

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO - USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

**Diseño y construcción de un banco de pruebas para
alternadores**

Proyecto de investigación

Rubén Alejandro Posligua Yépez

Trabajo de titulación presentado como requisito

Para la obtención del título de Licenciado en Electromecánica Automotriz

Quito, 16 de mayo del 2017

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO - USFQ

Colegio de Ciencias e Ingeniería

HOJA DE CALIFICACION DE TRABAJO DE TITULACION

Rubén Alejandro Posligua Yépez

Calificación:

Nombre del profesor, Título académico

Gonzalo Tayupanta, MSc.

Firma del profesor:

Quito, 16 de mayo del 2017

© DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído la Política de Propiedad Intelectual de la Universidad San Francisco de Quito y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo de investigación quedan sujetos a lo dispuesto en la Política.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma:

Rubén Alejandro Posligua Yépez

C. I: 171678777-3

Código: 00104538

Fecha: 16 de mayo de 2017

Resumen

El alternador a través del movimiento de giro del motor es el principal proveedor de energía eléctrica en un automóvil, ya que transforma la energía cinética de giro del motor de combustión en energía eléctrica, en el sistema eléctrico es la parte central, ya que sus funciones van desde cargar la batería hasta proveer constantemente de energía al auto mientras este se encuentra funcionando. El conocer cada una de las partes del alternador es fundamental al momento de diagnosticar sus fallas, entre ellas podemos divisar cuatro principales: el rotor, el estator, el circuito regulador, y el circuito rectificador. Este trabajo se encuentra enfocado en el diseño y construcción de un banco de pruebas para alternadores con el cual se comprobará el correcto funcionamiento de estos elementos en condiciones similares a las que se obtendrían en un vehículo, a través de la facilidad en la medición de valores como voltaje y amperaje, en diferentes rangos de RPM, facilitando así el trabajo de diagnóstico mantenimiento y/o reparación de estos elementos al contar con mayor espacio para realizar el chequeo además de poseer una herramienta tan útil como lo es un banco de prueba con estas características.

Abstract

The alternator through the rotational movement of the engine is the main supplier of electricity in a car as it converts the kinetic energy of rotation of the combustion engine into electrical energy; the electrical system is the central part, because their functions ranging from constantly charge the battery to provide power to the car while it is running. Knowing each of the parts of the alternator is essential when diagnosing faults, among them we can see four main: the rotor, stator, the regulator circuit and the rectifier circuit. This thesis is focused on the design and construction of a test bed for alternators with which we will be able to check the correct operation of these elements under conditions similar to those obtained in a vehicle, through the ease of measurement values such as voltage and amperage, in different ranges of RPM, facilitating diagnostic work maintenance and / or repair of these items to have more space for the check besides having such a useful tool as it is a test with these characteristics.

Índice de Contenidos

Contenido

Resumen	4
Abstract	5
Índice de Contenidos.....	6
Índice De Figuras	10
Índice de tablas	12
Introducción.....	13
Justificación	14
Objetivos.....	15
CAPÍTULO I.....	16
BATERÍA DE ACUMULADORES, ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS	16
Batería de acumuladores.....	16
Disoluciones y electrolitos.....	17
La Electrólisis	18
Acumuladores de plomo	19
Constitución de un acumulador de plomo	19
Proceso de Carga y descarga de una batería	21
Características eléctricas de las baterías	23
Mantenimiento de un acumulador.....	24
Recomendaciones para la carga de acumuladores	24

Descarga espontánea y sobrecarga de un acumulador	25
Medida de la densidad del electrolito	25
Instalación de acumuladores nuevos	25
Verificación y control de las baterías	26
Averías en los acumuladores	26
CAPÍTULO II.....	27
CIRCUITO DE CARGA. ALTERNADOR.....	27
Alternador, estructura y componentes	27
Bobinas del inducido (Estator, inducido, coronilla).....	30
Principio de funcionamiento del alternador.....	30
Grupo Rectificador.....	31
Funcionamiento del puente rectificador	32
Circuito de Excitación	34
Curvas características del alternador.....	35
Balance energético del alternador	37
Tipos de alternadores.....	37
Instalación y mantenimiento del alternador.....	40
Comprobación de funcionamiento del alternador	41
Verificación y control del alternador	41
Prueba del alternador en el banco	45

CAPÍTULO III	46
CIRCUITO DE CARGA. REGULADORES PARA ALTERNADOR	46
Necesidad de la regulación	46
Reguladores de contactos	46
Reguladores de contactos de dos elementos	49
Reguladores para alternador de nueve diodos	50
Aplicación de la electrónica a los reguladores.....	51
Reguladores con ayuda electrónica	52
Reguladores electrónicos totalmente transistorizados.....	53
Regulador electrónico incorporado al alternador.....	54
Verificación del circuito de carga	54
CAPÍTULO IV	55
Construcción de un banco de pruebas para alternadores.....	55
Materiales	55
Equipos y herramientas	56
Desarrollo	56
Elaboración de la estructura (parte mecánica)	56
Elaboración del tablero de mando e instrumentos (parte eléctrica)	59
Elaboración del soporte y templador para alternador.....	62
CAPITULO V.....	63
PRUEBAS EN EL BANCO Y ANALISIS DE RESULTADOS	63

Características técnicas de los alternadores a comprobar.....	63
Obtención de valores en el banco de pruebas	64
Análisis de resultados.....	64
Mantenimiento de alternadores defectuosos.....	65
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	68
GLOSARIO.....	69

Índice De Figuras

Figura 1 Bateria de acumuladores	16
Figura 2 Electrolisis del agua	19
Figura 3 Placas del acumulador de plomo	20
Figura 4 Bateria descargada	21
Figura 5 Descarga de bateria	22
Figura 6 Bateria cargada	22
Figura 7 Carga de bateria	23
Figura 8 El alternador	27
Figura 9 Componentes de un alternador	29
Figura 10 Conexiones de un generador trifásico	31
Figura 11 Grupo rectificador de nueve diodos	32
Figura 12 Rectificación de la corriente de un alternador trifásico en estrella	33
Figura 13a) circuito de pre-excitación con regulador incorporado	34
Figura 14 a) circuito de excitación con regulador incorporado.....	35
Figura 15 Curva característica de un alternador	36
Figura 16 Sección de un Alternador compacto	38
Figura 17 Esquema de un alternador monobloc del tipo k1	39
Figura 18 vista en sección de un alternador de polos individuales de la serie U2	40
Figura 19 Comprobación del rotor.....	42
Figura 20 Comprobación del estator.....	43
Figura 21 Comprobación del grupo rectificador	44
Figura 22 Regulador de contactos	47
Figura 23 Funcionamiento del regulador de contactos	47
Figura 24 Regulador de contacto de dos elementos	49

Figura 25 Regulador de contactos de dos elementos	50
Figura 26 Regulador para alternador de nueve diodos	51
Figura 27 Esquema de un regulador con ayuda electrónica	52
Figura 28 Regulador electrónico	54
Figura 29 Cara delantera y posterior del banco de pruebas	57
Figura 30 Unión inferior de la cara delantera y posterior	57
Figura 31 Estructura metálica del banco de pruebas	58
Figura 32 Estructura con cubiertas de tol.....	59
Figura 33 Elaboración del tablero de Mando	59
Figura 34 Tablero de mando.....	60
Figura 35 Diagrama circuito eléctrico de carga.....	60
Figura 36 Diagrama eléctrico circuito Variador - motor	61
Figura 37 Banco de pruebas terminado.....	62
Figura 38 Soporte regulable para alternador	62

Índice de tablas

Tabla 1 Identificación de los tamaños constructivos de alternadores según Bosch	37
Tabla 2 Valores obtenidos previos al mantenimiento preventivo/correctivo.....	64
Tabla 3 Valores obtenidos posteriores al mantenimiento	65

Introducción

Hoy en día el gran aumento de vehículos en el país ha generado enormes demandas para las compañías automotrices dedicadas al mantenimiento de las distintas partes y elementos que podemos encontrar en los automóviles, una parte fundamental está en el sistema eléctrico y es la fuente en donde se genera la energía para el auto, es aquí donde tenemos al alternador, el cual está encargado de producir la energía necesaria para el correcto funcionamiento de los anexos al motor, accesorios eléctricos y electrónicos en el vehículo una vez este ha sido encendido, y este a su vez tiene la función de proveer de energía a la batería del vehículo para poder ponerlo en marcha una vez apagado el motor.

El alternador siendo un generador tiene la función de proporcionar energía eléctrica para el consumo del vehículo, para ello utiliza al electromagnetismo como principio de funcionamiento, pero a su vez utiliza también el movimiento de giro del motor para poder producirla, el alternador como tal posee cuatro partes fundamentales de las que luego hablaremos más a fondo, entre estas podemos distinguir: el rotor, el estator, el circuito rectificador, y el circuito regulador. Estas cuatro partes funcionan simultáneamente para lograr proveer la carga adecuada tanto para la batería como para los anexos y partes del automotor.

Justificación

Un banco de pruebas es una herramienta muy útil a la hora de diagnosticar, comprobar fallas, y verificar el funcionamiento de un alternador, ya que teniendo mayor espacio y comodidad para la obtención de valores en las mediciones efectuadas se puede trabajar minuciosamente en estos elementos, motivo por el cual este proyecto se encuentra enfocado en el diseño y construcción de un banco de pruebas para el mantenimiento preventivo y correctivo para alternadores, y facilitar así el trabajo en el taller ahorrando tiempo y mano de obra, ya que permitirá comprobar el alternador una vez realizado el mantenimiento en condiciones similares a las que encontraríamos en un vehículo para verificar su funcionamiento y valores antes de montarlo.

