



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
DE ARRANQUE ELÉCTRICO PARA UN
MOTOCULTOR MODELO YTO – DF 15L DEL
MAGAP DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

SÁNCHEZ SÁNCHEZ JOSÉ LUIS

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO AUTOMOTRIZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2017

ESPOCH

Facultad de Mecánica

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

2016-10-20

Yo recomiendo que el Trabajo de Titulación preparado por:

SÁNCHEZ SÁNCHEZ JOSÉ LUIS

Titulado:

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ARRANQUE
ELÉCTRICO PARA UN MOTOCULTOR MODELO YTO – DF 15L DEL
MAGAP DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**

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

INGENIERO AUTOMOTRIZ

Ing. Carlos Santillán Mariño
DECANO FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Edison Marcelo Castillo Cárdenas
DIRECTOR

Ing. Víctor David Bravo Morocho
ASESOR

ESPOCH

Facultad de Mecánica

EXAMINACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: SÁNCHEZ SÁNCHEZ JOSÉ LUIS

TRABAJO DE TITULACIÓN: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ARRANQUE ELÉCTRICO PARA UN MOTOCULTOR MODELO YTO – DF 15L DEL MAGAP DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO”

Fecha de Examinación: 2017-02-10

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. José Pérez Fiallos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Marcelo Castillo Cárdenas DIRECTOR			
Ing. Víctor David Bravo Morocho ASESOR			

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

RECOMENDACIONES: _____

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

Ing. José Pérez Fiallos
PRESIDENTE TRIB. DEFENSA

DERECHOS DE AUTORÍA

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

José Luis Sánchez Sánchez

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo Sánchez Sánchez José Luis, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Sánchez Sánchez José Luis
Cedula de Identidad: 180427452-8

DEDICATORIA

A dios por darme la vida y guiarme por un buen camino librándome de malas cosas y así poder llegar a cumplir mis metas.

A mis padres José y Norma por darme su apoyo en todo momento, por sus consejos, valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

José Luis Sánchez Sánchez

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento ante todo es a DIOS por haber guiado mis pasos para alcanzar mi propósito en mi vida estudiantil.

A mis padres, que su sacrificio y apoyo incondicional se ve reflejado en el presente trabajo como muestra de mi gratitud hacia ellos. Sabiendo que su esmerado esfuerzo está siendo gratificado en este Trabajo de Titulación y así corroborando que la humildad rompe fronteras y que todo sacrificio es bendecido.

A mis hermanos porque han estado conmigo a cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar y a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de nuestras vidas.

A los maestros, aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario, y que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la tesis.

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Automotriz, por brindarme la oportunidad de obtener una profesión y ser una persona útil a la sociedad.

José Luis Sánchez Sánchez

CONTENIDO

	Pág.
1	INTRODUCCIÓN
1.1	Antecedentes 1
1.2	Problema 2
1.3	Justificación 2
1.4	Objetivos 3
1.4.1	<i>Objetivo General</i> 3
1.4.1.1	<i>Objetivos Específicos:</i> 3
2	MARCO TEORICO
2.1	Motocultor 4
2.1.1	<i>Ficha técnica del motocultor DF 15 – L</i> 5
2.1.2	<i>Motor del Motocultor</i> 5
2.1.2.1	<i>Ciclo termodinámico diésel</i> 5
2.1.2.2	<i>Características del motor diésel.</i> 6
2.1.2.3	<i>Descompresor del motor.</i> 7
2.1.2.4	<i>Volante de inercia del motor</i> 8
2.2	Sistema de arranque eléctrico. 9
2.2.1	<i>La electricidad</i> 9
2.2.1.1	<i>¿Qué es la electricidad?</i> 10
2.2.1.2	<i>Voltaje.</i> 10
2.2.1.3	<i>Amperaje.</i> 10
2.2.1.4	<i>Resistores.</i> 11
2.2.1.5	<i>Circuito eléctrico</i> 11
2.2.1.6	<i>Ley de Ohm</i> 12
2.2.1.7	<i>Potencia eléctrica</i> 12
2.2.2	<i>Motor de arranque eléctrico</i> 12
2.2.2.1	<i>Partes principales de un motor de arranque eléctrico.</i> 13
2.2.3	<i>El alternador eléctrico</i> 18
2.2.3.1	<i>Partes constitutivas del alternador.</i> 18
2.2.3.2	<i>Principio de funcionamiento del alternador.</i> 19
2.2.3.3	<i>Rectificación de la corriente alterna.</i> 20

2.2.3.4	<i>Regulador del voltaje del alternador..</i>	21
2.2.4	<i>La batería.</i>	21
2.2.4.1	<i>Clasificación de los acumuladores.</i>	22
2.2.4.2	<i>La electrolisis..</i>	23
2.2.4.3	<i>Tensión nominal de una batería..</i>	23
2.2.4.4	<i>Capacidad de una batería..</i>	24

3 PROCESO TECNOLÓGICO

3.1	Arquitectura del motocultor	25
3.1.1	<i>Manejo y operatividad..</i>	25
3.2	Propuesta tecnológica A	25
3.3	Propuesta tecnológica B.....	26
3.4	Diseño de soportes del sistema de arranque eléctrico.....	27
3.4.1	<i>Soporte del motor de arranque eléctrico..</i>	27
3.4.2	<i>Soporte del alternador eléctrico..</i>	27
3.4.3	<i>Diseño del soporte de la batería..</i>	28
3.4.4	<i>Diseño de soportes del tanque de combustible.</i>	28
3.4.4.1	<i>Diseño de soporte del tanque de combustible y accesorios eléctricos.....</i>	29
3.4.4.2	<i>Diseño de soporte tanque de combustible 2.</i>	29
3.4.5	<i>Diseño del mecanismo templador de bandas.</i>	29
3.4.5.1	<i>Diseño de la polea transmisora de movimiento..</i>	30
3.4.5.2	<i>Diseño del eslabón fijo de sujeción.</i>	30
3.4.5.3	<i>Diseño del eslabón móvil para tensado de banda..</i>	31
3.4.5.4	<i>Diseño del soporte para tensado de la banda.</i>	31
3.4.5.5	<i>Diseño del tornillo templador de la banda.</i>	32
3.4.5.6	<i>Selección de rodamiento de soporte de la polea..</i>	32
3.4.6	<i>Selección de materiales para elementos de soporte..</i>	33
3.4.7	<i>Selección del volante de inercia del motor..</i>	33
3.4.7.1	<i>Extracción de material en el volante de inercia.....</i>	33
3.4.7.2	<i>Selección de la rueda dentada.....</i>	35
3.4.7.3	<i>Diseño de la rueda dentada..</i>	35
3.4.7.4	<i>Selección de pernos, tuercas y arandelas.</i>	35
3.5	Simulación de los elementos de soporte del sistema de arranque eléctrico... 36	
3.5.1	<i>Simulación del soporte del motor de arranque..</i>	36

3.5.2	<i>Simulación del soporte del alternador eléctrico.....</i>	37
3.5.3	<i>Simulación del soporte de la batería.</i>	38
3.5.4	<i>Simulación del soporte del tanque de combustible 1.</i>	39
3.5.5	<i>Simulación del soporte del tanque de combustible 2.....</i>	40
3.5.6	<i>Simulación de la polea del mecanismo templador de banda.....</i>	41
3.5.7	<i>Simulación del eslabón fijo del mecanismo templador de banda.....</i>	42
3.5.8	<i>Simulación del eslabón móvil del mecanismo templador de banda..</i>	43
3.5.9	<i>Simulación del soporte del tornillo templador de banda..</i>	44
3.5.10	<i>Simulación del tornillo templador de banda..</i>	45
3.6	Proceso tecnológico de construcción.....	46
3.6.1	<i>Herramientas para la construcción de los elementos de soporte.....</i>	46
3.6.2	<i>Construcción de soportes.....</i>	47
3.7	Selección de accesorios eléctricos del sistema de arranque eléctrico.....	47
3.7.1	<i>Selección del motor de arranque eléctrico..</i>	47
3.7.1.1	<i>Análisis del piñón del motor de arranque.....</i>	48
3.7.1.2	<i>Análisis de la potencia eléctrica que debe generar el motor de arranque... ..</i>	48
3.7.1.3	<i>Potencia útil o potencia necesaria en el arranque.....</i>	49
3.7.1.4	<i>Revoluciones mínimas para encendido..</i>	52
3.7.1.5	<i>Consideraciones técnicas para acoplar un motor de arranque.</i>	53
3.7.1.6	<i>Conexión del Motor de Arranque.....</i>	54
3.7.2	<i>Selección del alternador eléctrico.</i>	54
3.7.2.1	<i>Instalación del alternador eléctrico.....</i>	54
3.7.2.2	<i>Conexión eléctrica del Alternador.</i>	55
3.7.3	<i>Selección de la batería.....</i>	56
3.7.3.1	<i>Parámetros para elegir una batería nueva.</i>	56
3.7.3.2	<i>Ciclos de Carga y Descarga de la batería.</i>	57
3.7.4	<i>Selección de cables conductores de energía eléctrica.....</i>	57
3.7.5	<i>Selección de accesorios eléctricos adicionales..</i>	59
3.7.5.1	<i>Selección switch de arranque.....</i>	59
3.7.5.2	<i>Selección del Amperímetro.....</i>	60
3.7.5.3	<i>Selección regulador de voltaje.</i>	60
3.7.6	<i>Diagrama eléctrico del sistema de arranque..</i>	61
3.8	Ensamble general.....	61
3.8.1	<i>Implementación de los elementos de soporte y eléctricos.</i>	63

3.8.1.1	<i>Fase 1..</i>	63
3.8.1.2	<i>Fase 2..</i>	64

4 PRUEBAS DE VALIDACIÓN DEL SISTEMA

4.1	Pruebas del sistema de arranque eléctrico.	66
4.1.1	<i>Prueba 1.....</i>	66
4.1.2	<i>Prueba 2.....</i>	66
4.1.3	<i>Prueba 3.....</i>	66
4.2	Pruebas de campo del sistema de arranque eléctrico.	67
4.2.1	<i>Pruebas de funcionamiento de los soportes..</i>	67
4.2.2	<i>Pruebas de funcionamiento de accesorios eléctricos.....</i>	67

5 ANALISIS ECONÓMICO

5.1	Costos Directos	68
5.2	Costos Indirectos.....	69
5.3	Costos Totales.....	69

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones.....	70
6.2	Recomendaciones	71

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

PLANOS

LISTA DE TABLAS

	Pág.
1	Ficha Técnica del Motocultor 5
2	Materiales de los elementos de Soporte..... 33
3	Especificaciones Rueda dentada. Volante de Inercia 35
4	Construcción de Soportes 47
5	Potencias de Motor de Arranque Requeridas Según el Tipo de Vehículo 49
6	Características de Alternador..... 54
7	Características de la Batería..... 56
8	Amperaje y Sección de Conductores Según AWG 58
9	Selección del Conductor Según Accesorio..... 59
10	Costos de los elementos necesarios para la implementación. 68
11	Costo de equipos utilizados 69
12	Costo de Trabajos Realizados..... 69
13	Costos Directos..... 69
14	Costos Indirectos 69
15	Costos Totales..... 69

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Partes Principales del Motocultor.....	4
2 Ciclo Diésel	6
3 Descompresor de Motor Diésel	7
4 Volante de Inercia.....	8
5 Flujo de corriente eléctrica	10
6 Tipos de Circuitos Eléctricos.....	11
7 Motor de Arranque	13
8 Partes de un Motor de Arranque.....	14
9 Piñón del Motor de Arranque	15
10 Partes de Solenoide del Motor de Arranque	16
11 Partes del Motor de Arranque.....	17
12 Rotor del Motor de Arranque	17
13 Alternador Eléctrico.....	18
14 Partes de un Alternador	19
15 Generación de Corriente Alterna de un Alternador Eléctrico	19
16 Carga de un alternador.....	20
17 Rectificador de corriente trifásica.....	20
18 Batería.....	22
19 Electrolisis	23
20 Mecanismo Trinquete. Propuesta A	26
21 Base del Motor de Arranque.....	27
22 Soporte Templador del Alternador	28
23 Soporte de la Batería. SolidWorks.....	28
24 Tanque de combustible.....	28
25 Soporte de Tanque de Combustible 1	29
26 Soporte del tanque de combustible 2	29
27 Mecanismo Sistema de poleas	30

28	Polea Transmisora. Sistema de Poleas.....	30
29	Eslabón Fijo. Sistema de Poleas	31
30	Eslabón Móvil. Sistema de Poleas.....	31
31	Soporte de Templador. Sistema de Poleas.....	32
32	Tornillo Templador. Sistema de Poleas.....	32
33	Rodamiento. Sistema de Poleas.....	33
34	Sustracción de Material. Vista en Sección.	34
35	Volante de Inercia Modificado. SolidWorks	34
36	Simulación de Cargas del Soporte del Motor de Arranque.	37
37	Simulación de la Deformación del Soporte del Motor de Arranque.	37
38	Simulación de Fuerzas del Templador del Alternador.	38
39	Simulación de la Deformación del Templador del Alternador.....	38
40	Simulación de Cargas del Soporte de la Batería.....	39
41	Simulación de la Deformación del Soporte de la Batería.....	39
42	Simulación de Cargas del Soporte del Tanque de Combustible 1.....	40
43	Simulación de la Deformación del Soporte del Tanque de Combustible 1.....	40
44	Simulación de Cargas del Soporte del Tanque de Combustible 2.....	41
45	Simulación de la Deformación del Soporte del Tanque de Combustible 2.....	41
46	Simulación de Cargas de Polea del Sistema de Poleas.....	42
47	Simulación de la Deformación de Polea del Sistema de Poleas.....	42
48	Simulación de Cargas del Eslabón Fijo del Sistema de Poleas.....	43
49	Simulación de la Deformación del Eslabón Fijo del Sistema de Poleas.....	43
50	Simulación de Cargas de Eslabón Móvil de Sistema de Poleas.....	44
51	Simulación de la Deformación de Eslabón Móvil de Sistema de poleas.....	44
52	Simulación de Cargas del Soporte del Tornillo Templador.....	45
53	Simulación de la Deformación del Soporte del Tornillo Templador.....	45
54	Simulación de Cargas del Tornillo Templador.....	46
55	Simulación de la Deformación del Tornillo Templador.....	46
56	Motor de Arranque Seleccionado	48
57	Características del motor de arranque.....	49
58	Conexión. Motor de Arranque.....	54

59	Instalación de Alternador en Eslabón Basculante	55
60	Instalación de Alternador en Base de Motor de Arranque	55
61	Conexión Eléctrica Alternador y Motor de Arranque	55
62	Calibres de Cables según AWG	58
63	Switch de Encendido	59
64	Amperímetro.....	60
65	Regulador de Voltaje	60
66	Diagrama Eléctrico del Sistema de Encendido.....	61
67	Ensamblaje del Sistema de Arranque	62
68	Ensamblaje del Sistema de Arranque. Vista Lateral	62
69	Ensamblaje del Sistema de Arranque. Vista Frontal	62
70	Implementación 1. Fase 1	63
71	Implementación 2. Fase 1	63
72	Implementación 3. Fase 1	63
73	Implementación Sistema de poleas. Fase 2	64
74	Implementación Bandas y Volante de Inercia. Fase 2.....	64
75	Implementación Batería. Fase 2	64
76	Implementación Tanque de combustible. Fase 2.....	65

LISTA DE ANEXOS

- A. Mapa de Flujo; **Error! Marcador no definido.**
- B. Extracto Norma INEN 1238. Tornillos y Pernos Grado C; **Error! Marcador no definido.**
- C. Manual de Avería del Sistema de Arranque Eléctrico; **Error! Marcador no definido.**

LISTA DE ABREVIACIONES

d.d.p.	Diferencia de potencial
P.M.I	Punto Muerto Inferior
P.M.S	Punto Muerto Superior
C.C.A	Capacidad de Arranque en Frío (Batería)
MEF	Método de elementos finitos
MAGAP	Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca
off	apagado
acc	Accesorios (no utilizado)
on	Activación carga alternador
start	Activación motor de arranque
CCA	Corriente de arranque en frío

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad diseñar un sistema de arranque eléctrico para la posterior construcción e implementación en un motocultor YTO – DF 15L perteneciente al Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca MAGAP de la Provincia de Chimborazo. Para la elaboración del proyecto se tuvo que realizar la selección de materiales con el que se construyeron los elementos de soporte que sujetarán a los implementos que se necesitaron para el armado del nuevo sistema de arranque. Continuamente se realizó un modelado 3D de los elementos de soporte en el programa SolidWorks, de la misma manera se analizaron las cargas y resistencia mecánica de dichos elementos mediante simulación por el Método de Elementos Finitos con el programa Ansys Workbench. Con el fin de evitar un mal funcionamiento en la armonía del movimiento del pistón del motor del motocultor, se adoptó las dimensiones originales y se evitó en lo posible cambiar el peso del volante de inercia para adaptar la rueda dentada que transmitirá el movimiento rotativo que genera el motor de arranque. Se tomaron en cuenta todos los parámetros pertinentes en lo que respecta al sistema de carga y descarga para poder determinar el tipo de motor de arranque, alternador y batería que fueron adaptados al sistema. Posteriormente se realizaron las pruebas de arranque necesarias con lo cual se observó el funcionamiento correcto de los elementos implementados y la efectividad al momento de encender el motocultor. Con esta implementación se obtuvo beneficios en tiempos de encendido y seguridad para el operario al momento de encender el motocultor. Se recomienda tener en cuenta los ciclos de carga y descarga de la batería.

PALABRAS CLAVE: <MINISTERIO DE AGRICULTURA GANADERÍA ACUACULTURA Y PESCA (MAGAP)>, <MOTOR DE ARRANQUE>, <MOTOCULTOR>, <SISTEMA DE CARGA>, <SIMULACIÓN>, <DISEÑO DE SOPORTES>, <CONSTRUCCIÓN DE SOPORTES>, <MODELADO 3D>.

ABSTRACT

The present project has the aim to design an electric starter for the subsequent construction and implementation in a motorized plough YTO - DF 15L belonging to the Ministry of Agriculture, Livestock, Aquaculture and Fisheries (MAGAP) of the province of Chimborazo. For the preparation of the Project had to make the selection of materials with which support elements were built, which will attach to the implements, which were needed for the armed of the new starting system. Continuously, a 3D modeling of the support elements was performed in the SolidWorks program, in order to avoid a malfunction in the harmony of the movement of the piston of the motorized plough, the original dimensions there adopted and it was possible to change the weight of the flywheel as far as possible, in order to adapt the gearwheel, wich will transmit the rotary movement that generate the motorized plough. All relevant parameters were taken into account in the loading and und unloading system in order to determine the type of motorized plough, whit this implementation, benefits were obtained in times of ignition and safety for the operator at the time of turning on the motorized plow. It is recommended to take into account the cycles of charge and discharge of the battery.

CLUE WORDS: MINISTRY OF AGRICULTURE, LIVESTOCK, AQUACULTURE AND FISHERIES (MAGAP)>, <STARTING MOTOR>, <MOTORIZED PLOUGH>, <CHARGE SYSTEM>, <SIMULATION>, <SUPPORT DESIGN>, <SUPPORT CONSTRUCTION>, <3D MODELING >.

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El ministerio de Agricultura Ganadería fue creado en el año 1901, pasando así por diversas administraciones presidenciales que han venido cambiando el nombre de la institución hasta que a los 15 días del mes de enero de 2007, se denominará “Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca” (MAGAP); aspecto que se mantiene hasta la actualidad brindando aportes a los sectores necesitados de acuerdo a su competencia.

El MAGAP de la provincia de Chimborazo se ha vinculado con las sociedades del sector rural aportando con nuevas técnicas, capacitaciones e ideas para mejorar la administración del territorio agrario, registro, laboreo de suelos, producción de especies vivas, fortalecer la institucionalidad del sector público del agro, establecer mecanismos de coordinación interinstitucional con Entidades Adscritas y otras relacionadas con el agro, para planificación, ejecución y evaluación de políticas, planes, programas y proyectos que permitan mejorar la prestación de servicios, fortaleciendo los espacios de diálogo entre el sector público y privado a nivel local.

