"/> Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	12584
<input type="checkbox"/> Elements	8750
Mesh Metric	Element Quality
<input type="checkbox"/> Min	0,110709875432033
<input type="checkbox"/> Max	0,999740133727646
<input type="checkbox"/> Average	0,852478633441273
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	0,123162898050164

Figura 3. 27. Calidad de mallado del sistema de suspensión.
Fuente: Autor

35.3.1.4 Resultado obtenidos.

- **Deformación total del sistema de suspensión.**

Con un análisis estático en el sistema de suspensión, se verifica la máxima deformación que es de 0,35 mm, figura 3.28. Con la deformación alcanzada según las condiciones de diseño es totalmente aceptable.

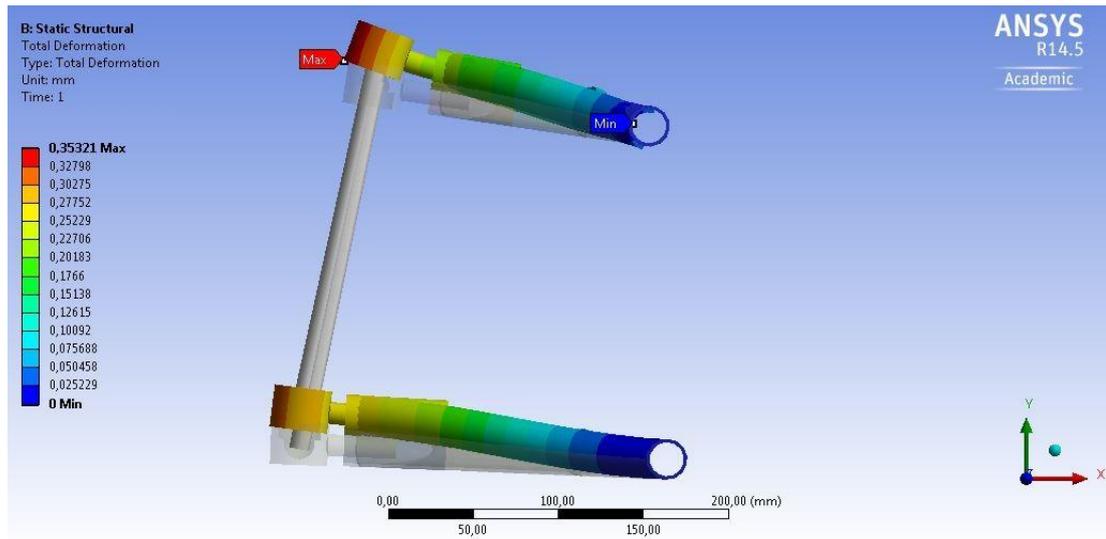


Figura 3. 28. Deformación total de la suspensión.
Fuente: Autor

- **Esfuerzo equivalente del sistema de suspensión.**

En las condiciones de funcionamiento del sistema de suspensión, se produce un esfuerzo máximo de 162,93 MPa figura 3.29, el lugar más crítico se da en la unión del brazo superior.

El esfuerzo producido en los brazos de suspensión, soporta satisfactoriamente ya que el límite a la fluencia del material es de 325 MPa.

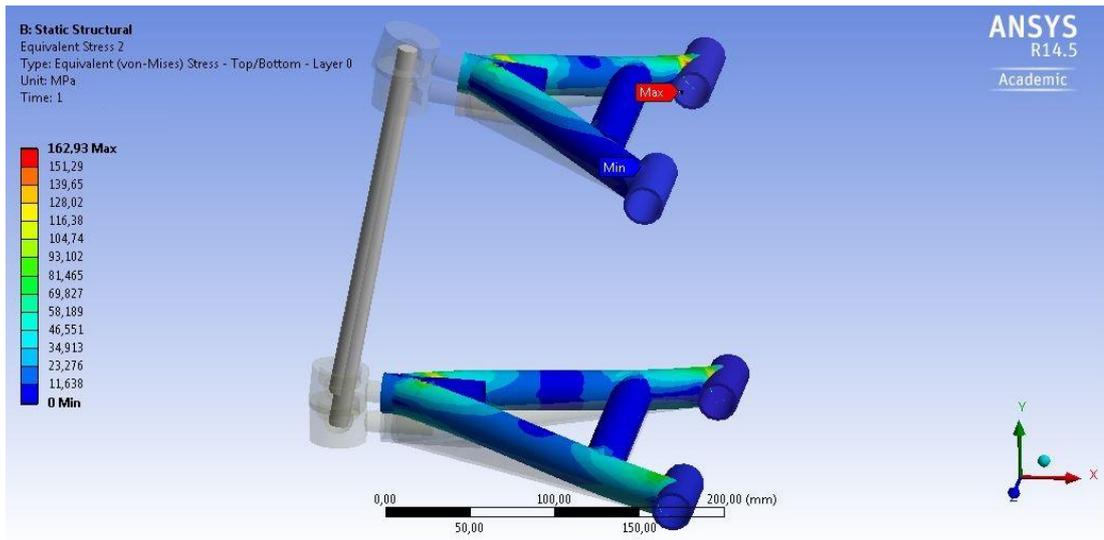


Figura 3. 29. Esfuerzo máximo equivalente del sistema.
 Fuente: Autor.

