



**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA AUTOMOTRÍZ**

**TEMA:**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE  
ENTRENAMIENTO PARA ALTERNADORES Y MOTORES  
DE ARRANQUE “**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DE  
TÍTULO DE INGENIERO EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ**

**AUTOR:**

**ERASMO ISRAEL GARCIA OCHOA**

**GUAYAQUIL – SEPTIEMBRE 2016**

# UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

## FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA AUTOMOTRIZ

### CERTIFICADO

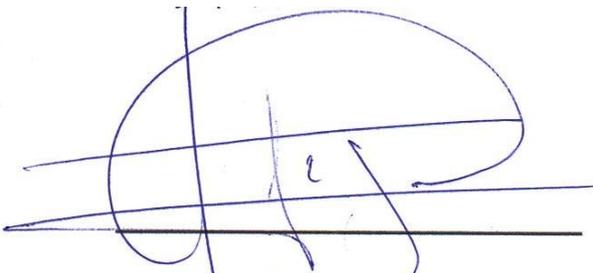
Ing. Edwin Puente Moromenacho

#### CERTIFICA:

Que el trabajo titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE ENTRENAMIENTO PARA ALTERNADORES Y MOTORES DE ARRANQUE.** “, realizado por el estudiante: **ERASMO ISRAEL GARCIA OCHOA**, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple las normas estatutarias establecidas por la Universidad Internacional del Ecuador, en el Reglamento de Estudiantes.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional. El mencionado trabajo consta de un empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autoriza al señor: Erasmo Israel García Ochoa, que lo entregue a biblioteca de la Facultad, en su calidad de custodia de recursos y materiales bibliográficos.

Guayaquil, Septiembre 2016



Ing. Edwin Puente Moromenacho.  
Director de Proyecto

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

## FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

### DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, ERASMO ISRAEL GARCIA OCHOA

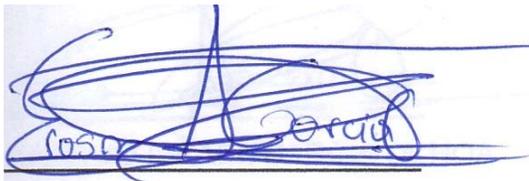
#### DECLARO QUE:

La investigación de cátedra denominada: “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE ENTRENAMIENTO PARA ALTERNADORES Y MOTORES DE ARRANQUE**”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría, apoyados en la guía constante de mi docente.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico para la Facultad de Ingeniería en Mecánica Automotriz.

Guayaquil, Septiembre 2016.



ERASMO ISRAEL GARCIA OCHOA  
C.I. 0917118697

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

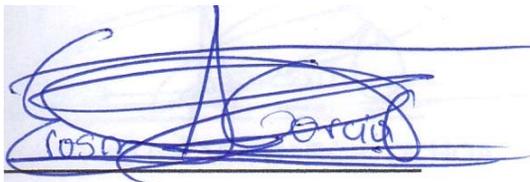
## FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ

### AUTORIZACIÓN

Yo, ERASMO ISRAEL GARCIA OCHOA

Autorizo a la Universidad Internacional del Ecuador, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, de la investigación de cátedra: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DE ENTRENAMIENTO PARA ALTERNADORES Y MOTORES DE ARRANQUE“**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, Septiembre 2016



ERASMO ISRAEL GARCIA OCHOA  
C.I. 0917118697

## INDICE GENERAL

CERTIFICADO .....	ii
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD .....	iii
AUTORIZACIÓN .....	iv
INDICE GENERAL .....	v
DEDICATORIA .....	xii
AGRADECIMIENTO .....	xiii
RESUMEN GENERAL .....	xiv
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN .....	xv
CAPÍTULO I MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Definición del problema .....	1
1.2 Ubicación del problema .....	2
1.3 Formulación del problema .....	2
1.4 Sistematización del problema.....	3
1.5 Objetivos de la investigación .....	3
1.5.1 Objetivo general.....	3
1.5.2 Objetivos específicos.....	3
1.6 Alcance .....	4
1.7 Justificación e importancia de la investigación.....	4
1.8 Hipótesis .....	4
CAPITULO II MARCO TEÓRICO .....	5

2. Alternador.....	5
2.1 Generación de energía eléctrica en el vehículo .....	6
2.1.1 Generación de la corriente rectificada mediante alternadores trifásicos .....	8
2.1.2 Magnitudes que influyen en el funcionamiento del alternador .....	9
2.1.3 Exigencias del alternador .....	10
2.2 Principio electrodinámico .....	11
2.3 Principio del alternador trifásico .....	12
2.3.1 Rectificación de la corriente generada .....	13
2.3.2 Importancia de las polaridades en la batería .....	14
2.3.3 Circuitos de corriente del alternador trifásico .....	15
2.3.4 Circuito de Pre-excitación .....	15
2.3.5 Circuito de excitación (auto-excitación) .....	16
2.3.6 Circuito de corriente del alternador .....	17
2.3.7 Regulación de la tensión generada .....	18
2.3.8 Estructura del alternador .....	19
2.3.9 Estator.....	20
2.3.10 Rotor .....	20
2.3.11 Porta escobillas .....	21
2.4 Motor de arranque .....	22
2.4.1 Principio de funcionamiento .....	23
2.4.2 Regla de la mano izquierda de la intensidad generada .....	24
2.4.3 Partes del motor de arranque .....	26
2.4.4 Funcionamiento del motor de arranque.....	27
CAPITULO III DISEÑO DEL BANCO DE ENTRENAMIENTO .....	28

3.1 Cálculos de los esfuerzos de flexión .....	28
3.2. Cálculo de instalación de motor eléctrico .....	30
3.3. Selección de materiales .....	32
3.4. Diseño de la estructura del banco de entrenamiento .....	33
CAPITULO IV CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE ENTRENAMIENTO .....	35
4.1 Tablero indicador de luces .....	35
4.2 Instalación de componentes del banco de entrenamiento .....	36
4.2.1 Instalación de motor de arranque .....	36
4.2.2 Instalación alternador .....	38
4.3.3 Instalación de circuito de control del motor eléctrico .....	40
4.3.4 Instalación eléctrica de halógenos .....	45
4.3.5 Instalación de control 12 v .....	49
CAPÍTULO V PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	53
5.1 Prueba del alternador .....	53
5.2 Prueba del motor de arranque.....	54
CAPÍTULO VI ELABORACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO Y FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE ENTRENAMIENTO .....	55
6.1 Elaboración de una guía para el docente.....	55
6.2 Elaboración de guías prácticas para los estudiantes .....	57
CAPÍTULO VII CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
7.1 Conclusiones .....	63
7.2 Recomendaciones .....	64

ANEXOS.....	65
Anexo 1 – Planos del diseño del banco entrenamiento.....	65
Anexo 2 – Hoja técnica del alternador. ....	66
Anexo 3 – Hoja técnica del motor de arranque.....	67
BIBLIOGRAFÍA .....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica de la Universidad Internacional de Ecuador Extensión Guayaquil .....	2
Figura 2. Ubicación del alternador en el automóvil.....	6
Figura 3. Principio del alternador .....	7
Figura 4. Esquema eléctrico de un alternador .....	7
Figura 5. Evolución de la potencia del alternador.....	8
Figura 6. Curva de tensión de un devanado girando en un campo magnético. 11	
Figura 7. Curva de tensión de tres devanado en ángulo de 120° .....	12
Figura 8. Circuito rectificador con un diodo .....	13
Figura 9. Alternador trifásico con rectificador de 6 diodos.....	14
Figura 10. Conexión de un alternador a la batería con inversión de polaridad. 15	
Figura 11. Circuito de Pre-Excitación.....	16
Figura 12. Circuito de Excitación .....	17
Figura 13. Circuito del alternador.....	18
Figura 14. Estator.....	20
Figura 15. Rotor .....	21
Figura 16. Porta escobilla.....	22
Figura 17. Componentes del sistema de arranque.....	22
Figura 18. Fuerza de expulsión.....	23
Figura 19. Transformación de la corriente 1 .....	24
Figura 20. Transformación de la corriente 2 .....	24
Figura 21. Regla de los tres dedos .....	25
Figura 22. Intensidad generada al girar la espira en el interior del campo magnético.....	25
Figura 23. Partes del motor de arranque .....	26
Figura 24. Motor de arranque en posición de reposo.....	27
Figura 25. Motor de arranque en posición de funcionamiento .....	27
Figura 26. Fuerzas del esfuerzo de flexión.....	28
Figura 27. Dimensiones a tomar de la base de un motor eléctrico .....	30
Figura 28. Esfuerzo sobre la base del motor .....	31
Figura 29. Diseño de banco .....	34

Figura 30. Vistas del diseño de banco .....	35
Figura 31. Panel indicador de luces.....	35
Figura 32. Instalación de focos .....	36
Figura 33. Motor de arranque (sin montarlo) .....	36
Figura 34. Motor de arranque .....	37
Figura 35. Alternador.....	38
Figura 36. Regulador del Alternador .....	38
Figura 37. Banda del alternador.....	40
Figura 38. Alternador con su protección de banda.....	40
Figura 39. Fusileras industriales .....	41
Figura 40. Breakers .....	41
Figura 41. Contactor.....	42
Figura 42. Clavija industrial .....	42
Figura 43. Instalación eléctrica .....	43
Figura 44. Manómetros de control .....	43
Figura 45. Diagrama eléctrico de potencia 220 V.....	45
Figura 46. Instalación de halógenos H4 .....	46
Figura 47. Posicionamiento de halógeno H4.....	47
Figura 48. Diagrama eléctrico de halógeno H4 .....	48
Figura 49. Relés de control .....	49
Figura 50. Borneras para sistema eléctrico .....	50
Figura 51: Panel de control .....	50
Figura 52. Diagrama para sistema eléctrico 12v .....	51
Figura 53. Batería / Arrancador del sistema eléctrico 12 volt.....	52
Figura 54. Prueba de alternador con pinza amperimétrica.....	53
Figura 55. Prueba de alternador con voltímetro .....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales .....	32
Tabla 2. Herramientas .....	33
Tabla 3. Datos Motor de arranque .....	37
Tabla 4. Datos Alternador .....	39
Tabla 5. Tabla de parámetros de mediciones.....	54

## **DEDICATORIA**

A mis padres por haberme dado la vida y por ser la motivación para conseguir terminar mi carrera universitaria porque gracias a sus consejos y esfuerzo diario están viendo el fruto de su arduo trabajo GRACIAS.

Mi Tío Manuel y Lucha les dedico este trabajo porque gracias a ellos tuve la posibilidad de salir del problema médico que tuve y hacerme conocer el camino del Señor Jehová.

A mi novia porque tuve su apoyo incondicional y brindo su tiempo y sus consejos cuando eran necesarios.

A mis profesores de la Universidad Internacional Del Ecuador quienes han aportado todos sus conocimientos y experiencias para seguir creciendo y llegar a ser un profesional.

*ERASMO ISRAEL GARCIA OCHOA*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco de todo corazón a mis padres, quienes se esforzaron por formarme cómo ser humano y cómo profesional, y a mi amigo Ing. Daniel Bayas Senisterra por haberme guiado y darme consejos técnicos con este proyecto.

Un agradecimiento muy especial a mi tutor, el Ing. Edwin Puente, por orientarme al buen crecimiento y éxito de este proyecto.

*ERASMO ISRAEL GARCIA OCHOA*

## **RESUMEN GENERAL**

En la Facultad de Ingeniería Automotriz, extensión Guayaquil perteneciente a la Universidad Internacional del Ecuador, en su plan de estudios se imparte las asignaturas de Electricidad del Automóvil I y II. Las cuales requieren describir, verificar, observar el principio de funcionamiento del sistema de carga y el sistema de arranque, estas prácticas requieren de la existencia de los elementos físicos tangibles de las partes de los sistemas antes mencionados.

La no presencia de un banco de entrenamiento, para alternadores y motores de arranque incita a no tener claro los conocimientos teóricos y prácticos para los estudiantes.

El consiguiente banco de entrenamiento para alternadores y motores de arranque sería un soporte para las prácticas relacionadas al sistema de carga y de arranque, porque también a nivel nacional los inconvenientes más comunes en los vehículos son los desperfectos en el sistema eléctrico de carga y de arranque, y porque en mucho tiempo, ha sido muy elevado el grado de complejidad al instante de diagnosticar y arreglar las fallas, referente a los sistemas antes mencionados.

La propuesta de diseñar este banco de entrenamiento es de suplir todas estas necesidades para los estudiantes de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil, para que en el futuro de su vida profesional no tengan inconveniente al momento que se encuentren con estos sistemas.

## **ABSTRACT**

The Faculty of Automotive Engineering, Guayaquil extension part of the International University of Ecuador, in its curriculum subjects Electric Motor I y II is taught. Which require describe, verify, observe the principle of operation of the charging system and the system boot, these practices require the existence of tangible physical elements of the parts of the aforementioned systems.

The absence of a workout bench for alternators and starter motors encourages not have clear knowledge and skills for students.

The resulting training bench for alternators and starter motors will and be a support for practices related to the charging system and boot, because also at national level the most common problems in vehicles are damage to electrical charging system and boot, and because in a long time, It has been very high degree of complexity instantly diagnose and fix faults concerning the aforementioned systems.

The proposed training design this bank is to supply all these needs for students of the International University of Ecuador Guayaquil extension, so that in the future of your professional life do not have disadvantage when they are with these systems.

## **INTRODUCCIÓN**

La industria automotriz ha tenido un crecimiento exponencial tecnológicamente, conforme a los requerimientos del mundo actual.

Utilizando actualmente sensores, para el control de los sistemas de carga y de arranque que constituyen, unas de las partes más complejas del vehículo. Como el suministro de energía hacia las baterías que llevan en su interior; el arranque del motor cuando esta estático y se requiere poner en marcha para tener una mejor conducción en diferentes escenarios.

Estos sistemas en la actualidad están presentes, en la mayoría de los automotores para mejorar el consumo, de combustible y la reducción de emisiones de gases a la atmosfera.

El sistema de carga es el encargado de suministrar, constantemente energía de corriente directa DC<sup>1</sup> a la batería para que este, no se descargue completamente.

El sistema de arranque es el encargado de poner en marcha al motor de combustión interna desde, su reposo. Este sistema solo funciona cuando el motor de combustión interna MCI<sup>2</sup>, está en reposo; pero en los nuevos sistemas, este mismo tiene constante uso durante la movilización del vehículo.

Este presente trabajo contempla, el diseño y construcción de un banco de entrenamiento para alternadores y motores de arranque, y para el diagnóstico de los sistemas.

La ejecución de este proyecto contribuye a la formación técnica del personal estudiantil dentro de su ambiente.

---

<sup>1</sup> Corriente directa

<sup>2</sup> Motor de combustión interna

# CAPÍTULO I

## MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.1 Definición del problema

En la Facultad de Ingeniería Automotriz, extensión Guayaquil perteneciente a la Universidad Internacional del Ecuador, en su plan de estudios se imparte las asignaturas de Electricidad del Automóvil I y II.

Las cuales requieren describir, verificar, observar el principio del funcionamiento del sistema de carga y el sistema de arranque, estas prácticas requieren de la existencia de los elementos físicos tangibles de las partes de los sistemas antes mencionados. Al no tener un banco de entrenamiento, para alternadores y motores de arranque, los conocimientos teóricos y prácticos para los estudiantes no quedan claros.