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Creada el 18 de abril de 1969. Inicia sus actividades académicas el 2 de mayo de 1972 con las Escuelas de Ingeniería Zootécnica, Nutrición y Dietética e Ingeniería Mecánica. Se inaugura el 3 de abril de 1972. La ESPOCH se ha convertido en una universidad pionera en la educación a nivel nacional y con un alto auge de demanda de bachilleres por continuar sus estudios en dicha institución cada año. Sus actividades se resaltan a nivel externo tanto nacional como internacionalmente, debido a convenios, concursos y demás que han ayudado a su alto reconocimiento educativo y académico.

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo conjuntamente con la Carrera de Ingeniería Automotriz tiene la tarea de dar solución a los problemas sociales que aquejan a la comunidad, presentándose así, la oportunidad de vincular a la ESPOCH con el

MAGAP mediante un proyecto tecnológico con el fin de optimizar una flota de motocultores YTO – DF 15L adquiridos, proporcionando los mecanismos y sistemas necesarios para su óptimo funcionamiento, con el objetivo de ser entregados a las diferentes zonas de dedicadas a la horticultura en la provincia de Chimborazo.

1.2 Problema

En el MAGAP de la provincia de Chimborazo existen 141 motocultores de arranque manual con manivela, donde se necesita de 2 operarios para dar arranque al motor y por ende corren el riesgo de ser lesionados ante el inminente trabamiento de la manivela en el momento que el motor haya empezado a girar por sí mismo y un posible impacto por parte de la misma al momento de ser liberada por el giro del motor. Del total de motocultores 6 están en actividad, 135 se encuentran en inactividad. Es por lo cual la institución busca soluciones para dar una mejora en el arranque del motor del motocultor modelo YTO – DF 15L para poder entregarlos a las comunidades.

1.3 Justificación

La seguridad de los operarios de los motocultores cumple un papel fundamental en el proceso de labranza del suelo ya que debe estar pendiente del correcto funcionamiento del motocultor así como del correcto laboreo del terreno. La dificultad del arranque para el encendido del motor de combustión interna genera pérdidas de tiempo y producción, además de que se necesita personal medianamente capacitado para poder dar arranque al motor del motocultor.

El MAGAP de la Provincia de Chimborazo está limitado de brindar los beneficios que los motocultores en inactividad podrían brindar a las diferentes comunidades, lo cual está interrumpiendo el nexo de vinculación que debe haber entre las instituciones estatales y la ciudadanía en general para contribuir con el desarrollo de los pueblos.

Todas estas dificultades se presentan por no contar con un arranque eléctrico que mejore el encendido, brinde la seguridad adecuada al operario, reduzca el personal, aumente la cantidad de trabajo efectuada. Por lo que se considera necesario el diseño y la implementación del mismo para solucionar los problemas antes mencionados.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General. Diseñar e implementar un sistema de arranque eléctrico para un motocultor YTO – DF 15L del MAGAP de la Provincia de Chimborazo.

1.4.1.1 Objetivos Específicos:

- Diseñar los elementos de soporte requeridos para instalar el nuevo sistema de arranque eléctrico del motocultor.
- Construir los elementos de soporte diseñados mediante los recursos de manufactura existentes en el país e implementarlos en el nuevo sistema de arranque eléctrico.
- Diseñar el diagrama eléctrico del sistema de arranque mediante software para la adaptación en el motocultor.
- Ensamblar el nuevo sistema de arranque eléctrico con los elementos de soporte diseñados y construidos para sus posteriores ensayos de funcionamiento.
- Analizar los resultados obtenidos de la implementación del nuevo sistema de encendido eléctrico para determinar que el funcionamiento de los elementos es correcto

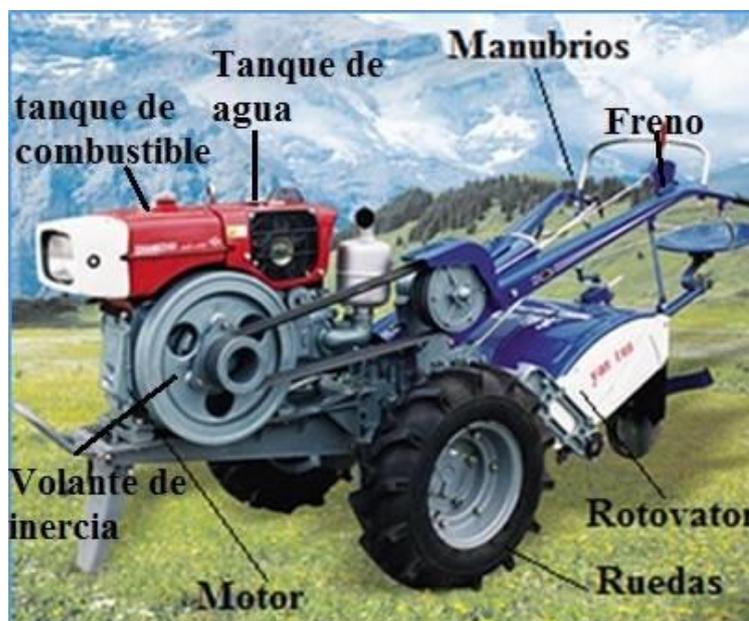
CAPÍTULO II

2 MARCO TEORICO

2.1 Motocultor

Conocidos también como tractores de un sólo eje de ruedas, ofrecen grandes posibilidades en la agricultura minifundista, en la agricultura de ocio, en los servicios municipales o terciarios y como complemento del tractor en la agricultura profesional latifundista, sobre todo en explotaciones hortofrutícolas y vitivinícolas. Razones no faltan para reconocer que son una inversión excelente para muchos agricultores. (BCS, 2009)

Figura 1. Partes Principales del Motocultor



Fuente: Autor

El motocultor es utilizado con más frecuencia para el laboreo del suelo con su apero más común el rotocultor (rotovator), sumado a este los fabricantes de este tipo de máquinas ofrecen aperos para que se conviertan en unidades de arrastre de la misma forma que lo hacen los tractores agrícolas.

El rotocultor puede trabajar el suelo hasta 18,9 cm de profundidad, dependiendo del tipo de cuchilla implementada, el ancho del labrado y las condiciones de dureza del suelo. La velocidad de giro del rotocultor se mantiene aproximadamente a 300 r.p.m. transmitidos por una cadena proveniente del sistema de transmisión.

2.1.1 *Ficha técnica del motocultor DF 15 – L.* Las características técnicas de este motocultor son tomadas del catálogo del fabricante, los mismos que servirán como referencia para el diseño de los soportes y selección de accesorios.

Tabla 1. Ficha Técnica del Motocultor

Marca	YTO
Modelo	DF-15L
Tipo	Eje sencillo de propósito dual para tracción.
Motor	
Tanque de combustible	9 – 11 lt diésel
Aceite motor	3 – 3,5 lt aceite SAE 40/30 (invierno)
Velocidad del motor (rpm)	2200
Motor Monocilindro	4 tiempos
Arranque	Manual con Manivela
Rendimiento	
Fuerza de Tracción (kg-f)	221
Potencia de salida (kW/Hp)	12/16
Torque máximo (N.m)	257
Mínima distancia al suelo (mm)	185
Dispositivos eléctricos (Generador)	
Generador tipo:	Magneto permanente, AC, integrado al ventilador del radiador
Voltaje (V)/potencia nominal(W)	12/60
Velocidad nominal(rpm)	5800
Nº fases	1 fase, tres circuitos
Carga	Dos luces 12v, 20W c/u

Fuente: Manual de Operación Motocultor YTO DF-15L

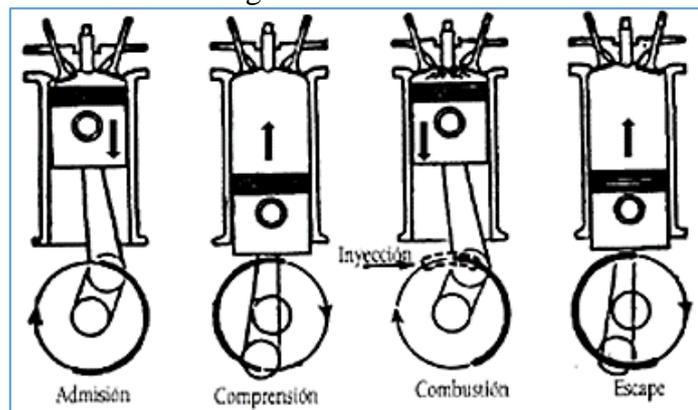
2.1.2 *Motor del Motocultor.* El precio de la gasolina y el tipo de trabajo para el que está destinada cualquier maquinaria agrícola hacen que este tipo de combustible sea poco recomendable para maquinas medianas y grandes, dado que mantenimiento de estas no debería ser costoso con respecto al tipo de trabajo que realizan. En el motocultor, el motor es el órgano fundamental, ya que cumple con dos funciones:

- Propulsar el motocultor.
- Entregar torque y movimiento rotativo para el rotocultor.

2.1.2.1 *Ciclo termodinámico diésel.* El ciclo del motor diésel de cuatro tiempos es el siguiente.

- Admisión: La válvula de admisión se abre. Ingresa el aire por succión al descender el pistón al P.M.I.
- Compresión: Válvulas admisión y escape Cerradas. Ascende el pistón y comprime la mezcla, antes del P.M.S. se produce la inyección del combustible, y se produce en el encendido de la mezcla aire-combustible.
- Combustión: Válvulas admisión y escape Cerradas. La mezcla aire-combustible quemada se expande y provoca el descenso del pistón al P.M.I. a esto se le llama el tiempo de trabajo.
- Escape: Válvula de escape se abre. El pistón nuevamente asciende expulsando los gases quemados, la válvula de admisión se abre y el ciclo nuevamente empieza.

Figura 2. Ciclo Diésel



Fuente: (ARIAS PAZ, 2004)

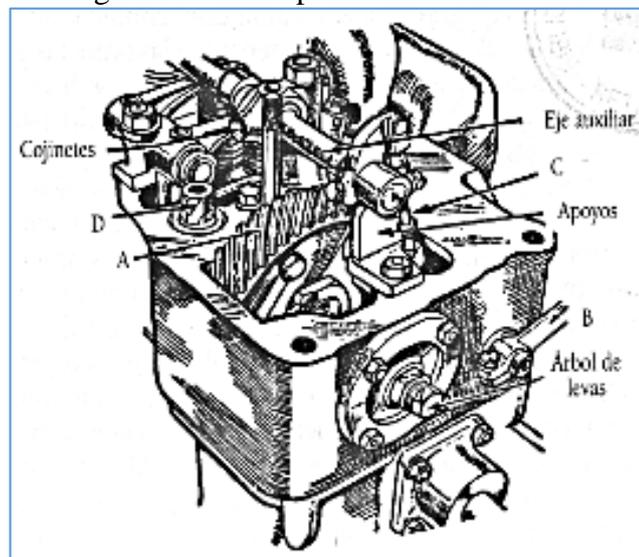
2.1.2.2 Características del motor diésel. Las características más relevantes son las siguientes:

- La elevada compresión es causa de su buen rendimiento, pero repercute en las grandes presiones que sufren cilindro, pistón, biela, etc., que obliga a construir estos órganos más robustos y pesados.
- El "golpeo" es más fuerte que en los motores de gasolina, dando sobre todo en ralentí un sonido característico.
- La velocidad de inflamación del Diésel es casi el doble que en los motores de gasolina (en realidad es una detonación), aunque el combustible no se queme tan rápidamente por no estar introducido todo en el cilindro en el momento de iniciarse la inflamación, sino que arde a medida que va entrando.

- Las fuertes presiones y la mayor robustez y peso de las piezas en movimiento son limitadores de la velocidad de rotación. Gracias a los progresos de la metalurgia se construyen hoy motores Diésel ligeros de 4.000 rpm, aunque los corrientes en camiones giran a un máximo poco mayor de 2.000 rpm; pero de ningún modo deben embalsarse estos motores, razón por la cual casi todos están dotados de los reguladores que se describen más adelante.
- Para conseguir una combustión completa del diésel y que no salgan humos negros y malolientes por el escape, es necesaria una proporción de aire superior a la requerida para un motor de gasolina.
- Las bombas de inyección llevan un reglaje que no se debe de variar, pues aunque parezca que aumentando la proporción de gasoil se obtiene mayor potencia, es a costa de producir humos en el escape y sobre todo carbonilla en los cilindros y válvulas, estropear rápidamente el aceite de engrase, anular su economía de funcionamiento y causar un esfuerzo suplementario en los órganos del motor que en seguida lo deteriora. Los Diésel funcionan con mucha precisión y no admiten variaciones en su reglaje (ARIAS PAZ, 2004).

2.1.2.3 Descompresor del motor. Para facilitar el arranque, evitando que el operario tenga que superar fuerte compresión que tiene el motor diésel ($36\text{-}45\text{ kg/cm}^2$), algunos motores llevan un dispositivo que permite abrir ligeramente las válvulas de escape.

Figura 3. Descompresor de Motor Diésel



Fuente: (ARIAS PAZ, 2004)

Cuando el motor inicia los primeros giros en el arranque, se suelta el descompresor y como aquél ya está lanzado, el arrancador mantiene estabilizado el giro del motor.

En la figura 3 se ve una culata con este dispositivo y con el árbol de levas en cabeza, que recibe el movimiento por una serie de engranajes del que A es el último piñón. Las levas descompresoras están en el eje auxiliar, con cojinetes y apoyos. Antes de dar corriente al arrancador, se tira de la palanca B, que por la varilla C gira ligeramente el eje auxiliar, haciendo que sus levas entreabran las válvulas de escape.

En esta figura se señala una tuerca D, con la que vienen dotados algunos motores para facilitar el despegue de la culata cuando, después de sacar las tuercas corrientes de sujeción, quiere separarse el bloque; generalmente son especiales, llamadas "tuercas gato", que al hacerlas girar se desatornillan del bloque, asomando una rampa que empuja y despega fácilmente la culata.

2.1.2.4 *Volante de inercia del motor.* Esta pieza tiene por objeto almacenar energía y cederla regularizando el giro del cigüeñal que viene determinado por los tiempos de combustión, que son los tiempos motrices del ciclo.

Figura 4. Volante de Inercia



Fuente: <http://cmdongli.en.made-in-china.com/product/OSNnoisMQjVt/China-Zs1115-Zs1125-Diesel-Engine-Flywheel.html>

Cuando se produce la carrera de combustión, todo el conjunto alternativo (pistón, biela, cigüeñal) es sometido a una rápida aceleración que el volante frena absorbiendo energía, en los otros tiempos restantes del ciclo ésta aceleración decrece seriamente hasta el extremo que es el volante quien cede la energía almacenada para que pueda producirse. En los motores de 4 cilindros, el volante absorbe el 40% de la energía producida, en los motores de 6 cilindros solo el 20%, por lo que deducimos, que a menor número de cilindros aumenta la importancia de éste (FUNES, 2013).

El volante de inercia en un motor alternativo debe cumplir con las siguientes funciones:

- Facilitar el encendido.
- Facilitar el giro regular del motor.
- Eliminar vibraciones.
- Almacenar y liberar energía cuando sea necesario.

En un motor de cuatro tiempos: admisión; compresión; expansión y escape, el volante debe hallarse perfectamente equilibrado, condición que, al igual que acontece con el cigüeñal, tiene la mayor importancia en todas las piezas girantes y solo un pequeño peso fuera de balance, puede provocar fuerzas axiales muy fuertes dando como resultado el rompimiento de elementos.

El desarrollo óptimo del volante para una determinada aplicación requiere equilibrar cuidadosamente numerosos factores. Al aumentar la velocidad de giro del volante, por ejemplo, se aumenta la energía almacenada, pero puede aumentar dramáticamente la tensión en el volante, lo que requiere el uso de materiales más resistentes y más costosos para el rotor. De la misma manera, una rueda de diámetro más grande o más pesada aumentará el almacenamiento de energía, pero quizá comprometiendo de manera inaceptable el tamaño del sistema.

2.2 Sistema de arranque eléctrico.

Para poner en marcha a los motores de combustión interna, es preciso hacerlos girar por medio de un dispositivo auxiliar, ya que no pueden ponerse en marcha por sí solos como los motores eléctricos o los de vapor, hasta hacerles alcanzar su ciclo de funcionamiento autónomo. Entre los diversos medios para arrancar un motor térmico, el motor de arranque eléctrico es suficiente para satisfacer las necesidades de arranque de los motores (ARIAS PAZ, 2004).

Para poner en funcionamiento un sistema de arranque eléctrico se necesitan primordialmente de electricidad y ciertos accesorios para generarla y almacenarla y transformarla en energía mecánica:

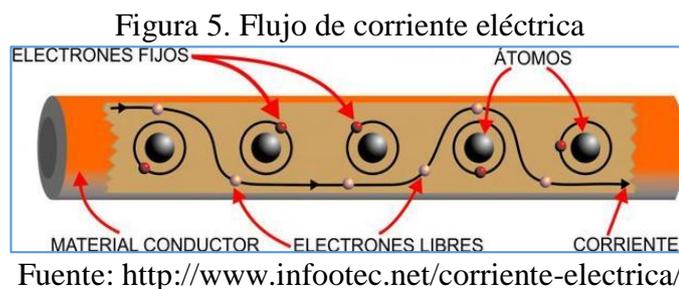
2.2.1 La electricidad. Sin electricidad, los automóviles modernos no podrían funcionar. Los dispositivos eléctricos arrancan el auto, cargan la batería, controlan el motor y todos los instrumentos eléctricos que existen.

2.2.1.1 *¿Qué es la electricidad?* Nadie lo sabe verdaderamente, pero después de cientos de años de tratar de figurarlo, sabemos ciertas características.

- Tiene cargas positivas y negativas
- Es invisible
- Puede ser controlada
- Fluye dentro de un circuito completo (fuente, cables y consumidor)
- Puede ser almacenada (HAYNES, 2016)

Después de estas características se puede definir a la electricidad como una forma de energía que sirve para que ciertos elementos eléctricos la transformen en otro tipo de energía como: energía mecánica, térmica, lumínica, sonora, etc.

El flujo de la corriente solo ocurre en las materias con gran cantidad de electrones libres. Esas materias se llaman conductores, para que fluya la corriente es necesaria una fuerza electromotriz (voltaje) y un consumidor de corriente.



2.2.1.2 *Voltaje.* También denominado tensión eléctrica o fuerza electromotriz, es energía que esta acumulada o es generada de forma estática o dinámica que proviene generalmente de un acumulador y por lo general sale de dicho acumulador en forma de corriente eléctrica. Para ello se necesita la existencia de una diferencia de potencial entre un polo positivo y otro polo negativo de dicho acumulador, que sea capaz de excitar las cargas eléctricas a través de un circuito cerrado. El símbolo que se usa para definir el voltaje de un circuito es el voltio y se denota con la letra “v” (HAYNES, 2016).

2.2.1.3 *Amperaje.* Se le denomina también como intensidad o gasto, y es la fuerza en una corriente eléctrica circulando entre dos puntos, estos son el negativo y el positivo a través de un conductor o cable eléctrico. La corriente eléctrica circula del polo negativo hacia el positivo.

En un conductor eléctrico, si su calibre (grueso) es reducido, la corriente encontrará resistencia u oposición a su paso, si el calibre es mayor, fluirá de forma libre con menor resistencia (ELECTRICIDAD, 2015).

La unidad para medir el amperaje es el Amperio y se denota con la letra A

2.2.1.4 Resistores. Cuando un electrón libre se desliza a otro átomo, algo de su energía es absorbido y el electrón empujado afuera tiene menos energía que el que lo desplazó, las materias hechas de estos átomos se llaman resistores, porque aunque ellos conducen, ellos resisten o retardan el flujo de la corriente (HAYNES, 2016).

La unidad de resistencia se llama Ohmio y se representa con la letra griega Ω (omega). La resistencia cambia según la superficie y longitud del conductor, y se la calcula con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$R = \rho * \frac{l}{s} \quad (1)$$

Donde:

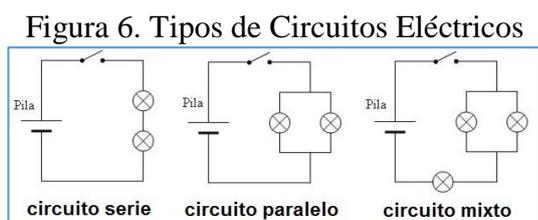
R = resistencia [Ω]

ρ = resistividad del elemento [$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$]

l = longitud [m]

s = superficie [mm^2] (OROSCO, y otros, 2011)

2.2.1.5 Circuito eléctrico. En términos sencillos el circuito eléctrico es la base para el flujo de la corriente, sin un circuito, no puede haber flujo de corriente. El circuito es también lo que ata a los componentes de un sistema eléctrico.