- **Factor de seguridad del sistema de suspensión.**

A las cargas antes mencionadas para el sistema, el factor de seguridad del conjunto es de 1,99 lo que garantiza soportara satisfactoriamente a las cargas sometidas y otros posibles esfuerzos que vaya tener el motocultor.

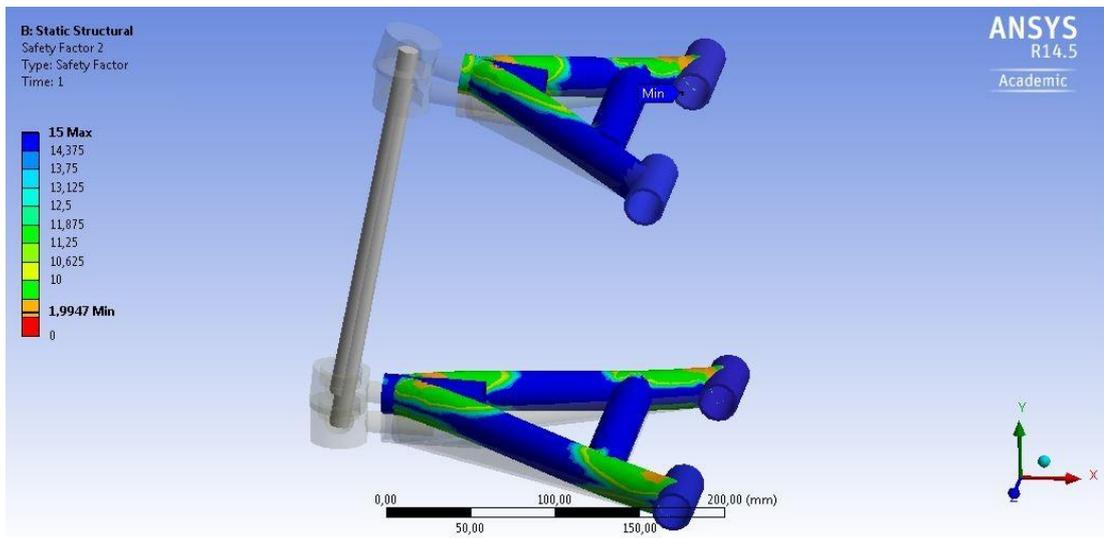


Figura 3. 30. Factor de seguridad.
 Fuente: Autor

35.3.2 Análisis estructural del apero y de las sujeciones.

35.3.2.1 Selección del material para el apero y los soportes.

El material para el apero es el acero AISI 7210, con un límite a la fluencia de 980 MPa, el cual tiene un tratamiento térmico de cementación. El material para la viga es el acero ASTM A 500 Gr, con recubrimiento negro o galvanizado, el esfuerzo a la fluencia es de 325 MPa.

El material para el brazo de unión entre el apero y la viga es del acero estructural SAE A36 límite a la fluencia de 250 MPa.

35.3.2.2 Configuración de las condiciones de contorno de la herramienta agrícola.

En la figura 3.31, indica el soporte cilíndrico (B) y la fuerza de 168 N (C).

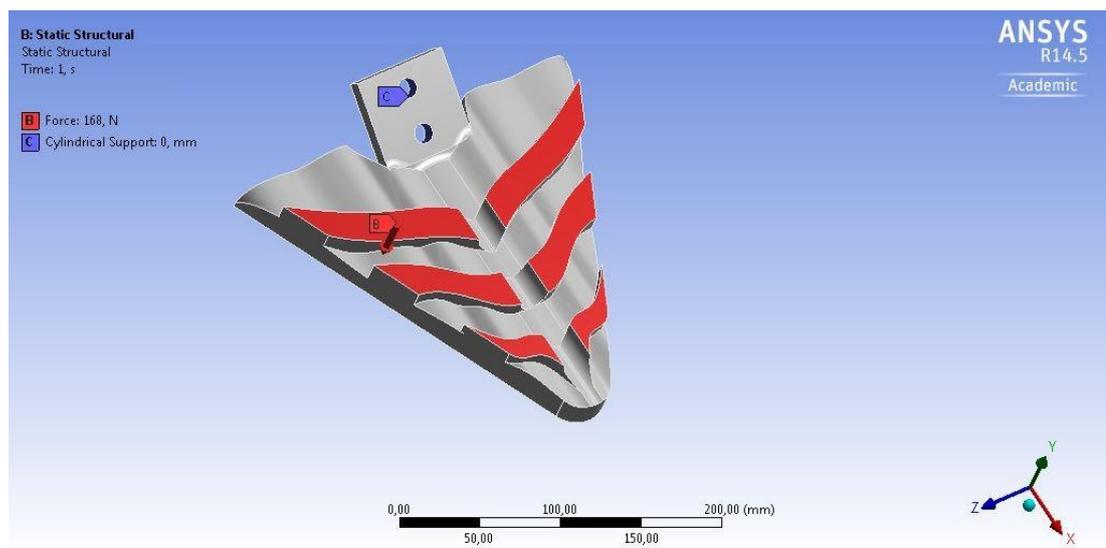


Figura 3. 31. Condiciones de contorno para el apero agrícola.
Fuente: Autor

35.3.2.3 Calidad de mallado de la herramienta agrícola.

La calidad de mallado para la herramienta agrícola es del 84% figura 3.32, lo que valida los resultados obtenidos.