Objetivos

Objetivo General:

- Diseñar un banco de pruebas para alternadores, que sea capaz de simular condiciones similares a las que tendría en un vehículo.

Objetivos específicos:

- Seleccionar y determinar la conexión de los distintos elementos que conformaran el banco de pruebas, para que pueda simular correctamente las condiciones de funcionamiento que tendría el alternador para funcionar adecuadamente.
- Construir un banco de pruebas que facilite la obtención de valores en condiciones similares a las que tendrían en funcionamiento un alternador

CAPÍTULO I

BATERÍA DE ACUMULADORES, ESTRUCTURA Y CARACTERÍSTICAS

Batería de acumuladores

La batería al ser un acumulador, es la encargada de proporcionar energía al vehículo cuando el motor no está en funcionamiento para facilitar su puesta en marcha, para ello la transfiere al motor de arranque y a la bobina de encendido a través del accionamiento del encendido con la llave en el switch iniciando así el motor, *“la batería es un dispositivo acumulador de energía que sirve de ayuda en el momento en el que se quiere arrancar un vehículo, proporcionando una corriente fiable y constante a todos los dispositivos responsables de poner en marcha al automóvil”*(Ariza Elena, 2014) Al acumular la energía que genera el alternador mediante una reacción química es capaz de dar arranque al motor y también de abastecer de corriente a los numerosos accesorios del vehículo cuando el motor del mismo no se encuentra funcionando tales como radio, luces, pito, etc.



Figura 1 Batería de acumuladores

Fuente:(Ariza Elena, 2014)

Las dimensiones de la batería pueden variar de acuerdo al consumo para el cual vayan a ser utilizadas y deben ser escogidas de acuerdo al vehículo, motor, y consumidores de

energía, es decir, un vehículo en el que tengamos muchos consumidores necesitaremos una batería de mucha capacidad, para abastecer la gran demanda de energía que amerita el consumo de estos elementos, al contrario, en caso de tener un vehículo con un consumo mínimo, necesitaremos una batería de menor capacidad, es por esto que pese a tener el mismo voltaje solemos notar que varía su tamaño, ya que podemos encontrar unas muy pequeñas y otras muy grandes, sabiendo que *“el tamaño de las baterías depende de las características eléctricas del motor de arranque y este a su vez depende del tamaño o cilindrada del motor”*(Ros Marin & Barrera Doblado, 2011, pág. 90), y esto va también de acuerdo a la demanda de energía que presenta un vehículo por que *“la capacidad en amperios de la batería está en función de la capacidad de carga del alternador, al cual la batería se conecta en paralelo”*(Ros Marin & Barrera Doblado, 2011, pág. 90), por ello entre más grande sea un vehículo más grande será su batería y viceversa, o en muchos casos encontraremos más de una dependiendo de sus necesidades energéticas en el vehículo.

Por lo tanto para conocer mejor el funcionamiento de una batería de acumuladores se proporcionaran varios conceptos fundamentales detallados a continuación

Disoluciones y electrolitos

Es de suma importancia conocer como estas sustancias interactúan entre sí, para producir energía eléctrica y saber cómo es capaz la batería de almacenarla en su interior, primero empezaremos con la definición de disolución.

Disolución

Una disolución es un compuesto de un material solido disuelto en un líquido y que por lo general no interactúan entre sí *“para poder alterar el comportamiento de estos químicos y hacer que reaccionen entre si será necesario aplicar una corriente*

eléctrica.”(Ariza Elena, 2014)La cual será administrada por el circuito de carga y más precisamente por el alternador, entre estas disoluciones podremos encontrar a aquellas que faciliten el paso de corriente eléctrica en ese caso las llamaremos conductoras y debido a ello podrían considerarse también como un electrolito.

Electrólito

Un electrolito es una sustancia compuesta por iones libres, la cual es capaz de dejar circular la corriente a través de él sin ninguna oposición *“el electrolito utilizado en las baterías para automóviles es el agua acidulada (agua destilada + ácido sulfúrico puro). Se usa como medio conductor entre las placas en las que están divididos los acumuladores”*(Ariza Elena, 2014)esta sustancia es de mucha importancia en la batería de los automóviles ya que es a través de esta que se da el proceso de electrolisis en la batería y es *“una mezcla de agua destilada y ácido sulfúrico (min.40%, máx. 70%) que baña las placas en el interior de los vasos, la densidad del electrólito varía con la carga”*(Ros Marin & Barrera Doblado, 2011, pág. 98), de manera que es posible comprobar el estado de una batería tan solo con medir la densidad de su electrólito

La Electrólisis

La electrolisis es el proceso mediante el cual se produce la separación de un compuesto químico al aplicarle una corriente eléctrica, dando como consecuencia la aparición de iones *“unión es una “especie” química cargada eléctricamente pudiendo ser esta positiva o negativa, llamados cationes (atraídos por los cátodos) y aniones (atraídos por los ánodos)”*(Ariza Elena, 2014)de aquí cabe destacar que en los aniones su carga negativa es mayor debido a que poseen más electrones que protones y los cationes en cambio su carga positiva es mayor debido a que han perdido electrones , este es el principio en el cual las pilas y baterías basan su funcionamiento.

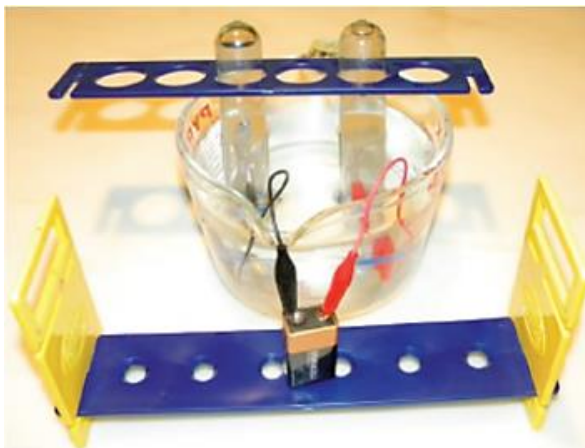


Figura 2 Electrolisis del agua

Fuente:(Ariza Elena, 2014)

Acumuladores de plomo

Existen acumuladores eléctricos de varios tipos pero en lo que se refiere al campo automotriz podremos encontrar dos, la primera y mayor mente usada es el acumulador o batería de plomo encontrada en la mayor parte de vehículos de combustión interna, y la segunda que son las baterías de litio que son usadas en los vehículos híbridos y eléctricos. La más común y mayor mente utilizada es la batería de plomo de la cual trataremos a continuación.

Un acumulador de plomo, como su nombre lo indica es un elemento compuesto en su mayoría por esta sustancia química, y es capaz de transformar energía química en energía eléctrica mediante un proceso químico al aplicar corriente eléctrica en el electrolito en el cual se encuentra sumergido.

Constitución de un acumulador de plomo

Todo acumulador de plomo se encontrara en forma de una caja “ *Dicha estructura, denominada monobloque, se encuentra dividida en celdas, y estas a su vez subdivididas en laminas que contienen sustancias activas*” (Ariza Elena, 2014)La batería consta de una

parte negativa así como de una positiva, estas las podemos hallar en forma de placas, “*las placas positivas y negativas son rejillas de plomo duro en las que está contenida la masa activa*”(Gerschler, y otros, 1985), que no es más que polvo de plomo mezclada con varios elementos y esparcidos por las rejillas para obtener un compuesto sólido y con porosidad, cada una de estas están ubicadas y separadas por espaciadores dentro de una carcasa de plástico capaz de soportar la corrosión del ácido, además de esto posee electrolito de ácido sulfúrico y agua en el cual se encuentran sumergidas las placas.

En el interior de una batería podremos encontrar varias divisiones a las que denominaremos vasos, cada uno de ellos en su interior tiene alojadas las placas negativas y positivas, estas tienen una forma de rejilla y están hechas de una aleación de plomo y antimonio en las cuales se encuentra incrustada la materia activa, “*la materia activa que rellena las rejillas de las placas positivas es peróxido de plomo (PbO_2)*”(Alonso Perez, 2004, pág. 143) este es un material poroso a través del cual fluiré libremente el electrolito, por otro lado la materia activa incrustada en las placas negativas tan solo es plomo esponjoso el cual también permitirá que el electrolito fluya a través de él.