Fuente: <http://electronicaycircuito.blogspot.com/2016/03/circuito-electrico.html>

Debe haber una ruta completa e intacta por la cual la corriente puede fluir. Debe ser capaz de fluir de la fuente del voltaje, por todos los varios alambres, conectores, interruptores,

y componentes de regreso a la fuente de voltaje. Cuando esta condición existe se dice que, el circuito tiene continuidad. (HAYNES, 2016)

2.2.1.6 Ley de Ohm. A los principios de los años 1800, un físico alemán llamado George S. Ohm describió la relación entre el voltaje, el amperaje, y la resistencia en un circuito eléctrico sencillo. Describiendo lo siguiente:

$$I = \frac{V}{R} \quad (2)$$

Donde:

I = Intensidad [A]

V = Tensión o voltaje [V]

R = Resistencia [Ω]

La corriente de un circuito es directamente proporcional al voltaje aplicado en inversamente proporcional a la resistencia en el circuito (HAYNES, 2016).

- Cuando el voltaje sube o baja, el flujo de la corriente también sube o baja (ya que la resistencia permanece igual).
- Cuando la resistencia sube, la corriente baja (ya que el voltaje permanece igual).
- Cuando la resistencia baja, la corriente sube (ya que el voltaje permanece igual).

2.2.1.7 Potencia eléctrica. El trabajo eléctrico desarrollado en la unidad de tiempo, se llama potencia eléctrica. Como el trabajo eléctrico desarrollado por una corriente se mide en julios, la potencia eléctrica viene expresada en julios/segundo que también se llama vatio. Para diferenciarla de la potencia mecánica, se designa por la letra W. Un vatio es la potencia de una máquina que absorbe o proporciona una energía de un julio en un segundo (ALONSO, 1998).

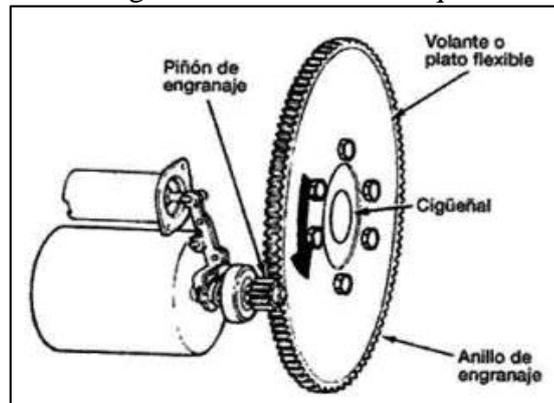
$$W = Q/t \quad (3)$$

2.2.2 Motor de arranque eléctrico. Para lograr el arranque del motor de combustión es preciso hacerle girar a un régimen mínimo con el que se logre comprimir el aire lo

suficiente para, al inyectar el carburante, iniciar el desarrollo del giro del motor. Esta función la cumple el motor de arranque.

Cuando el motor ya está funcionando, y si todos sus sistemas funcionan perfectamente, puede seguir haciéndolo por sí solo, aprovechando la energía producida por la combustión en los cilindros. (DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO, ESPAÑA, 2013)

Figura 7. Motor de Arranque



Fuente: (HAYNES, 2016)

El motor de arranque eléctrico es un motor poderoso que gira el cigüeñal del motor de combustión lo suficientemente rápido (cerca de 200 rpm) para que progrese el encendido. Cuando el motor de arranque es energizado, el guía piñón del diferencial del motor de arranque engrana con los dientes del anillo del volante de inercia. El piñón da vuelta, permitiendo que gire el volante y enciende el motor. (HAYNES, 2016)

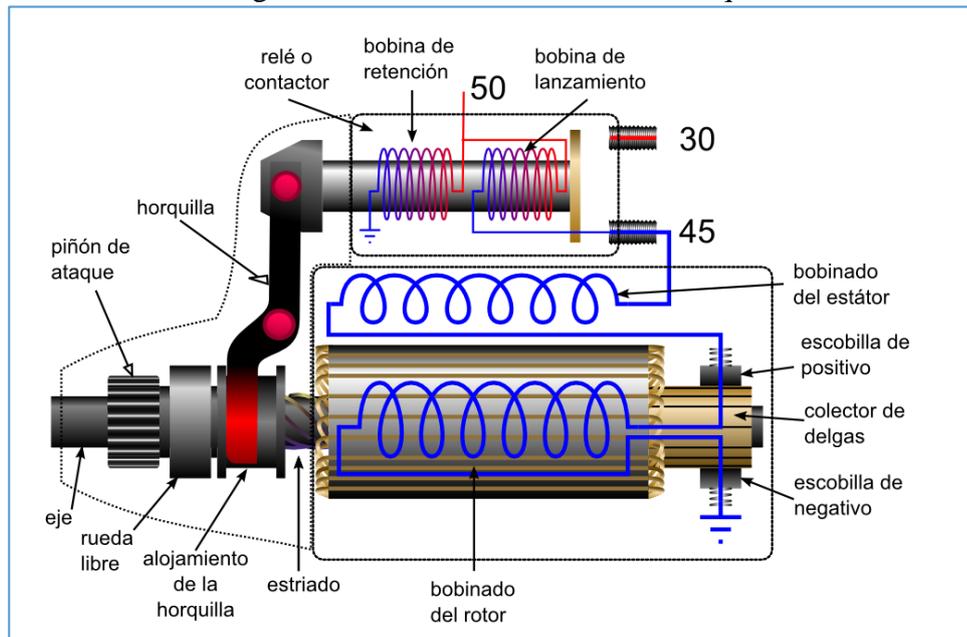
Para hacer funcionar un motor de arranque es necesario gran cantidad de energía eléctrica, llegando a consumir hasta 350 amperios, lo que implica que ha de estar conectado a la batería por un cable de gran sección, además de que no es conveniente accionarlo durante más de 20 segundos de forma continua.

El motor de arranque engrana directamente con la corona del volante del cigüeñal, siendo la relación de dientes de aproximadamente 20/1. El motor de arranque ha de llevar algún sistema de acoplamiento, que le permita desconectarse del volante del cigüeñal, pues de lo contrario se quemaría. (DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO, ESPAÑA, 2013)

2.2.2.1 *Partes principales de un motor de arranque eléctrico.* Cuando el motor de arranque es energizado, el guía piñón del diferencial del motor de arranque engrana con

los dientes del anillo del volante de inercia. El piñón da vuelta, permitiendo que gire el volante y enciende el motor. (HAYNES, 2016)

Figura 8. Partes de un Motor de Arranque



Fuente: <http://electromocion.es/index.php/2016/05/15/motor-de-arranque-esquemas-y-funcionamientos/>

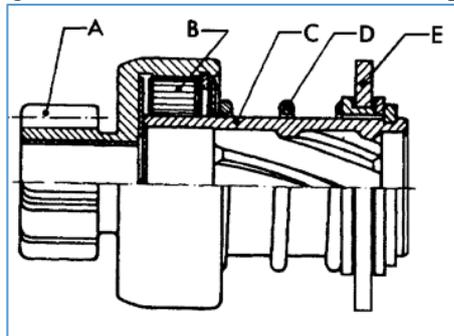
a) Piñón de engrane. Un motor de arranque debe estar provisto de algún medio de reducción de velocidad para transmitir su potencia al motor de combustión. Dentro de sus dimensiones corrientes, no podría arrastrar a éste, si el inducido estuviera, por ejemplo, acoplado directamente al cigüeñal del motor, debido a que su potencia de giro no sería suficiente, lo cual obligaría a construir en este caso un motor eléctrico de mayores dimensiones.

El sistema de reducción de velocidad universalmente adoptado está constituido por un piñón montado sobre el eje del inducido, que en el funcionamiento engrana con la corona del volante motor.

El tamaño de este piñón es de 10 a 16 veces menor que la corona del volante motor, por cuya causa, para que el motor de combustión gire una vuelta, es necesario que el motor de arranque de 10 como mínimo. Ello supone que en el funcionamiento, para un régimen de giro de 2.000 a 3.000 r.p.m. del motor de arranque, el motor de combustión sea arrastrado a 200 r.p.m. aproximadamente, suficientes para el arranque. Una vez que el motor de combustión se ha puesto en marcha, puede alcanzar velocidades superiores a 4.000 r.p.m.

Si el piñón del motor de arranque no se desengrana en estos momentos, el inducido sería arrastrado a enorme velocidad (más de 40.000 r.p.m.), lo que conllevaría la destrucción del mismo, ya que la fuerza centrífuga desarrollada despediría los conductores de su alojamiento en el inducido y arrancarían las delgas del colector. Para evitarlo, es necesario disponer un mecanismo capaz de desengranar el piñón de arrastre en cuanto se haya producido el arranque del motor (ALONSO, 1998).

Figura 9. Piñón del Motor de Arranque



Fuente: (ALONSO, 1998)

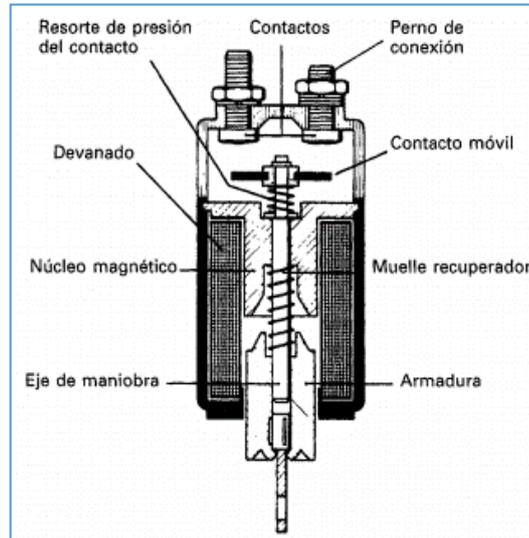
Así, pues, el piñón de engrane tiene por misión transmitir el movimiento del rotor a la corona del volante de inercia e impedir que en el momento del arranque, la corona arrastre al rotor, para lo cual dispone de un sistema de rueda libre. En la figura 7 puede verse en media sección uno de los modelos empleados. El piñón A propiamente dicho, forma una sola pieza con la parte exterior de la rueda libre B, cuya parte interior es un manguito que dispone de unas acanaladuras interiores para deslizarse por el eje del rotor. Al anillo E, montado sobre el manguito, se acopla la horquilla de mando, que desplaza adelante o atrás el conjunto piñón y rueda libre. Un muelle D mantiene al anillo E en posición.

b) Solenoide (relé) del motor de arranque. La mayoría de los vehículos usan un solenoide montado en el motor de arranque. Este tipo de solenoide sirve de dos propósitos: Conectar la batería al motor de arranque y traer el piñón del encendido del motor de arranque en contacto con el anillo del volante durante la operación del motor de arranque.

El solenoide se compone de dos embobinados montados alrededor de un cilindro que contiene una bobina aspiradora móvil. Un tenedor de cambio es conectado a la bomba aspiradora y un disco de varilla de empuje y contacto son armados en línea con la bomba aspiradora. Cuando los embobinados son energizados (girando la llave de ignición), la

bomba aspiradora se mueve, estirando el tenedor de cambio y moviendo el piñón de engranaje se enlaza con el anillo del volante. El disco de contacto es empujado en contacto firme con los terminales de corrientes altas en el solenoide, conectando a la batería del motor. (HAYNES, 2016)

Figura 10. Partes de Solenoide del Motor de Arranque



Fuente: (ALONSO, 1998)

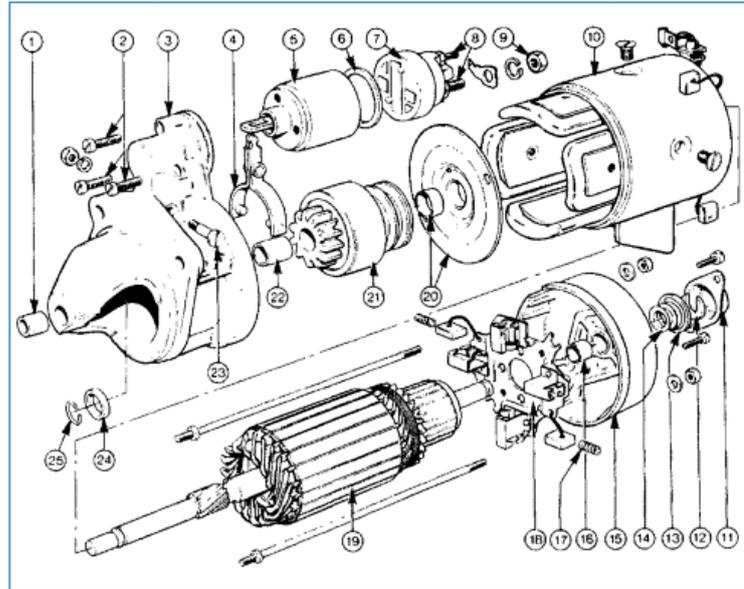
c) Carcasa. Es la envoltura metálica que rodea y protege a los demás componentes. La carcasa tiene forma cilíndrica y en su interior van alojadas las bobinas 15, sujetas a ella por las masas polares 17, que tienen la forma más adecuada para adaptarse a la carcasa, manteniendo las bobinas aplicadas contra ella.

Por su interior adquieren la curvatura necesaria para que todos los puntos de su superficie queden a igual distancia del tambor del rotor 7, que irá alojado en su interior. El giro de éste resultará bien centrado, sin que se produzcan roces entre ambos.

El conjunto de bobinas y masas polares recibe el nombre de inductoras o “estator” y el espacio que queda entre la masa polar y el tambor del rotor se llama entrehierro.

Tanto la carcasa como las masas polares se fabrican de hierro dulce, por ser éste un material muy magnético, que permite un fácil paso a las líneas de fuerza que han de circular por ellas. En algunos casos, las masas polares son imanes permanentes, quedando suprimidas las bobinas 15 por esta causa. Las bobinas inductoras son arrollamientos planos de hilo de cobre de sección rectangular.

Figura 11. Partes del Motor de Arranque



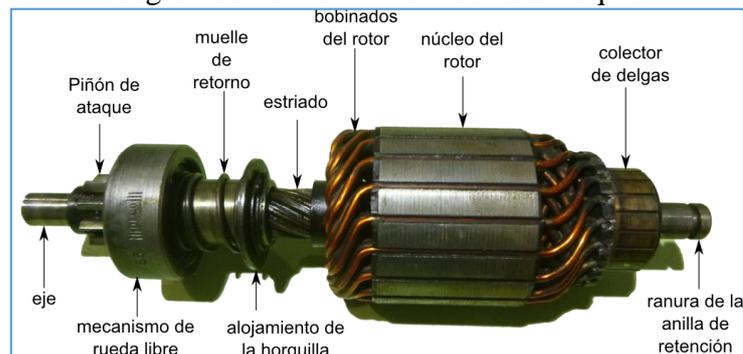
Fuente: (ALONSO, 1998)

Debido a la gran intensidad de corriente que ha de pasar por ellas, el hilo es de gran sección (1,57mm) y, por la misma causa, se aíslan unas de otras por medio de un cartón especial y se rodean con cinta aislante, como puede verse en la figura, para evitar el contacto eléctrico con la carcasa (masa). Una vez encintadas se impregnan de un barniz especial que refuerza el aislamiento con respecto a la carcasa.

Cada inductora forma uno de los polos del imán, lo cual se consigue arrollándolas una en sentido contrario de la otra. Según el número de polos, se dice que un motor es bipolar (dos polos), tetrapolar (cuatro) y hexapolar (seis) (ALONSO, 1998).

d) Rotor. Está formado por un eje de acero, sobre el que se encuentra montado un paquete de láminas, llamado tambor, en el que están alojados los arrollamientos inducidos, y un colector al que van conectados dichos arrollamientos.

Figura 12. Rotor del Motor de Arranque



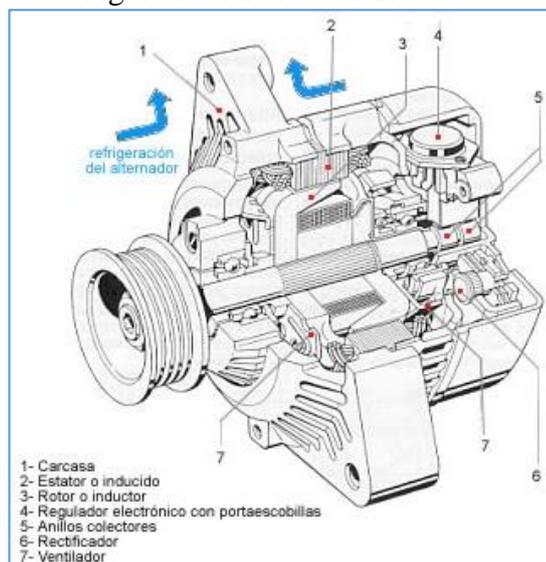
Fuente: <http://www.electromocion.es/iframes/iframeMotorDeArranque/part/rotor.html>

En uno de los extremos del eje van talladas unas estrías por las que puede deslizarse el piñón. Los extremos del eje apoyan en cojinetes de bronce, alojados en las tapas delantera y trasera, quedando de esta forma el tambor o núcleo del rotor perfectamente centrado entre las expansiones o zapatas polares, facilitando el camino a las líneas de fuerza que pasan a través del tambor en vez de hacerlo por el aire (ALONSO, 1998).

2.2.3 *El alternador eléctrico.* Los vehículos a motor necesitan para la alimentación de energía al motor de arranque, una fuente de energía propia que sea eficaz y fiable, y esté disponible en todo momento.

Mientras que en los vehículos la batería desempeña el papel de un acumulador de energía cuando el motor está parado, con éste en marcha el alternador es la auténtica "central eléctrica" del vehículo. Su función consiste en abastecer de energía a todos los aparatos eléctricos de a bordo.

Figura 13. Alternador Eléctrico



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/alternador.htm>

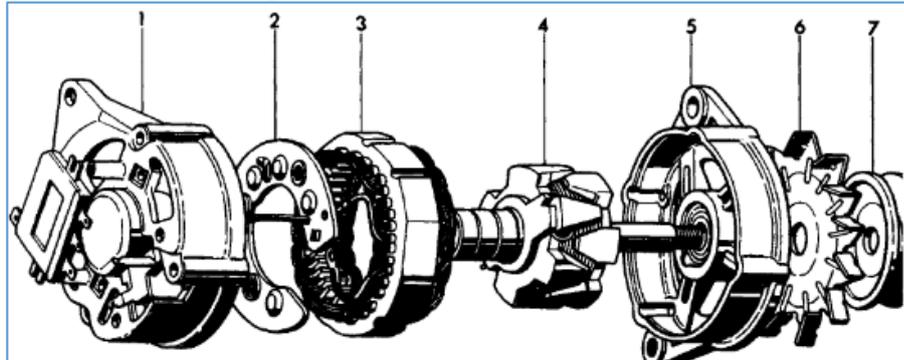
La potencia del alternador, la capacidad de la batería, el consumo del motor de arranque y de todos los demás consumidores eléctricos deben estar en óptima consonancia para que el conjunto de la instalación funcione con seguridad y sin averías (BOSCH, 2000).

2.2.3.1 *Partes constitutivas del alternador.* Exceptuando las peculiaridades de cada tipo, los alternadores están constituidos por un inducido o estator 3 (Figura 14), formado por una serie de bobinas, que en el caso del alternador están fijas, mientras que el inductor

o rotor 4 es el que se mueve (gira en el interior del estator).

Las carcasas 1 y 5 cierran por ambos lados este conjunto y alojan, además el conjunto rectificador 2, formado por varios diodos rectificadores. La polea 7 y el ventilador 6 completan el conjunto; el rotor 4 y el estator 3 complementan el ensamble.