+	Sizing	
+	Inflation	
-	Patch Conforming Options	
	Triangle Surface Mesher	Program Controlled
+	Advanced	
+	Defeaturing	
-	Statistics	
<input type="checkbox"/>	Nodes	1238963
<input type="checkbox"/>	Elements	872862
	Mesh Metric	Element Quality
<input type="checkbox"/>	Min	2,26737361623537E-02
<input type="checkbox"/>	Max	0,999989092572847
<input type="checkbox"/>	Average	0,843046611074868
<input type="checkbox"/>	Standard Deviation	9,04809740114175E-02

Figura 3. 32. Calidad de mallado del apero.
Fuente: Autor

35.3.2.4 Calidad de mallado del sistema de sujeción.

En la calidad de mallado para el sistema de sujeción es del 84% figura 3.33. Con el porcentaje obtenido se valida los resultados obtenidos.

Details of "Mesh"		
<input type="checkbox"/>	Relevance	40
+	Sizing	
+	Inflation	
-	Patch Conforming Options	
	Triangle Surface Mesher	Program Controlled
+	Advanced	
+	Defeaturing	
-	Statistics	
<input type="checkbox"/>	Nodes	1402714
<input type="checkbox"/>	Elements	653087
	Mesh Metric	Element Quality
<input type="checkbox"/>	Min	2,51450878925312E-02
<input type="checkbox"/>	Max	0,999999381874874
<input type="checkbox"/>	Average	0,842717251872988
<input type="checkbox"/>	Standard Deviation	0,106373462188042

Figura 3. 33. Calidad de mallado del sistema de sujeción.
Fuente: Autor

35.3.2.5 Resultados obtenidos.

- **Deformación total del apero.**

Con un análisis estático de la herramienta agrícola, se verifica la máxima deformación que es de 0,050 mm, figura 3.34. Con la deformación alcanzada según las condiciones de diseño es totalmente aceptable.

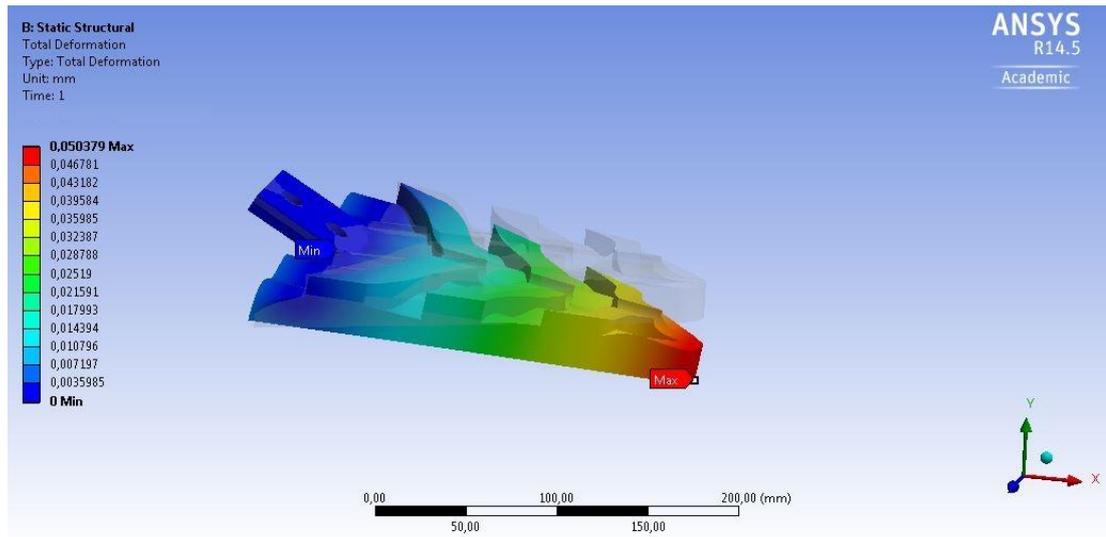


Figura 3. 34. Deformación total del apero.
Fuente: Autor

- **Deformación total del sistema de unión.**

Con un análisis estático del soporte de unión, se verifica la máxima deformación que es de 0.93 mm, figura 3.35. Con la deformación alcanzada según las condiciones de diseño es aceptable.

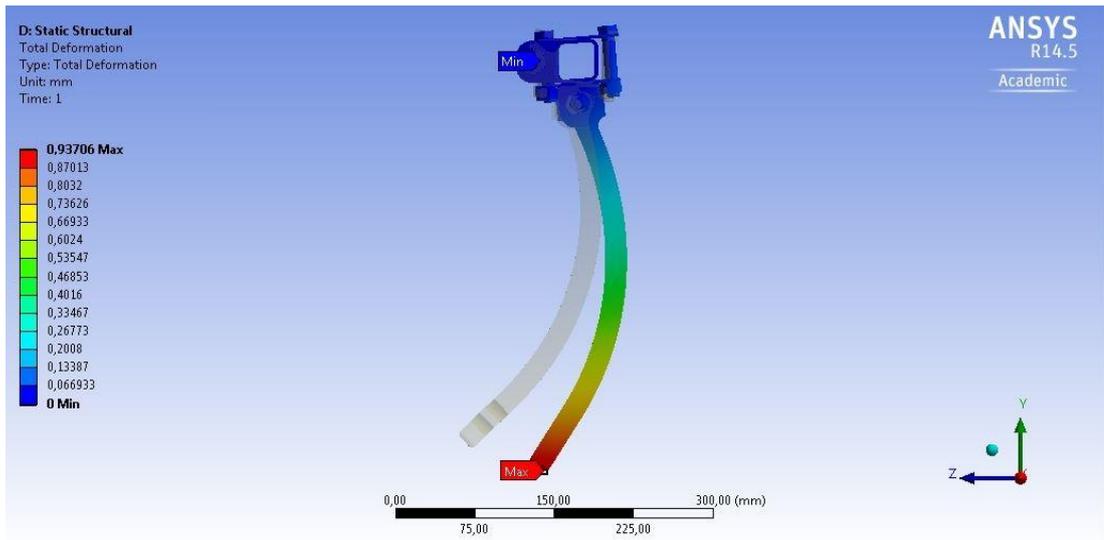


Figura 3. 35. Deformación máxima del soporte de unión.
Fuente: autor.