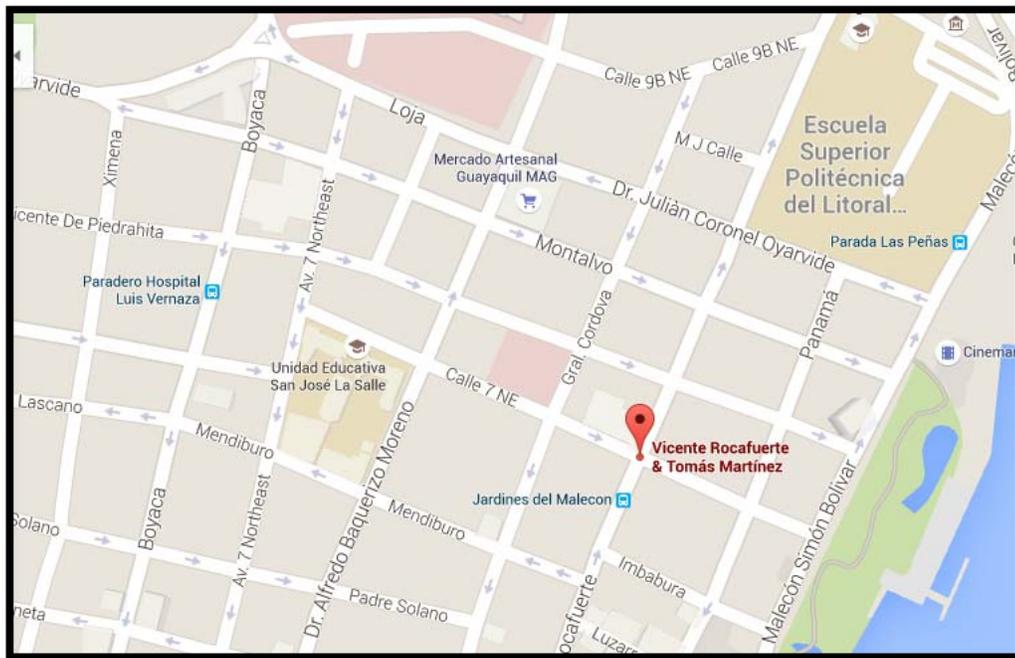
El consiguiente banco de entrenamiento para alternadores y motores de arranque sería un soporte para las prácticas relacionadas al tema, porque también a nivel nacional los inconvenientes más comunes en los vehículos son los desperfectos en el sistema eléctrico, y porque en mucho tiempo; ha sido muy elevado el grado de complejidad al instante de diagnosticar y arreglar las fallas, concernientemente a los sistemas.

La propuesta de diseñar este banco de entrenamiento es de suplir todas estas necesidades para los estudiantes de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil, para que en el futuro de su vida profesional no tengan inconveniente al momento que se encuentren con estos sistemas eléctricos de carga y de arranque.

## 1.2 Ubicación del problema

La delimitación temporal se determinó durante los meses de Abril hasta Septiembre del año 2016, tiempo en el cual se desarrolló la investigación y se presentó la propuesta pertinente.

La delimitación geográfica es en la Facultad de Ingeniería Automotriz, extensión Guayaquil perteneciente a la Universidad Internacional del Ecuador. En los talleres ubicado en: Av. Tomas Martínez y Rocafuerte. Fig. 1



**Figura 1. Ubicación geográfica de la Universidad Internacional de Ecuador Extensión Guayaquil**  
Fuente: <https://www.google.com.ec/maps/>  
Editado por: Erasmo García Ochoa

## 1.3 Formulación del problema

¿Realmente es necesario el diseño de un banco de entrenamiento para alternadores y motores de arranque?

## **1.4 Sistematización del problema**

¿Podemos verificar las lecturas del sistema de carga y arranque?

¿Cómo se realizarán las mediciones de funcionamiento del sistema de carga y arranque?

¿Cómo se podrán establecer las conexiones para sean ejecutadas por los estudiantes?

## **1.5 Objetivos de la investigación**

### **1.5.1 Objetivo general**

Diseñar y Construir un banco de entrenamiento para alternadores y motores de arranque.

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Diseñar un banco de entrenamiento de alternadores y motores de arranque que se ajuste y satisfaga al área de Electricidad del automóvil.
- Determinar los componentes que deben estructurar un banco de entrenamiento para alternadores y motores de arranque de forma que su configuración cumpla con las estandarizaciones requeridas.
- Construir un banco eficaz, para que la adaptación no sea un problema de seguridad para los docentes y estudiantes que harían uso con fines educativos.
- Permitir al alumnado que consiga directrices al momento de diagnosticar los sistemas de cargas y de arranque.

## **1.6 Alcance**

El consiguiente banco de entrenamiento tiene como objetivo ser una herramienta de soporte en las prácticas relacionadas con los funcionamientos del sistema de carga y de arranque de los vehículos, la propuesta de crear un módulo de aprendizaje de ayuda para los estudiantes de la Universidad Internacional del Ecuador extensión Guayaquil para conocer y detectar falla de una manera rápida y efectiva.

## **1.7 Justificación e importancia de la investigación**

En el trabajo realizado se va tomar hojas de datos de alternadores y motores de arranques dadas por el fabricante. Las cuales sustentarían el funcionamiento de los sistemas con el objetivo, de que el personal docente tenga las herramientas adecuadas para la impartición de sus clases y esto también mejoraría el entorno de aprendizaje de los estudiantes, lo cual tendría una gran acogida por todo el personal de la Universidad Internacional del Ecuador.

Para llevar a cabo esta investigación se tomará metodologías científicas, investigativas y de campo también se hará uso de información de libros, y manuales para adquirir conocimientos y experiencia en el uso de los sistemas de carga y de arranque.

Con el diseño de este banco de entrenamiento obtendremos, que los estudiantes puedan realizar las prácticas del sistema de carga y de arranque, y tengan conocimientos solidos sobre el funcionamiento de estos sistemas.

## **1.8 Hipótesis**

Diseñar e implementar un banco de entrenamiento del sistema de carga y de arranque en el vehículo.

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2. Alternador

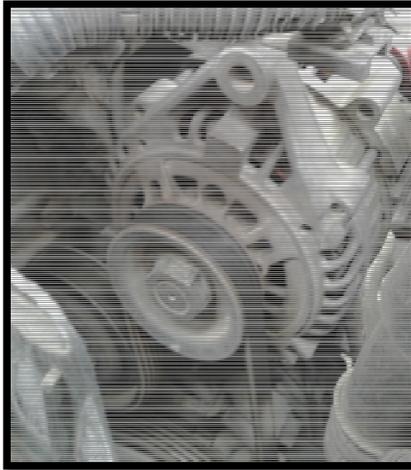
Los requerimientos planteados a la alimentación eléctrica en los vehículos han venido con un crecimiento considerable desde los años 70 y 90, la potencia que necesita el alternador aumentó aproximadamente dos veces y media, hasta el año 2000 cabe esperar una duplicación adicional a la demanda promedia de potencia necesaria. Desde cuando se introdujo el alternador trifásico, su tamaño se ha visto reducido con respecto a su predecesor que es el dinamo a pesar del aumento de potencia, habiéndose ampliado simultáneamente su gama de velocidades de rotación que son altas.

Las grandes variaciones en las velocidades de giro y las grandes oscilaciones de carga de un motor de combustión requieren también un sistema de regulación que soporte la tensión del alternador. Los reguladores electrónicos, son libre de desgaste, son ligeros y de tamaño reducido, son aptos de mantener constantemente la tensión del alternador a cualquier régimen de revoluciones por minuto del motor.

En la práctica, el alternador es un elemento relativamente pequeño si tenemos en cuenta el poderío de potencia que suministra a las instalaciones eléctricas y electrónicas del automotor y la cantidad de motor eléctricos DC<sup>3</sup>, luces y aparatos que puede hacer funcionar al mismo tiempo. Su ubicación siempre está cerca de la polea del cigüeñal ya que este es el impulsor del alternador y que siempre debe ser movido para que haga la transformación de la energía mecánica que recibe a energía eléctrica. Fig. 2

---

<sup>3</sup> Corriente directa.



**Figura 2. Ubicación del alternador en el automóvil**  
Fuente: Erasmo Israel García Ochoa

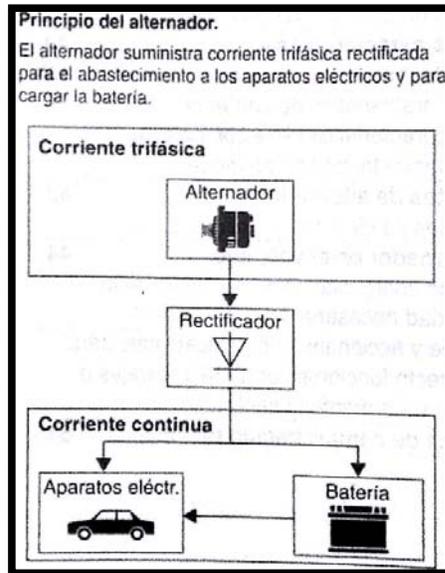
## **2.1 Generación de energía eléctrica en el vehículo**

Los vehículos con motor de combustión interna necesitan para el suministro de energía al motor de arranque, sistema de inyección y encendido, unidades de control de aparatos electrónicos, electrónica de seguridad y confort, alumbrado, etc., una fuente de energía eficiente y que esta fuente esté disponible en todo momento. Los alternadores utilizados en automoción son de características eléctricas trifásicas, lo cual quiere decir que disponen de tres grupos de arrollamientos cada uno de los cuales colabora en el trabajo de generar corriente.

Mientras tanto en los vehículos la batería tiene un papel muy importante que es el de acumular la energía cuando el MCI<sup>4</sup> está en reposo, pero cuando el motor empieza su funcionamiento, el alternador se vuelve una verdadera “central eléctrica” del automóvil. Su misión principal es de abastecer de energía a todos los aparatos eléctricos que estén en el automotor. Fig. 3

---

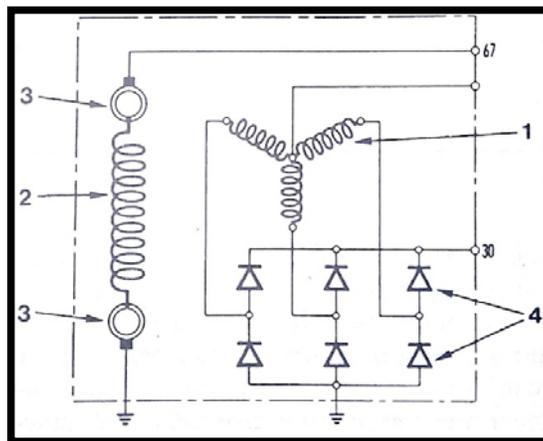
<sup>4</sup> Motor de combustión interna.



**Figura 3. Principio del alternador**  
 Fuente: Manual de la técnica de la autom6vil, 2005, Bosch  
 Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

En la figura 4 tenemos un esquema bastante simple de la constituci3n el6ctrica de un alternador.

1. Estator
2. Rotor
3. Anillos colectores
4. Diodos rectificadores

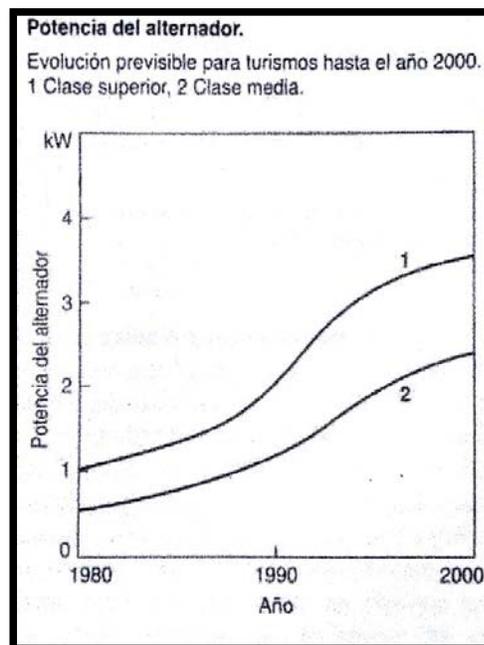


**Figura 4. Esquema el6ctrico de un alternador**  
 Fuente: Libro, Electricidad del autom6vil – 1, 2011, Vicente castro  
 Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

### 2.1.1 Generación de la corriente rectificada mediante alternadores trifásicos

En la rectificación de la corriente generada la disponibilidad de los diodos de potencia data desde 1963 porque fue una de las condiciones previamente para la introducción de los alternadores trifásicos por parte de algunos fabricantes. Por su elevado aprovechamiento electromagnético condicionado por su ejecución y por el margen de revoluciones el generador de corriente continua, el alternador síncrono trifásico es lo suficientemente eficiente de entregar potencia incluso a revoluciones por minuto en ralentí. Cuando se dispone de la batería y tiene que almacenar energía eléctrica, ha de poder proporcionar corriente continua. De hecho, si no fuera por la batería y el motor de arranque, una instalación de automóvil podría también funcionar con corriente alterna.

La mayor demanda de potencia se debe al sin número de aparatos eléctricos y electrónicos instalados en el vehículo. Fig. 5



Los alternadores trifásicos están

Figura 5. Evolución de la potencia del alternador  
Fuente: Alternador Bosch, 2000, Bosch  
Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

dimensionados para tensiones de carga de 14 V y 28 V (para vehículos industriales). En el estator existe un devanado de corriente trifásica de tres fases y en el rotor se encuentra el devanado de excitación que es arrollamiento de conductores circulares o planos alrededor de un núcleo de hierro. La corriente alterna trifásica generada se somete a rectificación.

### **2.1.2 Magnitudes que influyen en el funcionamiento del alternador**

Las magnitudes que tienen mayor influencia en el rendimiento del alternador son:

- **Velocidad de giro:** El rendimiento de un alternador (energía generable por kg de masa) aumenta con la velocidad de giro; por eso debe procurarse que la relación de desmultiplicación entre el cigüeñal del motor y el alternador sea lo más alta posible. En el sector de vehículos de uso personal los valores típicos están entre 1:2 y 1:3; en el de vehículos pesados llegan hasta 1:5.
- **Temperatura:** Las pérdidas en el alternador elevan la temperatura de los componentes. El suministro de aire fresco al alternador es una medida apropiada para reducir la temperatura de componentes y, con ello, aumentar la vida útil del alternador y su grado de rendimiento.
- **Vibraciones:** Según las condiciones de montaje y las características de trepidación del motor, se producen aceleraciones de vibración de hasta 500... 800 m/s<sup>2</sup>.
- **Otras influencias:** Asimismo, el alternador está expuesto a la influencia de las salpicaduras de agua, la suciedad, la neblina de aceite y combustible.

### 2.1.3 Exigencias del alternador

Las características esenciales del alternador trifásico son las siguientes:

- Entrega de potencia incluso en ralentí.
- Rectificación de la corriente trifásica con diodos de potencia en el circuito puente trifásico.
- Los diodos separan el alternador de la batería y del sistema eléctrico del vehículo cuando la tensión del alternador es inferior a la tensión de la batería.
- Mayor aprovechamiento eléctrico (es decir, a igualdad de potencia, los alternadores trifásicos son más ligeros que los generadores de corriente continua).
- Larga duración (los alternadores de carros convencionales presentan una vida útil comparable a la del motor del vehículo; hasta 150.000 km, por lo que no requieren mantenimiento durante ese tiempo).
- Los alternadores más resistentes para vehículos industriales, se fabrican en versiones sin anillos colectores, bien sea con posibilidades de re-lubricación o provistos de cojinetes con cámaras de reserva de grasa.
- Son insensibles a influencias externas tales como altas temperaturas, humedad, suciedad y vibraciones.
- Pueden funcionar en ambos sentidos de giro sin requerir medidas especiales, siempre que la forma del ventilador sea adecuada al sentido de giro correspondiente.