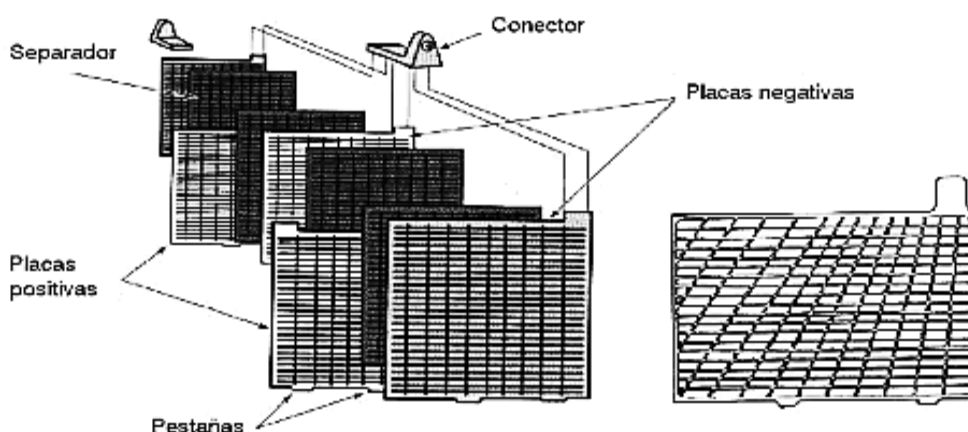


Figura3 Placas del acumulador de plomo

Fuente:(Alonso Perez, 2004)

Tanto las placas negativas como positivas de cada vaso se encuentran aisladas entre sí mediante un separador e interconectadas entre sí a través de un conector como se puede observar en la figura 3 y este a su vez se unirá con el conector correspondiente del resto de vasos en la batería, cada conjunto de placas se encontrara inmerso en electrolito.

Proceso de Carga y descarga de una batería

La batería una vez compuesta necesita recargarse y para ello tiene que someterse a un proceso de carga a través del alternador el cual le provee constantemente energía eléctrica produciendo una reacción química en su interior, acumulando así energía eléctrica en energía química para ser utilizada posteriormente en el arranque o puesta en marcha del automotor.

Proceso de descarga

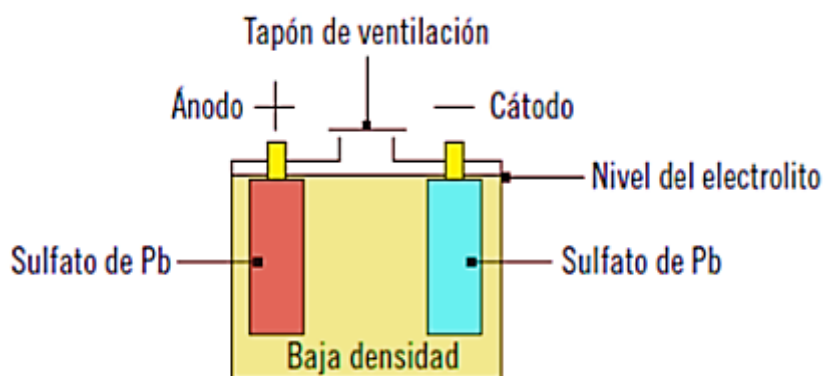


Figura 4 Batería descargada

Fuente:(Ariza Elena, 2014)

El proceso de descarga comenzara desde el momento en el cual conectemos cualquier consumidor a los polos positivo y negativo de la batería permitiendo así el flujo de corriente desde la placa positiva a la negativa, con esto se generara una reacción química en el interior de la batería en la cual, *“el paso de la corriente por el acido descompone la unión molecular de este, combinándose el sulfato (SO_2) con las placas, dejando al*

electrolito como agua únicamente”(Ros Marin & Barrera Doblado, 2011, pág. 102) causando así que baje su densidad a causa del aumento de agua volviéndose menos conductor de electricidad, por otro lado la materia activa de las placas positivas y negativas cambiara como consecuencia de la reacción química al estar en contacto con el electrolito y al quedar totalmente saturadas de sulfato de plomo se dirá que la batería se encuentra descargada.

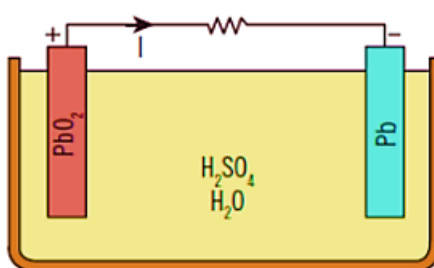


Figura 5 Descarga de batería

Fuente: (Ariza Elena, 2014)

Proceso de carga

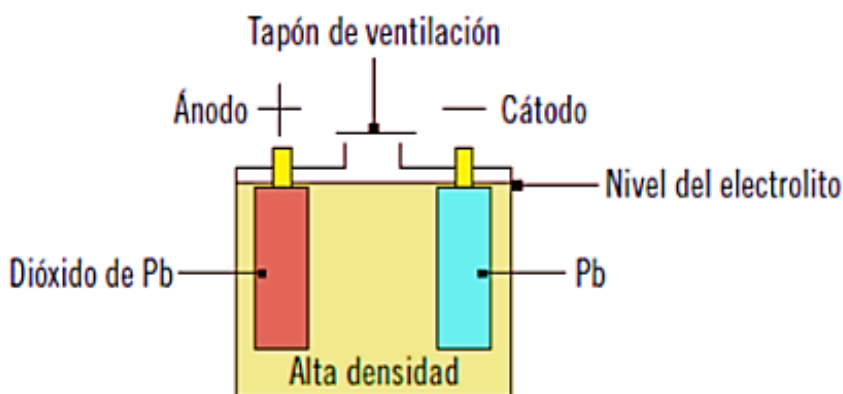


Figura 6 Batería cargada

Fuente:(Ariza Elena, 2014)

El proceso de carga es bastante sencillo en realidad bastara con conectar un generador en paralelo a la batería, con lo cual se conseguirá que el electrolito en el interior de la

batería interactué con las placas causando un efecto inverso al proceso de descarga “*el sulfato de plomo contenido en las placas se transforma en peróxido de plomo en la placa positiva y en plomo esponjoso en la placa negativa, liberando ácido sulfúrico*”(Ros Marin & Barrera Doblado, 2011, pág. 103) con esto se consigue que aumente la densidad del electrolito a causa del aumento de ácido y disminución de agua, haciendo así que la batería quede como en un inicio.

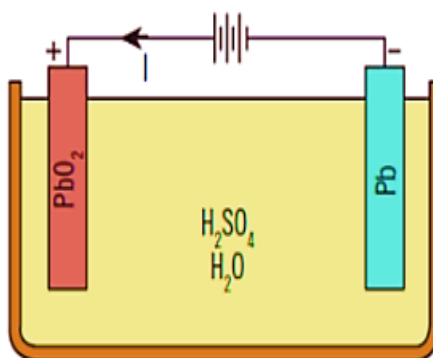


Figura 7 Carga de batería

Fuente:(Ariza Elena, 2014)

Características eléctricas de las baterías

Estas pueden ser varias y en la mayor parte de los casos vienen marcadas tanto en la tapa como en la etiqueta de la batería. Y las detallaremos a continuación:

Capacidad

Se da en amperios hora y es el valor de amperios que puede suministrar una batería en una hora “*Por ejemplo, una batería de 70 A h puede suministrar 70 A en una hora o 1^a durante setenta horas, y en teoría la tensión de sus polos no debe sufrir una caída de tensión superior al 3%*”(Ros Marin & Barrera Doblado, 2011, pág. 105)

Tensiones

- La tensión nominal es la que viene determinada por el fabricante es decir 12V en el caso de las baterías utilizadas en automoción.
- La tensión de vacío es la que se mide cuando la batería no tiene ningún consumidor conectado a sus bornes es decir cuando esta se encuentra en un estado de reposo, a pesar de tener un valor alto esto no nos dice nada acerca del estado de carga de la misma.
- La tensión eficaz es la que se mide cuando la batería está suministrando energía, es decir, tienen un consumidor conectado a ella por lo tanto baja la tensión interna.

Mantenimiento de un acumulador

El mantenimiento de un acumulador de plomo es bastante sencillo, ya que en la mayoría de casos consiste solamente en completar el nivel de agua destilada en cada vaso y este no debe sobrepasar más que un centímetro por encima de las placas en cada uno de ellos, hoy en día existen baterías de libre mantenimiento en los cuales solo deberemos fijarnos en el tapón indicador del estado de la batería y dependiendo de su color sabremos si es necesario sustituirla.

Otro punto a revisar para el mantenimiento de una batería es el voltaje proporcionado por el generador que en el caso de ser muy alto podría sobrecargarla.

Recomendaciones para la carga de acumuladores

- Evitar sobrecargar a la batería ya que esto puede ocasionar daños irreversibles en las placas, y pérdida de agua debido al aumento de temperatura, e incluso podría llegar a explotar debido a los gases generados en su interior.

- La velocidad de carga deberá ser la adecuada y no sobrecargarla, por ello se recomienda hacer una carga lenta.
- El nivel del electrolito debe ser el adecuado para evitar daños en las placas.

Descarga espontánea y sobrecarga de un acumulador

La descarga espontánea o auto descarga puede darse en una batería debido a un proceso químico en su interior sin necesidad de que un consumidor se encuentre conectado a los bornes de esta, hay factores que influyen en dicho proceso *“el calor y la suciedad pueden acelerar este proceso; además en baterías sucias, las corrientes de fuga de la superficie de la caja pueden dar lugar a la auto-descarga”* (Gerschler, y otros, 1985), esto hace necesario que en cada mantenimiento se proporcione una limpieza adecuada a este elemento ya que de ello dependerá su durabilidad.

Por otro lado tenemos la sobrecarga, esta se dará cuando el alternador este generando una corriente demasiado excesiva, razón por la cual se producirán daños irreversibles en las placas internas de la batería causando así el deterioro de la misma.

Medida de la densidad del electrólito

Esta comprobación debe realizarse a través de un instrumento denominado densímetro, es importante que la batería se encuentre completamente cargada para realizar la medición ya que la densidad varía al estar descargada pudiendo descender hasta una densidad de 1.12g/cm^3 , la densidad ideal de la batería totalmente cargada está alrededor de 1.28g/cm^3 , teniendo valores por debajo de este será necesario reemplazar el ácido.