- **Esfuerzo equivalente del apero.**

Las condiciones de funcionamiento del apero, se produce un esfuerzo máximo de 37,89 MPa, figura 3.36, el lugar más crítico se da en la unión del brazo con el apero.

El esfuerzo producido, soporta satisfactoriamente ya que el límite a la fluencia del material es de 980 MPa.

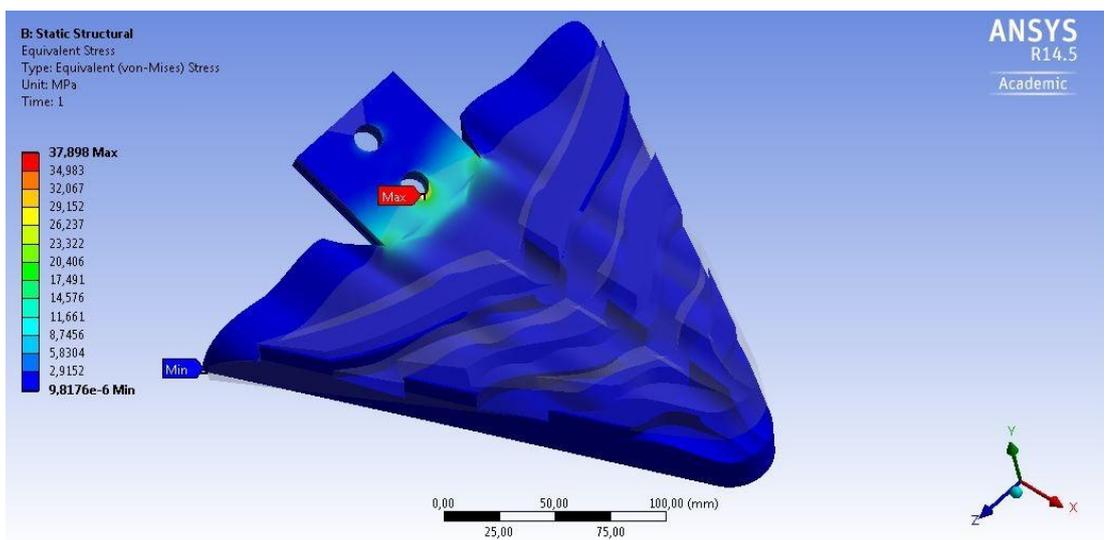


Figura 3. 36. Esfuerzo máximo equivalente del apero.
Fuente: Autor.

- **Esfuerzo equivalente del sistema de unión.**

Las condiciones de funcionamiento del apero y del sistema de unión con el motocultor, se produce un esfuerzo máximo de 129,49 MPa, figura 3.37, el lugar más crítico se da en la unión de la viga con los soportes de los pernos.

El esfuerzo producido, soporta satisfactoriamente ya que el límite a la fluencia del material es de 250 MPa.

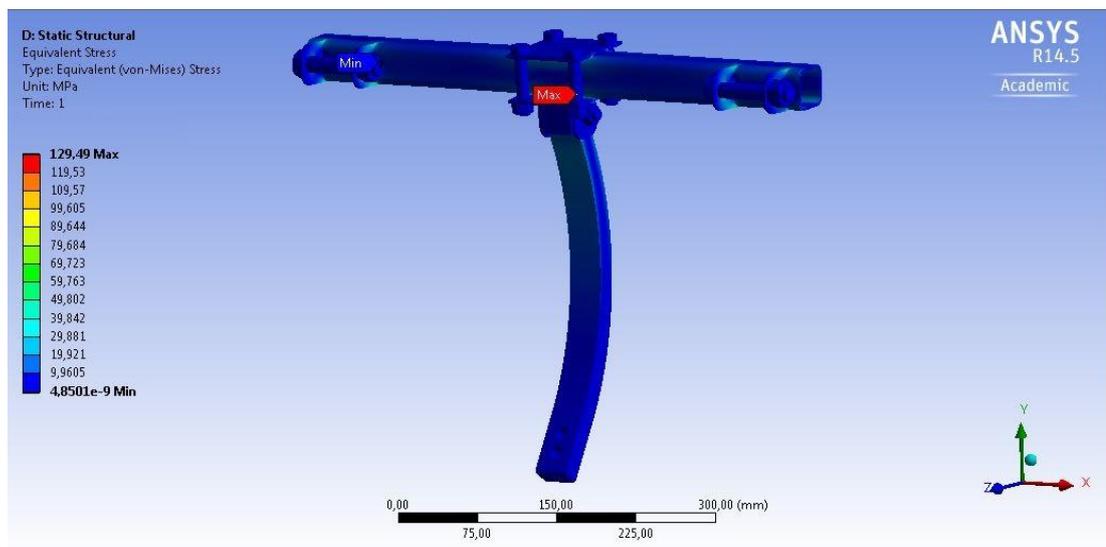


Figura 3. 37. Esfuerzo equivalente del soporte de unión.