## 2.2 Principio electrodinámico

La base de toda la generación de tensión la constituye la “inducción” electromagnética que tiene lugar en el siguiente proceso:

“Si un cable o conductor eléctrico 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 este fijo y el conductor se muevan, o por el contrario sea el conductor el que este fijo y el campo magnético el que se muevan.

Conectando un voltímetro, con anillos deslizantes y escobillas de material de carbón, los extremos de una espira conductora que gire entre los polos norte y polo sur de un imán que se encuentre 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”. Fig. 6

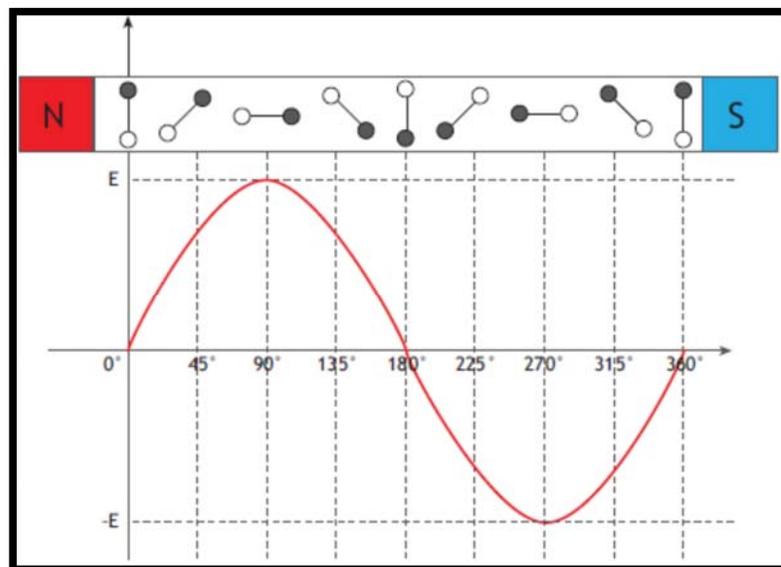
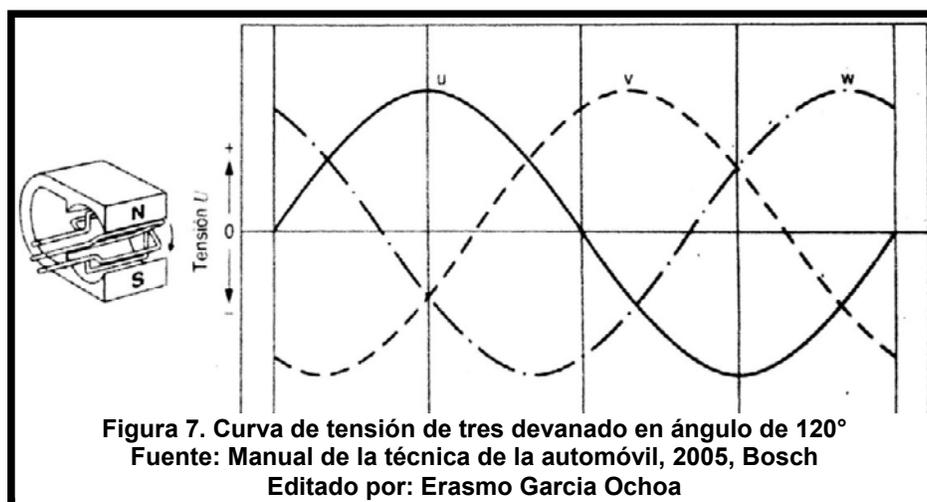


Figura 6. Curva de tensión de un devanado girando en un campo magnético  
Fuente: Sistema de carga y arranque, 2012, Margarita Calsina  
Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

### 2.3 Principio del alternador trifásico

La corriente alterna monofásica, la trifásica se genera en los alternadores por medio de un movimiento rotativo. Las ventajas de la corriente alterna trifásica es que permite un mejor aprovechamiento del alternador que la monofásica.

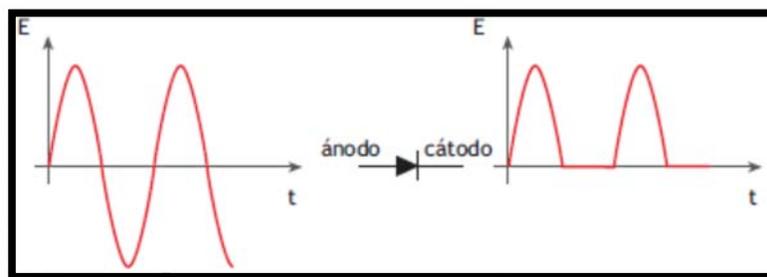
Mediante el principio, existen en el inducido tres devanados iguales e independientes desplazados  $120^\circ$  entre sí. Es frecuente usar abreviaturas para identificar cada uno de los devanados con u, v, w los principios del devanado y con x, y, z los finales. Según el principio de la inducción, al girar el rotor se forma en los devanados tensiones alternas senoidales de igual magnitud y frecuencia. Debido al desplazamiento de  $120^\circ$  entre los devanados, las tensiones generadas que son alternas en los mismos se encuentran desfasadas entre si  $120^\circ$  y por lo tanto están también desfasadas en el tiempo de giro. De esta manera se tiene lugar un ciclo que se repite constantemente. La corriente alterna trifásica resultante produce un campo magnético giratorio en un motor adecuado. Fig. 7



### 2.3.1 Rectificación de la corriente generada

La tensión alterna generada por el alternador trifásico no es la apropiada para la batería del vehículo ni tampoco para la alimentación de las unidades de control que lleva en su interior el vehículo ya que son de control electrónico.

Para rectificar la corriente alterna en corriente continua, utilizaremos diodos. El alternador utiliza el mismo procedimiento, y como que los diodos tienen el mismo tamaño apropiadamente reducido, incluso siendo diodos de potencia, puede incorporarlos a una placa porta diodos que forma parte de las plazas del alternador. Por medio de este puente de diodos se establece la rectificación de la corriente generada. Fig. 8



Fuente: Sistema de carga y arranque, 2012, Margarita Calsina  
Editado por: Erasmo García Ochoa

La corriente llega al diodo por el (ánodo) es alterna y el diodo solamente deja pasar la semiondas positivas, que son las mostradas a la salida del diodo (cátodo).

Los diodos de potencia del alternador de lado positivo y como del lado negativo coinciden en su mayor parte en su función. Sólo se diferencian por su estructura destinada a la rectificación en el alternador y se denominan diodos positivos y diodos negativos.<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Alternadores Bosch, Diodos rectificadores

Los alternadores trifásicos suelen llevar un puente de diodos rectificadores de potencia compuesto por seis unidades, dos para cada una de sus fases.

Las bobinas generadoras de corriente del alternador, colocadas en estrella; el puente de diodos rectificadores y su conexión a la batería de acumuladores. También hay que tener en cuenta la presencia del condensador para absorber las sobre intensidades que se puedan producir durante el funcionamiento del rectificador. Fig. 9

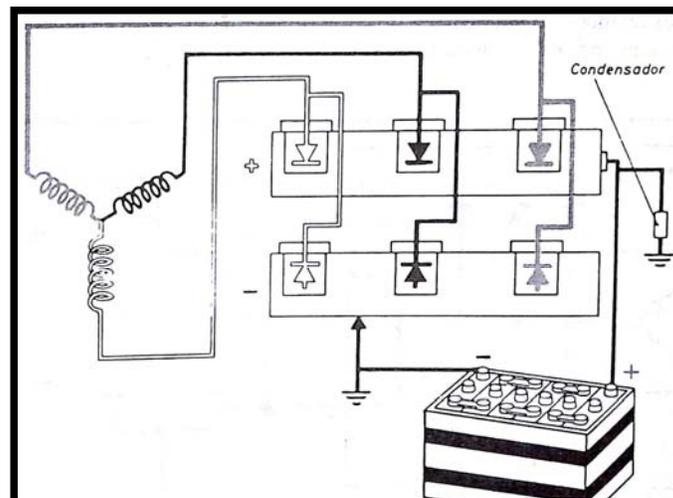


Figura 9. Alternador trifásico con rectificador de 6 diodos  
Fuente: Libro, Electricidad del automóvil – 1, 2011, Vicente castro  
Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

### 2.3.2 Importancia de las polaridades en la batería

Una inversión en la polaridad de la batería o de los cables del alternador conectados al revés en la instalación, dejarían a todo circuito en la condiciones de cortocircuito con la consiguiente posibilidad de un rápido deterioro de los diodos. Fig. 10

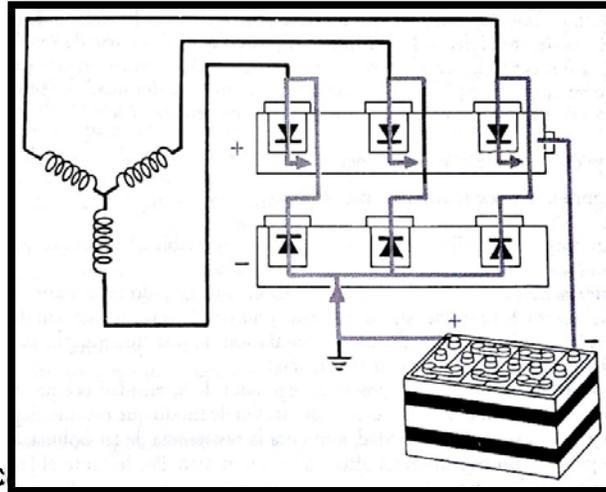


Figura 10. C de polaridad  
 Fuente: Libro, Electricidad del automóvil – 1, 2011, Vicente castro  
 Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

### 2.3.3 Circuitos de corriente del alternador trifásico

Los alternadores trifásicos presentan, en su versión estándar, tres circuitos de corriente:

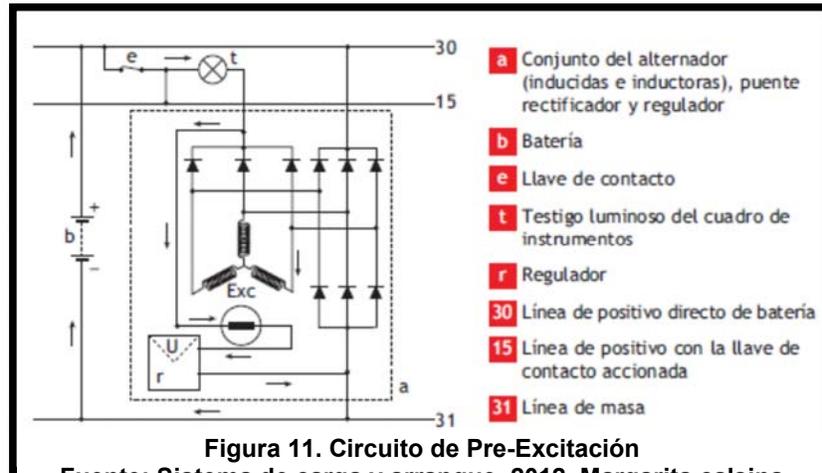
- Circuito de pre-excitación (excitación externa por la corriente de la batería).
- Circuito de excitación (auto-excitación).
- Circuito de alternador o circuito principal.

### 2.3.4 Circuito de Pre-excitación

El circuito de pre-excitación corresponde, al momento de conectar el interruptor de encendido o de contacto, circula energía de la batería, por el indicador de carga luminoso del alternador, y por el devanado de excitación del rotor, y por el regulador a masa. Fig. 11

Esta corriente de la batería origina en el rotor la pre-excitación del alternador.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Alternadores Bosch, Circuito de pre-excitación



¿Por qué es necesaria la pre-excitación?

La tensión inducida por la remanencia en el núcleo de hierro del devanado de excitación es muy baja en la mayoría de los alternadores trifásicos durante el arranque y a bajas revoluciones.<sup>7</sup>

### 2.3.5 Circuito de excitación (auto-excitación)

El circuito de excitación (auto-excitación) parte al momento en el que el MCI del vehículo está girando y, por tanto, el alternador ya está generando electricidad. En este circuito la intensidad de excitación la toman las bobinas inductoras de la salida de las bobinas inducidas.

Las diferencias entre el circuito de pre-excitación y de auto-excitación es que uno lo ejecuta en reposo y el otro en movimiento. Fig. 12

<sup>7</sup> Alternadores Bosch, Circuito de pre-excitación



**Figura 12. Circuito de Excitación**  
 Fuente: Alternador Bosch, 2000, Bosch  
 Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

### 2.3.6 Circuito de corriente del alternador

La corriente alterna es inducida en las tres fases del alternador y tiene que ser rectificadas por el circuito de puente que viene equipado con los diodos de potencia, para allí ser transmitida después a la batería y a todos los componentes consumidores.

La corriente del alternador se divide en corriente de carga de la batería y en la corriente de alimentación de los componentes consumidores. Este efecto viene basado en el hecho de que, para cada una de sus posiciones posibles del rotor, participan todos los diodos en la rectificación. Para que pueda fluir una corriente desde el alternador a la batería, la tensión de aquel debe ser ligeramente superior a la de esta. Fig. 13



**Figura 13. Circuito del alternador**  
 Fuente: Alternador Bosch, 2000, Bosch  
 Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

### 2.3.7 Regulación de la tensión generada

El regulador de tensión del alternador tiene como misión regular la tensión y de mantener constante la tensión del alternador, y la regulación de la corriente en una maquina generadora de tipo dínamo eléctrico y se ha visto que la diferencia en el régimen de giro a que se encuentra sometidas estas máquinas en virtud del giro del MCI determina una mayor o menor producida de valores eléctricos de tensión e intensidad.

Pero al cargar la batería deben considerarse, las propiedades electroquímicas de esta. En valores normales, el nivel al que limita el regulador la tensión del alternador es, en frio 22°, algo mayor en caliente 80°, para mejorar la carga de la batería.

Para controlar los valores de tensión solamente podemos actuar sobre el flujo magnético que, al tratarse de un electroimán, podemos controlar en el sentido de proporcionarle mayor o menor cantidad de corriente con lo que podemos aumentar o disminuir la densidad del flujo magnético y se establece una relación a:

- Mayor número de r/min → menor flujo
- Menor número de r/min → mayor flujo<sup>8</sup>

Los sistemas eléctricos de los automóviles con 12 v de tensión de batería se regulan dentro del campo de tolerancia de 14 v y los de los automóviles con 24 v. Siempre que la tensión generada por el alternador se mantenga inferior a la de regulación, el regulador de tensión no desconecta.<sup>9</sup>

### **2.3.8 Estructura del alternador**

Las distintas versiones de alternadores que existen en el mercado difieren en determinados detalles según el campo de aplicación. En los alternadores de polos intercalados de estructura monoblok vienen instalados en la mayoría de los automóviles a Motor, pero esto ha hecho que cada vez se empleen alternadores más compactos.

Las principales diferencias entre la estructura del alternador compacto y monoblok se diferencia en los dos ventiladores inferiores, los anillos rozantes, más pequeños, y la posición de la placa de los diodos rectificadores, que ahora viene fuera de la placa de cojinetes de los anillos rozantes.