Instalación de acumuladores nuevos

Muchas veces los acumuladores no vienen con el ácido en su interior por lo que hay que rellenarlo en cada vaso de la batería hasta llegar a la marca del nivel por encima de las placas y en caso de no tener una marca hasta la cual completar el nivel del ácido se deberá

llenar no más de 15 mm por encima del borde superior de las placas, luego de esto se deberá dejar reposar para que el electrolito haga su trabajo *“una vez transcurrido el tiempo de actuación del ácido sulfúrico de aproximadamente 20 minutos, la batería esta lista para el servicio”*(Gerschler, y otros, 1985).

Verificación y control de las baterías

La verificación de una batería consiste más en revisar el nivel de electrolito y el estado de los polos en donde se conectan los bornes ya que suelen sulfatarse, por otro lado la comprobación a realizarse con la batería totalmente cargada es la verificación de la densidad del electrolito que no debe ser menor a 1.28g/cm^3 *“si la densidad del ácido se halla por debajo de 1.28g/cm^3 puede ajustarse a su valor correcto con una sobrecarga; la perdida de líquido se compensara rellenando con ácido sulfúrico de una densidad de 1.28g/cm^3 ”*(Gerschler, y otros, 1985)

Averías en los acumuladores

Las posibles averías con las que nos podremos encontrar en un acumulador de plomo son varias, pero entre las más comunes tenemos daños en las placas por falta de electrolito, daños causados por excesivo calor a causa de la proximidad del motor de combustión, bornes rotos o sulfatados, ya que a cierto tiempo de uso la batería comienza a evaporar líquido por los orificios de la tapa de cada vaso y esto se ve reflejado en los polos de la batería al presentarse una sustancia de color blanco parecido a la cal, daños en los vasos de las baterías, esto lo podremos comprobar al conectar un comprobador y ver que hierve el electrolito del vaso dañado.

La mayoría de daños en las baterías son internos y al ser cerradas herméticamente hace casi imposible su reparación, motivo por el cual se recomienda reemplazarla al empezar a tener problemas al arrancar el motor.

CAPÍTULO II

CIRCUITO DE CARGA. ALTERNADOR

Alternador, estructura y componentes



Figura 8 El alternador

Fuente:(Ros Marin & Barrera Doblado, 2011)

El alternador es una maquina eléctrica capaz de generar energía, el problema es que como su nombre lo indica genera corriente alterna “*esta corriente alterna debe ser convertida en corriente continua para que pueda ser almacenada en la batería de acumuladores*”(Gil, 2002, pág. 12) de modo que a través de un circuito rectificador y un regulador de voltaje proporciona corriente continua que es la usada en el vehículo, esto lo convierte en un elemento capaz de transformar energía mecánica en energía eléctrica usando la inducción electromagnética cambiando constantemente de polaridad a través del movimiento propiciado por la polea del cigüeñal del motor de combustión para poder generar energía alterna y posteriormente transformarla en continua.

Hace ya varias décadas era usado otro medio similar para generar energía para los automóviles, igualmente tomaba el movimiento del motor para generarla su nombre era la dinamo, pero presentaba varias desventajas respecto al alternador, entre estas podemos destacar las siguientes:

- empezaba a cargar a las 1500 rpm lo que no era muy beneficioso ya que el ralenti de los vehículos es de alrededor de 800rpm o 900 rpm por lo que en abundante tráfico se tenía problemas con la carga teniéndose que acelerar el vehículo para estabilizar la carga.
- dejaba de cargar a las 3500 debido a que la fuerza centrífuga dañaba el colector, a esta falla se denominaba centrifugado del colector.
- La potencia entregada por una dinamo en relación al peso y volumen con un alternador es menor.
- La durabilidad es menor comparada con un alternador.

Por estas y muchas otras razones los vehículos de serie poco a poco fueron adoptando al alternador de hecho, *“la invención del alternador fue debida a que la dinamo no cumplía con las expectativas energéticas del vehículo”*(Martinez, 2001) y por lo tanto se lo incorporo como medio de generación de energía en el automóvil debido a sus múltiples ventajas.

Un alternador básico consta de:

- Masas polares (rotor)
- Bobinas del inducido (estator, Coronilla)
- Puente Rectificador
- regulador

Componentes de un alternador

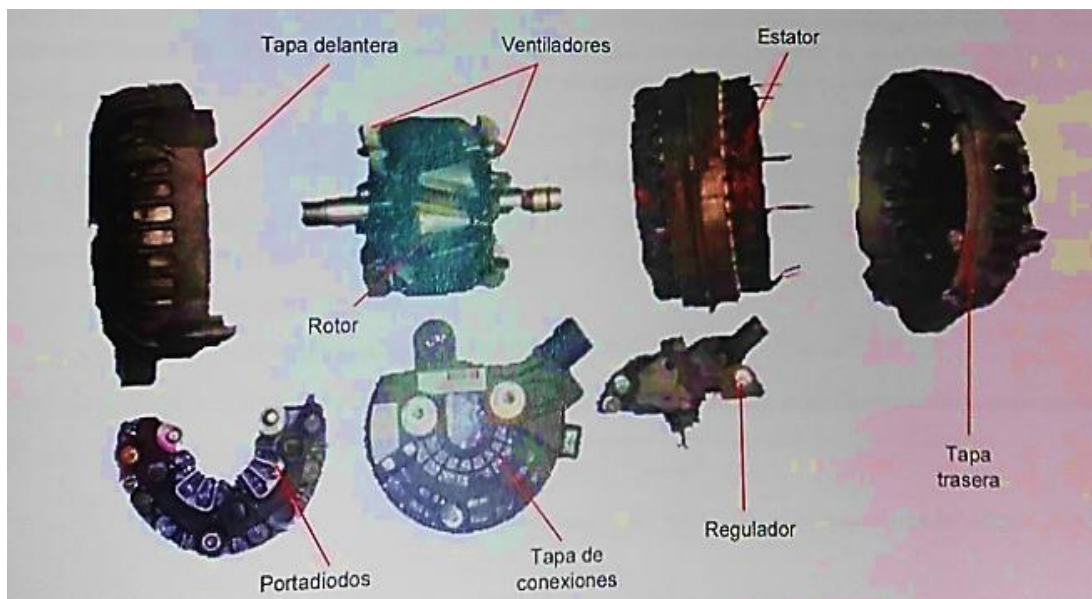


Figura9 Componentes de un alternador

Fuente:(Ros Marin & Barrera Doblado, 2011)

Masas Polares (Rotor)

Se denomina rotor a la parte giratoria del alternador, en ocasiones puede ser denominado también inductor o bobina inductora, es aquí donde se recibe la energía mecánica de rotación que se transmite desde el motor de combustión, por esta razón *“es un conjunto robusto y equilibrado dinámicamente, que está formado por masas polares ensambladas en un eje de acero apoyado por sus dos extremos en las carcasas o soportes exteriores”*(Alonso Perez, 2004, pág. 211) las masas polares constituyen el centro de lo que vendría a ser un electroimán, estas tienen apariencia de dedos doblados hacia adentro y entrelazados sin llegar a tocarse nunca, y por otro lado tenemos el bobinado que debe estar perfectamente aislado de las masas polares, este elemento recibe energía del exterior a través de las escobillas que por lo general están hechas de carbón y siempre se encuentra en contacto con los anillos colectores.

Bobinas del inducido (Estator, inducido, coronilla)

Esta es la parte fija o estática del alternador por esta razón es llamada estator, son bobinas están ubicadas en torno a un material ferro magnético por lo general de hierro dulce el cual es su núcleo, estas bobinas son pares de polos distribuidos de modo alterno aisladas eléctricamente entre sí de, debido a que se encuentran alojadas en las ranuras del material de hierro dulce su bobinado aparentan la forma de una corona, es por eso que es también denominada coronilla en el campo automotriz.

El estator posee tres bobinas, es por eso que se puede decir que es un generador trifásico, como tenemos tres series de bobinas contamos con seis cables *“dependiendo del conexionado que hay entre las distintas bobinas, se distinguen dos tipos: el conexionado en estrella y el conexionado en triangulo”* (Tena Sanchez, 2009, pág. 269) están así conectados de tal forma que solo poseemos tres terminales o fases y es aquí por donde sale la corriente generada.

Principio de funcionamiento del alternador

Un generador es un elemento capaz de convertir energía mecánica en energía eléctrica, tiene como principio de funcionamiento el electromagnetismo y en especial la ley de Faraday que nos propone que *“si hacemos girar una espira conductora dentro de un campo magnético, se produce una variación del flujo de dicho campo y por tanto se genera una corriente eléctrica.”* (Ros Marin & Barrera Doblado, 2011, pág. 375), por lo tanto al tener energía proporcionada constantemente por la batería del automóvil hacia el alternador se podrá inducir energía eléctrica pero para esto primero debemos tener la energía mecánica, en el caso del automóvil podemos producirla a través del motor aprovechando su movimiento de giro para hacer girar al generador, y con esto podremos lograr el movimiento del electroimán (rotor) que romperá las líneas del campo magnético

en el inducido (estator) generando así una fuerza electromotriz o lo que es lo mismo una tensión en los bornes de salida del alternador “*el valor de la tensión cuando el generador de corriente continua esta sin carga y constantemente excitado, crece con la misma proporción que el número de revoluciones*”(Gerschler, y otros, 1985)esto hace necesario que la corriente de salida sea regulada a un valor constante para evitar una posible sobrecarga en la batería y el resto de circuitos en el vehículo, por otro lado también debemos recalcar que la energía generada por el alternador como su nombre lo indica es alterna, siendo necesaria la rectificación de la misma para conseguir una corriente continua que es la utilizada para cargar la batería y alimentar los circuitos eléctricos del automóvil.