Fuente: Autor

- **Factor de seguridad del apero.**

A la carga sometida al diseño, el factor de seguridad es de 15 lo que garantiza soportara satisfactoriamente a la carga sometida y a otros posibles esfuerzos que vaya tener el apero, por ejemplo en un impacto con una roca.

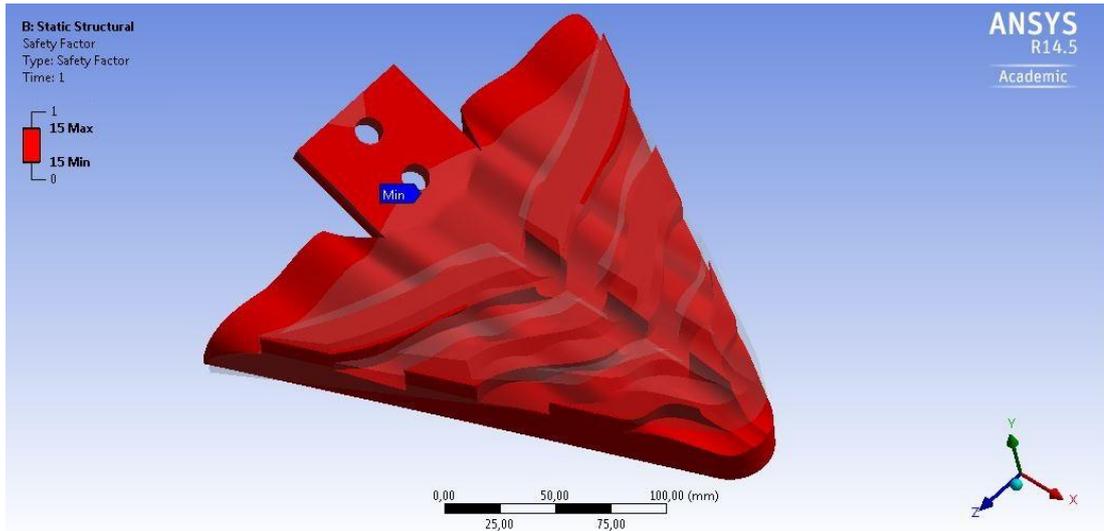


Figura 3. 38. Factor de seguridad.
Fuente: Autor

- **Factor de seguridad del sistema de unión.**

A la carga sometida para el diseño, el factor de seguridad es de 2,5 lo cual indica un sobre dimensionamiento del sistema y garantiza que soportara satisfactoriamente a las carga sometida y otros posibles esfuerzos que vaya tener el apero.

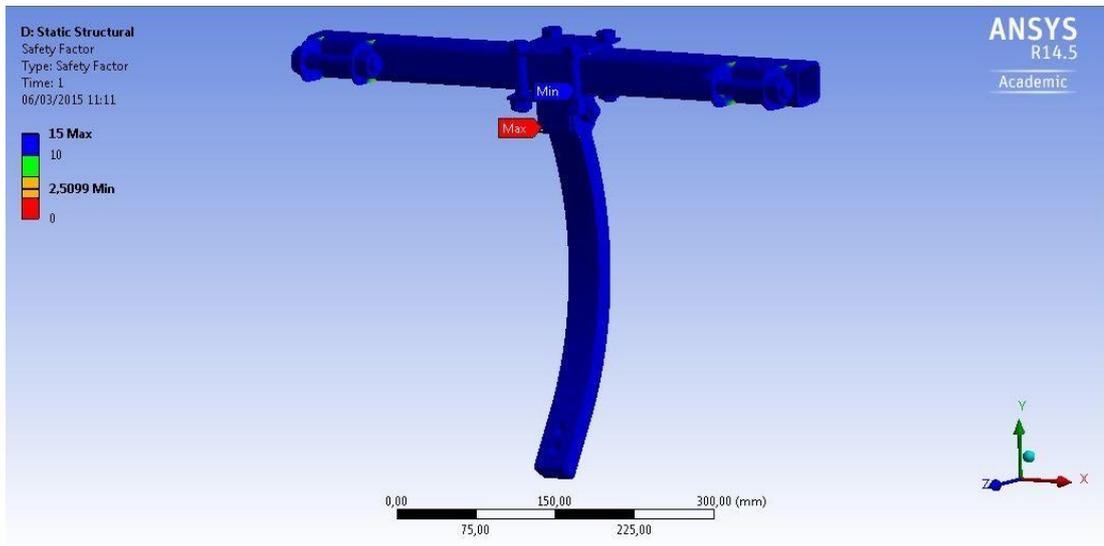


Figura 3. 39. Factor de seguridad del sistema de unión.
Fuente: Autor.

Capítulo IV: Análisis de la viabilidad del diseño.

4.1 Viabilidad técnica.

El suelo de la Parroquia de San Joaquín, tiene inclinaciones mayores del 30%. Los motocultores existentes en el mercado nacional están diseñados para terrenos planos y no para una geografía de montaña, como es la zona Sierra del Ecuador.