---

<sup>8</sup> Regulador de tensión, Electricidad del automóvil I

<sup>9</sup> Principio de la regulación de tensión, Alternadores Bosch

### 2.3.9 Estator

El estator está conformado por placas de hierro o un núcleo de chapas firme. Entre las que se han dejado ranuras para que se puedan colocar las bobinas. En el alternador, el número de bobinas puede ser variable. En el caso de la figura 14 del estator existen 18 bobinas que se hallan alojadas en 36 ranuras. La conexión en la bobina del estator son de tipo estrella y en los extremos de los cables, señalados en 1, a los terminales de cada una de las fases que son 3 por tratarse de una devanado trifásico, mientras en 3 se observa la clavija de conexión del centro de las bobinas que forma la estrella del devanado. En el terminal 2, corresponde a una conexión a base de clavija plana, para la luz testigo del sistema de carga.



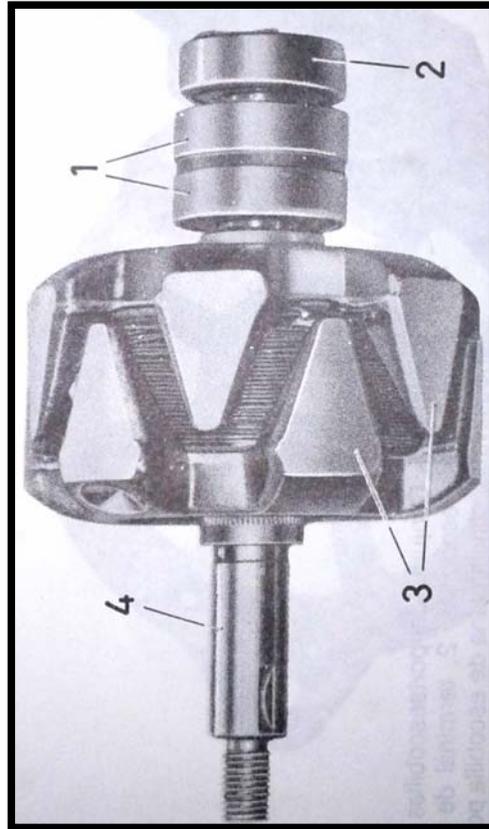
Figura 14. Estator

Fuente: Libro, Electricidad del automóvil – 1, 2011, Vicente castro  
Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

### 2.3.10 Rotor

El rotor tiene un eje y polos magnéticos intercalados, que es el devanado de excitación, ambos actúan como ventiladores, y tiene rodamientos y anillos colectores, el rotor tiene la particularidad de que puede regular el magnetismo de los polos y puede también efectuar la regulación de la corriente producida.

Los rotores constan de dos elementos giratorios polares parcialmente compenetrados y con polos salientes apareados, en cuyo interior se coloca el devanado excitatriz, el cual resulta común para todos los polos. Fig. 15



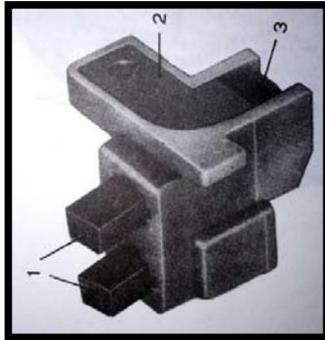
**Figura 15. Rotor**

**Fuente: Libro, Electricidad del automóvil – 1, 2011, Vicente castro  
Editado por: Erasmo Garcia Ochoa**

### **2.3.11 Porta escobillas**

Por medio de las escobillas y los anillos colectores fluye la corriente de excitación hacia el devanado de excitación giratorio, el porta escobillas forma una sola pieza ya que ambas escobillas están muy próximas y no es necesario que ocupen, una posición estratégica como ocurre con las escobillas de los dínamos.

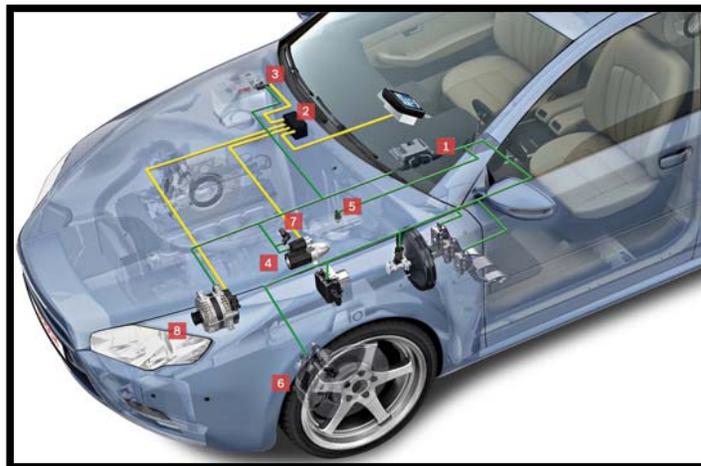
Las escobillas se dividen en escobillas positiva y escobilla negativa y estas se conectan al anillos rozantes que son positivas y negativas. Fig. 16



**Figura 16. Porta escobilla**  
Fuente: Libro, Electricidad del automóvil – 1, 2011, Vicente castro  
Editado por: Erasmo García Ochoa

## 2.4 Motor de arranque

El sistema de motor de arranque gira al cigüeñal del MCI<sup>10</sup> a una velocidad suficiente rápida para encender el MCI. Por medio de un circuito de cables pesados y gruesos ya que por aquí pasa 950 Amperios, los conectores e interruptores, la corriente de la batería viaja al motor de ignición, cual gira el cigüeñal y, cuando todo está trabajando apropiadamente, enciende el motor. Fig. 17

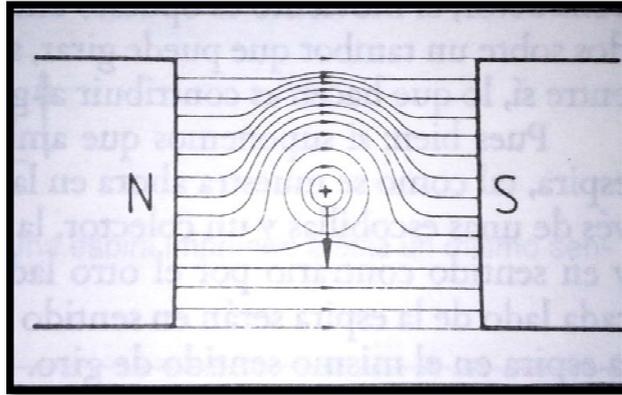


**Figura 17. Componentes del sistema de arranque**  
Fuente: <http://www.autobild.es/practicos/sistema-start-stop-prueba-ahorro-combustible-166409>  
Editado por: Erasmo García Ochoa

<sup>10</sup> Motor de combustión interna.

## 2.4.1 Principio de funcionamiento

Un conductor recorrido por una corriente eléctrica dentro de un campo magnético, aparece una fuerza que tiende a desplazarlo<sup>11</sup>. Fig. 18



**Figura 18. Fuerza de expulsión**  
Fuente: Libro, Electricidad del automóvil – 1, 2011, Vicente castro  
Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

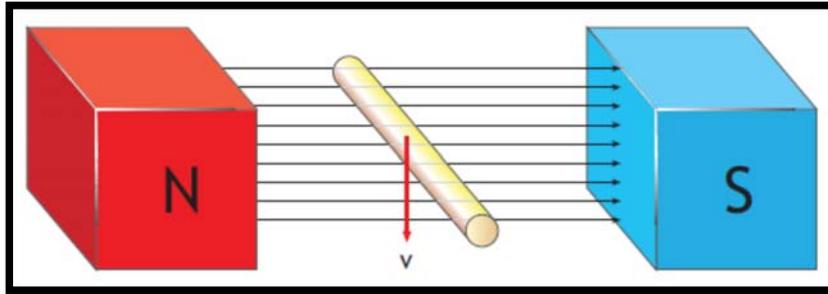
La electricidad se produce cuando un hilo conductor se desplaza cortando las líneas de fuerza de un campo magnético.<sup>12</sup>

Si el conductor se desplazaría perpendicularmente a las líneas de fuerza que se producen en el campo magnético bien sea generado por imanes permanentes o bobinas de campo, pero al cortarlas, se crea electricidad en él.

Todos los imanes tienen un polo sur y un polo norte, de tal forma que si introducimos un imán dentro del campo magnético de otro y los enfrentamos por su mismo polo, estos se repelerán y se producirá un desplazamiento de ambos, generándose una fuerza de repulsión. Fig. 19 y Fig. 20

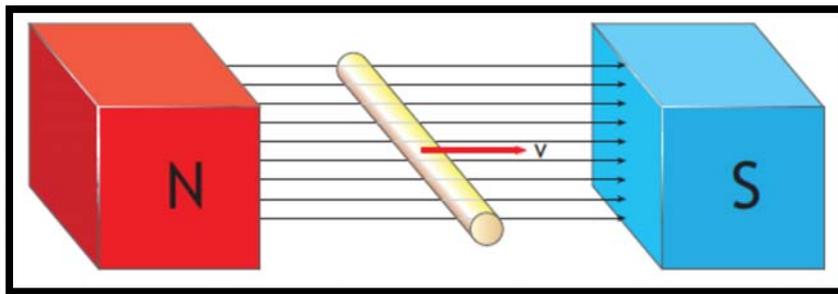
<sup>11</sup> Corriente pasando por un campo magnético, Electricidad del automóvil I

<sup>12</sup> Generación de corriente eléctrica, Sistema de carga y arranque MacMillan



**Figura 19. Transformación de la corriente 1**  
 Fuente: Sistema de carga y arranque, 2012, Margarita Calsina  
 Editado por: Erasmo García Ochoa

Si el conductor se desplazara paralelamente a las líneas de fuerza del campo magnético y, al no cortarlas, no se crea electricidad en él. Fig. 20



**Figura 20. Transformación de la corriente 2**  
 Fuente: Sistema de carga y arranque, 2012, Margarita Calsina  
 Editado por: Erasmo García Ochoa

#### 2.4.2 Regla de la mano izquierda de la intensidad generada

En el sentido del movimiento del conductor depende del sentido de las líneas del campo magnético y de la corriente en el conductor. Dicho sentido se puede determinar mediante la regla de los tres dedos de la mano izquierda. Fig. 21

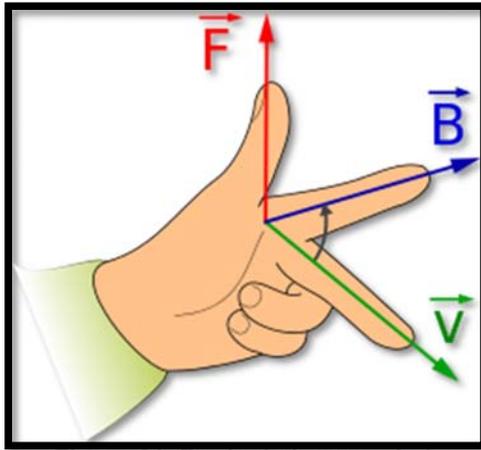


Figura 21. Regla de los tres dedos  
 Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Regla\\_de\\_la\\_mano\\_izquierda](https://es.wikipedia.org/wiki/Regla_de_la_mano_izquierda)  
 Editado por: Erasmo García Ochoa

En la Fig. 22 es una representación gráfica sobre el giro de los motores eléctricos, cuando se produce el movimiento de los conductores a través de un campo magnético.

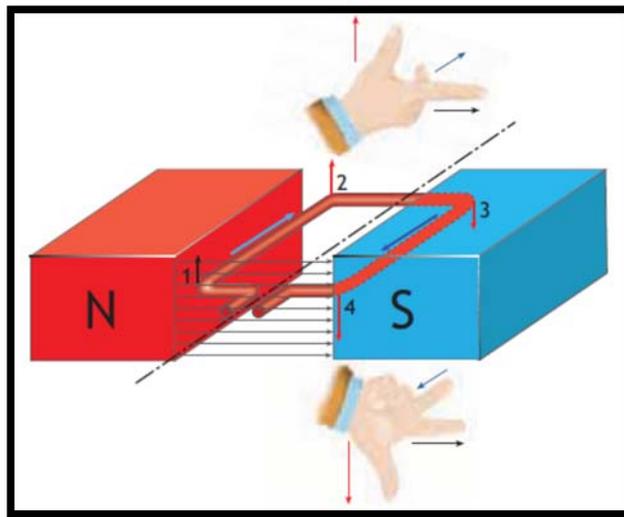
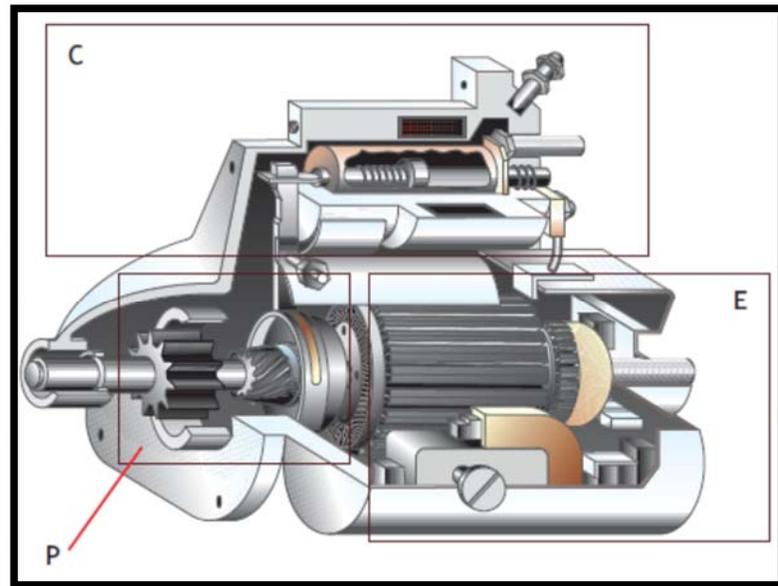


Figura 22. Intensidad generada al girar la espira en el interior del campo magnético  
 Fuente: Sistema de carga y arranque, 2012, Margarita Calsina  
 Editado por: Erasmo García Ochoa

### 2.4.3 Partes del motor de arranque

Las partes que componen el motor de arranque son:

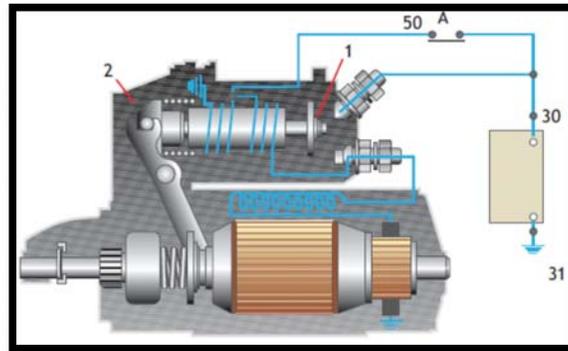
- Motor eléctrico (E): Es el que transforma la energía eléctrica de la batería en un giro.
- Conjunto piñón (P): Es el encargado de transmitir el giro producido por el motor eléctrico hasta el cigüeñal a través del volante de inercia.
- Contactor o automático (C): Conecta y desconecta el piñón con el volante de inercia, pero también tiene la funcionalidad de actuar como relé disminuyendo la caída de tensión entre la batería y el motor eléctrico. Fig. 23



**Figura 23. Partes del motor de arranque**  
Fuente: Sistema de carga y arranque, 2012, Margarita Calsina  
Editado por: Erasmo García Ochoa

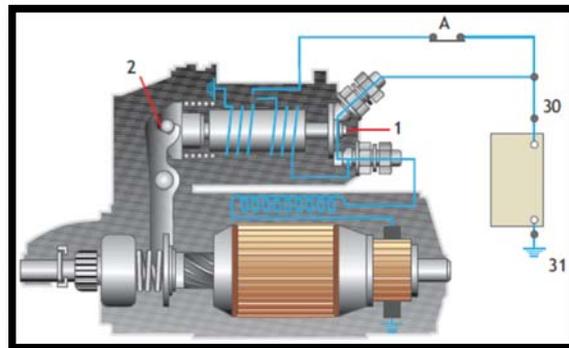
## 2.4.4 Funcionamiento del motor de arranque

Cuando el conductor pone el switch en contacto para arrancar el MCI el núcleo de hierro que posee en su interior el contactor se desplaza, cerrando a si por el extremo 1 y en el circuito directo entre la batería y el motor eléctrico. Mientras por el extremo 2, se desplaza a la horquilla, que a su vez empuja al piñón de ataque hasta hacerlo tener contacto con el volante de inercia. Fig. 24



**Figura 24. Motor de arranque en posición de reposo**  
Fuente: Sistema de carga y arranque, 2012, Margarita Calsina  
Editado por: Erasmo García Ochoa

Cuando el conductor deja de accionar switch (A), el núcleo de hierro vuelve a la posición de reposo y con él la horquilla (2), a la vez que el circuito batería- motor eléctrico queda abierto. Fig. 25



**Figura 25. Motor de arranque en posición de funcionamiento**  
Fuente: Sistema de carga y arranque, 2012, Margarita Calsina  
Editado por: Erasmo García Ochoa

## CAPITULO III

### DISEÑO DEL BANCO DE ENTRENAMIENTO

El diseño es para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema. Si el resultado de la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable y útil.<sup>13</sup>

Los elementos de las estructuras deben resistir ciertas cargas aplicadas transversalmente a cada eje. En una viga genérica con todas las fuerzas en el mismo plano aparecerán tres componentes de las fuerzas internas en cada sección, axial  $N$ , cortante  $V$  y momento flector  $M$ .