Grupo Rectificador

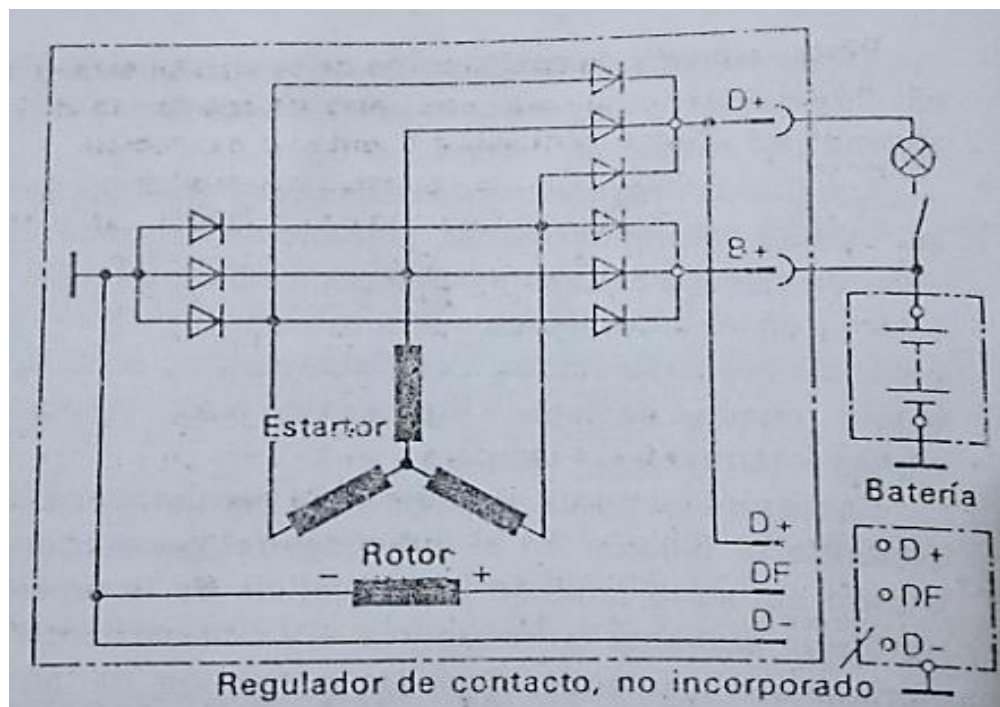


Figura10 Conexiones de un generador trifásico

Fuente:(Gerschler, y otros, 1985)

Como la energía generada en el estator es alterna, debe ser rectificadora o lo que es igual, transformada a corriente continua, ya que todo en el vehículo usa corriente continua. Esta parte se encuentra formada por dos placas metálicas que albergan a los diodos los cuales *“permite el paso de corriente en un sentido, pero impide su circulación en sentido opuesto”*(Read & Reid, 2001, pág. 311), la primera placa corresponde a los diodos positivos y la segunda a los diodos negativos y adicionalmente un tríodo o tres diodos de excitatriz en total tendremos nueve diodos, seis serán de potencia y tres de autoexcitación.

Funcionamiento del puente rectificador

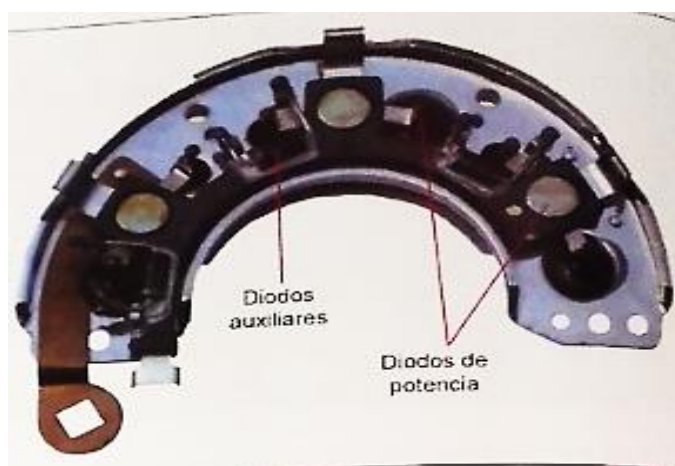


Figura 11 Grupo rectificador de nueve diodos

Fuente: (Ros Marin & Barrera Doblado, 2011)

La rectificación de la corriente alterna inducida en el estator del alternador se da por medio de los diodos de potencia y *“la propiedad que tienen estos de dejar pasar la corriente en un solo sentido convierten la corriente alterna en corriente continua, a través de una disposición especial de estos”*(Ros Marin & Barrera Doblado, 2011, pág. 386), como es de esperarse los diodos de potencia son los más grandes y encontraremos tres diodos positivos y tres diodos negativos unidos correspondientemente a su placa metálica los *“diodos positivos P permiten el paso de las semiondas positivas y los llamados diodos negativos N, el de las semiondas negativas”*(Alonso Perez, 2004) con estos se logra la

rectificación de la corriente alterna ,estos diodos a su vez están unidos a las bobinas de estator mediante soldas con estaño, suelda de punto o terminales de ojo unidos con tornillo que de donde se induce la corriente a ser rectificada

Los diodos de potencia tanto positivos como negativos son los encargados de garantizar que la corriente entregada sea continua a través del conexionado denominado el puente de Graetz, logrando rectificar los semi-ciclos de corriente alterna y manteniendo una línea casi recta y constante en el tiempo, en la figura 12 se puede apreciar cómo funciona el circuito rectificador en cada una de las fases del alternador.

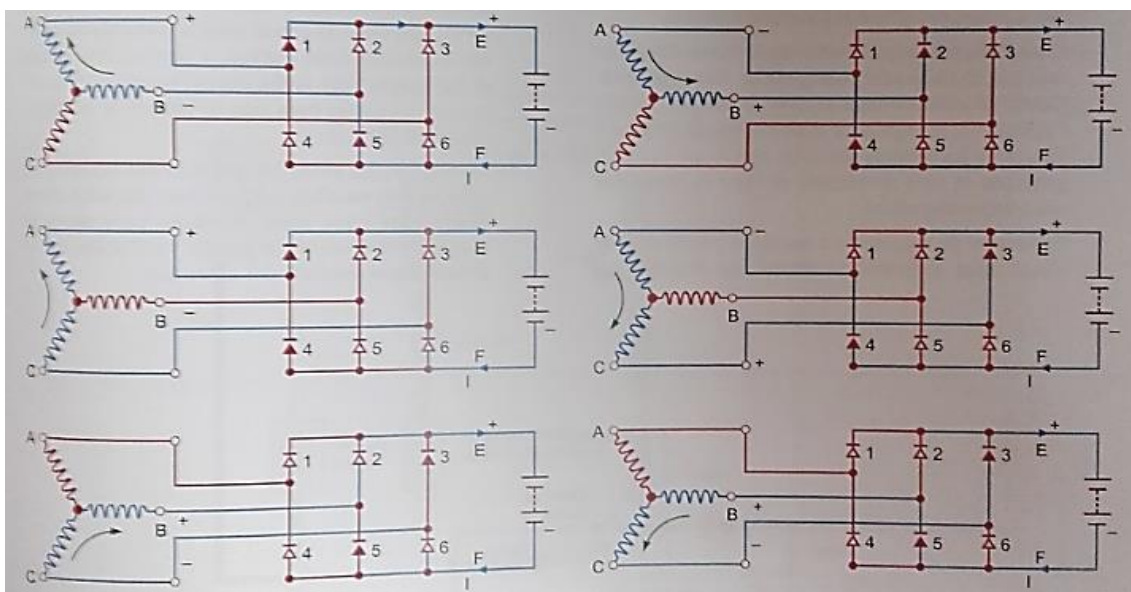


Figura 12 Rectificación de la corriente de un alternador trifásico en estrella

Fuente: (Ros Marin & Barrera Doblado, 2011)

Por otro lado también encontraremos tres diodos de un tamaño mucho más pequeño que son los que se usan para la autoexcitación de las bobinas en el rotor, es importante recalcar que los diodos en esta etapa no sirven únicamente para la rectificación de la corriente alterna en continua sino también para impedir que la tensión almacenada en la batería no sea gastada por las bobinas del estator impidiendo el retorno de la misma.