4.1.1 Comparación entre el motocultor diseñado con uno existente en el mercado nacional.

Tabla 4. 1. Comparación entre motocultor diseñado y uno comercial.
Fuente: Autor.

Comparación entre el motocultor propuesto y el existente en el mercado nacional.		
Datos técnicos	Motocultor propuesto	Motocultor existente en el mercado
Potencia	16,8 hp (12kw)	12.2 hp (9 KW)
Arranque	Manual	Eléctrico
Numero de marchas	4 velocidades adelante, 1 velocidad atrás	4 velocidades adelante, 2 velocidades atrás
Inversor rápido	Si	Si
Embrague	---	Monodisco en seco con mando manual
Diferencial	---	Si, con bloqueo de palanca a la manilla

Toma de fuerza	de ---	Superior (sobre pedido) sincronizada con el cambio, inferior 1.028 rpm en sentido horario con motor a 3000 rpm.
Manillar	Regulable en altura.	Regulable en altura y lateralmente, reversible
Ruedas	18 × 7.00 – 8	5.00-12
Peso	200 Kg	208 kg

4.2 Análisis de costo.

Con un análisis económico se verificara el presupuesto necesario para la construcción del motocultor.

4.2.1 Costos de elementos mecánicos

Tabla 4. 2. Costos de elementos mecánicos.
Fuente: Autor

Elementos mecánicos.	
Elemento	Costo Usd
Motor	1000
Caja de cambios	500
Llantas	150
Aros	250
Manceras	50
Levas para aceleración	60
Amortiguador-muelle	55

4.2.2 Costo de los elementos diseñados.

Tabla 4. 3. Costo de elementos diseñados.

Fuete: Autor.

Construcción.	Horas de maquinado	Costo unitario Usd	Total Usd
Mangueta	6	20	120
Brazos de construcción		6,50	6,50
Aperos	7	20	140
Subtotal			320,50

4.2.3 Costos de mano de obra.

Tabla 4. 4. Costo de mano de obra.

Fuente: Autor

Mano de obra	Horas de trabajo	Costo hora-trabajo Usd	Costo Usd
Técnico	200	3,5	700
Técnico operario	200	2	400
Otros	---	---	400
Subtotal			1500

4.3 Costo total del motocultor propuesto.

Costo total del motocultor es de \$ 3885,50 lo que indica que es un motocultor totalmente viable para la construcción ya que si es comparado con otro motocultor pero con un motor de 12 hp tiene un valor de \$6500.

CONCLUSIONES:

- De la revisión bibliográfica, se logró obtener un panorama más claro de lo que consiste la labranza en el terreno y de tal forma se entendió de cómo se ejecuta un surco pero tomando en cuenta que no debe existir el intercambio de capas del suelo, para poder garantizar así una buena oxigenación y la retención de los nutrientes en el suelo.
- Con el modelo computacional desarrollado en matlab, se verifica la estabilidad del motocultor y la absorción de las irregularidades al momento de transitar por obstáculos y de tal forma disminuir los riesgos y lesiones en el sistema mano brazo.
- Las simulaciones realizadas mediante un estudio estructural se pudo comprobar las deformaciones, esfuerzos máximos y factores de seguridad que están dentro del rango esperado, de tal forma se garantiza la construcción de cada uno de los elementos diseñados.
- Con el innovador diseño del apero se evita el intercambio de capas del suelo, debido a que se profundizó en el análisis bibliográfico de cómo evitar dicho intercambio. Con los canales diseñados en el apero se garantiza que el suelo se mantenga en su misma posición.
- Al realizar una evaluación económica se verifica la viabilidad de la construcción. Además se elabora una comparación con otro motocultor existente en el mercado nacional de características semejantes al propuesto y se determina que el diseño presentado es totalmente viable desde el aspecto económico y técnico.