#### 3.1 Cálculos de los esfuerzos de flexión

El esfuerzo de flexión simples y combinados se obtienen cuando, se aplican encima de un cuerpo un par de fuerzas que están actuando perpendicularmente a su eje longitudinal, y esto provocaría un giro de cada sección transversal con respecto a los inmediatos. Fig. 26

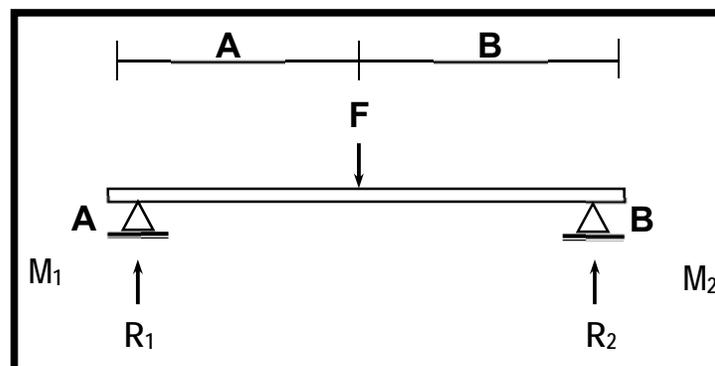


Figura 26. Fuerzas del esfuerzo de flexión  
Fuente: Erasmo García Ochoa

<sup>13</sup> El Diseño, Diseño en ingeniería mecánica de Shigley

## Fórmula de los esfuerzos de flexión

$$W = mg$$

$$W = \text{Peso (kg)}$$

$$g = \text{Gravedad } \frac{m}{s^2}$$

## Datos (medidas del banco de entrenamiento de alternadores y motor de arranque)

$$a = 70 \text{ cm} \sim 700 \text{ mm}$$

$$m = 64 \text{ kg}$$

$$g = 9.81 \frac{m}{s^2}$$

## Resolución

$$W = (64)(9.81)$$

$$f = 1.5$$

$$f = \text{Factor de seguridad}^{14}$$

$$(W)(f) = (627.84)(1.5) = 941.76 \text{ N} = F \sim \text{Fuerza}$$

## Esfuerzo de corte y flexión

$$\Sigma F = 0$$

$$0 = F - R_1 - R_2$$

$$F = R_1 + R_2$$

$$F = 2R$$

$$941.76 = 2R$$

$$R = 470.88 \text{ N}$$

$$\Sigma M = 0$$

$$\Sigma M_A = R_2(a + b)$$

$$\Sigma M_B = R_1(a + b)$$

$$\rightarrow R_1 = R_2$$

---

<sup>14</sup> El coeficiente de **seguridad** (también conocido como **factor de seguridad**) es el cociente entre el valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido.

### 3.2. Cálculo de instalación de motor eléctrico

Las bases del motor eléctrico, donde será colocado el motor deben ser planas y, si es posible, han de estar exentas de vibraciones. Las bases del motor pueden ser fijas o elásticas.<sup>15</sup> Fig. 27

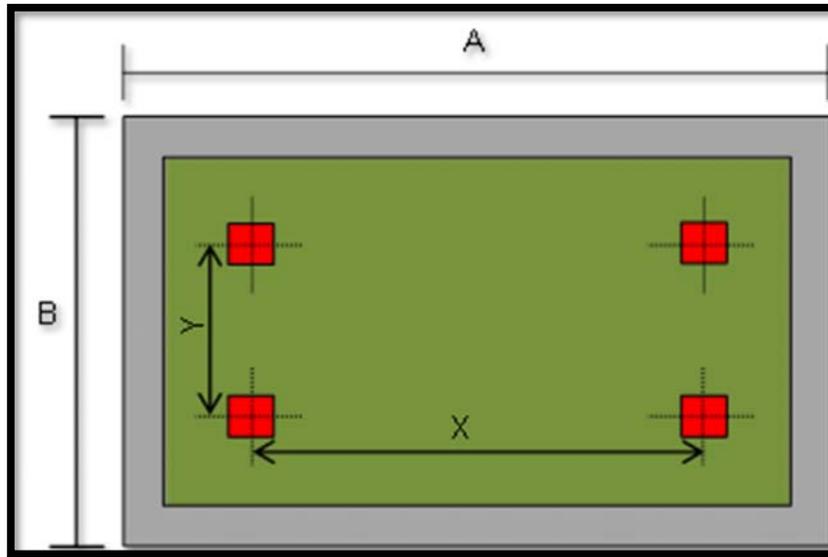


Figura 27. Dimensiones a tomar de la base de un motor eléctrico  
Fuente: Maquinas eléctricas, 2012, Orrego  
Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

Los esfuerzos sobre la base pueden ser calculados mediante las siguientes ecuaciones:

$$F_1 = +0.5. m. g + \frac{(4. C_{max})}{(A)}$$

$$F_2 = +0.5. m. g - \frac{(4. C_{max})}{(A)}$$

<sup>15</sup> Condiciones mecánica, Maquinas eléctricas

Dónde:

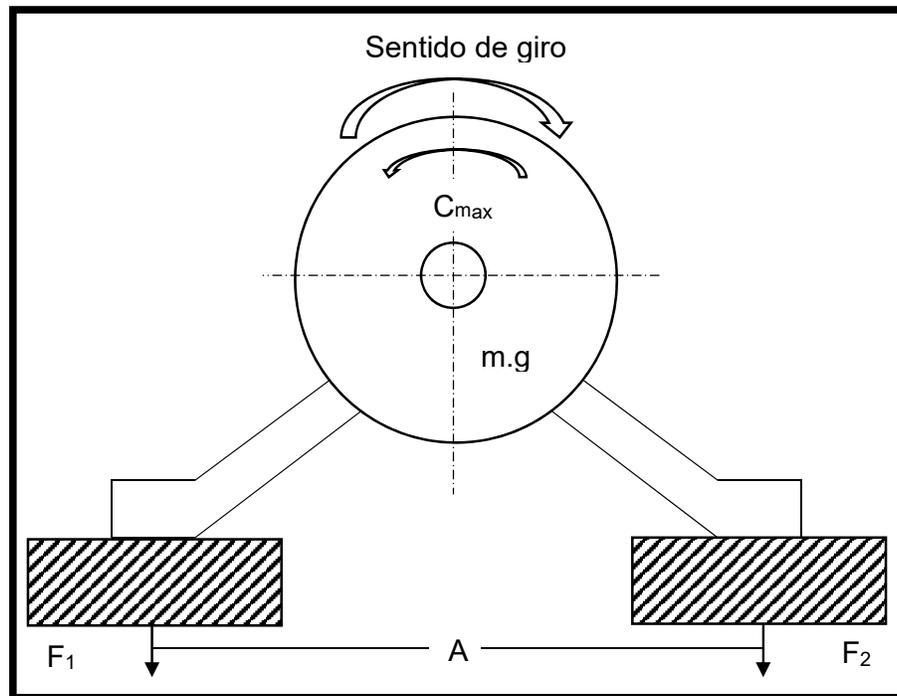
$F_1$  y  $F_2$ : Esfuerzo de los pies sobre la base (N).

$g$ : Aceleración de la gravedad ( $9.81 \frac{m}{s^2}$ ).

$m$ : Masa del motor (en Kg).

$C_{max}$ : Par motor máximo (Nm).

$A$ : Se obtiene del dibujo dimensional del motor (m)



**Figura 28. Esfuerzo sobre la base del motor**  
Fuente: Maquinas eléctricas, 2012, Orrego  
Editado por: Erasmo García Ochoa

Desarrollo

$$F_1 = +0.5 \cdot 220 \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} + \frac{(4 \cdot 1492 \text{ Nm})}{(0.15 \text{ m})}$$

$$F_1 = 40,859 \text{ N}$$

$$F_2 = +0.5 \cdot 220 \cdot 9.81 \frac{m}{s^2} - \frac{(4 \cdot 1492 \text{ Nm})}{(0.15 \text{ m})}$$

$$F_2 = 38.701 \text{ N}$$

### 3.3. Selección de materiales

A continuación se detallarán los materiales que se utilizaron para realizar la estructura de la maqueta. Tabla. 1 y 2

Tabla 1. Materiales

Cant	Descripción
2	Planchas de acero 3m * 1m
2	Tubos cuadrados de 1" * 1"
4	Garruchas
20	Tornillos acerados
5	Libras de soldadura 6011
20	Remaches
1	Galón de pintura azul marino
3	Galones de diluyente
1	Litro de masilla
5	Planchas de lijas

<b>2</b>	Juego de manijas para puertas
----------	-------------------------------

Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

**Tabla 2. Herramientas**

<b>Cant</b>	<b>Descripción</b>
<b>1</b>	Máquina de soldar
<b>1</b>	Amoladora
<b>1</b>	Taladro
<b>1</b>	Disco de corte 4 ½" 1/16
<b>5</b>	Lija # 80
<b>15</b>	Lija # 600
<b>1</b>	Compresor de aire

Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

En este proyecto se utilizaron materiales de alta resistencia, porque los elementos que se instalarían tenían un peso considerable, y requerían materiales estables para la utilización del motor eléctrico ya que este proporcionaría vibraciones al banco de entrenamiento completo y con estos materiales y estructura robusta evitaríamos que el proyecto tenga vibraciones no requeridas para la misma para la reducción se utilizó una banda de una longitud de 1m.

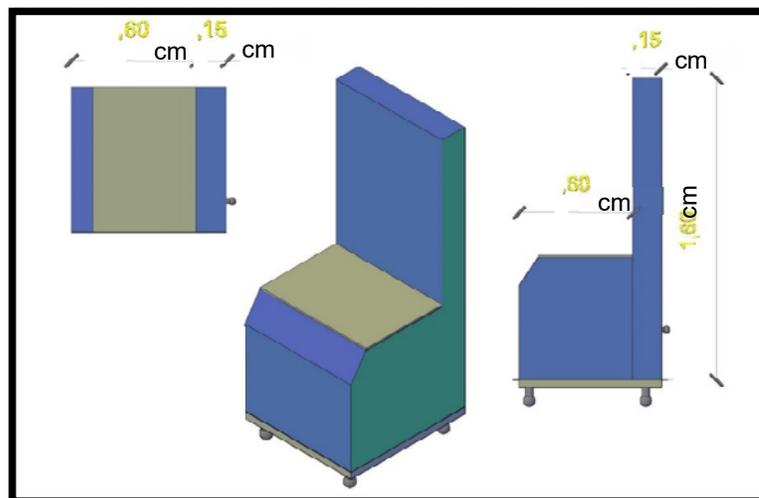
### **3.4. Diseño de la estructura del banco de entrenamiento**

El diseño del banco de entrenamiento se empleó un área de 70 x 60 cm, en el cual un área en especial está destinada para posicionamiento del motor de arranque y alternador como se muestra en la Fig. 29.



Figura 29. Diseño de banco  
Fuente: Erasmo Garcia Ochoa

La distribución de los espacios, donde se ubican el alternador y el motor de arranque es un área elegida de manera eficiente. El panel de control necesita soportar condiciones extremas de trabajo como, movimiento brusco, temperatura alta de trabajo, ergonomía de trabajo, esta parte es muy importante porque el momento de las prácticas el panel es cómodo para observar los parámetros de mediciones y accionamiento del mismo ya que este panel tiene una inclinación de 30 °. Esto lo hace visiblemente cómodo y los switch de accionamiento tienen luces indicadoras para evitar equivocaciones al momento de realizar las prácticas. Fig. 30



## CAPITULO IV

### CONSTRUCCIÓN DEL BANCO DE ENTRENAMIENTO

#### 4.1 Tablero indicador de luces

Para la instalación del tablero de focos indicadores, se procedió a retirar la protección del acrílico y, posteriormente se pegó el vinil con el diseño que se muestra en la siguiente figura 31.