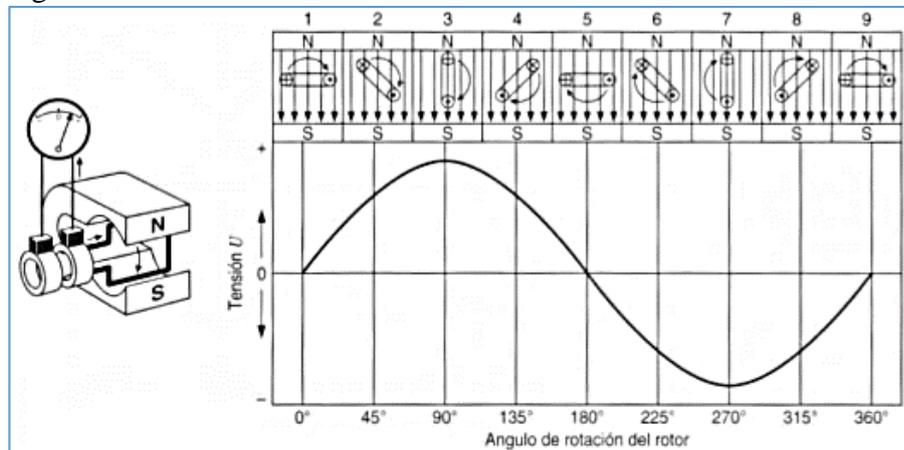
Figura 14. Partes de un Alternador



Fuente: (ALONSO, 1998)

2.2.3.2 Principio de funcionamiento del alternador. La base para la generación de tensión la constituye la "inducción" electromagnética, que tiene lugar según el siguiente proceso: Si un conductor eléctrico (alambre o espira de alambre) se mueve cortando las líneas de fuerza de un campo magnético, se origina en dicho conductor una tensión eléctrica (inducida). Es indiferente que el campo magnético esté fijo y el conductor se mueva, o por el contrario sea el conductor el que esté fijo y el campo magnético el que se mueva.

Figura 15. Generación de Corriente Alterna de un Alternador Eléctrico



Fuente: (BOSCH, 2000)

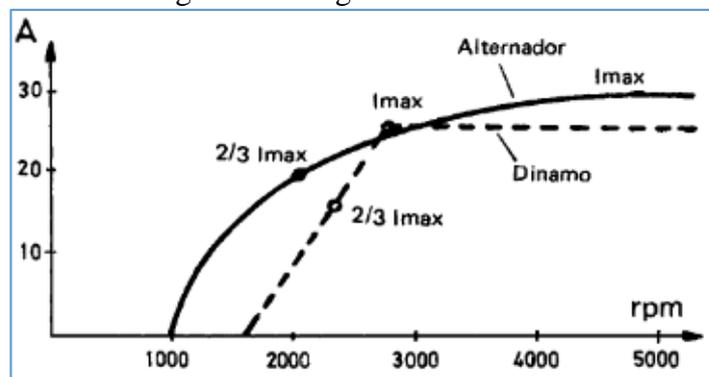
Conectando a un voltímetro, mediante anillos colectores y escobillas de carbón, los extremos de una espira conductora que gire entre los polos norte y sur de un imán

permanente, puede leerse una tensión variable debido a la situación constantemente variable respecto a los polos.

Si el giro de la espira conductora es uniforme, la curva de tensión es senoidal, apareciendo los valores máximos después de cada media vuelta. Si el circuito de corriente es cerrado, fluye una "corriente alterna" (BOSCH, 2000).

En la Figura 15 se representa de modo comparativo el suministro de corriente de una dinamo y un alternador de aproximadamente igual potencia máxima. Puede verse que el alternador comienza a suministrar corriente a un número de revoluciones considerablemente menor, es decir, que la batería comienza ya a cargarse a un régimen más bajo.

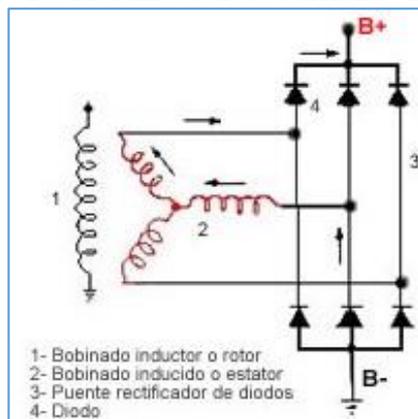
Figura 16. Carga de un alternador



Fuente: (ALONSO, 1998)

2.2.3.3 Rectificación de la corriente alterna. La tensión alterna generada por el alternador trifásico no es adecuada para la batería, tampoco para la alimentación de las unidades de control o de los componentes electrónicos. Es necesario rectificarla.

Figura 17. Rectificador de corriente trifásica



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/alternador-funcionam.htm>

Los diodos rectificadores presentan un sentido de paso y un sentido de bloqueo. La dirección de la flecha del símbolo de conexión indica el sentido de paso. El diodo rectificador hace que se supriman las semiondas negativas y solo se dejen pasar las semiondas positivas, de forma que se genere una corriente continua pulsatoria.

A fin de aprovechar para la rectificación todas las semiondas, incluso las negativas suprimidas, se aplica una rectificación doble o de onda completa (BOSCH, 2000).

2.2.3.4 *Regulador del voltaje del alternador.* La regulación de la tensión se consigue actuando sobre la corriente de excitación del alternador y, con ello, sobre el campo magnético creado en el rotor, el cual, aumenta o disminuye en función de los valores que toma la corriente de excitación.

Mientras la tensión generada en el alternador permanece por debajo de la tensión de regulación, el regulador no entra en función. Si la tensión en bornes del alternador sobrepasa el valor máximo prefijado, el regulador ocasiona, de acuerdo con el estado de carga de la batería, una reducción o una interrupción total de la corriente de excitación, lo que supone una disminución del campo magnético del rotor y, en consecuencia, también disminuye la tensión en bornes del alternador.

El descenso de la tensión generada hasta un valor prefijado, supone que la corriente de excitación vuelva a aumentar y, con ello, sube nuevamente la tensión en bornes, hasta sobrepasar nuevamente el valor prescrito. Seguidamente comienza de nuevo la secuencia, repitiéndose tantas veces como se produzca una subida de tensión.

2.2.4 *La batería.* En el automóvil, la batería o acumulador tiene la misión de recoger y almacenar la energía eléctrica que produce el generador, para suministrarla a los diferentes órganos que la necesiten en un momento determinado.

Como quiera que el generador no produce energía eléctrica mientras el motor del vehículo no esté funcionando, cuando está parado dicho motor y se le quiere poner en funcionamiento, resulta necesaria una fuente de alimentación que sea capaz de suministrar energía eléctrica para impulsar al motor de arranque, quien transmite su giro

al motor del vehículo hasta que comienza a funcionar por sus propios medios (ALONSO, 1998).

Figura 18. Batería



Fuente: <http://www.amvarworld.com/es/6-baterias>

2.2.4.1 *Clasificación de los acumuladores.* Los acumuladores pueden ser clasificados por su constitución y por la función que realizan.

Por la constitución de las sustancias de naturaleza electroquímica que intervienen en su reacción, se dividen en:

- Acumuladores de plomo (de electrolito ácido).
- Acumuladores de níquel (de electrolito alcalino): cadmio-níquel y ferro-níquel.
- Acumuladores de plata (de electrolito alcalino): cinz-plata y cadmio-plata.

Por la función a que van a destinarse, los acumuladores se clasifican en:

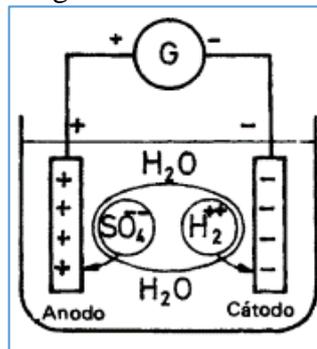
- Acumuladores para arranque.
- Acumuladores estacionarios.
- Acumuladores para tracción.
- Acumuladores portátiles.

De todos ellos, los utilizados en automoción son los de arranque, capaces de suministrar la energía necesaria para el funcionamiento del motor de arranque y diversos receptores. Estos acumuladores son constantemente recargados por el generador durante la marcha del vehículo. Por su cometido, han de poseer una serie de características como son: suministrar gran intensidad de corriente en corto tiempo, soportar sin romperse golpes y vibraciones, ser de pequeño volumen y estar prácticamente exentos de mantenimiento.

2.2.4.2 *La electrolisis.* Si en el agua destilada se disuelve una cierta cantidad de ácido sulfúrico, se produce inmediatamente la ionización, como es sabido. Al aplicar una d.d.p. (diferencia de potencial) entre los electrodos, en el positivo (ánodo) hay una falta de electrones y en el negativo (cátodo) un exceso, debidos a la d.d.p. aplicada.

En estas condiciones, los iones H_2^+ cargados positivamente, tienen falta de electrones y se dirigen al cátodo para tomarlos de él, quedando de esta forma sin carga eléctrica de ningún signo, es decir, eléctricamente neutros, convirtiéndose así de iones en átomos de hidrógeno, que son visibles en forma de burbujas gaseosas adheridas al electrodo, o que se desprenden hacia la superficie del líquido.

Figura 19. Electrolisis



Fuente: (ALONSO, 1998)

Los aniones SO_4^- cargados negativamente, tienen exceso de electrones y se dirigen hacia el ánodo para descargar allí los sobrantes. Una vez sin carga eléctrica pasan de ser iones a átomos reaccionando con las moléculas de agua H_2O que hay en las inmediaciones, robándoles el hidrógeno H_2 , para formar otra vez la molécula de ácido H_2SO_4 . El oxígeno que sobra de la molécula de agua, como no es un ión sino un átomo, se desprende en el ánodo en forma de burbujas gaseosas (ALONSO, 1998).

2.2.4.3 *Tensión nominal de una batería.* Es el producto de la tensión nominal de un elemento por el número de ellos conectados en serie que ella comporta.

La tensión nominal de un elemento es un valor fijo, que en los acumuladores de plomo puede alcanzar los 2,2 V en la plena carga, manteniéndose sensiblemente constante a circuito abierto, es decir, sin que exista corriente de carga o de descarga. El valor de tensión de un elemento a circuito abierto depende de la densidad del electrolito y puede calcularse con la siguiente expresión (ALONSO, 1998):

2.2.4.4 *Capacidad de una batería.* Puede definirse la capacidad de una batería como la cantidad de energía capaz de almacenar, o dicho de otra forma, la cantidad de energía capaz de suministrar cuando está completamente cargada. La capacidad de las baterías se mide en amperios-hora [Ah]. Cuando se indica la capacidad, es necesario precisar para qué régimen de descarga o tiempo en horas es válido este dato. En general, la capacidad nominal de una batería de arranque es dada para una descarga en 20 horas, estando el electrolito a una temperatura de 25° C. Dividiendo la capacidad nominal por 20 se obtiene entonces la “corriente nominal” correspondiente.

Una batería completamente cargada puede descargarse durante 20 horas a la intensidad de corriente nominal, sin que su tensión descienda de un valor inferior al prescrito como valor final de tensión en descarga, fijado por norma en 1,75 V por elemento (ALONSO, 1998).

CAPITULO III

3 PROCESO TECNOLÓGICO.

3.1 Arquitectura del motocultor

El motocultor YTO DF-15L, cuenta con dos ruedas de tracción, sus manubrios izquierdo para el frenado de la rueda y permitir el giro más el control del embragado con tres posiciones “engage” “disengage” y “brake” para controlar el encendido y el parqueo del motocultor; el manubrio derecho tiene la función de control de giro del motocultor y el acelerador del motor.

También cuenta con el elemento de labranza llamado rotocultivador o rotovalor, el cual recibe el movimiento por 4 bandas tipo “V” que transiten el giro proveniente de una polea anclada al volante de inercia hasta mecanismo de transmisión por engranajes, finalmente al eje del rotocultivador.

El aspecto más importante del proyecto es el motor monocilíndrico diésel horizontal, que se encuentra anclado al bastidor del motocultor, el cual se enciende por el mecanismo de manivela que se encuentra al lado izquierdo conjuntamente con la bomba de inyección mecánica, en la culata se encuentra el inyector, de la misma manera se puede diferenciar el mecanismo descompresor, para agilizar en encendido manual.

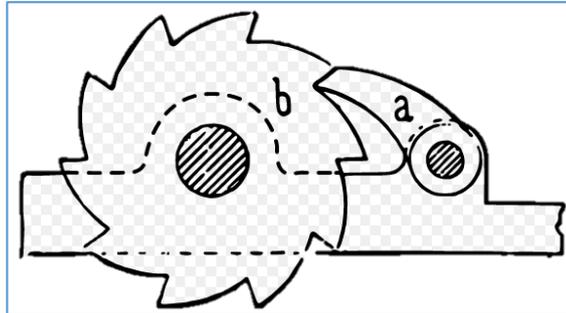
3.1.1 Manejo y operatividad. Para proceder al encendido mecánico se procede al manubrio izquierdo y colocar la palanca manual en la posición “engage”, colocar la palanca de velocidades en la posición neutral, en el manubrio izquierdo mover el acelerador a media carrera, luego mover el mecanismo descompresor que se encuentra en la parte superior de la culata, finalmente dar el movimiento con la manivela las veces que sean necesarias hasta producir el encendido del Motocultor.

3.2 Propuesta tecnológica A

Se planteó la idea de implementar un sistema de engranaje tipo trinquete para implementarlo en el eje de acople de la manivela, con el fin de poder arrancar el motor

en un sentido, y al producirse el encendido el sistema se libere de su función. Para esto se emplea una barra bloqueadora (a) de los dientes del engranaje mayor (b), la cual será diseñada para poder moverse a voluntad del operario para poder ser bloqueada y liberada.

Figura 20. Mecanismo Trinquete. Propuesta A



Fuente: <http://juancagilzulu.blogspot.com/2011/10/los-mecanismos.html>

De esta manera la manivela no tendría que ser extraída del motocultor ya que es sistema quedaría liberado, el aumento de peso por los mecanismos no sería significativo, sin embargo el operario seguiría ejerciendo esfuerzo al momento de encender el motocultor, utilizando el mecanismo descompresor para alivianar el torque a aplicar, por lo tanto esta propuesta queda descartada.

3.3 Propuesta tecnológica B

Para producir el encendido se propuso colocar un volante de inercia que lleve incorporada una rueda dentada, a esto se suma la implementación de un motor de arranque para que se produzca el enganche con la rueda dentada.

Pensar en implementar un motor de arranque, es pensar se debe añadir un sistema generador de corriente con sus respectivos accesorios que serían: alternador, regulador de voltaje, y un acumulador de energía.

Los accesorios eléctricos van colocados en la parte superior del bloque motor, para lo cual se necesita levantar el tanque de combustible, ganando altura y por ende el combustible descenderá de mejor manera a la bomba de alta presión. También se compactarían los accesorios, quedando entre el bloque motor y el tanque de combustible, sin afectar la estabilidad del motocultor porque no existirían cargas laterales adicionales.

Se elige la propuesta B para la implementación del sistema de arranque del motocultor.

3.4 Diseño de soportes del sistema de arranque eléctrico

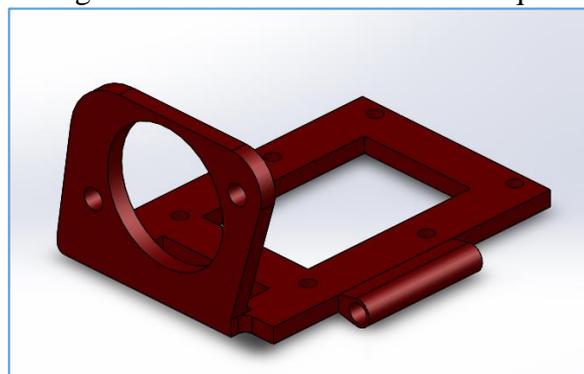
Para diseñar los elementos de soporte se toman en cuenta muchas consideraciones, la más importante es elegir la plataforma de modelado 3D de cada elemento de sujeción. Se eligió la plataforma SolidWorks para el diseño geométrico de los elementos de soporte del sistema de arranque eléctrico.

Sin embargo para los accesorios eléctricos se procedió a adquirirlos en las casas comerciales, identificando los parámetros necesarios para tener precisión en la implementación dentro del motocultor.

3.4.1 *Soporte del motor de arranque eléctrico.* Se tomó en cuenta que la base del motor de arranque debía asentarse sobre la tapa del cigüeñal del motor del motocultor, tomando en cuenta que el piñón del motor de arranque debe quedar a la altura superior del volante de inercia.

Se diseñó la base tomando en cuenta los orificios de la tapa del cigüeñal del motocultor para la sujeción y el soporte de las cargas correspondientes. Además de servir de soporte parcial del alternador.

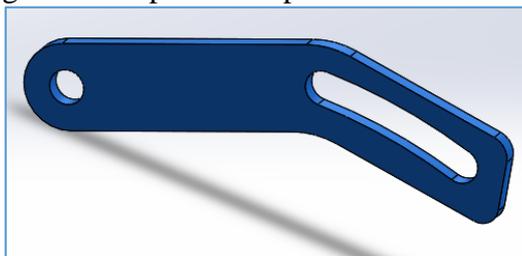
Figura 21. Base del Motor de Arranque



Fuente: Autor

3.4.2 *Soporte del alternador eléctrico.* El alternador se sujetó por medio de dos orejas con orificios para introducir un perno sujetador. Por un lado en el orificio lateral del soporte del motor de arranque y por el otro, se procedió a diseñar un eslabón que cumpla con las funciones de sujeción y templador de la banda de accesorios del motocultor.

Figura 22. Soporte Templador del Alternador

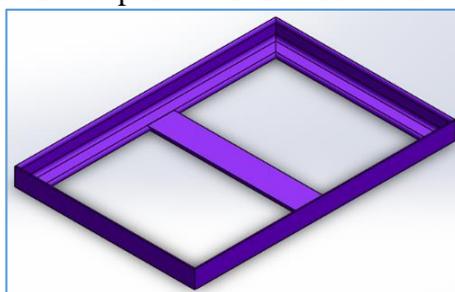


Fuente: Autor

3.4.3 *Diseño del soporte de la batería.* El soporte de la batería se apoya en el bastidor del motocultor, por la parte inferior, por lo cual, se limita a servir de asiento de la batería, soportando únicamente su peso. Se seleccionó un perfil estructural a 90° para realizar las uniones externas y una placa la unión interna.

El modelado se visualiza de la siguiente manera.

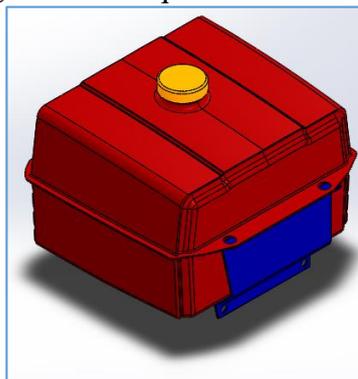
Figura 23. Soporte de la Batería. SolidWorks



Fuente: Autor

3.4.4 *Diseño de soportes del tanque de combustible.* El tanque de combustible es un contenedor propio del motocultor YTO DF-15L, con una capacidad de almacenamiento de 9-11 lt de combustible. Se procedió a pesarlo dando como resultado 4 kg de peso en vacío.

Figura 24. Tanque de combustible.



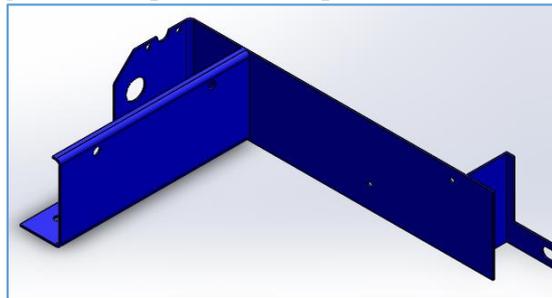
Fuente: Autor

3.4.4.1 *Diseño de soporte del tanque de combustible y accesorios eléctricos.* Este elemento de soporte se encarga de sujetar principalmente el tanque de combustible mediante pernos a través de dos orificios frontales, a la misma vez que esta base se sujeta en una segunda base por la parte inferior y por la parte lateral posterior al bloque motor.

El segundo objetivo de este elemento es levantar el tanque de combustible, con la finalidad de tener espacio para la implementación del motor de arranque y alternador.

También tiene la misión de sujetar el switch de encendido, el amperímetro por la parte frontal, y el regulador de voltaje en la parte lateral.

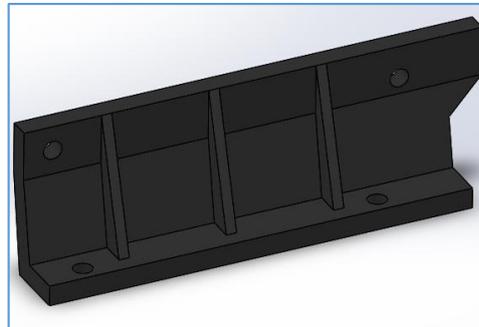
Figura 25. Soporte de Tanque de Combustible 1



Fuente: Autor

3.4.4.2 *Diseño de soporte tanque de combustible 2.* Se encarga de resistir el peso del tanque de combustible más el peso del elemento de soporte anteriormente descrito, también se sujeta por el otro extremo al bloque motor.