5. Bibliografía.

- [1] I. «ipac-acero,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.ipac-acero.com/>. [Último acceso: 2 Enero 2015].
- [2] G. C. 2012. [En línea]. Available: http://www.gerdaucorsa.com.mx/articulos/Eleccion_del_Tipo_de_Acero_para_Estructuras.pdf. [Último acceso: 2 Enero 2014].
- [3] C. G. d. A. S. «Cia. General de Aceros S.A.,» Marzo 2007. [En línea]. Available: http://www.cga.com.co/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=14&Itemid=376. [Último acceso: 2 Enero 2015].
- [4] F. p. l. p. d. r. l. «Guía técnica para la implantación de medidas de seguridad y reglamentación técnica en equipos de trabajo de la actividad agrícola,» *Cepyme*, pp. 119-121.
- [5] F. p. l. p. d. r. l. «Guía técnica para la implantación de medidas de seguridad y reglamentación técnica en equipos de trabajo de la actividad agrícola,» *Cepyme*, p. 123.
- [6] «e-auto,» 2012. [En línea]. Available: <http://e-auto.com.mx/enuw/index.php/noticias-de-la-industria-automotriz/85-boletines-tecnicos/3497-sistemas-de-suspension>. [Último acceso: 15 Octubre 2014].
- [7] L. P. 9 Septiembre 2008. [En línea]. Available: <http://forodetc.superforo.net/t33-suspensiones#583>. [Último acceso: 15 Octubre 2014].
- [8] M. «Mecánica y motores,» 28 Febreso 2013. [En línea]. Available: <http://www.mecanicaymotores.com/que-es-un-puntal-macpherson.html>. [Último acceso: 15 Octubre 2014].
- [9] K. Fischer , «British racecar,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.britishracecar.com/KurtFischer-Lola-T200.htm>. [Último acceso: 16 Octubre 2014].
- [10] . E. «Revista Cuenca Ilustre,» 27 Noviembre 2008. [En línea]. Available: <http://patomiller.wordpress.com/2008/11/27/plano-turistico-de-cuenca-sus-parroquias-y-del-azuay/>. [Último acceso: 18 Octubre 2014].
- [11] L. Martínez, «Análisis del sistema de suspensión,» de *Sistemas y componentes del chasis* , p. 19.
- [12] I. N. d. S. L. «Situaciones de riesgo,» de *El motocultor y la motoazada* , p. 5.
- [13] M. Dirección, *Mandos de dirección*. [Película]. 2014.
- [14] S. J. C. 24 Agosto 2011. [En línea]. Available: <http://sanjoaquincuenca.blogspot.com/>. [Último acceso: 19 Octubre 2014].
- [15] E. T. «San Joaquín vive de las canastas y la agricultura,» p. 1, 20 Septiembre 2009.
- [16] G. R. Marrón , «Maquinaria agrícola y labranza,» Dpto. Agronomía UNS del Palihue, Bahía Blanca .
- [17] C. . A. BORRERO, «wikispaces,» 24 Febreso 2008. [En línea]. Available: <http://borrerosesar.wikispaces.com/MAQUINARIA,+EQUIPOS+Y+HERRAMIENTAS+M%C3%81S+UTILIZADAS+EN+LABORES+AGRICOLAS>. [Último acceso: 19 Octubre 2014].
- [18] A. A. P. y L. B. A., «Generalidades del tractor,» de *Tractores y motores agrícolas*, Bilbao, Grafo, S.A, 2005, p. 13.
- [19] U. N. d. T. «informes-agricola,» [En línea]. Available: <http://informes-agricola.es.tl/Exámenes-de-tractores-y-motores-agricola.htm>. [Último acceso: 21 Octubre 2014].
- [20] P. «PASQUALI,» 2013. [En línea]. Available:

- <http://lt.tractorespasquali.com/blog/post/consejos-para-comprar-un-motocultor>. [Último acceso: 21 Octubre 2014].
- [21] W. F. Milliken y D. L. Milliken, «Suspension Linkages,» de *Chassis design*, New York, 2001, p. 415.
- [22] W. F. Milliken y D. L. Milliken , «Suspension linkages,» de *Chassis design*, New York, 2001, p. 439.
- [23] Miller , «Sistema de dirección,» de *Manual de reparación de automóviles* , Barcelona , Grafos S.A., 2012, p. 653.
- [24] Miller, «Manual de preparación de automóviles,» Barcelona, Grafos S.A., 2012, p. 533.
- [25] L. Martínez, «Análisis del sistema de suspensión,» p. 2.
- [26] G. Rill, «Lateral dynamics,» de *Road vehicle dynamics*, New York , Taylor y Francis Group , 2012, p. 276.
- [27] F. Aparicio, C. Vera y V. Díaz, «Dinámica de un vehículo dotado de suspensión,» de *Teoría de los vehículos automóviles*, Madrid, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales, 2001, p. 467.
- [28] F. Aparicio, C. Vera y V. Díaz, «Dinámica de un vehículo dotado de suspensión,» de *Teoría de los vehículos automóviles*, Madrid, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales, 2001, p. 468.
- [29] F. Aparicio, C. Vera y V. Díaz, «Dinámica de un vehículo dotado de suspensión,» de *Teoría de los vehículos automóviles*, Madrid, Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales, 2001, p. 472.
- [30] Miller, «Sistema de dirección,» de *Manual de reparación de automóviles*, Barcelona, Grafos S.A., 2012, p. 650.
- [31] F. Aparicio , C. Vera y V. Díaz , «Dinámica lateral del vehículo,» de *Teoría de los vehículos automóviles*, Madrid, Sección de publicaciones de la E.T.S., 2001, p. 336.
- [32] J. Calvo y A. Miravete, «Desarrollo de suspensiones mecánica convencionales,» de *Mecánica del automóvil*, Zaragoza, INO Reproducciones S.A., 1997, p. 56.
- [33] J. Calvo y A. Miravete, «Desarrollo de suspensiones mecánicas convencionales,» de *Mecánica del automóvil*, Zaragoza, INO Reproducciones S.A., 1997, p. 54.
- [34] H. Adams, «Types of front suspension,» de *Chassis engineering*, New York, Penguin group, 1992, p. 42.
- [35] H. Adams , «Springs y shocks,» de *Chassis Engineering*, New York, Penguin Group, 1992, p. 34.
- [36] H. Adams , «Chassis Engineering,» de *Springs y shocks*, New York, Penguin Group, 1992, p. 36.
- [37] D. L. Milliken y W. F. Milliken , «Suspension linkages,» de *Chassis design*, New York, 2001, p. 415.
- [38] W. F. Milliken y D. L. Milliken, «Suspension linkages,» de *Chassis design*, New York, 2001, p. 438.
- [39] O. P. «milo,» Noviembre 2010. [En línea]. Available: ftp://milo.udc.es/IT_Obras_Publicas/Troncales/Procedimientos_Construccion_Maquinaria/tema_8_10_11.pdf. [Último acceso: 31 Noviembre 2014].
- [40] i. «infoAgro,» [En línea]. Available: http://www.infoagro.com/instrumentos_medida/medidor.asp?id=3556&_motoazada-motocultor_para_huerto_honda_ff_300_tienda_on_line. [Último acceso: 13 Noviembre 2014].
- [41] V. V. Jagirdar, M. S. Dadar y V. P. Sulakhe, «Wishbone Structure for front independent