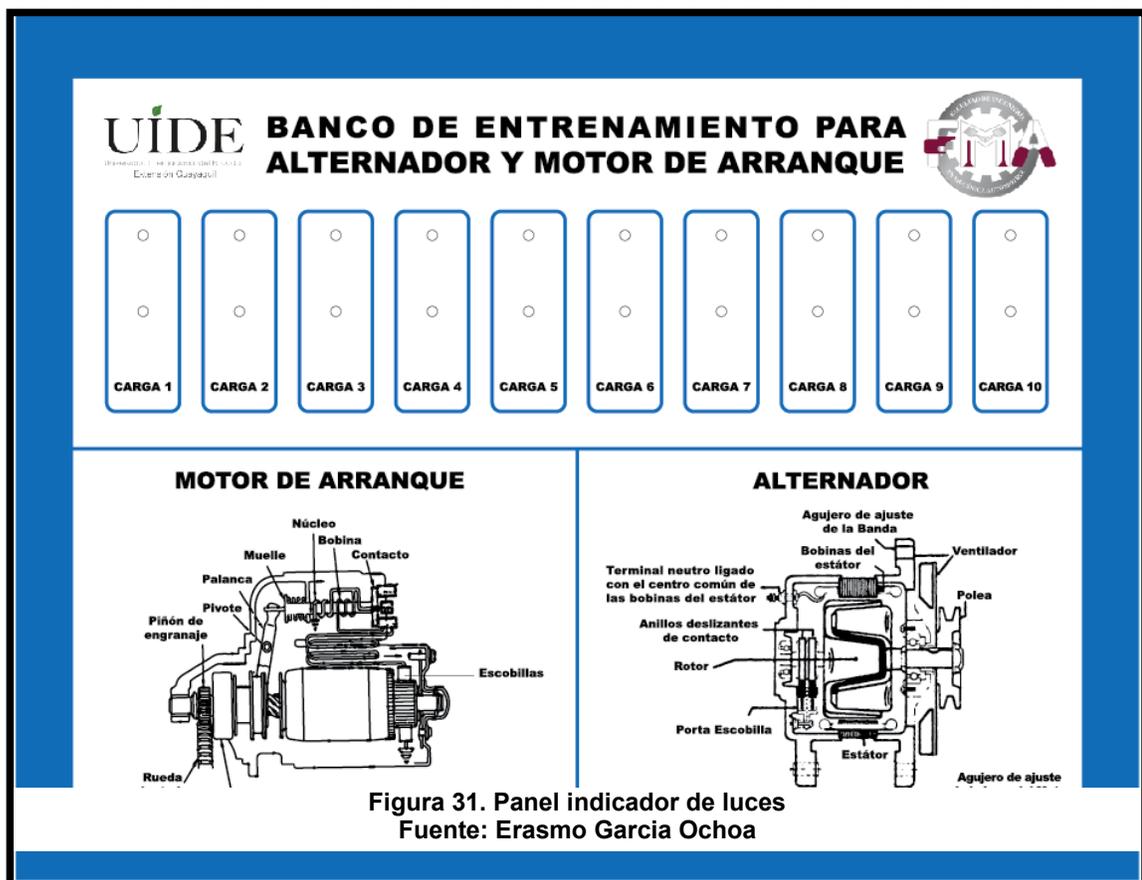


Figura 31. Panel indicador de luces  
Fuente: Erasmo Garcia Ochoa

Figura 30. Vistas del diseño de banco  
Fuente: Erasmo Garcia Ochoa

Para la instalación de los elementos en el acrílico, primero se procedió al perforado del mismo, ya que este procedimiento es más sencillo sin que se halle pegado primero el vinil, ya que si este está colocado pudiera dañarse y sería una pérdida de tiempo. Fig. 32



Fuente: Erasmo Garcia Ochoa

## **4.2 Instalación de componentes del banco de entrenamiento**

### **4.2.1 Instalación de motor de arranque**

El motor de arranque tiene 2 entradas de corriente que son el positivo directo de la batería y la otra entrada la señal del switch puesta en contacto al momento de arranque. Fig. 33



Fuente: Erasmo Garcia Ochoa

Para la selección del motor de arranque se consideró que tiene todos los elementos mecánicos con fines didácticos y datos del fabricante del mismo su datos están reflejados en un banco de pruebas con todas la variables que se aplican al momento de someter a pruebas al motor de arranque. Tabla. 3

**Tabla 3. Datos Motor de arranque**

<b>Starter Type</b>	<b>Toyota</b>
<b>Starter Model</b>	Stout
<b>Rated Power</b>	1.40 KW
<b>Rated Voltage</b>	12.00 V
<b>Max Power</b>	1.57 KW
<b>Max Torque</b>	21 Nm
<b>Max Ampere</b>	591 Amp

Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

Para instalación definitiva en el banco de entrenamiento la base del motor de arranque se fijó sus bases con máquina de soldar para evitar vibraciones del mismo. Fig.34



Fuente: Erasmo Garcia Ochoa

#### 4.2.2 Instalación alternador

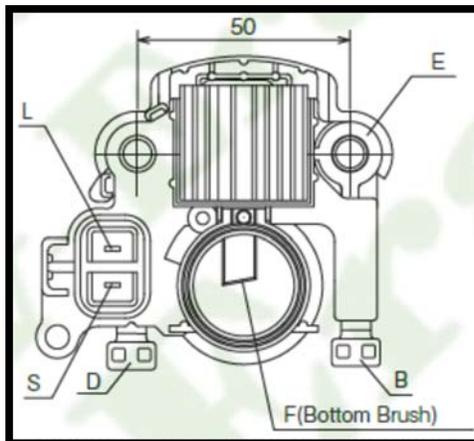
Para instalación del alternador se tomó en cuenta la posición que debía tener el mismo con respecto al motor eléctrico ya que estos dos elementos deben estar totalmente alineados para evitar que la correa o banda de canales se desmonte al momento de que se accione el motor eléctrico. Fig. 35



Fuente: Erasmo Garcia Ochoa

Este alternador se lo seleccionó ya que este incorpora unos de los reguladores ver Fig. 36. más eficientes del mercado que es la marca Mitsubishi en la siguiente tabla se verá cómo se comporta en el banco de prueba de alternadores.

El alternador tiene un terminal (B+) y el conector para el regulador. Fig. 36, Tabla.4



Fuente: Catálogo de reguladores NEW-ERA  
Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

Tabla 4. Datos Alternador

<b>Max Alternator Output</b>	<b>Amp</b>	<b>97.3</b>
<b>Max Output Power</b>	Watts	1313.55
<b>Alternator Turn On Speed</b>	RPM	1147
<b>Speed @ 0 Amp</b>	RPM	1197
<b>Voltaje Regulator set point</b>	Volts	14.75

Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

Los parámetros que se utilizaron en la instalación son que la base del alternador debe ser bien elástica para que al momento de colocarlo no transmita las vibraciones del alternador generadas por su uso al banco de entrenamiento ya que como se entiende las vibraciones son la causa número uno de daño a elementos fijo, con este conocimiento se procedió a colocarlo teniendo en cuenta que el ajustador del alternador debe ser regulable para propósitos de que, cuando se requiera desmontarlo para un chequeo sea de una manera muy cómoda y segura.

La banda o correa debe ser la adecuada para el ajuste por eso se eligió una banda que cumpla con esos requerimientos, la banda que se eligió es una (5PK 1260) que es una banda de canales adecuada para el alternador del banco de entrenamiento. Fig. 37



Para la protección de los usuarios se implementó un protector para la banda para evitar accidentes. Fig. 38

**Figura 38. Alternador con su protección de banda**  
Fuente: Erasmo Garcia Ochoa



#### **4.3.3 Instalación de circuito de control del motor eléctrico**

Para instalación del circuito se utilizó elementos, de control eléctrico industrial tales como, Breakers, contactores, fusileras, toma múltiple, clavija industrial eléctrica. Estos elementos se detallaran a continuación:

**Figura 37. Banda del alternador**  
Fuente: Erasmo Garcia Ochoa

Fusileras: Este elemento es de suma importancia porque al momento de existir una sobre carga, ellos se volaran y protegerá al sistema completamente, en estas fusileras se utilizó fusibles industriales de 30 amp. Fig. 39



**Figura 40. Breakers**

Fuente: <http://www.schneider-electric.com/>  
Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

Breakers: Este elemento es de suma importancia al momento de existir un cortocircuito que los fusibles no hayan detectado. Fig. 40



Contactora (Contactora auxiliar): Este elemento actúa como un relé automatizado pero con la capacidad de que funciona con altos voltajes, este elemento es de suma importancia porque comanda a los botones de On y Off del encendido del motor eléctrico. Fig. 41

**Figura 39. Fusileras industriales**

Fuente: <http://www.camsco.com.tw/spa/fuse-link-base/RT-18-32A.html>  
Editado por: Erasmo Garcia Ochoa



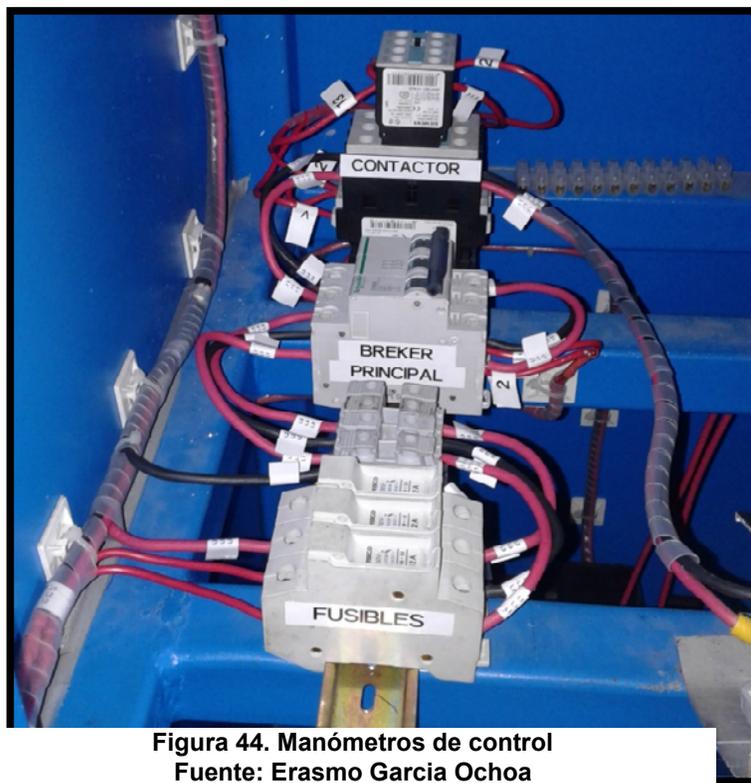
**Figura 42. Clavija industrial**  
**Fuente: [www.directindustry.es](http://www.directindustry.es)**  
**Editado por: Erasmo Garcia Ochoa**

Clavija industrial: Este tipo de conector es muy importante ya que este es muy seguro ya que actúa como seguro al momento de conectarlo. Fig. 42



**Figura 41. Contactor**  
**Fuente: <http://www.siemens.com.mx/>**  
**Editado por: Erasmo Garcia Ochoa**

Para la instalación eléctrica se utilizó cable # 10 para las fases principales y cable # 16 (3 a 1.8 Amp). Para el control del panel principal, en el diagrama se podrá observar la conexión eléctrica correcta. Fig. 43



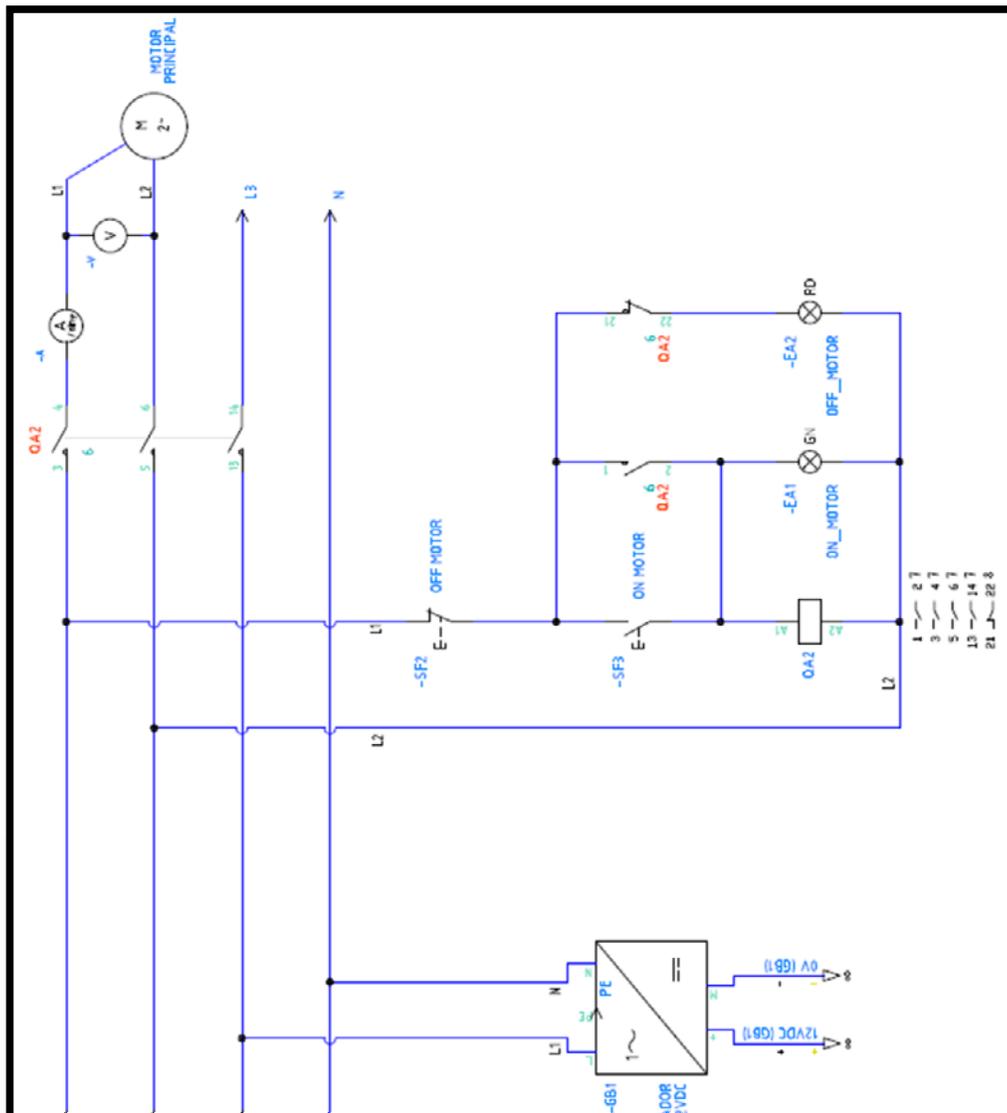
**Figura 44. Manómetros de control**  
Fuente: Erasmo Garcia Ochoa

Para el control del amperaje y voltaje del sistema eléctrico de potencia se implementó unos manómetros para controlar al motor eléctrico al momento que el alternador esté funcionando de manera correcta. Fig. 44



**Figura 43. Instalación eléctrica**  
Fuente: Erasmo Garcia Ochoa

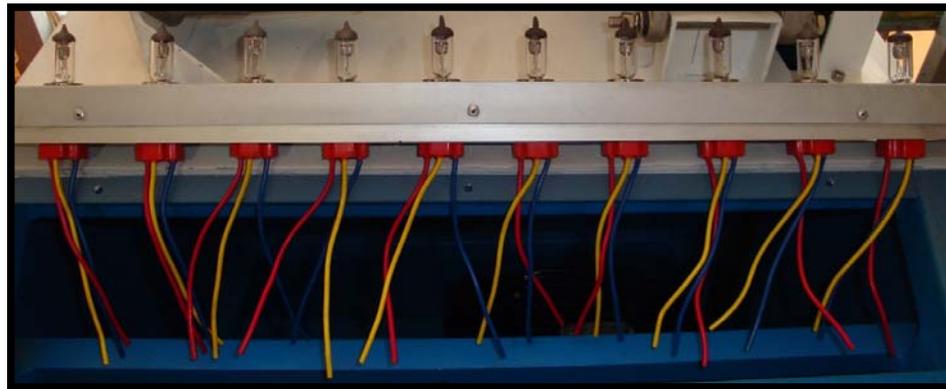
El diagrama general del circuito eléctrico de potencia se realizó con normas europeas para mejor conocimiento ya que, con esas normas nos manejamos a nivel nacional. Fig. 45



#### **4.3.4 Instalación eléctrica de halógenos**

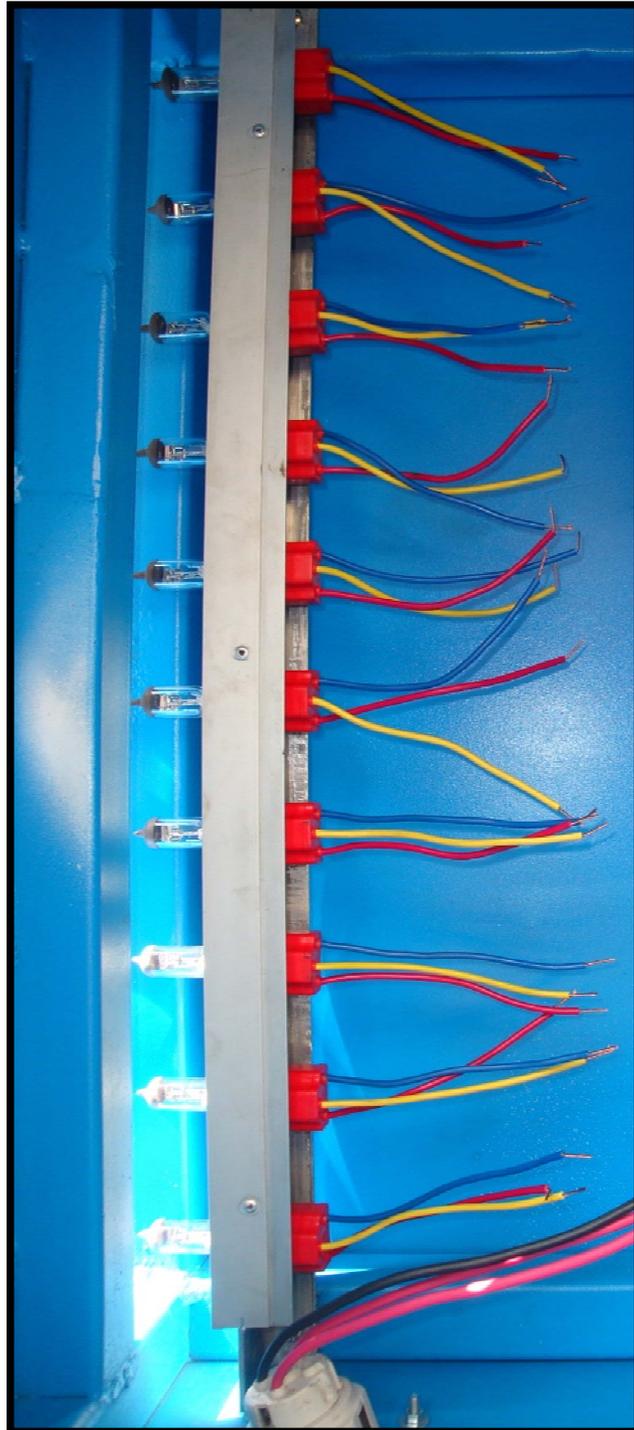
En esta sección se detallará como fué realizada la instalación eléctrica del control para los 12 voltios del sistema, para el banco de entrenamiento esta parte es de suma importancia.