Figura 26. Soporte del tanque de combustible 2

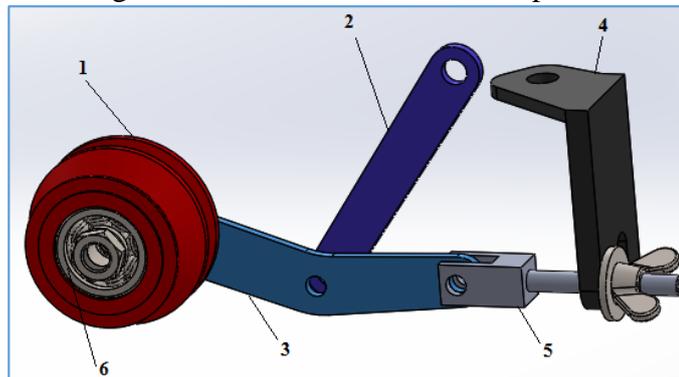


Fuente: Autor

3.4.5 *Diseño del mecanismo templador de bandas.* Se procedió a añadir un sistema de poleas al motocultor YTO DF-15L para poder invertir el giro de la polea del alternador, dado que el giro de la polea que va sujeta conjuntamente con el volante de inercia es anti-horario.

Sin embargo, los alternadores deben girar de forma horaria para poder entregar la energía eléctrica. Caso contrario no se cargaría la batería.

Figura 27. Mecanismo Sistema de poleas

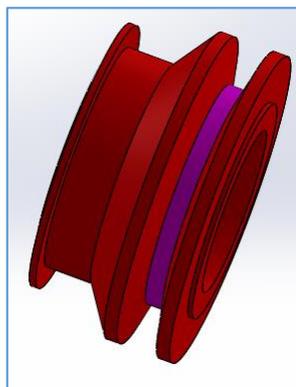


Fuente. Autor

- 1) Polea transmisora de movimiento.
- 2) Eslabón de fijo de sujeción.
- 3) Eslabón móvil de tensado de la banda.
- 4) Soporte para tensado de la banda.
- 5) Tornillo de templador de la banda.
- 6) Rodamiento de soporte de polea.

3.4.5.1 *Diseño de la polea transmisora de movimiento.* La primera consideración a tomar en cuenta para el nuevo sistema de poleas, fue diseñar la polea encargada de transmitir el movimiento proveniente de la polea del volante de inercia hacia la polea del alternador, esto se consiguió diseñando dos canales para el anclaje de las bandas.

Figura 28. Polea Transmisora. Sistema de Poleas

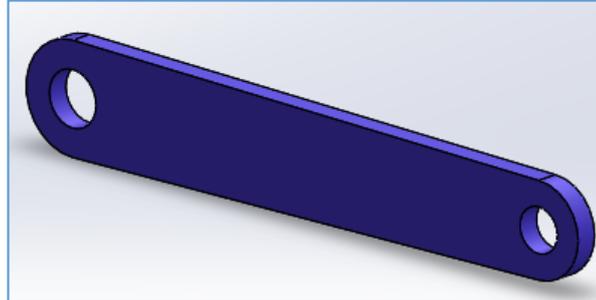


Fuente: Autor

3.4.5.2 *Diseño del eslabón fijo de sujeción.* Se necesitaba anclar el sistema de poleas al bloque motor para dar seguridad y que funcione armónicamente el tensado de la banda,

por el otro extremo éste eslabón se sujeta con el mecanismo móvil. Es necesario recalcar que este eslabón debe sujetarse mediante pernos, los cuales deben tener apriete solamente cuando la banda ya ha sido tensada.

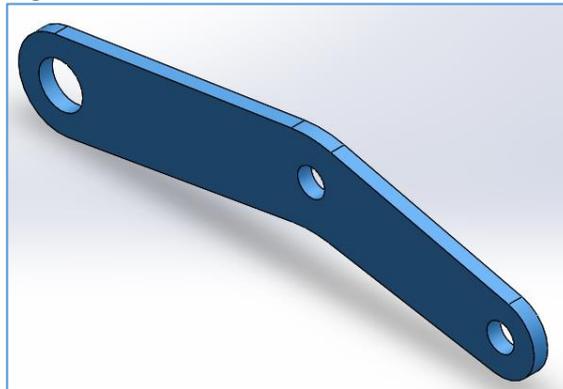
Figura 29. Eslabón Fijo. Sistema de Poleas



Fuente: Autor

3.4.5.3 *Diseño del eslabón móvil para tensado de banda.* Éste elemento cumple con la función de unir el eje de la polea de transmisión de movimiento, el eslabón fijo y el tornillo templador de la banda, el diseño de este elemento surgió con la finalidad de realizar un movimiento semicircular para tensar la banda sin que haya roce con los demás elementos.

Figura 30. Eslabón Móvil. Sistema de Poleas

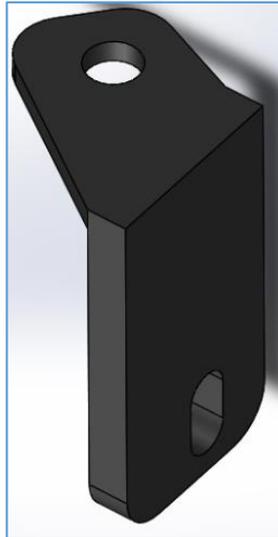


Fuente: Autor

3.4.5.4 *Diseño del soporte para tensado de la banda.* Se necesitaba que el tornillo templador tenga un soporte fijo para poder cumplir con su función de avanzar y retroceder axialmente para tensar y aflojar las bandas que pasan por la polea y de este modo facilitar el anclaje de las bandas en sus poleas respectivas. El soporte de tensado se conecta mediante un perno al bloque motor y en el otro extremo contiene un agujero para el acoplamiento del tornillo templador.

Se debió soldar dos placas de acero con un ángulo de 90° para que pueda ajustarse correctamente

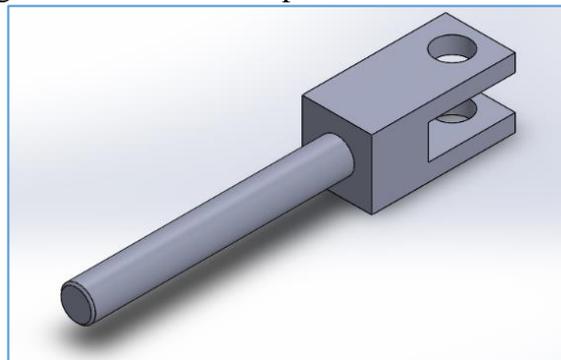
Figura 31. Soporte de Templador. Sistema de Poleas



Fuente: Autor

3.4.5.5 *Diseño del tornillo templador de la banda.* El tornillo se diseñó específicamente para moverse axialmente por el agujero en el soporte templador, está dotado de una rosca M8 x 1,25 en su parte cilíndrica. Se ha adaptado una cabeza rectangular ranurada en la mitad y a esta ranura se le ha mecanizado un orificio pasante para el acople del eslabón móvil

Figura 32. Tornillo Templador. Sistema de Poleas

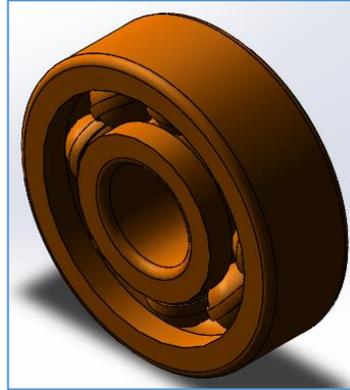


Fuente: Autor

3.4.5.6 *Selección de rodamiento de soporte de la polea.* Para que las poleas giren correctamente se seleccionó un rodamiento de diámetro exterior 37 mm, diámetro interior 12 mm, éste puede ser de bolas o rodillos.

Se ha determinado que la banda de la polea del cigüeñal debe llevar 5 kgf de tensión, la banda que transmitirá el movimiento al alternador debe llevar 5 kgf de tensión, se debe dar un factor de seguridad de 2 al rodamiento para prevenir rotura por atrancamientos del motor, por lo que se define que el rodamiento debe resistir una carga de 20 kgf.

Figura 33. Rodamiento. Sistema de Poleas



Fuente: Autor

3.4.6 *Selección de materiales para elementos de soporte.* Con el fin de realizar todos los soportes necesarios para implementar el nuevo sistema de arranque eléctrico, se decidió construir dichos soportes con aceros existentes en el mercado, llegando a elegir como material principal al acero estructural ASTM A36, a continuación se describen los elementos de soporte y el material utilizado.

Tabla 2. Materiales de los elementos de Soporte

Elemento	Material
Base de Batería	ASTM A36
Base Motor de Arranque	ASTM A36
Base de Templador	ASTM A36
Tornillo Templador	ASTM A36
Eslabón Fijo	ASTM A36
Eslabón Móvil	ASTM A36
Polea de Distribución de Movimiento	ASTM A36
Base del Tanque de Combustible 1	ASTM A36
Base del Tanque de Combustible 2	ASTM A36

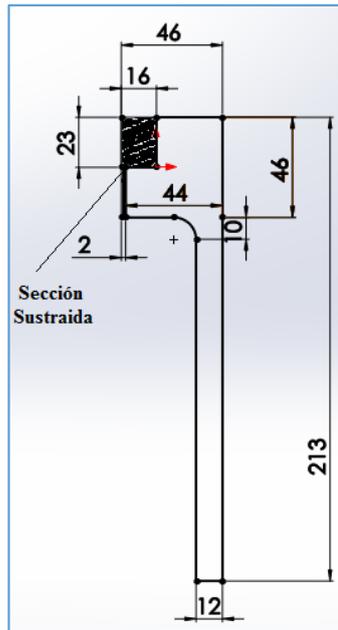
Fuente: Autor

3.4.7 *Selección del volante de inercia del motor.* El motocultor YTO DF-15L cuenta con un volante de inercia de 426 mm de diámetro; 46 mm de espesor máximo y 27,32 kg de peso, el cual se ancla en la parte izquierda del motocultor.

No cuenta con una rueda dentada para poder arrancar por medio de un piñón de un motor de arranque u otra cosa, por lo cual, el motocultor tiene un sistema de arranque manual por manivela.

3.4.7.1 *Extracción de material en el volante de inercia.* Con la finalidad de adaptar una rueda dentada, se mecanizó por el borde interior del volante de inercia.

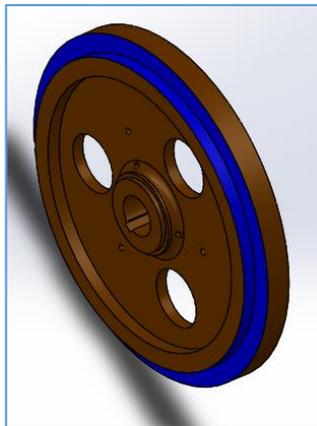
Figura 34. Sustracción de Material. Vista en Sección.



Fuente: Autor

Se procedió a sustraer una sección de 16 mm x 23 mm para el ajuste con la rueda dentada. Además se quitó 2mm de espesor al volante de inercia en la cara interna donde entrará la rueda dentada, con el material sustraído quedó con las siguientes dimensiones:

Figura 35. Volante de Inercia Modificado. SolidWorks



Fuente: Autor

- 426 mm de diámetro
- 44 mm de espesor máximo
- 23.11 kg de peso.

Habiéndose restado 4.21 kg del volante de inercia estándar. Sin embargo éste peso será recuperado por el peso de la cinta de diente que se implementó.

3.4.7.2 Selección de la rueda dentada. Se observó que varios motores diésel de características similares que ya traen un sistema de arranque eléctrico integrado, poseen una rueda dentada anclada al volante de inercia.

De estos motores, el motor JianDong de 28 Hp tiene integrada una rueda dentada a presión en su volante de inercia con las características siguientes:

- Diámetro exterior = 447 mm
- Numero de dientes = 147

Por lo tanto se tomó este elemento para ser adaptado en el volante de inercia del motocultor YTO DF-15L

3.4.7.3 Diseño de la rueda dentada. Se procedió a modelar en la plataforma SolidWorks la cinta de dientes con las características y dimensiones reales, donde se anclará el piñón de ataque del motor de arranque al momento de activar el interruptor de encendido.

Tabla 3. Especificaciones Rueda dentada. Volante de Inercia

Numero de Dientes (z)= 147	
Diámetro exterior (D _e) = 447 mm	
Módulo = 3	
Altura * Ancho del diente = 6,72 mm * 6,84 mm	
Espesor = 16 mm	
Peso = 4,86 kg	

Fuente: Autor

Se tomó de la librería de elementos de transmisión y sujeción mecánica “Toolbox”, y se modeló con los siguientes parámetros. Con la finalidad de analizar los esfuerzos a los que estará sometida en la plataforma de simulación.

3.4.7.4 Selección de pernos, tuercas y arandelas. Para la implementación se hizo uso de pernos ISO M8x20 Tipo C; ISO M8x40 Tipo C y sus respectivas tuercas y arandelas cuando sea necesario para acoplar todos los soportes y accesorios al motocultor, para garantizar que la implementación sea un éxito se realizó un ensamblaje en la plataforma SolidWorks la cual se detalla también en la norma INEN 1238, en el anexo B.

3.5 Simulación de los elementos de soporte del sistema de arranque eléctrico.

Es necesario saber si los elementos de soporte tienen fiabilidad y su construcción es idónea para el objetivo para el cual ha sido elaborado, luego del modelado 3D.

Se procedió a analizar los elementos de soporte en la plataforma multifísica de simulación Ansys Workbench. Finalmente se procedió a la simulación y realización de pruebas para cerciorarse del funcionamiento de los elementos de soporte y accesorios elegidos.

3.5.1 Simulación del soporte del motor de arranque. El soporte del motor de arranque está sometido al peso del motor de arranque, más el torque que se genera al momento de dar movimiento al motor térmico.

$$M = F * d \quad (12)$$

Donde:

M = Momento [N.m]

F = Fuerza [N]

d = Distancia [m]

- Momento provocado por el peso del motor de arranque:

$$\curvearrowright M_z = (5 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}) * 0,105 \text{ m} = 5,150 \text{ N.m}$$

- Momento provocado por el torque nominal que el motor de arranque transmite al motor térmico:

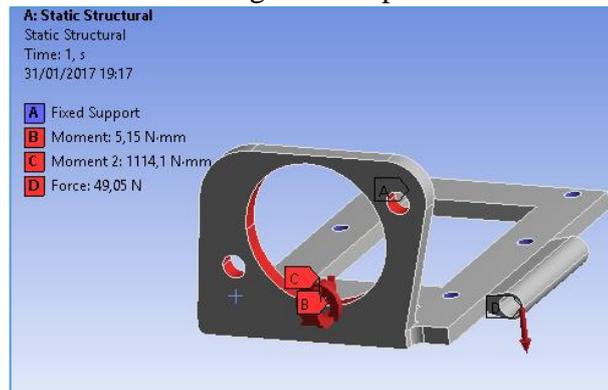
$$\curvearrowright M_x = \frac{W}{\omega} = \frac{3500 \text{ W}}{188,4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}} = 18,57 \text{ N.m}$$

- Fuerza ejercida por el peso del alternador en el agujero lateral del soporte:

$$\downarrow F_y = m * g = 5 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 49,05 \text{ N}$$

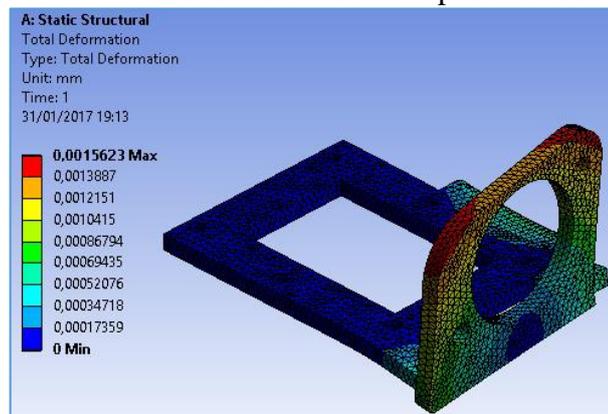
3.5.1.1 Colocación de cargas y resultados.

Figura 36. Simulación de Cargas del Soporte del Motor de Arranque.



Fuente: Autor

Figura 37. Simulación de la Deformación del Soporte del Motor de Arranque.



Fuente: Autor

Se puede observar que el elemento de soporte tiene una deformación de 0,001 mm provocado por el momento ejercido por el motor de arranque, lo cual garantiza su funcionamiento y se procedió a la implementación y posteriormente las pruebas respectivas de funcionamiento.

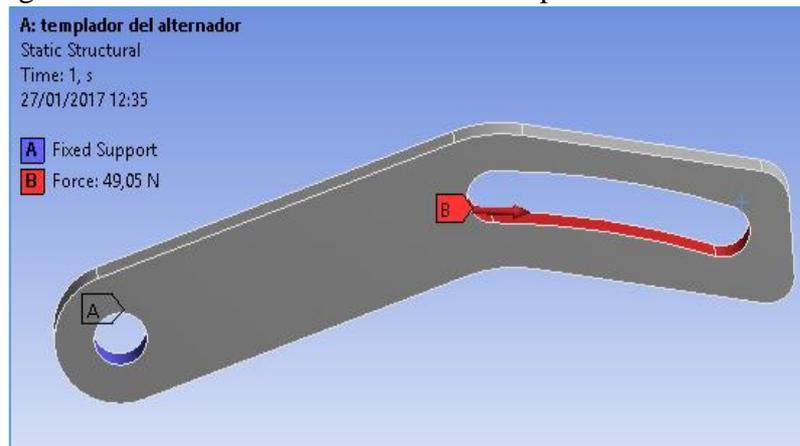
3.5.2 Simulación del soporte del alternador eléctrico. Este elemento se encuentra anclado por un extremo al bloque motor y por el otro extremo, se tiene una ranura para que exista movimiento al momento de proceder con el tensado de la banda.

- Fuerza ejercida por el tensado de la banda, transmitida a la polea del alternador y por ende al templador del alternador:

$$\downarrow F = m * g = 5kg * 9,81 \frac{m}{s^2} = 49,05N$$

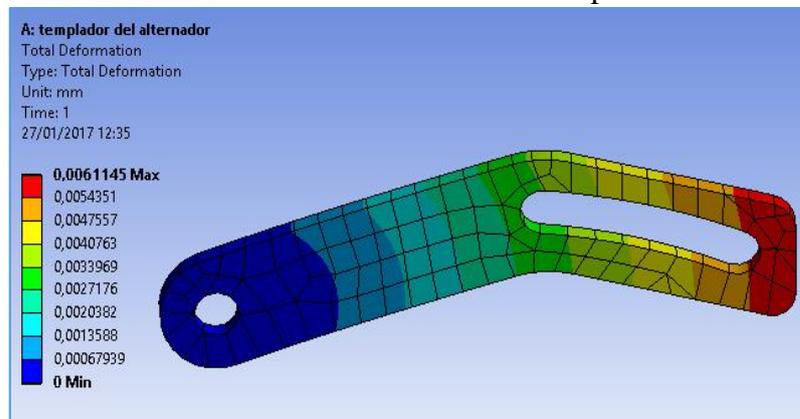
3.5.2.1 Colocación de cargas y resultados.

Figura 38. Simulación de Fuerzas del Templador del Alternador.



Fuente: Autor

Figura 39. Simulación de la Deformación del Templador del Alternador.



Fuente: Autor

De la simulación realizada, se obtuvo una deformación de 0,006 mm por lo que se procede a la implementación del mismo, ya que se asevera que el elemento no va sufrir deformaciones relevantes.

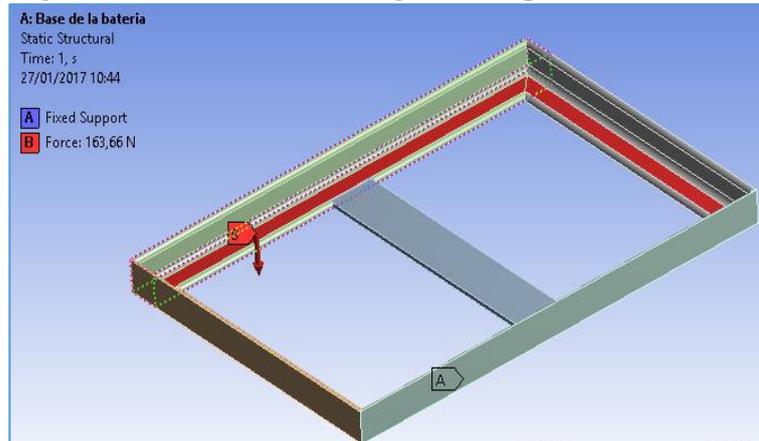
3.5.3 Simulación del soporte de la batería. El soporte de la base de la batería se encuentra anclado en la parte inferior por el bastidor del motocultor y por el peso de la batería por la parte superior.