Circuito de Excitación

El circuito de excitación es el encargado de proveer de energía al rotor para empezar a producir el campo magnético en las primeras revoluciones del motor, “*en primer lugar pasa corriente de la batería a través de la lámpara de control del alternador hacia el devanado de excitación y, desde allí a través del regulador, hacia masa*” (Dominguez Soriano, 2011, pág. 194) ya que las masas polares no son suficientemente fuertes para producir el campo magnético necesario y esto se lo hace a través de la lámpara indicadora en el tablero, “*mientras la lámpara permanece encendida, el alternador no produce energía útil. Cuando el rotor alcanza la suficiente velocidad de giro, la lámpara se apaga*” (Dominguez Soriano, 2011, pág. 194), a esto se le llama circuito de pre-excitación y una vez que se apaga la lámpara el regulador es el que administra energía al rotor a través de las escobillas comenzando así la autoexcitación con ello la generación y distribución de energía hacia todos los circuitos y hacia la batería del vehículo,

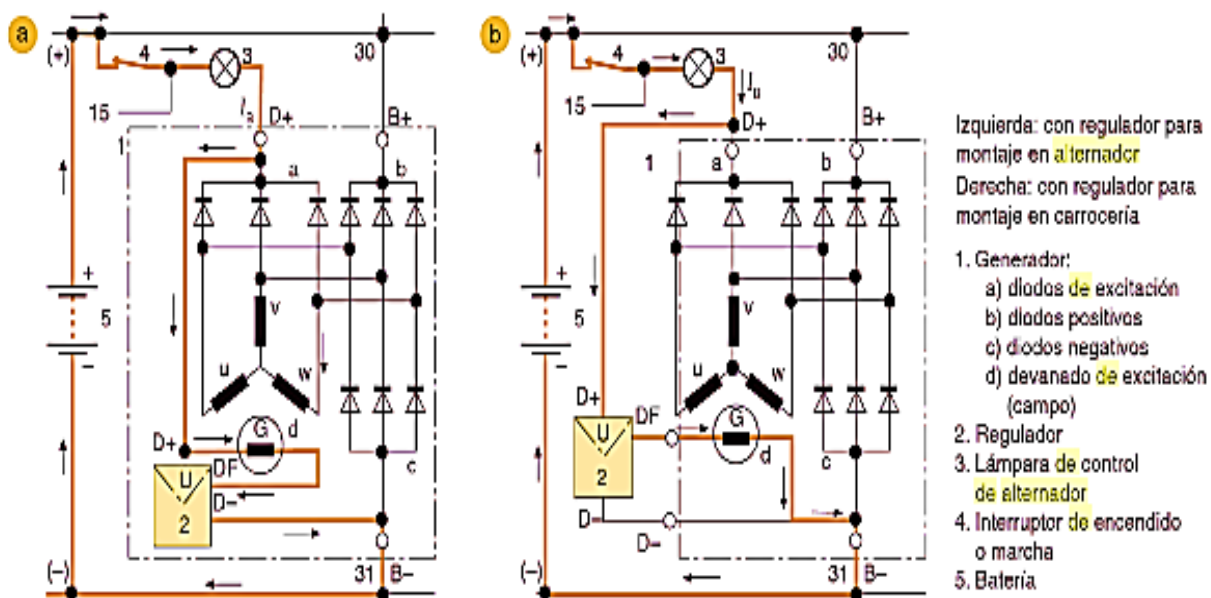


Figura 13a) circuito de pre-excitación con regulador incorporado

b) circuito de pre-excitación con regulador exterior

Fuente: (Dominguez Soriano, 2011)

Por lo general este circuito consta de diodos de excitatriz que suelen ser tres o puede darse el caso en el cual encontremos un triodo, por otro lado, “la corriente de excitación, de valor muy pequeño, es conducida al rotor por las escobillas y unos anillos rozantes”(Dominguez Soriano, 2011), debido a esto a altas revoluciones no se produce ningún arco eléctrico.

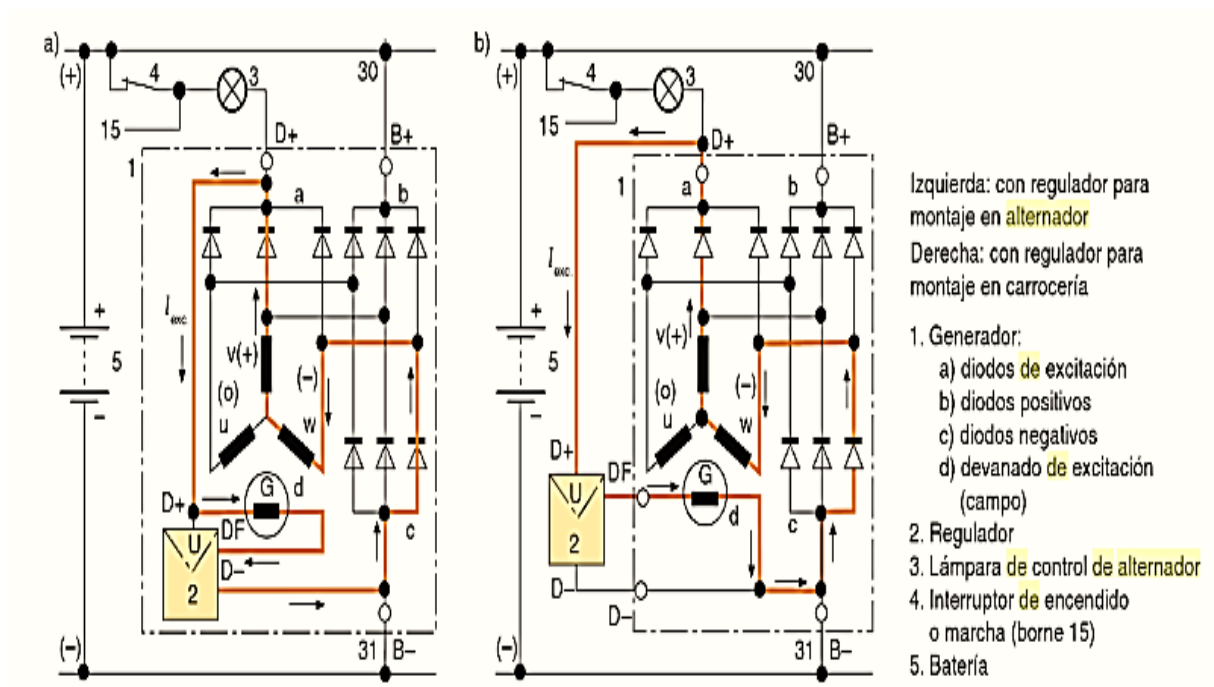


Figura 14 a) circuito de excitación con regulador incorporado

b) circuito de excitación con regulador exterior

Fuente: (Dominguez Soriano, 2011)

Después de alcanzar las revoluciones necesarias entra en funcionamiento el circuito de autoexcitación, en el cual es el mismo regulador el que controla la cantidad de energía que se administra al rotor para empezar con la generación de energía.

Curvas características del alternador

En las curvas características podemos observar el comportamiento de una alternador a diferentes rangos de revoluciones por lo que “Representan la potencia de accionamiento y

la corriente del alternador en función de la velocidad de rotación”(Tena Sanchez, 2009, pág. 296), en la figura 15 podemos observar cómo se va incrementando la intensidad y la potencia de accionamiento a medida que va aumentando el número de revoluciones proporcionadas por el motor.

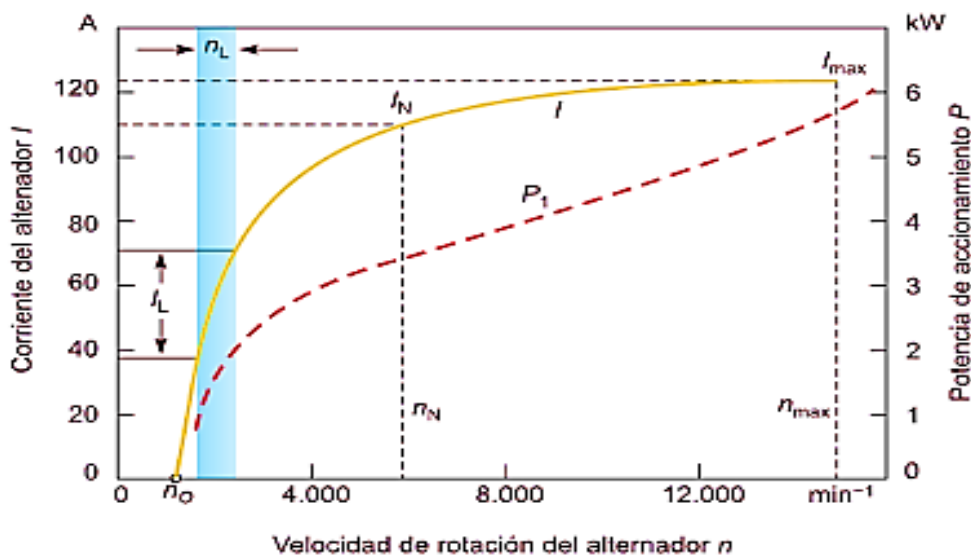


Figura 15 Curva característica de un alternador

Fuente: (Tena Sanchez, 2009)

De la figura podemos destacar que hay un número de revoluciones mínimo para empezar a generar corriente, que tendrá que ser el valor del ralentí del motor del vehículo en relación al factor de multiplicación entre las poleas del alternador y el motor este valor suele ser entre 1500 rpm y 1800 rpm , ya que debe de garantizarse la generación de corriente en todos los rangos de rpm del motor, así mismo tenemos un valor de intensidad de ralentí (I_L) , una intensidad máxima (I_{\max}) que la obtendremos al máximo número de revoluciones (n_{\max}), intensidad nominal (I_N) que es la intensidad necesaria para cumplir con las necesidades eléctricas del vehículo cuando todos los dispositivos se encuentren encendidos.

Por otro lado la línea roja representa la potencia de accionamiento necesaria para la generación de energía a los diferentes rangos de revoluciones del alternador.