- suspension of a military truck,» DESIDOC , 2010.
- [42] D. L. Milliken y W. F. Milliken , «Suspension linkages,» de *Chassis design* , New York , 2001, p. 400.
- [43] C. «interempresas,» Diciembre 2013. [En línea]. Available: http://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/166748/Continental_databook_2014-15_ES.pdf. [Último acceso: 21 Noviembre 2014].
- [44] A. Francisco, C. Vera y V. Díaz , «Dinámica longitudinal,» de *Teoría de los vehículos automóviles*, Madrid , Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales , 2001, p. 217.
- [45] F. Aparicio , C. Vera y V. Díaz , «Dinámica longitudinal,» de *Teoría de los vehículos automóviles* , Madrid , Sección d Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales , 2001, p. 262.
- [46] G. L. «lombardinigroup,» Octubre 2013. [En línea]. Available: http://www.lombardinigroup.it/documents/266679/300108/Water_cooled_diesel_engines_8.6-26.0_kW_ENG_LR.pdf. [Último acceso: 22 Noviembre 2014].
- [47] F. Aparicio, C. Vera y V. Díaz, «Dinámica longitudinal. Prestaciones,» de *Teoría de los vehículos automóviles*, Madrid , Sección de Publicaciones de la E.T.S. de Ingenieros Industriales , 2001, p. 219.
- [48] O. «Suelo,» de *Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería*, Océano, 2002, p. 56.
- [49] O. «Suelo,» de *Enciclopedia Práctica de la Agricultura y la Ganadería*, Océano, 2002, p. 57.
- [50] I. «Suelo,» de *Manual Agropecuario*, Bogota, Grania Ltda, 2002, p. 28.
- [51] A. Benzing, «Labranza del suelo,» de *Agricultura orgánica* , Berlín , Neckar-Verlag, 2001, p. 328.
- [52] R. C. Hibbeler, «Cinética de una partícula,» de *Mécanica vectorial para ingenieros, Dinámica*, Juárez, Pearson Educación, 2004, p. 111.
- [53] R. C. Hibbeler, «Cinética de una partícula,» de *Mécanica vectorial para ingenieros, Dinámica*, Juárez, Pearson Educación , 2004, p. 99.
- [54] J. G. Loyola Illescas, «Análisis de la situación agroecológica y socio económica de los productores de San Joaquín,» p. 31, 2012.
- [55] F. «Los principales factores ambientales y de suelos que influyen sobre la productividad y el manejo,» 2000.
- [56] J. Camacho y G. Rodríguez, «Evaluación de Implementos de Labranza a Diferentes Velocidades de Operación y Contenidos de Agua del Suelo,» *Agricultura técnica* , vol. 67, nº 1, p. 1, 2007.
- [57] G. Esquivel, «Eficiencia en la utilización de la maquinaria y equipo,» de *Administración de empresas agropecuarias*, EVED, p. 105.
- [58] «Arados de Disco y Vertedera,» *sharinganx06* , 2009, p. 24.
- [59] C. [En línea]. Available: <http://www.chalero.com/mapa.html>. [Último acceso: 26 Diciembre 2014].
- [60] I. C. A. «Implementos de labranza primaria,» de *Investigación sobre mecanización agrícola para el pequeño productor de leguminosas comestibles en la subresion Andina*, Pasto, Prociandino, 1990, p. 53.
- [61] L. «Lovol Guatemala S.A.,» 5 Febrero 2012. [En línea]. Available: <http://www.lovolguatemala.com/rotavators/>. [Último acceso: 26 Diciembre 2014].
- [62] B. A. «Norma de seguridad,» de *Manual de uso y mantenimiento*, Italia, 1998, p. 6.
- [63] J. L. Ugalde, «Parámetros de resistencia obtenidos,» de *Implementación de la Técnica de etapas múltiples en el ensayo de corte directo*, San José, 2006, p. 60.

Anexo 1

Encuesta

¿Para realizar los surcos y siembra de las hortalizas lo hace a través de

	Si	No
Pico		
Yunta		
Maquinaria agrícola		

En sus instalaciones cuenta con alguna máquina agrícola

Tractor

otros

Motocultor

Observación

Para que usted considere una maquina agrícola segura al ser manipulada, que considera

Seguridad (confianza)	
Facilidad de manejo	
Facilidad de Mantenimiento	
Versatilidad en lugares reducidos	
Peso	
Precio de mantenimiento	
Apto a las condiciones irregulares del terreno	

Conoce de la existencia del motocultor para las labores agrícolas

Si no

En caso de conocer un motocultor que desventajas cree que tiene para su uso

Estabilidad _____
 Maniobrabilidad _____
 Peso _____
 Costo _____
 Seguridad _____
 Mantenimiento _____

Para la adquisición de motocultor para las labores agrícolas, cuanto estaría dispuesto a pagar

1000-1500

1500-2000

2000-2500

La forma más eficiente para realizar las labores agrícolas sería arado con motocultor o con yunta

Existe alguna entidad pública o privada que facilite la adquisición de maquinaria agrícola

Si no