- Peso de la batería promedio: 16,7kg

$$\downarrow F = 16,7 \text{ kg} * 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 163,66 \text{ N}$$

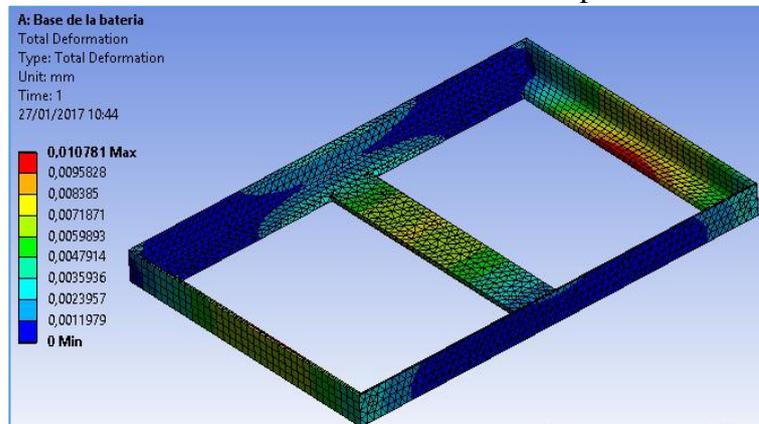
3.5.3.1 Colocación de cargas y resultados

Figura 40. Simulación de Cargas del Soporte de la Batería.



Fuente: Autor

Figura 41. Simulación de la Deformación del Soporte de la Batería.



Fuente: Autor

La deformación obtenida por la simulación es de 0,01 mm, con este dato se define que el soporte es apto para la implementación y soportará aun baterías más pesadas.

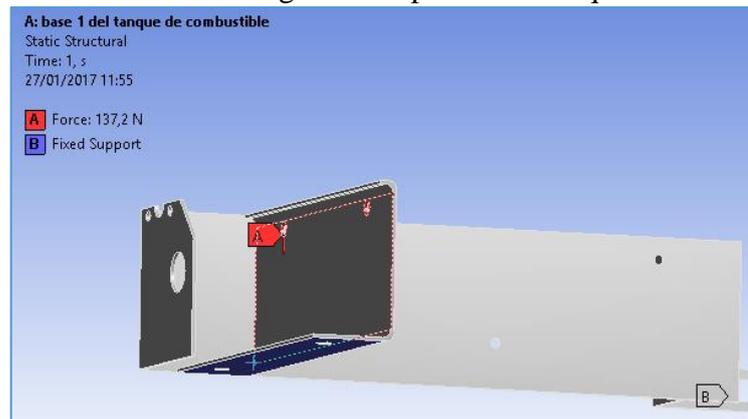
3.5.4 Simulación del soporte del tanque de combustible 1. Este soporte fue realizado en lámina de acero sujetado en la parte interior frontal con el soporte del tanque de combustible 2 y en la parte lateral posterior al bloque motor. Su función es soportar el peso del tanque de combustible en su máxima carga sin inconvenientes.

- Peso del tanque de combustible aproximado: 4 kg
- Peso del combustible (estimado): 10 kg

$$\downarrow F = 14kg * 9,81 \frac{m}{s^2} = 137 N$$

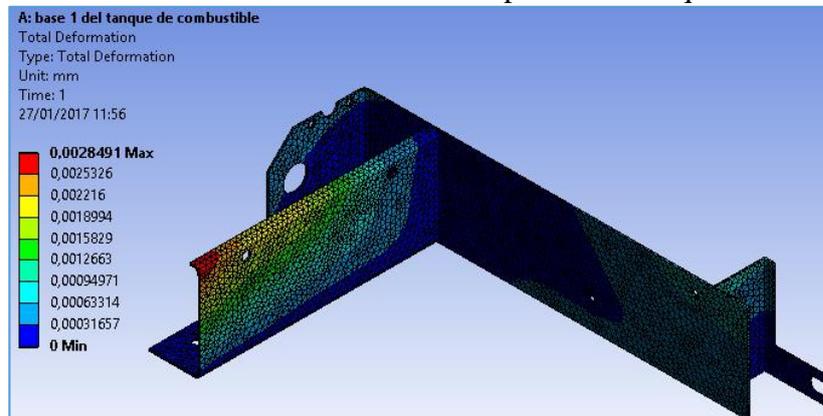
3.5.4.1 Colocación de cargas y resultados.

Figura 42. Simulación de Cargas del Soporte del Tanque de Combustible 1.



Fuente: Autor

Figura 43. Simulación de la Deformación del Soporte del Tanque de Combustible 1.



Fuente: Autor

La simulación realizada arrojó un valor de deformación de 0,002 mm en la parte frontal siendo el punto estructural más débil, sin embargo el valor de deformación no es relevante y se aprueba para la implementación.

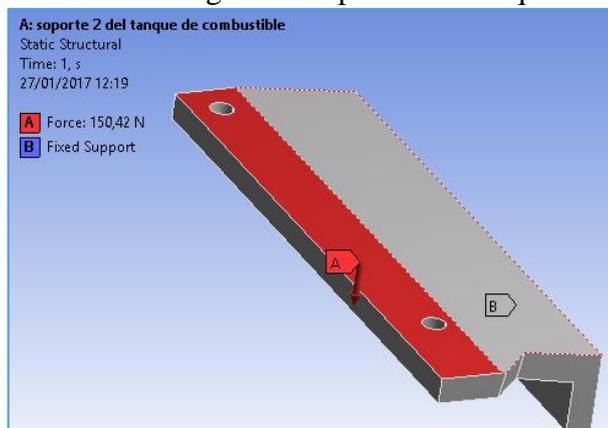
3.5.5 Simulación del soporte del tanque de combustible 2. La función principal de este elemento es soportar el peso del tanque de combustible cuando se estima que está lleno, a esto se suma el peso del soporte del tanque de combustible 1. Finalmente se sujeta por sus dos orificios inferiores mediante pernos a la parte frontal del bloque motor.

- Peso del tanque de combustible aproximado: 4 kg
- Peso del combustible (estimado): 10 kg
- Peso del soporte del tanque de combustible 1: 1,334kg

$$\downarrow F = (14 + 1,334)kg * 9,81 \frac{m}{s^2} = 150,42 N$$

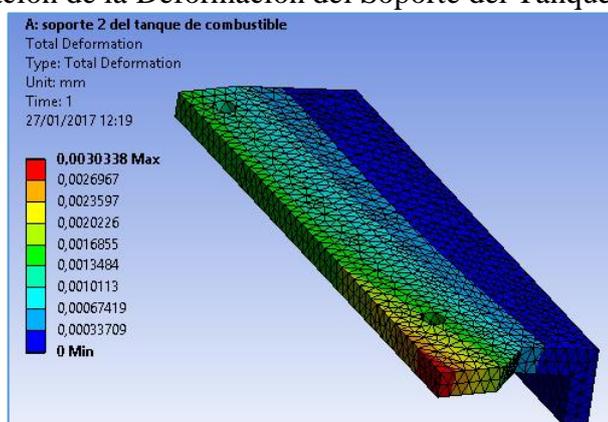
3.5.5.1 Colocación de cargas y resultados

Figura 44. Simulación de Cargas del Soporte del Tanque de Combustible 2.



Fuente: Autor

Figura 45. Simulación de la Deformación del Soporte del Tanque de Combustible 2.



Fuente: Autor

El soporte del tanque de combustible 2 sufre una deformación de 0,003 mm por lo cual se procede a la implementación por garantizarse la fiabilidad del elemento.

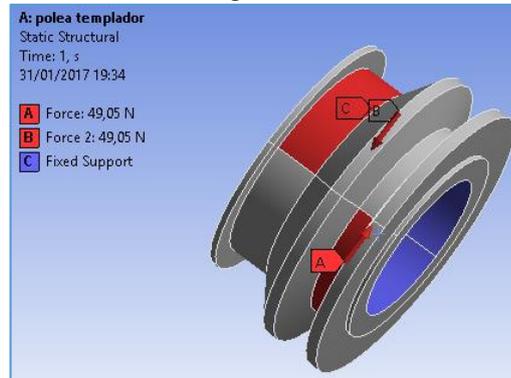
3.5.6 Simulación de la polea del mecanismo templador de banda. El mecanismo templador de las bandas del alternador y del volante de inercia surgió por la necesidad de invertir el movimiento rotacional para que el alternador pueda generar la corriente requerida para la carga de la batería.

La base de su funcionamiento es la polea transmisora de movimiento, la cual recibe el movimiento de la polea del volante de inercia, invirtiéndolo hacia la banda que va al alternador, logrando así, su objetivo.

- Se produce una fuerza de tensión de 49,05 N por la parte izquierda y derecha de la polea a causa de la tensión de cada banda, estas fuerzas por tanto están estáticamente equilibradas, sin embargo el elemento sufre un esfuerzo de aplastamiento.

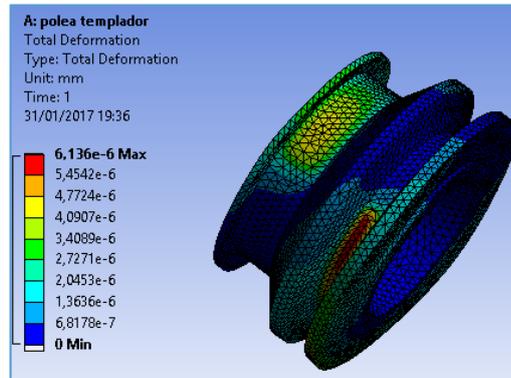
3.5.6.1 Colocación de cargas y resultados

Figura 46. Simulación de Cargas de Polea del Sistema de Poleas.



Fuente: Autor

Figura 47. Simulación de la Deformación de Polea del Sistema de Poleas.



Fuente: Autor

La polea sufre una deformación muy mínima, y es apta para la implementación.

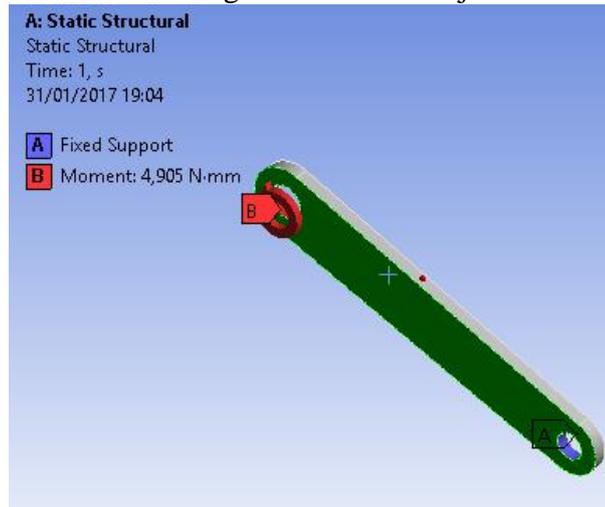
3.5.7 Simulación del eslabón fijo del mecanismo templador de banda. Se encuentra empotrado en el bloque motor a la altura del ventilador del generador eléctrico, su función es sostener a los elementos del sistema de poleas.

- Se produce un momento por la acción de la fuerza de 49,05 N que ejerce el eslabón móvil por el la distancia entre centros del eslabón fijo que es de 100mm.

$$\zeta M_z = 49,05N * 0.1m = 4,905 N.m$$

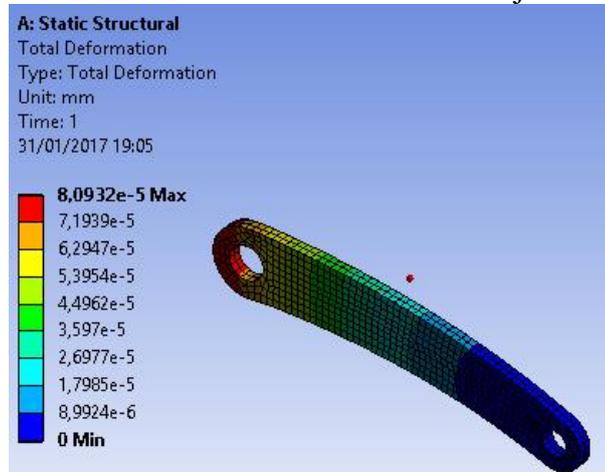
3.5.7.1 Colocación de cargas y resultados

Figura 48. Simulación de Cargas del Eslabón Fijo del Sistema de Poleas.



Fuente: Autor

Figura 49. Simulación de la Deformación del Eslabón Fijo del Sistema de Poleas.



Fuente: Autor

El eslabón sufre una deformación extremadamente mínima por efecto de la carga, a este elemento se le deben considerar las vibraciones a recibir por el movimiento de las poleas, es por ello su sobredimensionamiento.

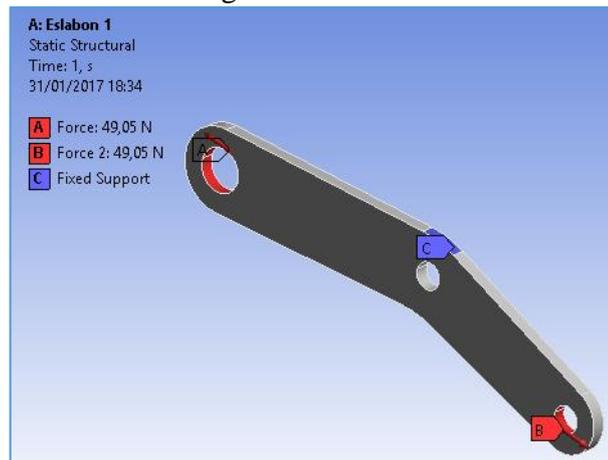
3.5.8 Simulación del eslabón móvil del mecanismo templador de banda. Es un elemento conector con tres agujeros. Por los extremos se conecta al eje de la polea y el tornillo templador, en el centro se conecta al eslabón fijo del sistema de poleas.

- Fuerza de tensado de la banda: 5 kgf, se aplica a ambos extremos.

$$\downarrow F = 5kg * 9,81 \frac{m}{s^2} = 49,05N$$

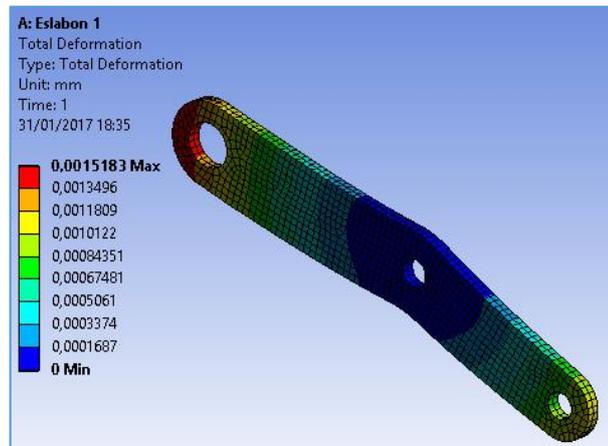
3.5.8.1 Colocación de cargas y resultados

Figura 50. Simulación de Cargas de Eslabón Móvil de Sistema de Poleas.



Fuente: Autor

Figura 51. Simulación de la Deformación de Eslabón Móvil de Sistema de poleas



Fuente: Autor

La simulación determinó que el elemento en cuestión sufre una deformación de 0,001mm, por lo que se aprueba para la implementación y se garantiza su funcionamiento.

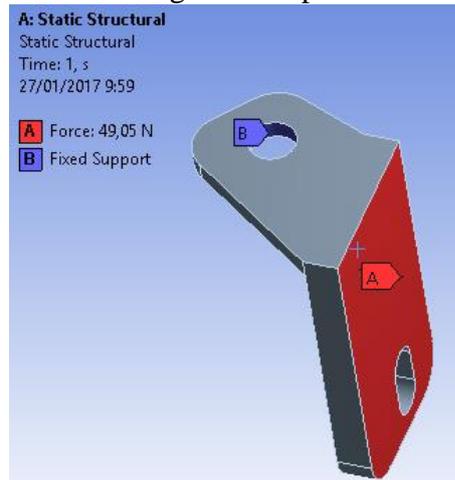
3.5.9 Simulación del soporte del tornillo templador de banda. Este elemento se ancla por su orificio superior mediante un perno al bloque motor, la función primordial es sostener al tornillo templador de la banda y dar firmeza al sistema de poleas.

- Fuerza de 5kg es la fuerza de tensado de las bandas.

$$F = 5kg * 9,81 \frac{m}{s^2} = 49,05N$$

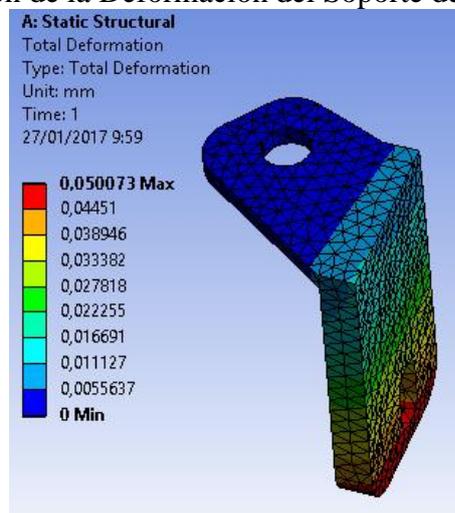
3.5.9.1 Colocación de cargas y resultados

Figura 52. Simulación de Cargas del Soporte del Tornillo Templador.



Fuente: Autor

Figura 53. Simulación de la Deformación del Soporte del Tornillo Templador.



Fuente: Autor

Mediante la simulación se pudo determinar una deformación de 0,05 mm por lo cual se determina que el elemento es apto para implementarlo en el motocultor.

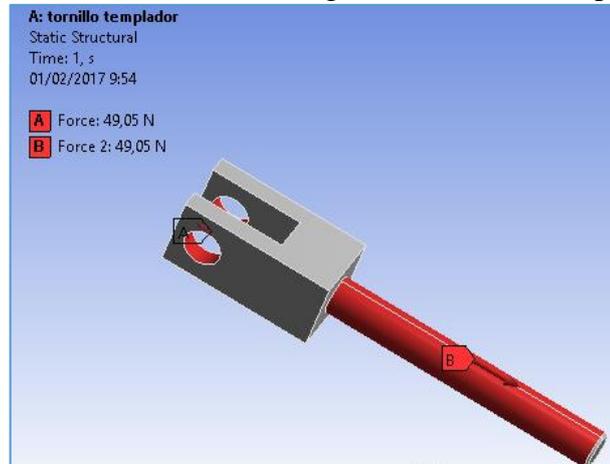
3.5.10 Simulación del tornillo templador de banda. El tornillo templador de la banda se encarga de soportar la tensión que genera el tensado de las bandas, este tiene un movimiento axial y se ancla en su cabeza cuadrada mediante un orificio al eslabón móvil y por el otro extremo al soporte del tornillo templador; se ajusta mediante una tuerca tipo mariposa para maniobrar a voluntad el tensado de las bandas.

- Fuerza de tensión de las bandas: 5 kgf

$$F = 5kg * 9,81 \frac{m}{s^2} = 49,05N$$

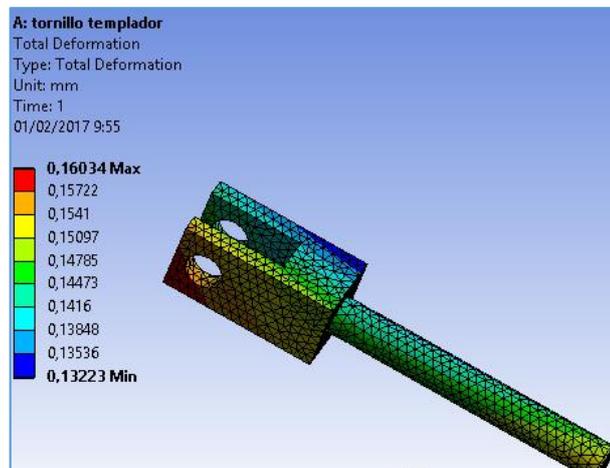
3.5.10.1 Colocación de cargas y resultados

Figura 54. Simulación de Cargas del Tornillo Templador.