Balance energético del alternador

El balance energético del alternador se refiere al tipo de alternador que necesitaremos para el correcto desempeño del sistema eléctrico en nuestro vehículo, por lo tanto si tenemos muchos componentes que sean grandes consumidores de corriente necesitaremos un alternador que nos provea la energía necesaria para echarlos a andar, esto va de la mano de la capacidad que tenga la batería también ya que al igual que el alternador deberá de ser de la capacidad correcta para suplir estas necesidades, por lo tanto si tenemos una batería pequeña lo más probable es que el alternador que necesitemos no sea de un amperaje muy alto sino acorde a la capacidad de la batería.

Tipos de alternadores

Versión	Aplicación	Tipo	nº de polos
Compacto	Turismos y motocicletas	GC	12
		KC NC	
Monobloc	Turismos, vehículos industriales, tractores, motocicletas	G1	12
	Turismos, vehículos industriales, tractores	K1, N1	
	Autobuses	T1	16
	Vehículos industriales. Largos recorridos, maqu. de construcción	N3	12
Estándar	Vehículos especiales	T3	14
	Vehículos especiales, barcos	U2	4, 6

Tabla 1 Identificación de los tamaños constructivos de alternadores según Bosch

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

De acuerdo a la marca Bosch tenemos tres tipos de alternadores y se clasifican de acuerdo a su tamaño y forma constructiva, entre estos tenemos compacto, monobloc y estándar.

También es importante a la hora de elegir un tipo de alternador tener presente

características del alternador como pueden ser el voltaje (12V o 24V), el amperaje máximo que puede proveer y la potencia entrega de potencia, esta ultima la podemos obtener de la multiplicación del voltaje por la intensidad.

Alternadores compactos

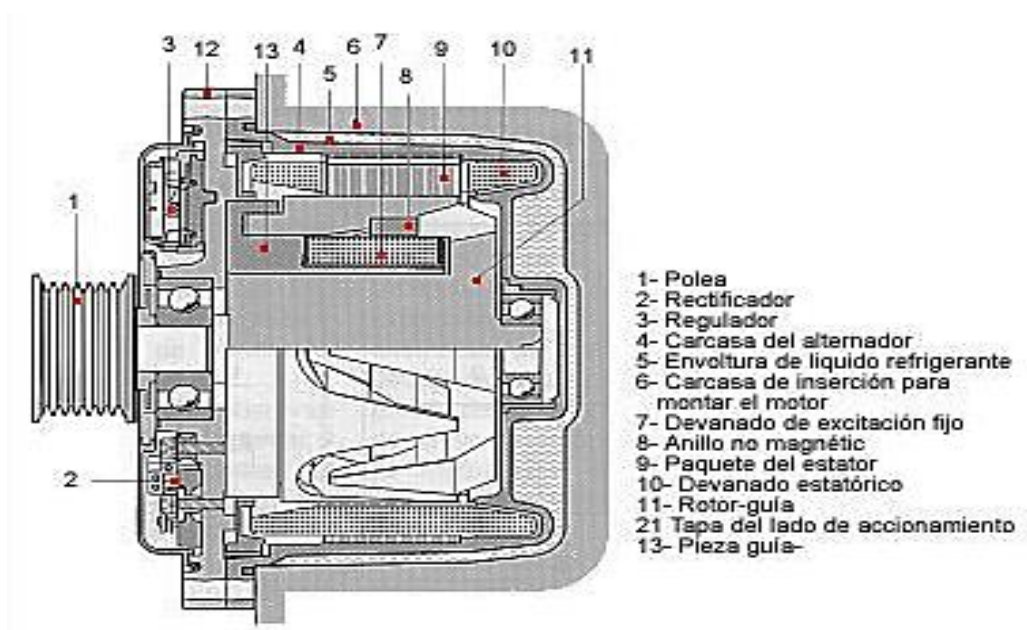


Figura 16 Sección de un Alternador compacto

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

Estos tipos de alternadores son utilizados en la gran mayoría de vehículos de turismo y ciertas motocicletas, ya que presentan grandes prestaciones además de tener un tamaño relativamente reducido y adecuado para el vehículo en el cual van a funcionar, como su nombre lo indica cuentan con una estructura compacta que garantiza la protección de cada uno de sus elementos, pueden ser refrigerados por aire y en algunos casos por agua dependiendo de sus características constructivas, además, el voltaje proporcionado por este tipo de alternadores puede ser de 12 voltios o 24 voltios, y su número de polos como se menciona en la tabla 1 no supera los 12 voltios.

Alternadores monobloc

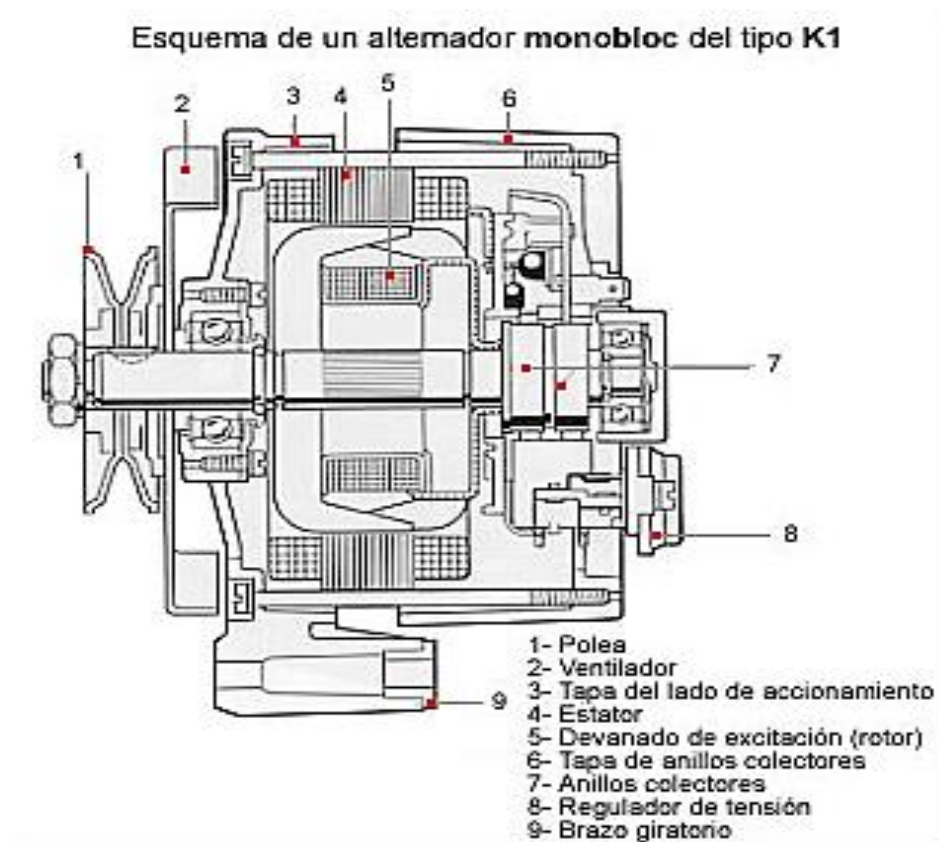


Figura 17 Esquema de un alternador monobloc del tipo k1

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

Al igual que los alternadores compactos poseen el mismo funcionamiento y debido a ello muchos de estos son utilizados en vehículos de turismo debido a que existen muchos modelos y tamaños, pero en mayor cantidad los encontraremos en vehículos industriales y autobuses ya que su capacidad de generación de energía es muy elevada.

Por lo general su refrigeración es realizada a través de un ventilador que gira en conjunto con el rotor del alternador, y su regulador es una sola parte en conjunto con el porta-escobillas, es decir tiene un regulador incorporado en el mismo alternador, adicionalmente cuentan con 12 polos, sin embargo pueden llegar a 16 dependiendo de sus características constructivas y energéticas.

Alternadores estándar

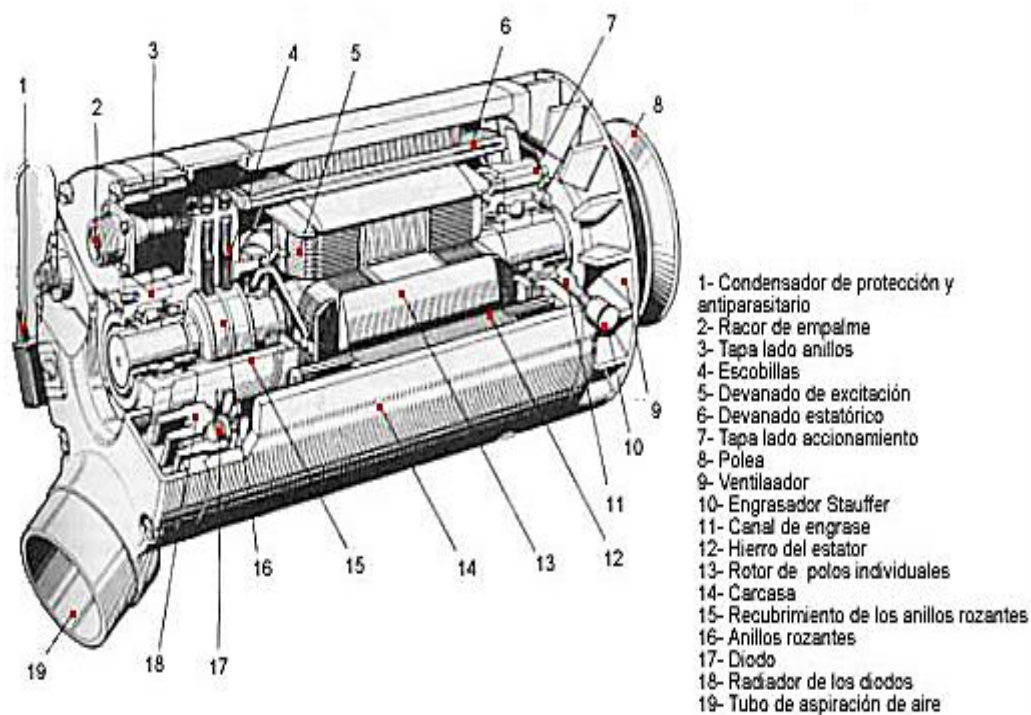


Figura 18 vista en sección de un alternador de polos individuales de la serie U2

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

Estos tipos de alternadores se usan en vehículos especiales y en barcos ya que su tamaño es extremadamente grande, motivo por el cual no es muy común encontrarlos en vehículos convencionales y no se profundizará en el tema.