La primera parte fue la instalación de los halógenos, con los cuales se suministrará carga al alternador al momento de funcionamiento, se utilizó halógeno H4 60/55 W y una regleta para su posicionamiento seguro en la parte posterior del banco de entrenamiento. Fig. 46



**Figura 46. Instalación de halógenos H4**  
**Fuente: Erasmo Garcia Ochoa**

Para el posicionamiento hay que tomar en cuenta que los halógenos tienen alta luminosidad, y por ende también emiten calor radiante que puede derretir cualquier elemento plástico cercano a ellos, por eso su posición se hizo entre dos vigas para así evitar tener contacto cercano con el acrílico del panel principal. Fig. 47, 48



**Figura 47. Posicionamiento de halógeno H4**  
**Fuente: Erasmo Garcia Ochoa**

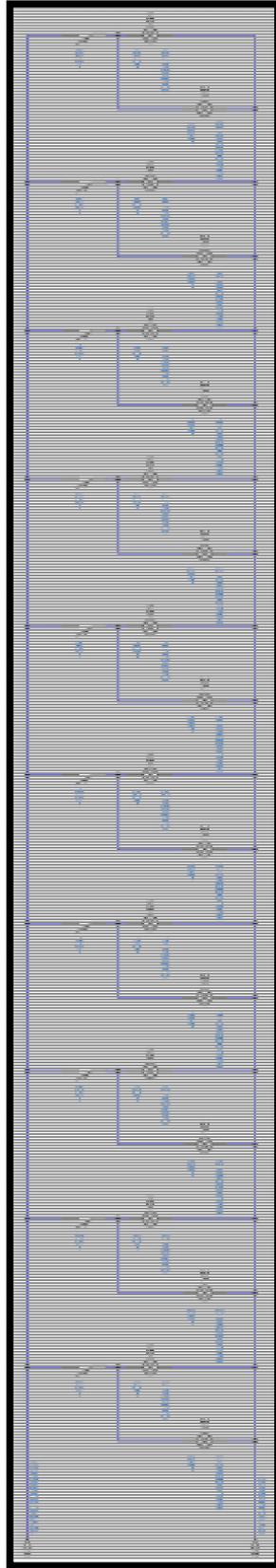


Figura 48. Diagrama eléctrico de halógeno H4  
Fuente: Erasmo García Ochoa

#### 4.3.5 Instalación de control 12 v

En esta sección se procederá a la instalación de control de todo el sistema de 12 v, para esto se utilizó relé de contactos, switch, sockets, terminales de batería. Fig. 49

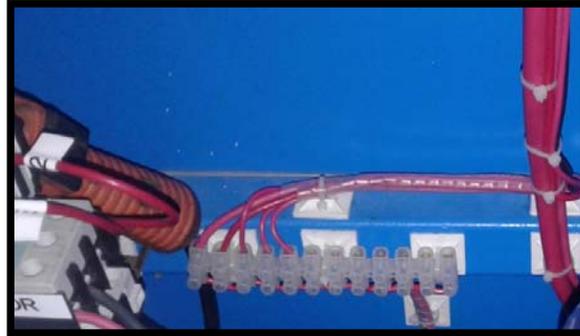


**Figura 49. Relés de control**  
**Fuente: Erasmo Garcia Ochoa**

Para la conexión en general se utilizó borneras para, tomar corrientes positivas y negativas están ubicadas en la parte posterior del banco.

Los instrumentos de medición que se utilizaron son: Voltímetro, amperímetro, indicador de carga y puntas de pruebas.

Para la instalación del sistema eléctrico se utilizó las borneras para lado positivo, y negativo. Fig. 50



**Figura 50. Borneras para sistema eléctrico**  
Fuente: Erasmo Garcia Ochoa

En la instalación el sistema principal de control pasa por un relé principal que para su funcionamiento, se activa por medio de señal negativa para evitar, los amperajes altos en los conductores, ya que el relé podría absorber esos amperajes, sin ninguna dificultad. Y también el relé tiene la función de enviar corriente positiva a los switch para encender sus focos, e indicar cuando los switch estén encendidos. Fig. 51



**Figura 51: Panel de control**  
Fuente: Erasmo Garcia Ochoa

El diagrama eléctrico se especifica la conexión en el banco de entrenamiento.  
 Fig. 52

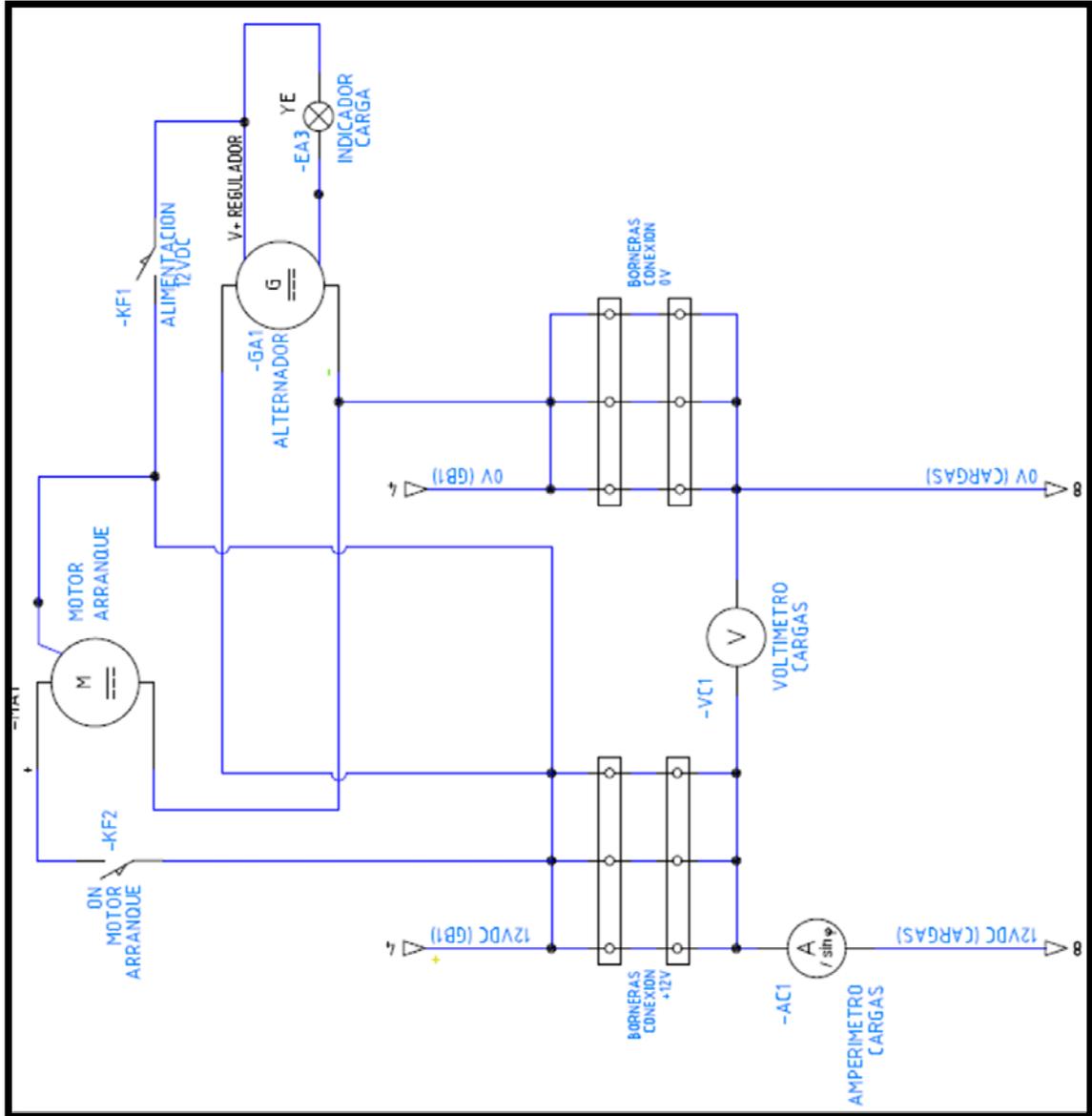


Figura 52. Diagrama para sistema eléctrico 12v  
 Fuente: Erasmo Garcia Ochoa

- Alimentación 12 v

Para el suministro de energía al sistema eléctrico de 12v, se utilizó una batería / arrancador el cual suministra 12.70 volt. Fig. 53. A todo el sistema, pero como este equipo se puede cargar eléctricamente con corriente alterna de 110 volt, para hacer esta conexión se tomó una fase y un neutro para carga como se especifica en el diagrama eléctrico de la figura 45.



**Figura 53. Batería / Arrancador del sistema eléctrico 12 volt**  
Fuente: Erasmo Garcia Ochoa

## CAPÍTULO V

### PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

#### 5.1 Prueba del alternador

Los alternadores se clasifican en alternador con regulador incorporado y regulador externo los cuales igual tienen la misma función que es, suministrar energía a la batería.

Las pruebas que se le pueden realizar al alternador son:

- Con una pinza amperimétrica, se miden los amperios del alternador o también al consumo del sistema de carga. Fig. 54



Figura 54. Prueba de alternador con pinza amperimétrica  
Fuente: Erasmo Garcia Ochoa

- Con un voltímetro, se miden los voltajes generados por el alternador. Fig. 55



Figura 55. Prueba de alternador con voltímetro  
Fuente: Erasmo Garcia Ochoa

Tabla de parámetros medidos de amperios y voltajes.

Tabla 5. Tabla de parámetros de mediciones

Watt / Cada foco	Voltaje	Amperios de consumo
60 watt	13.5	4.44 amp / Cada foco
Voltaje sin carga		Voltaje con carga
13.5 v		14.5

Editado por: Erasmo Garcia Ochoa

## 5.2 Prueba del motor de arranque

Los motores de arranque se pueden diagnosticar por medio de las caídas de voltaje al momento de arranque o los amperios consumido por el mismo hacia la batería.

## **CAPÍTULO VI**

### **ELABORACIÓN DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO Y FUNCIONAMIENTO DEL BANCO DE ENTRENAMIENTO**

#### **6.1 Elaboración de una guía para el docente**

##### **Introducción**

El banco de entrenamiento de motor de arranque y alternador es de mucha utilidad para el estudiantado, ya que se conocerán el funcionamiento correcto de los sistemas antes mencionado, se podrá medir, comparar, y hacer muestreo de tomas en el banco de entrenamiento.

##### **Objetivos**

- Analizar cada uno de los sistemas instalados en el banco de entrenamiento.
- Inducir al estudiante a la parte práctica experimental para que refuerce sus conocimientos sobre los funcionamientos de los sistemas del banco de entrenamiento.

##### **Información de seguridad**

##### **¡ATENCIÓN!**

- Verificar que todo esté en buen estado antes de su operación.
- Usar mandil, guantes, botas de seguridad.
- Identificar los componentes antes de usarlos.
- Verificar que la banda del alternador tenga su protección.
- No manipular innecesariamente los paneles de control.

## **General**

### **¡ATENCIÓN!**

Este manual redactado contiene las instrucciones para la operación y el mantenimiento del proyecto.

- El banco debe una limpieza adecuada.
- El banco debe darse limpieza sin trapos húmedos ya que puede actuar como conductor de energía y podría electrocutar al operario.
- El proyecto tiene un motor eléctrico que funciona con una banda o correa que acciona al alternador, se recomienda si va a dar mantenimiento a estos elementos estar seguro que el botón de paro principal este activado ya que este permite el corte total de la corriente, porque si no se hace puede accionarse involuntariamente el motor eléctrico y podría desmembrar un dedo o una mano.
- Cuando se realice mediciones en el alternador evitar que los cables hagan contacto con el proyecto porque podría averiar seriamente al regulador del alternador ya que este es muy sensible a las corrientes producidas en corto circuitos.
- No introducir objetos ajenos a las terminales de punta de pruebas.
- Accionar los switch del panel principal y tablero de control con cuidado ya que son elementos de trabajo no muy pesados.
- Retirar la toma de la clavija de electricidad con mucho cuidado evitando tener contacto con sus puntas.
- Los seguros de las puertas siempre tenerlos con lubricación para que la oxidación no ataque sus partes y así evitando su posterior deterioro.

## 6.2 Elaboración de guías prácticas para los estudiantes

	<b>UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL EDUADOR</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ</b> <b>SEDE GUAYAQUIL</b> <i>Marzo 2016 – Agosto 2016</i>	
---	--	---

ASIGNATURA	CÓDIGO	NIVEL	FECHA	TIEMPO
				1h.

LABORATORIO O TALLER	PRÁCTICA N°	NOMBRE DE LA PRÁCTICA
Taller Automotriz Centro		Inducción a los instrumento de medición.