Fuente: Autor

Figura 55. Simulación de la Deformación del Tornillo Templador.



Fuente: Autor

Se observó que el tornillo templador tiene una deformación muy pequeña y es apto para soportar la tensión de las bandas, por lo tanto se procedió con la implementación del mismo.

3.6 Proceso tecnológico de construcción

3.6.1 Herramientas para la construcción de los elementos de soporte. Se procedió con la utilización de máquinas y herramientas, para la construcción de cada elemento, entre las principales se detallan las siguientes:

- Taladro
- Sierra corta frío
- Cortadora circular
- Terraaja
- Pinzas de Agarre
- Prensa C
- Prensa Entenalla
- Soldadora SMAW
- Electroodos
- Torno
- Lija
- Pintura Sintética

3.6.2 *Construcción de soportes.* En la tabla 4 se detalla la construcción de todos los soportes, cabe recalcar que las dimensiones están detalladas en los planos anexados.

Tabla 4. Construcción de Soportes

Templador de Alternador	Soporte de Motor de Arranque	Soporte de la Batería
		
Soporte de tanque de combustible 1	Soporte de tanque de combustible 2	Polea del sistema de poleas
		
Soporte del Tornillo templador	Ajuste de rueda dentada al volante de inercia	Eslabones del sistema de poleas
		

Fuente: Autor

3.7 Selección de accesorios eléctricos del sistema de arranque eléctrico

3.7.1 *Selección del motor de arranque eléctrico.* Lo primordial para seleccionar un motor de arranque para el motocultor fue que el motor de arranque tenga un piñón con el módulo altura y ancho del diente igual a la cinta dentada con la finalidad de poder

transmitir el movimiento rotativo sin inconvenientes.

Otro parámetro fundamental fue determinar si la potencia eléctrica y el torque que el motor de arranque es el necesario para poder producir el movimiento y las revoluciones necesarias para el encendido del motor diésel del motocultor.

Figura 56. Motor de Arranque Seleccionado



Fuente: Autor

3.7.1.1 *Análisis del piñón del motor de arranque.* El motor de arranque adquirido presenta un piñón de arranque con las siguientes características.

Diámetro exterior del piñón = 28 mm

Numero de dientes del piñón (z) = 9

Modulo del piñón = 3

3.7.1.2 *Análisis de la potencia eléctrica que debe generar el motor de arranque.* No toda la potencia absorbida por el motor de arranque se transforma en energía mecánica, ya que parte de ella se pierde en el circuito exterior y otra parte es consumida por su circuito interno, debido a rozamientos mecánicos de la propia máquina en movimiento y a la reacción del inducido, quedando una potencia útil muy reducida, la cual debe ser capaz de mover y poner en funcionamiento los órganos del motor térmico. Por tanto, la potencia mínima de un motor de arranque deberá ser igual a la necesaria para arrancar el motor térmico, más la consumida por el propio motor de arranque (UTE, 2012).

$$W = W_v + W_a \quad (4)$$

Donde:

W = potencia mínima del motor

W_v = potencia para arrancar el motor térmico

W_a = potencia consumida por el motor al arranque

La potencia necesaria para arrancar el motor térmico estará en función de las características del mismo, la cual oscila según el tipo de vehículo, quedando comprendida dentro de los siguientes valores:

Tabla 5. Potencias de Motor de Arranque Requeridas Según el Tipo de Vehículo

Tipo	Potencia [CV]	Potencia [kW]
Vehículos ligeros	0,5 a 1	0,4 a 0,8
Vehículos medios	1 a 3	0,8 a 2,2
Vehículos pesados	3 a 6	2,2 a 5

Fuente: (UTE, 2012)

El motor de arranque eléctrico adquirido tiene una potencia nominal de 3,5 kW alimentado con una tensión nominal de 12 v.

Figura 57. Características del motor de arranque



Fuente: Autor

3.7.1.3 *Potencia útil o potencia necesaria en el arranque.* La potencia que debe suministrar el motor de arranque para poner en marcha el motor térmico estará en función de las características constructivas del motor, a las cuales presta sus servicios, determinadas por el par motor o par resistente que opone el mismo para su puesta en funcionamiento. Siendo la velocidad mínima en el motor, para producir el encendido o combustión térmica en el interior de los cilindros, de unas 120 a 150 r. p. m., el par motor o par resistente a esas revoluciones viene determinado por la ecuación (UTE, 2012):

$$C_m = K * V_t \quad (5)$$

Donde:

C_m = par resistente del motor [kgf. m]

V_t = cilindrada total del motor [l]

K = coeficiente determinado en función del tipo de motor, en el que intervienen el grado y tipo de combustión, relación de compresión, etc. Este valor oscila de 3 a 5 para motores de gasolina y de 5 a 10 para los motores diésel.

De la definición anterior, se asume el coeficiente $K = 7,5$ para el motor monocilíndrico del motocultor YTO DF-15L. El volumen del motor se toma de las especificaciones del motor, esto es: 0,903 lt.

De este modo el par resistente generado por el motor de combustión que es el mismo que el motor de arranque debe vencer para empezar a producir movimiento será:

$$C_m = k \times V_t \quad (6)$$

$$C_m = 7,5 \times 0,903 \text{ lt}$$

$$C_m = 6,774 \text{ kgf. m}$$

Por tanto, la potencia al freno, a las revoluciones mínimas de encendido se detalla a continuación:

$$W_f = \frac{C_m * n}{716,2} \quad (7)$$

Donde:

W_f = Potencia al freno [CV]

n = número de r.p.m. mínimas de encendido del motor térmico.

C_m = par resistente del motor [kgf. m]

716,2 = Factor de conversión

Se realizó una prueba manual para determinar a cuantas r.p.m. mínimas necesitaba el motor de combustión para encender, para esto se tomó el tiempo en que un operario gira

la manivela para encender el motocultor. Se obtuvo un promedio de 18 vueltas en 10 segundos.

$$\frac{18 \text{ rev}}{10 \text{ s}} * \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 108 \frac{\text{rev}}{\text{min}}$$

Se necesitan un mínimo de 108 r.p.m. para encender el motor de combustión.

$$W_f = \frac{C_m \times n}{716.2}$$

$$W_f = \frac{6,774 \text{ kgf.m} \times 108 \text{ rpm}}{716.2}$$

$$W_f = 1,021 \text{ cv}$$

Ella determina la potencia útil o potencia necesaria en el motor eléctrico aplicado a ese motor, para producir el arranque:

$$W_v = W_f * 0,736 \quad (8)$$

W_v = potencia para arrancar el motor térmico [kW]

0,736 = Factor de conversión.

$$W_v = 1,021 \times 0,736$$

$$W_v = 0,751 \text{ Kw}$$

Por lo tanto, teóricamente $W_f = W_v$, siendo ésta la potencia necesaria en kW para el arranque.

Pero en la práctica la potencia disponible en el arranque del motor eléctrico es algo mayor, ya que hay que tener en cuenta el rendimiento mecánico del mismo en la transformación de energía, así como un coeficiente de seguridad para cuando trabaje con temperaturas por debajo de cero grados; luego, se puede establecer para la potencia en el arranque de un motor eléctrico (UTE, 2012):

$$W_a = A * \frac{W_v}{\eta} \quad (9)$$

Donde:

W_a = potencia consumida por el motor al arranque [kW]

η = rendimiento del motor [Adimensional]

A = coeficiente de seguridad [Adimensional]

Se asume el valor de 0,85 para el rendimiento del motor, este valor es la referencia para la mayoría de motores diésel.

$$W_a = A \times \frac{W_v}{\eta}$$
$$W_a = 1,5 \times \frac{0,751 \text{ Kw}}{0,85}$$
$$W_a = 1,326 \text{ Kw}$$

Se determinó que la potencia útil o potencia necesaria que el motor de arranque necesita vencer para que el motor de combustión empiece a girar es de 1,326 kW. Siendo menor que la potencia nominal que trae el motor de arranque seleccionado. Por lo que se deduce que no vamos a tener inconvenientes al momento del encendido del motocultor.

3.7.1.4 *Revoluciones mínimas para encendido.* Las r.p.m. se determina a partir de las revoluciones erogadas por el motor de arranque cuando está en funcionamiento con el motor de combustión.

Se debe realizar una relación de transmisión para saber las r.p.m. a las que está girando el motor de arranque. La relación de transmisión de engranajes viene dada por la ecuación:

$$i = \frac{Z_2}{Z_1} \quad (10)$$

Dientes rueda dentada del volante de inercia (Z_2): 147

Dientes del piñón del motor de arranque (Z_1): 9

$$i = \frac{147}{9} = 16,333$$

Quiere decir que por cada 16,33 vueltas que gira el piñón del motor de arranque, la rueda dentada del volante de inercia gira una sola vez. Por lo tanto para saber a cuantas r.p.m. debe girar el motor para producir el encendido es:

$$\text{Revoluciones del Piñón} = 108 * 16,33 = \mathbf{1763,64 r. p. m.}$$

Tomando los datos de referencia del fabricante, el motor de arranque seleccionado tiene la capacidad de girar a 1800 r.p.m mínimas para encender el motor de combustión, esto quiere decir que el volante va a girar con un régimen mínimo de:

$$\text{Revoluciones Volante Inercia} = \frac{1800 r. p. m}{16.33} = \mathbf{110,22 r. p. m.}$$

Esto quiere decir que hemos aumentado aproximadamente 2 revoluciones para el encendido, con respecto al encendido con manivela.

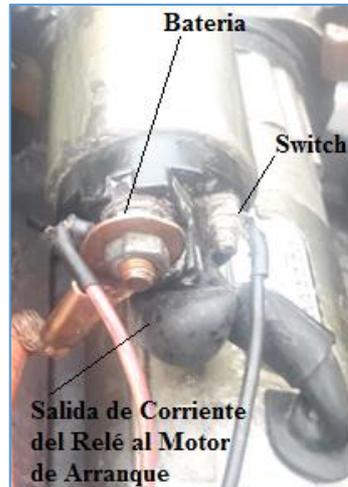
3.7.1.5 *Consideraciones técnicas para acoplar un motor de arranque.* Cuando se realiza el montaje del motor de arranque sobre el motor del vehículo, deberán efectuarse las siguientes comprobaciones:

- El frente de la brida de fijación del motor de arranque debe hacer un perfecto asiento sobre la envolvente de la corona del volante de inercia, de forma que exista un correcto paralelismo entre los ejes del piñón de engrane y la corona. De esta forma, el engrane entre ambos se realizará sin golpes ni sacudidas.
- Los dientes de la corona deben estar en perfecto estado de conservación, sin deformaciones ni rugosidades o desgaste excesivo, que impidan el suave deslizamiento axial del piñón de engrane.
- El piñón de engrane, en su posición de reposo, debe quedar a cierta distancia de la corona del volante de inercia, que es variable de unos motores a otros. En ningún caso quedará lo suficientemente próxima para que haya contacto entre ambos, pues se producirían ruidos y desgastes debidos al rozamiento.
- Deberá efectuarse una revisión de todas las conexiones del circuito de arranque,

incluidos los bornes de la batería, asegurándose que no existen falsos contactos que producirían caídas de tensión excesivas. (ALONSO, 1998)

3.7.1.6 *Conexión del Motor de Arranque.* Se debe conectar el cable positivo de la batería en el terminal 30 del relé del motor; luego conectar el cable proveniente del switch de encendido al terminal 50. El motor de arranque hace tierra en su propia carcasa.

Figura 58. Conexión. Motor de Arranque



Fuente: Autor

3.7.2 *Selección del alternador eléctrico.* Para elegir el alternador adecuado para cada vehículo hay que tener en cuenta una serie de factores como son:

- La capacidad de la batería (amperios/hora).
- Los consumidores eléctricos del vehículo.
- Las condiciones de circulación (carretera/ciudad, paradas frecuentes).

El alternador elegido para implementarlo en el motocultor tiene las siguientes características:

Tabla 6. Características de Alternador

Alternador eléctrico	
Voltaje Nominal [v]	12
Amperaje [A]	35

Fuente: Autor

3.7.2.1 *Instalación del alternador eléctrico.* Se procedió a colocar el alternador eléctrico mediante dos soportes. El alternador va fijado por uno de los soportes al bastidor

del ventilador del generador de electricidad que viene integrado en el motocultor, en un montaje basculante que permite el tensado de la correa de arrastre.

Figura 59. Instalación de Alternador en Eslabón Basculante



Fuente: Autor

En el otro extremo se fija mediante un perno desde el otro agujero del alternador al orificio creado en la base del motor de arranque.

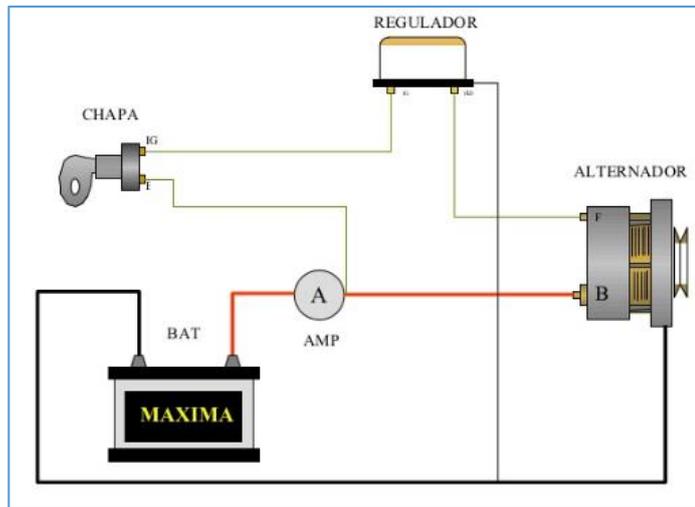
Figura 60. Instalación de Alternador en Base de Motor de Arranque



Fuente: Autor

3.7.2.2 *Conexión eléctrica del Alternador.* Se debe conectar el cable que proviene de la batería al borne B+ del alternador, el terminal G (Ground) es tierra del alternador, el terminal L es del estator del alternador y el terminal R es del rotor, de la siguiente manera:

Figura 61. Conexión Eléctrica Alternador y Motor de Arranque



Fuente: <http://www.slideshare.net/guest75cca/carga-presentation>

3.7.3 Selección de la batería. La batería o acumulador de energía juega un papel fundamental al momento de implementar un sistema de arranque eléctrico, en el caso del motocultor YTO DF 15L, la batería cumpliría con el papel de aportar la energía eléctrica necesaria solamente para el motor de arranque una o varias veces según se requiera.

3.7.3.1 Parámetros para elegir una batería nueva. Para elegir correctamente una batería se deben tomar en cuenta ciertos parámetros que detallamos a continuación:

Tabla 7. Características de la Batería

	Batería	
	Marca	Elektra
	Capacidad [Ah]	65
	Nº de placas	13
	CCA [A]	650
	Dimensiones	
	Largo (mm)	238
	Ancho (mm)	174
	Alto (mm)	175

Fuente: <http://www.bateriaselektra.com/component/content/article/78-elektra/73-catalogo-productos>

a) **Capacidad nominal.** Es la cantidad de energía o potencia eléctrica que la batería puede proveer durante determinado tiempo con los accesorios encendidos y con el motor apagado. Este parámetro se mide en Ah (amperios hora).

b) **Intensidad de arranque en frío.** Indica el amperaje que nos puede entregar la batería a baja temperatura (arranque en frío), es un factor importante a tener en cuenta, especialmente en vehículos diésel por su mayor relación de compresión, por tanto el motor de arranque va a necesitar más corriente para poder arrancar el motor térmico.

3.7.3.2 Ciclos de Carga y Descarga de la batería. Depende únicamente del tiempo que vamos a tener energizado el motor de arranque eléctrico, y el tiempo que el alternador va a estar suministrando energía a la batería. La cual se define en la siguiente ecuación:

$$W = \frac{Q}{t} \quad (11)$$

Donde:

W = Potencia eléctrica [W]

Q = Trabajo (Capacidad de la batería) [Ah]

t = Tiempo de descarga [h]

$$t = \frac{Q}{W} = \frac{65 \text{ Ah}}{3500 \text{ W}} = 0,0185 \text{ h} * \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} = \mathbf{66,85 \text{ s}}$$

Se hicieron 10 pruebas para determinar el tiempo de arranque en frío aproximado, dando un promedio de 4 segundos, este factor multiplicándolo por el amperaje nominal que consumiría el motor de arranque siendo 291,66 A, el trabajo eléctrico consumido por el motor de arranque en el tiempo de activación para el encendido será:

$$Q = W * t$$

$$Q = 291,66 \text{ A} * \left(4\text{s} * \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}\right) = \mathbf{0,32 \text{ Ah}}$$

Esto quiere decir que la batería ha quedado con el 99% de su carga al momento de accionar el motor de arranque una sola vez.

Para cargar esta caída de corriente con el alternador, tomando el valor de amperaje en el mismo amperímetro instalado dándonos 20 A aproximadamente de carga.

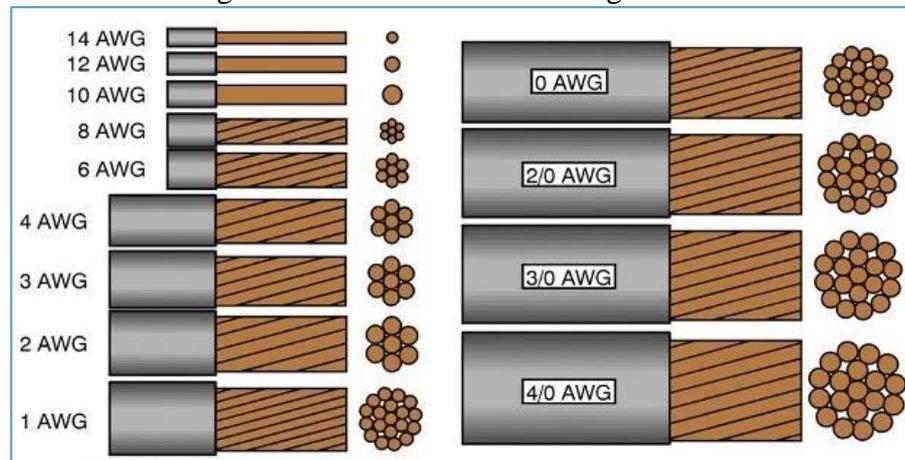
$$t = \frac{Q}{W} = \frac{0,32 \text{ Ah}}{20 \text{ A}} = 0,016 \text{ h} * \frac{3600\text{s}}{1 \text{ h}} = \mathbf{57,6\text{s}}$$

El alternador cargará la pérdida de corriente por el accionamiento del motor de arranque en aproximadamente 1 minuto, sin embargo se considera además las pérdidas propias por la composición de la batería, el tiempo que el motocultor se encuentra en reposo; para lo cual se da un tiempo estimado de carga al arranque de 2,5 minutos.

3.7.4 Selección de cables conductores de energía eléctrica. Los cables son los

encargados de transportar la energía eléctrica, tratándose de un sistema de carga y descarga, los conductores deben presentar la mínima resistencia posible según la capacidad de amperaje requerido a transmitir.

Figura 62. Calibres de Cables según AWG



Fuente: <http://www.jeeperos.com/foros/showthread.php?t=33279>

Según la designación AWG sabemos la sección que tendrá el cable, también se necesita precisar el amperaje necesario que requiere cada elemento para poder elegir el calibre AWG correspondiente, esto se eligió según la siguiente tabla:

Tabla 8. Amperaje y Sección de Conductores Según AWG

Tamaño de los cables (AWG)	Capacidad (Amperios)	Sección (mm ²)
14	25	2,5
12	30	4
10	40	6
8	55	10
6	75	16
4	95	25
2	130	35
1	150	50
1/0	170	55
2/0	265	70
4/0	360	

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn70.html>

De acuerdo a la tabla anterior se han elegido los conductores para el motocultor, designando cada calibre de cable a los elementos que reciben energía eléctrica.

De la misma manera se ha determinado la resistencia según su sección y longitud correspondiente según la ecuación 1.

El material elegido para todos los conductores es cobre, en la tabla 8 se puede observar que todos los conductores presentan una resistencia mínima al paso de la corriente y son aptos para implementarlos en el nuevo sistema de arranque eléctrico del motocultor YTO DF 15-L.

Tabla 9. Selección del Conductor Según Accesorio

Tramo Accesorios	Numero AWG	Resistividad [$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$]	Longitud (m)	Sección (mm^2)	Resistencia [Ω] $R = \rho * \frac{l}{S}$
Motor de Arranque - Batería	1	$1,71 \times 10^{-8}$	0,5	50	$1,71 \times 10^{-10}$
Alternador - Batería	4	$1,71 \times 10^{-8}$	0,5	25	$3,42 \times 10^{-10}$
Regulador de Voltaje - Alternador - Batería	8	$1,71 \times 10^{-8}$	1	10	$1,71 \times 10^{-9}$
Otros	10	$1,71 \times 10^{-8}$	1,5	6	$4,275 \times 10^{-9}$

Fuente: Autor

3.7.5 *Selección de accesorios eléctricos adicionales.* Para poner en marcha el nuevo sistema de arranque eléctrico, se necesitaba un dispositivo que de paso e interrumpa la corriente a voluntad del operario, además se debe observar siempre el amperaje que emite el alternador, por último se debe corregir o regular el voltaje que llega a la batería.

3.7.5.1 *Selección switch de arranque.* Este dispositivo se encarga de dar paso al flujo de corriente y de cortarlo según el operario lo requiera.

Figura 63. Switch de Encendido



Fuente: http://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-410833484-switch-interruptor-encendido-universal-porter_JM

Se procedió a implementar un switch de encendido universal de cuatro posiciones “off”, “acc”, “on”, “start”, detallando en la figura 39.

3.7.5.2 Selección del Amperímetro. Este accesorio es utilizado como herramienta de monitoreo del amperaje que sale del alternador, también como medio de diagnóstico si se manifestare alguna falla dentro del sistema eléctrico implementado.

Se lo debe conectar en serie con el accesorio eléctrico a monitorear, en el caso del motocultor genera un valor de carga del alternador de 20A.

Figura 64. Amperímetro



Fuente: Autor

3.7.5.3 Selección regulador de voltaje. En necesario implementar éste accesorio debido que las r.p.m de un motor no son fijas, es decir para encenderlo se necesita un mínimo de revoluciones y para trabajar el suelo es necesario otro régimen de giro, afectando así la corriente de salida del alternador, por tanto se debe proteger la batería de estos cambios de tensión, con el fin de prolongar la vida de la misma y evitar accidentes por una subida de tensión exagerada.

Figura 65. Regulador de Voltaje



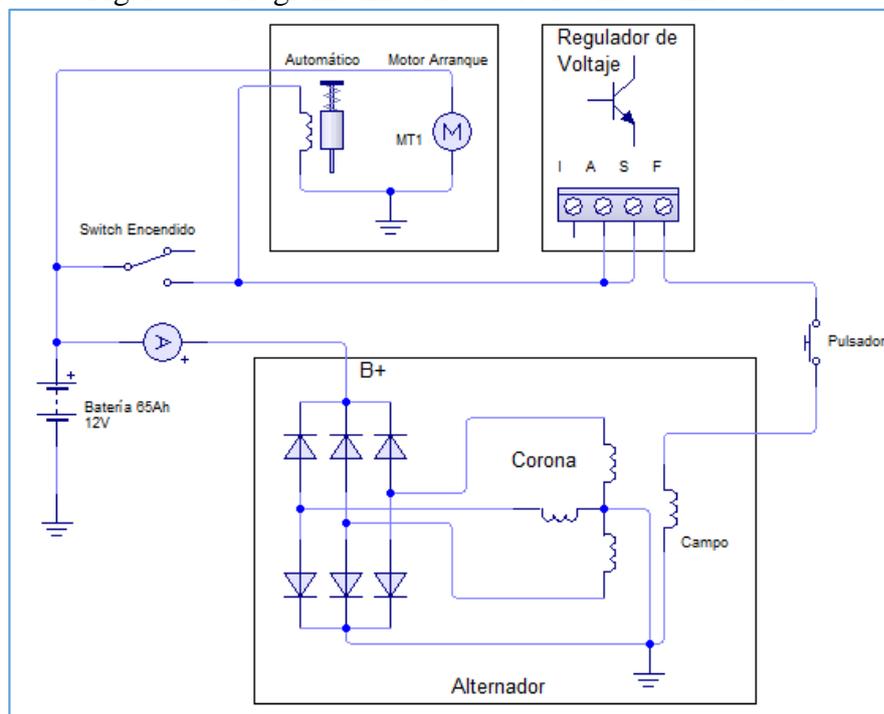
Fuente: Autor

Los sistemas eléctricos se regulan dentro de un margen de tolerancia de 14 V. Siempre que la tensión generada por el alternador se mantenga inferior a la de regulación el regulador de tensión no desconecta.

Si la tensión sobrepasa el valor teórico superior prescrito, dentro del marco de la tolerancia de regulación, el regulador interrumpe la corriente de excitación. La excitación disminuye, es decir, desciende la tensión que suministra el alternador.

3.7.6 Diagrama eléctrico del sistema de arranque. Para realizar una conexión eléctrica de los accesorios eléctricos que se implementaron en el sistema de arranque eléctrico se realizó un diseño de un diagrama de conexión utilizando la plataforma LiveWire, que es de uso libre, el diagrama eléctrico también servirá como herramienta de diagnóstico ante una posible avería del sistema.

Figura 66. Diagrama Eléctrico del Sistema de Encendido



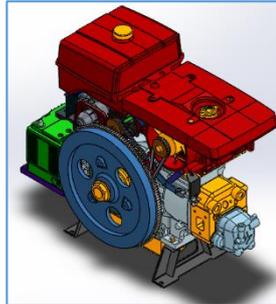
Fuente: Autor

3.8 Ensamble general

Se han detallado anteriormente una serie de pasos y parámetros a seguir para poder llegar a la implementación y garantizar que los elementos diseñados, construidos y seleccionados van a funcionar de manera correcta. Se puede verificar de mejor manera el proceso de selección, construcción e implementación en un diagrama en el Anexo A.

Nota: los pernos tuercas y arandelas se han suprimido en el ensamblaje por cuestiones de memoria computacional.

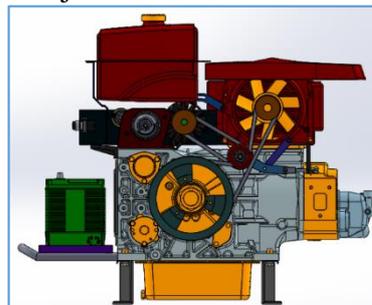
Figura 67. Ensamblaje del Sistema de Arranque



Fuente: Autor

Se detalla a continuación las partes internas del ensamblaje ocultando temporalmente el volante de inercia con su rueda de engranajes, en la figura se puede observar la disposición de las bandas, conjuntamente con el sistema de poleas implementado, y la nueva posición de los elementos originales del motocultor YTO DF 15-L.

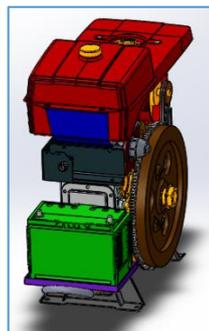
Figura 68. Ensamblaje del Sistema de Arranque. Vista Lateral



Fuente: Autor

En la parte frontal se observa la disposición del soporte de la batería conjuntamente con la misma, el amperímetro y el switch de encendido.

Figura 69. Ensamblaje del Sistema de Arranque. Vista Frontal



Fuente: Autor

Una vez verificada la implementación de todos los accesorios de forma virtual, se procedió a la construcción e implementarlos en el motocultor.

3.8.1 *Implementación de los elementos de soporte y eléctricos.*

3.8.1.1 *Fase 1.* La primera fase de implementación consta de los elementos que van arriba del bloque motor.

Figura 70. Implementación 1. Fase 1



Fuente. Autor

En la figura 70 se observa la implementación de la base del motor de arranque, alternador y base del tanque de combustible 1

Figura 71. Implementación 2. Fase 1



Fuente Autor

En la figura 71 se puede diferenciar la conexión del switch de encendido y el regulador de voltaje

Figura 72. Implementación 3. Fase 1



Fuente: Autor

3.8.1.2 Fase 2. La segunda fase de la implementación consiste en implementar el sistema de poleas diseñado, el volante de inercia, tanque de combustible y batería con su respectivo soporte.

Figura 73. Implementación Sistema de poleas. Fase 2



Fuente: Autor

Figura 74. Implementación Bandas y Volante de Inercia. Fase 2



Fuente; Autor

Figura 75. Implementación Batería. Fase 2



Fuente: Autor

Figura 76. Implementación Tanque de combustible. Fase 2



Fuente: Autor

CAPITULO IV

4 PRUEBAS DE VALIDACIÓN DEL SISTEMA

4.1 Pruebas del sistema de arranque eléctrico.

4.1.1 *Prueba 1.* Verificar que la batería esté completamente cargada (voltaje estático) y el switch de encendido en la posición “off”.

Al momento de medir la batería con un multímetro se observó que tenía 12.85 V de voltaje estático, lo que quiere decir que está cargada y es apta para proceder con el encendido.

4.1.2 *Prueba 2.* Observar el sistema de carga.

Una vez encendido el motocultor se procedió a verificar el estado de carga del alternador, haciendo una relación de transmisión por poleas se determinó lo siguiente:

Según los diámetros de la polea del volante de inercia, polea del templador y del alternador, haciendo una relación de transmisión se determinó que al momento del encendido el motor de combustión gira aproximadamente a 1000 r.p.m. siendo así la velocidad de la polea del alternador de 4534 r.p.m.

Según la tabla de carga del alternador (Figura 16) y observando que en el amperímetro instalado muestra un valor de amperaje aproximado de 20 A. Se concluye que el alternador está dentro de los parámetros establecidos.

4.1.3 *Prueba 3.* Observar el tiempo de encendido y el tiempo para desactivar el swicht de encendido.

Se observó que el tiempo de encendido aproximado del motocultor es de 4 segundos, a esto se agrega el beneficio que el motocultor arranca todo el tiempo comprimido, cosa que no sucedía con el arranque manual, dado que se debía descomprimir el motor mediante un mecanismo descompresor con el fin que el encendido con manivela se ejecute con menor fuerza del operario.

Según el apartado 3.7.3.2 donde se observan el ciclo de carga y descarga, se procedió a cerrar el switch de encendido después de 2,5 minutos de haber sido encendido el motocultor, luego de esto se observó nuevamente el voltaje estático de la batería, obteniendo el valor de 12,87 v lo que muestra que la batería se ha cargado completamente y está lista para un próximo ciclo de arranque.

Nota: Si el sistema de arranque no pasa cualquiera de estas pruebas dirigirse al Anexo D para verificar el posible problema y solucionarlo.

4.2 Pruebas de campo del sistema de arranque eléctrico.

Con el fin de determinar el buen funcionamiento de los soportes y accesorios eléctricos cuando el motocultor se encuentra realizando el laboreo de los suelos se procedió a realizar las pruebas respectivas, tomando en cuenta la suciedad y vibraciones existentes en ese instante.

4.2.1 Pruebas de funcionamiento de los soportes. Se realizó una inspección visual de los soportes implementados mientras se daba el labrado de la tierra, se observó residuos de polvo en todas las partes fijas del motocultor, sin embargo las partes móviles, en especial la rueda dentada del volante de inercia presento aislamiento de residuos de tierra, por lo cual no impide los encendidos sucesivos del motor térmico proporcionando la disminución de cansancio del operario. El calentamiento de las poleas y las bandas de transmisión de movimiento se encuentran dentro del rango de funcionamiento 90°C.

4.2.2 Pruebas de funcionamiento de accesorios eléctricos. Se verificó el funcionamiento de todos los accesorios eléctricos tras algunas horas de funcionamiento del motocultor, verificando el sistema de carga constantemente, dando como resultado un buen funcionamiento sin inconvenientes. La temperatura de funcionamiento del alternador está dentro del rango de temperatura de funcionamiento del motor térmico 90°C.

CAPITULO V

5 ANALISIS ECONÓMICO.

5.1 Costos Directos

Tabla 10. Costos de los elementos necesarios para la implementación.

COMPONENTE/MATERIAL	CANT.	PRECIO/ UNIDAD USD	COSTO USD
Rueda Dentada	1	30,00	30,00
Motor de Arranque	1	100,00	100,00
Alternador	1	75,00	75,00
Lamina Acero ASTM A36 100 x 1000 x 2,5 mm	1m	20,00/6m	3,33
Placa Acero ASTM A36 500 x 500 x 10 mm	4kg	3,00/kg	12,00
Angulo Acero ASTM A36 20 x 20 x 2,5 mm	1,25m	10/6m	2,00
Cilindro macizo Acero ASTM A36	1kg	10,00/kg	10,00
Platina Acero ASTM A36 50 x 500 x 4 mm	1	15,00/6m	15,00
Banda Tipo V 1200mm	1	3,00	3,00
Banda Tipo V 500mm	1	2,50	2,50
Switch de encendido	1	5,00	5,00
Amperímetro	1	10,00	10,00
Cables AWG 1	2m	2,00/1m	4,00
Cables AWG 4	1m	1,25/1m	1,25
Cables AWG 8	2m	,075/1m	1,50
Cables AWG 10	5m	0,50/1m	5,00
Batería	1	115,00	115,00
Regulador de Voltaje	1	10,00	10,00
Pernos M8 x 20 Grado C	8	0,25	2,00
Pernos M8 x 40 Grado C	4	0,30	1,20
Tuercas M8 Grado C	8	0,15	1,20
Arandelas M8	16	0,05	0,80
Electrodo AGA E 6011	1lb	3,50	3,50
Electrodo Aceros Fundido	2	1,00	2,00
Costo total de elementos para la implementación			413,25

Fuente: Autor

Tabla 11. Costo de equipos utilizados

Herramienta	Costo/hora USD	Horas equipo	Costo USD
Entenalla	0,40	40	16,00
Amoladora	1,00	5	5,00
Taladro	1,50	4	6,00
otros	0,4	40	16,00
Costo total de herramientas utilizadas			43,00

Fuente: Autor

Tabla 12. Costo de Trabajos Realizados

Trabajador	Salario costo/hora	Horas hombre	Total (USD)
Torneado	2,5	12	30
Soldadura SMAW	2	5	10
Costo total de mano de obra			40

Fuente: Autor

Tabla 13. Costos Directos

DETALLE	VALOR (USD)
Componente/material	413,25
Herramientas	43,00
Trabajos	40,00
Total de costos directos	496,25

Fuente: Autor

5.2 Costos Indirectos.

Tabla 14. Costos Indirectos

Detalle	Cantidad (%CD)	Valor (USD)
Diseño y Supervisión	2,5%	12,40
Imprevistos	3%	14,88
Total de costos indirectos		27,28

Fuente: Autor

5.3 Costos Totales

Tabla 15. Costos Totales

Detalle	Valor (USD)
Costos Directos	413,25
Costos Indirectos	27,28
Costo Total	440,53

Fuente: Autor

Se puede determinar un gasto total de USD 440,53, multiplicado por la flota inicial (150 motocultores) dando un valor total de gasto de USD 66079,5 siendo así el proyecto viable para dar funcionamiento a los motocultores existentes en vez de adquirir nuevos.

CAPITULO VI

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- El trabajo de titulación presentado contiene una serie de pasos a seguir para la implementación de un sistema de arranque eléctrico para un motocultor YTO DF 15-L perteneciente al Ministerio de Agricultura Ganadería Acuacultura y Pesca MAGAP de la provincia de Chimborazo, con el fin de convertirlos en máquinas eficientes, disminuyendo el esfuerzo y tiempo invertido en el encendido, además de brindar seguridad al operario al eliminar el encendido manual que es peligroso.
- Se diseñó los elementos de soporte en la plataforma SolidWorks, luego se realizó la selección del material y la simulación mediante el método de elementos finitos en la plataforma Ansys Workbench para determinar que los esfuerzos a los que se encuentran sometidos no generen deformaciones de importancia.
- Se procedió a la construcción, de los elementos de soporte utilizando aceros pertenecientes al mercado ecuatoriano, uno de los más comunes es el acero ASTM A36, siendo también el más rentable en su relación costo – resistencia mecánica. También se hizo uso de máquinas y herramientas para dar forma a los elementos de soporte según se requería.
- Para hacer la conexión eléctrica se hizo un diseño del diagrama eléctrico en la plataforma de uso libre “Live Wire”, que servirá también para el diagnóstico del sistema de arranque eléctrico.
- En el nuevo sistema de arranque eléctrico se implementaron todos los elementos de soportes diseñado y simulados en sus lugares respectivos, verificando que no interfieran con el funcionamiento propio del motocultor. Dando como resultado un aumento ligero de peso, que compensa la estabilidad del motocultor al momento de la labranza.

- Todos los elementos eléctricos y de soporte fueron verificados en 3 pruebas de funcionamiento determinando así la funcionalidad dentro de los parámetros establecidos de todo el sistema de arranque.

6.2 Recomendaciones

- Verificar frecuentemente el voltaje estático de la batería y el nivel de electrolito, con el objetivo de saber si la misma esta en óptimas condiciones para seguir funcionando en el motocultor.
- Tomar en cuenta el sentido de giro de las poleas de los accesorios eléctricos y comprobar su funcionalidad, dado que el giro del cigüeñal del motocultor es anti horario.
- Siempre se debe observar el valor que muestra el amperímetro instalado en la parte frontal del motocultor, para determinar la funcionalidad del alternador y evitar que la batería se quede sin carga.
- Es recomendable revisar el tensado de las bandas, dado el caso que el alternador eléctrico no genere corriente y el sistema se quede sin carga.
- Verificar la alineación del piñón del motor de arranque con la rueda dentada del volante de inercia, caso contrario habrá desperfectos en ambas partes mencionadas.
- Al momento de encender el motocultor se debe posicionar la palanca de velocidades en posición neutral, además posicionar la palanca de bloqueo del maubrio izquierdo en la posición “brake” (frenado) para evitar el movimiento al encender provocando accidentes.
- Presentar charlas para capacitar a las personas que van manipular el motocultor, para informarles sobre el manejo, operación y diagnóstico del sistema de arranque implementado.

BIBLIOGRAFIA

ALONSO, J. M. *Técnicas del Automóvil. Equipo Eléctrico.* 7ª Ed. México: Paraninfo. 1998, pp 71 - 208.

ARIAS PAZ, MANUEL. *Manual del Automóvil.* Madrid: Dossat, 2004, pp 80 – 100.

BCS, AGRÍCOLA. El Motocultor: Un Auxiliar Eficaz. [En línea], 2009. [Consultado: 13 de Diciembre de 2016]. Disponible: http://www.bcsagricola.com/assets/blog/bcs/prensa/2009_11_motocultor_ESP_LATAM/articulo_bcs_laboreo_n480_noviembre09.pdf.

BOSCH, R. *Alternadores.* Stuttgart: Roberth Bosch GmbH. 2000, pp 55-76.

CASTRO, V. *El Motor Diésel en el Automovil.* Barcelona: Ediciones CEAC, 1987. pp 32.

DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO, ESPAÑA. Mecánica y Entrenimiento Simple de un Automóvil. *Dirección General de Tráfico.* [En línea], 2013. [Consultado: 29 de Diciembre de 2016]. Disponible: http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/formacion-vial/cursos-para-profesores-y-directores-de-autoescuelas/doc/directores_2013/Mecanica-y-entrenimiento-simple-del-automovil-Ed.-2013.pdf.

ELECTRICIDAD, BÁSICA. Amperaje, Voltaje; Frecuencia y Fase. *Electricidad Basica.* [En línea], 2015. [Consultado: 28 de Diciembre de 2016]. Disponible: <http://www.electricidadbasica.net/amp-vol-fre-fa.htm>.

FUNES, CARLOS. *Motores para Competición.* Córdoba, Argentina: Registro de la Propiedad Intelectual, 2013. pp 169 – 180.

HAYNES, MANUALS. *Manual de Electricidad Automotriz.* Londres: Haynes Techbook, 2016. pp 1 -60.

OROSCO, J. & CASO, F. Manual de Mecánica Automotriz. *Modulo de electricidad Automotriz.* [En línea], 2011. [Consultado: 28 de Diciembre de 2016]. Disponible: <https://drive.google.com/file/d/0B4uwxwKUzRinS21ObW9RY1ZYTE0/edit>.

UTE, CURSO DE ELECTRICIDAD DEL AUTOMOVIL. *Estudio del Motor de Arranque.* [En línea], 2012. pp 1-30 [Consultado: 26 de 01 de 2017]. Disponible: <http://www.stodomingo.ute.edu.ec/content/101688-153-20-2-6-17/Curso%20de%20electricidad%20del%20automovil%20Estudio%20del%20Motor%20de%20arranque.pdf>