1.	PROPÓSITO
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Conocer e interpretar los instrumentos de medición.</li> </ul>

2.	OBJETIVOS (Competencias)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entender cómo se toman las mediciones con los equipos de diagnóstico.</li> </ul>

3.	FUNDAMENTO TEÓRICO
	Principales mediciones del sistema de carga y de arranque. Funcionamiento de los sistemas.

4.	RECURSOS		
	EQUIPOS	MATERIALES	INSUMOS
	Banco de entrenamiento para realizar las mediciones	Computadora para practica	

5.	ESQUEMA

<b>6.</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar las funciones que posee los instrumentos de medición utilizados</li> <li>• Investigar sobre conceptos de voltaje, resistencia, corriente y frecuencia.</li> <li>• Describir las mediciones que se puede realizar en la maqueta.</li> <li>• Realiza las mediciones con el multímetro</li> <li>• Realizar las mediciones con el Osciloscopio</li> <li>• Analizar los Oscilogramas.</li> <li>• Presentar un informe correspondiente</li> </ul>

<b>7.</b>	<b>CALCULOS Y RESULTADOS</b>

<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>

<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>

*NOTA: Por favor colocar la firma digitalizada.*

<b>ESTUDIANTE</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ENCARGADO DE LABORATORIO</b>

	<b>UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL EDUADOR</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ</b> <b>SEDE GUAYAQUIL</b> <i>Marzo 2016 – Agosto 2016</i>	
---	--	---

ASIGNATURA	CÓDIGO	NIVEL	FECHA	TIEMPO
				1h.

LABORATORIO O TALLER	PRÁCTICA N°	NOMBRE DE LA PRÁCTICA
Taller Automotriz Centro		Inducción al sistema de carga.

1.	PROPÓSITO
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entender cómo funciona el alternador.</li> </ul>

2.	OBJETIVOS (Competencias)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entender cómo funciona el alternador y como se toman las mediciones con los equipos de diagnóstico.</li> <li>Graficar la mediciones tomadas.</li> </ul>

3.	FUNDAMENTO TEÓRICO
	Principales mediciones del sistema de carga y de arranque. Funcionamiento de los sistemas.

4.	RECURSOS		
	EQUIPOS	MATERIALES	INSUMOS
	Banco de entrenamiento para realizar las mediciones	Computadora para practica	

5.	ESQUEMA

<b>6.</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar las partes y funciones del alternador</li> <li>• Investigar los tipos de alternadores y reguladores</li> <li>• Investigar sobre la selección de un alternador para un vehículo</li> <li>• Investigar sobre conceptos de voltaje, amperios.</li> <li>• Describir las mediciones que se puede realizar en la maqueta.</li> <li>• Realiza las mediciones con el multímetro</li> <li>• Realizar las mediciones con el Osciloscopio</li> </ul>

<b>7.</b>	<b>CALCULOS Y RESULTADOS</b>

<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>

<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>

NOTA: Por favor colocar la firma digitalizada.

<b>ESTUDIANTE</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ENCARGADO DE LABORATORIO</b>

	<b>UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL EDUADOR</b> <b>FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA AUTOMOTRIZ</b> <b>SEDE GUAYAQUIL</b> <i>Marzo 2016 – Agosto 2016</i>	
---	--	---

ASIGNATURA	CÓDIGO	NIVEL	FECHA	TIEMPO
				1h.

LABORATORIO O TALLER	PRÁCTICA N°	NOMBRE DE LA PRÁCTICA
Taller Automotriz Centro		Inducción al sistema de arranque.

1.	PROPÓSITO
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entender cómo funciona el motor de arranque.</li> </ul>

2.	OBJETIVOS (Competencias)
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entender cómo funciona el motor de arranque y como se toman las mediciones con los equipos de diagnóstico.</li> <li>Graficar la mediciones tomadas.</li> </ul>

3.	FUNDAMENTO TEÓRICO
	Principales mediciones del sistema de carga y de arranque. Funcionamiento de los sistemas.

4.	RECURSOS		
	EQUIPOS	MATERIALES	INSUMOS
	Banco de entrenamiento para realizar las mediciones	Computadora para practica	

5.	ESQUEMA

<b>6.</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar las partes y funciones del motor de arranque</li> <li>• Investigar sobre motores de arranque de voltaje 24v</li> <li>• Investigar y comparar curvas de funcionamiento de motor de arranque</li> <li>• Investigar sobre conceptos de voltaje, amperios.</li> <li>• Describir las mediciones que se puede realizar en la maqueta.</li> <li>• Realiza las mediciones con el multímetro</li> <li>• Realizar las mediciones con el Osciloscopio</li> <li>• Presentar un informe correspondiente.</li> </ul>

<b>7.</b>	<b>CALCULOS Y RESULTADOS</b>

<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>

<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>

NOTA: Por favor colocar la firma digitalizada.

<b>ESTUDIANTE</b>	<b>COORDINADOR DE LABORATORIO</b>	<b>ENCARGADO DE LABORATORIO</b>

## CAPÍTULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 Conclusiones

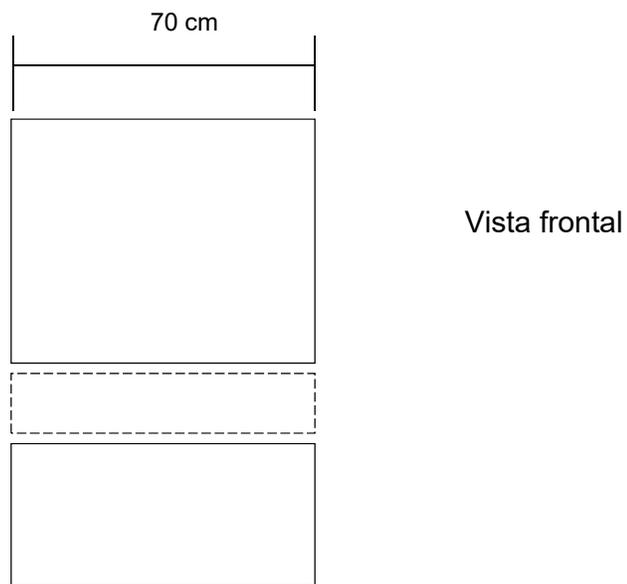
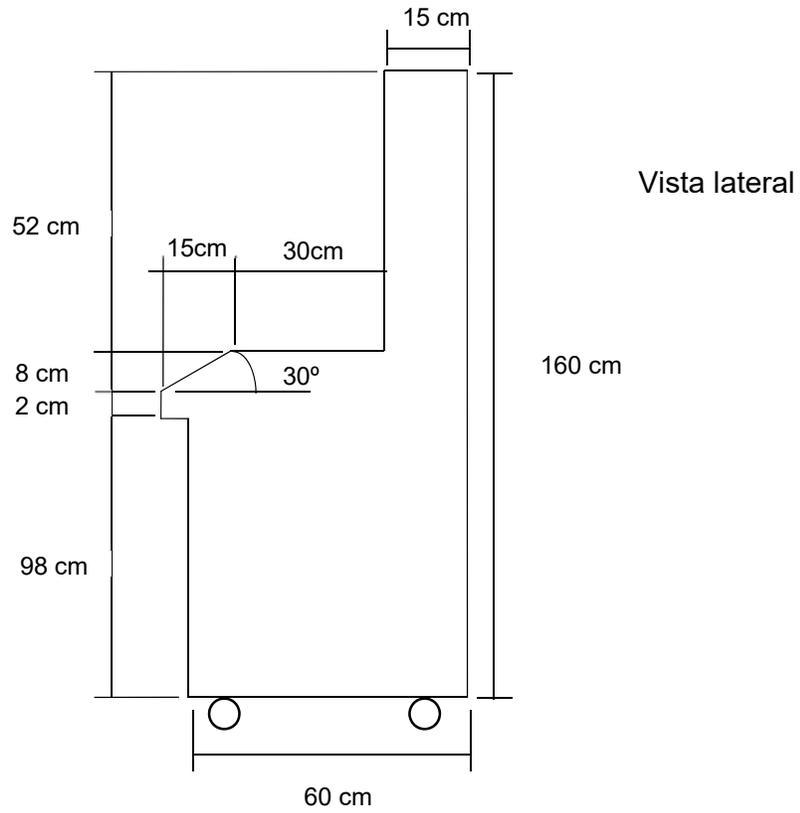
- El banco de entrenamiento de motor de arranque y alternador, permitirá que los estudiantes de ingeniería mecánica automotriz aprecien el funcionamiento de los sistemas de carga y de arranque en pleno uso y con sus debidas cargas a sus diferentes sistemas.
- El conocimiento adquirido en este proyecto proveerá al estudiante de sólidos conocimientos sobre las nuevas tendencias tecnologías acerca de los sistemas de carga y de arranque, y en que contribuyen estos sistemas al medio ambiente.
- Se implementó guías de prácticas en el laboratorio de la Universidad Internacional del Ecuador para el correcto uso del banco de entrenamiento y en ellas se describen los procesos y pasos a seguir para el uso del estudiante.
- El diseño arranco con un análisis exhaustivo para que el banco de entrenamiento sea lo más cómodo para las prácticas y que la distribución de sus piezas sea lo más fácil de detectar para el estudiante.

## 7.2 Recomendaciones

- Antes del uso del banco de entrenamiento verificar que la banda del alternador este en su posición y que no esté deteriorada.
- Chequear las conexiones del proyecto antes de poner en marcha el equipo.
- Las prácticas en el banco de entrenamiento se realizarían siempre y cuando el estudiante hubiera revisado el manual de funcionamiento y mantenimiento.
- No encender las luces del panel principal por largos periodos ya que podrían averiar la batería.
- Nunca activar el switch de cargar la batería con alimentación 110 volt que está en el panel de control cuando el alternador esté funcionando podrían causar daños severos alternador.
- Verificar que batería / arrancador se encuentre en buen estado antes de encender el banco de entrenamiento.

# Anexos

## Anexo 1 – Planos del diseño del banco entrenamiento.



## Anexo 2 – Hoja técnica del alternador.

ALTERNATOR TYPE: 23100-50Y09  
 P/N: 150828  
 S/N: 0167

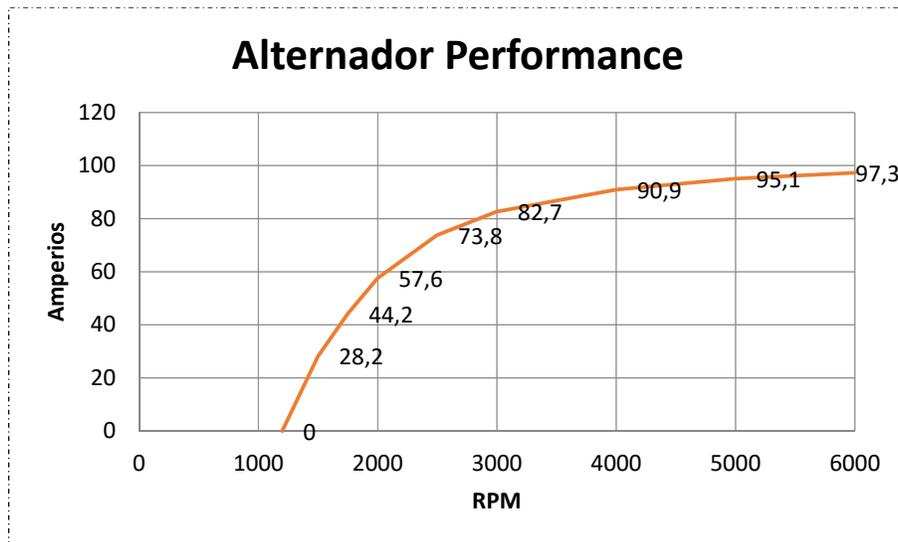
### Test results table:

Max alternator output	Amps	97.3
Max output power	watts	1313.55
Alternator turn on speed	RPM	1147
Speed @ 0amp	RPM	1197
Voltage regulator set point	Volts	14.75
Load characteristic	Volts	0.00
Speed characteristic	Volts	0.00

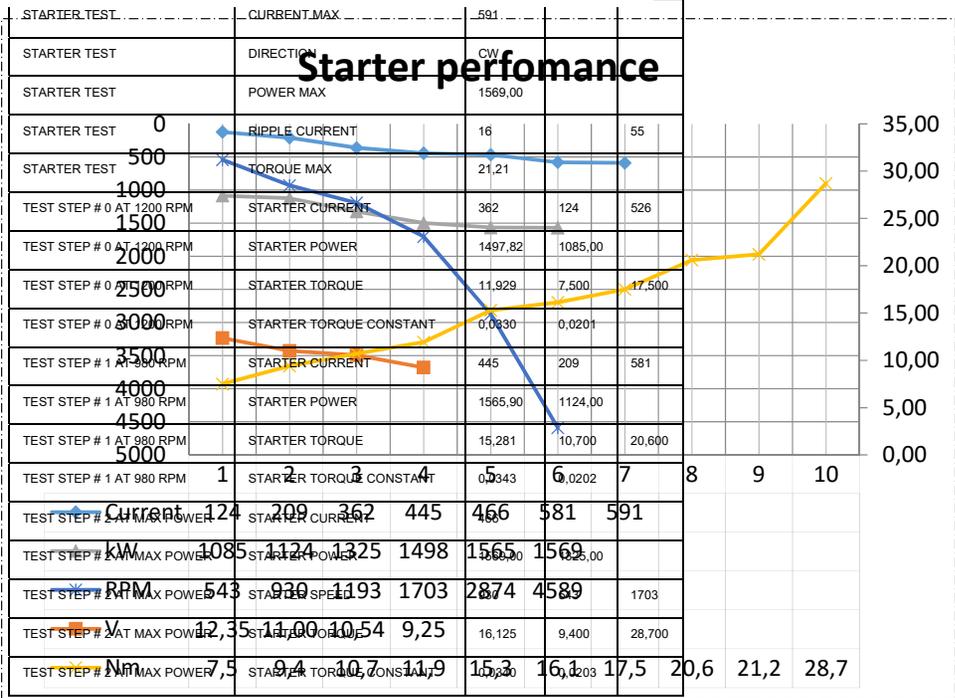
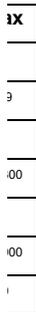
### Output current table:

1500	RPM	output current	Amps	28.2
1750	RPM	output current	Amps	44.2
2000	RPM	output current	Amps	57.6
2500	RPM	output current	Amps	73.8
3000	RPM	output current	Amps	82.7
4000	RPM	output current	Amps	90.9
5000	RPM	output current	Amps	95.1
6000	RPM	output current	Amps	97.3

Output tested @ 13.5 V



**STARTER TYPE:** MITSUBISHI  
**STARTER MODEL:** TOYOTA  
**RATED POWER:** 1.40 kW  
**RATED VOLTAGE:** 12.00 V  
**MAX POWER:** 1.57 kW  
**MAX TORQUE:** 21 Nm  
**MAX AMPERE:** 591 Amp



Anexo 3 – Hoja técnica del motor de arranque.

## BIBLIOGRAFÍA

- Bosch, R. (2000). Alternadores Instruccion Tecnica. En *Alternadores Instruccion Tecnica*
- Fleta, M. C. (2012). *Sistemas de Carga y Arranque*. España: MacMillan.
- Nisbett, R. G. (2011). *Diseño en Ingenieria Mecanica de Shigley*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Orrego, J. J. (2012). *Maquinas Electricas*. España: Paraninfo.
- Techbook, H. (2012). *Manual de Electricidad Automotriz*. Mexico: Haynes.
- Vicente, M. d. (2011). *ELECTRICIDAD DEL AUTOMOVIL I Alimentacion y arranque*. España: Ceac.
- Oscar B, Joan A (2011). *SISTEMAS ELECTRICOS Y DE SEGURIDAD Y CONFORTABILIDAD*. España: Paraninfo.
- Ase test preparation (2012) *ELECTRICAL/ELECTRONIC SYSTEMS*. Estados Unidos: Delmar
- D. Hermogenes gil (2000) *MANUAL PRACTICO DEL AUTOMOVIL*. España: MMXI/MMXII