Instalación y mantenimiento del alternador

Para la instalación del alternador se debe tener en cuenta el amperaje y el voltaje que se necesita para el tipo de vehículo en el que va a ser instalado, por lo tanto tendremos alternadores de 12 voltios en automóviles pequeños y alternadores de 24 voltios en camiones y vehículos más grandes, adicionalmente su amperaje variara dependiendo de las necesidades energéticas del vehículo, para ello tendremos que tomar en cuenta los consumidores de energía que posee el vehículo ya que entre más grande sea su número mayor será el amperaje que deba generar el alternador.

Por otro lado debe tomarse en cuenta la posición en la cual se va a instalar, ya que los anclajes del mismo suelen ser diseñados solamente para un tipo de vehículo lo que ocasiona que tengan que hacerse algunas adaptaciones, adicionalmente el mantenimiento más común que se realiza en un alternador, es el cambio de los rodamientos internos en caso de que presenten desgaste o se encuentren sonando excesivamente ya que en caso de trabarse puede ocasionar daños aún mayores, otro mantenimiento básico es el cambio de las escobillas de carbón que por estar en contacto constante con los anillos rozantes del colector sufren un desgaste continuo, este mantenimiento se debería realizar cada cierto tiempo de uso, para garantizar el correcto desempeño del alternador.

Comprobación de funcionamiento del alternador

La comprobación del funcionamiento del alternador es muy sencilla ya que se la puede realizar solo con observar la luz de malfuncionamiento que nos avisara cuando tengamos un problema con algún elemento del alternador, o también se puede medir el valor del voltaje en bornes que será entre 13.5V y 14.5V en un vehículo de con batería de 12V, o alrededor de 26.5V en un vehículo de con dos baterías o conexión de 24V, el valor generado siempre será un poco mayor al que proporcionan las baterías para garantizar su carga.

Verificación y control del alternador

Comprobación del Rotor

Lo podemos hacer primero visualmente, ya que en muchas ocasiones al haber estado en corto podemos ver los daños en el bobinado, además debemos de verificar el estado de los anillos colectores en cuanto a desgaste, *“si el desgaste es excesivo, o de aspecto rugoso se procede a su mecanizado en el torno”*(Dominguez Soriano, 2011, pág. 200), en caso de

no tener mayor desgaste se puede eliminar las impurezas con un pedazo de lija fina para no dañar su superficie.

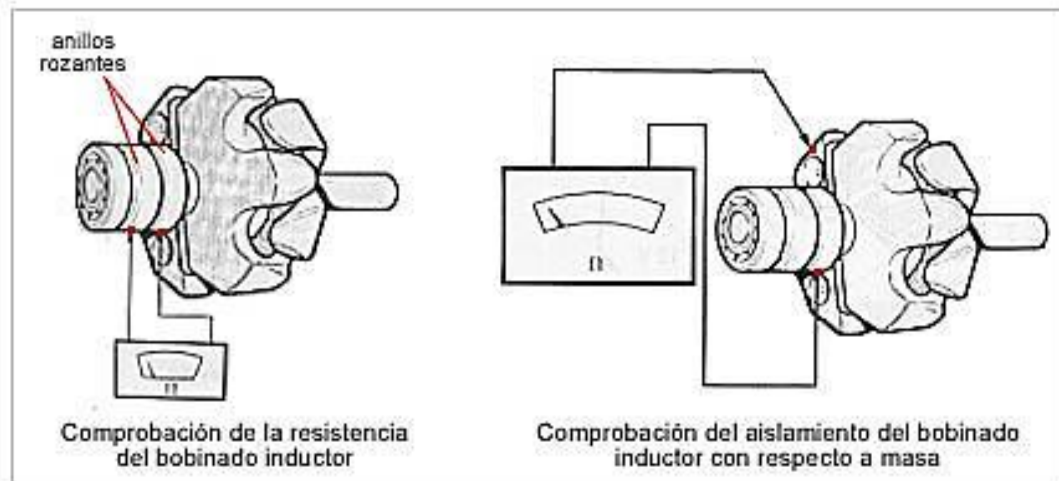


Figura 19 Comprobación del rotor

Fuente: <https://userscontent2.emaze.com/images/8ed5e47e-dd7f-400c-9d79-01e720c7b800/93bd57c3-89f0-4447-8f84-47d1ce386fc9.jpg>

Su comprobación se debe realizar también colocando las puntas del multímetro y midiendo su resistencia, se deben obtener valores entre 2Ω y 300Ω ohmios dependiendo del rotor, o también comprobando su aislamiento con respecto a masa, para verificar que su bobinado no se encuentre en corto, para ello podemos hacerlo “*utilizando una lámpara serie de 15W a 230V, o un comprobador de aislamiento*” (Dominguez Soriano, 2011), o bien podría hacerse también comprobando continuidad con el multímetro ya que lo que nos interesa saber es que sus bobinas no estén conduciendo a masa el voltaje y poniéndose así en cortocircuito.

Comprobación del estator

Al igual que con el rotor podemos realizar dos tipos de comprobaciones, primero la visual que consiste en una inspección rápida del estado de las bobinas y de la carcasa, “*se comprobara que los arrollamientos se encuentren en buen estado sin que su aislamiento*

este dañado y que la carcasa no presente deformaciones”(Alonso Perez, 2004, pág. 232), al estar estático, el estator no presenta muchas averías a menos que los rodamientos del rotor se encuentren en mal estado por lo que se produciría un rozamiento en el estator ocasionando así un corto en este elemento a causa del calor generado.

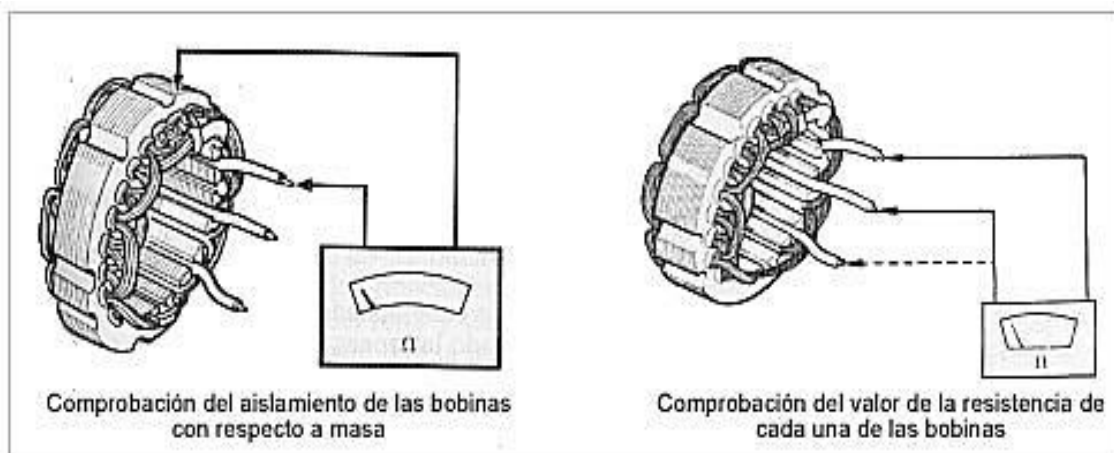


Figura 20 Comprobación del estator

Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/images-alternador/alter-comprobar-estator.jpg>

Por otro lado tenemos la comprobación eléctrica, en la cual verificaremos que las bobinas no se encuentren conduciendo a masa o estén en corto circuito “*el aislamiento de masa de cada una de las fases se comprueba conectando las puntas de prueba del óhmetro*”(Alonso Perez, 2004, pág. 232), o bien podríamos comprobarla verificando que ninguna de las fases tenga continuidad a masa ayudándonos de un multímetro.

Otra prueba a realizar es la continuidad de las fases y su resistencia, es decir que ningún bobinado se encuentre roto, para ello utilizaremos el óhmetro, “*la resistencia del arrollamiento depende del tipo de alternador, pero puede tomarse como valor máximo entre dos conexiones de fase 0.3Ω* ”(Alonso Perez, 2004), en caso de marcar infinito quiere decir que tenemos circuito abierto o que el cable está roto, para la continuidad podemos usar también una lámpara de pruebas conectada a una batería.

Comprobación del Grupo rectificador

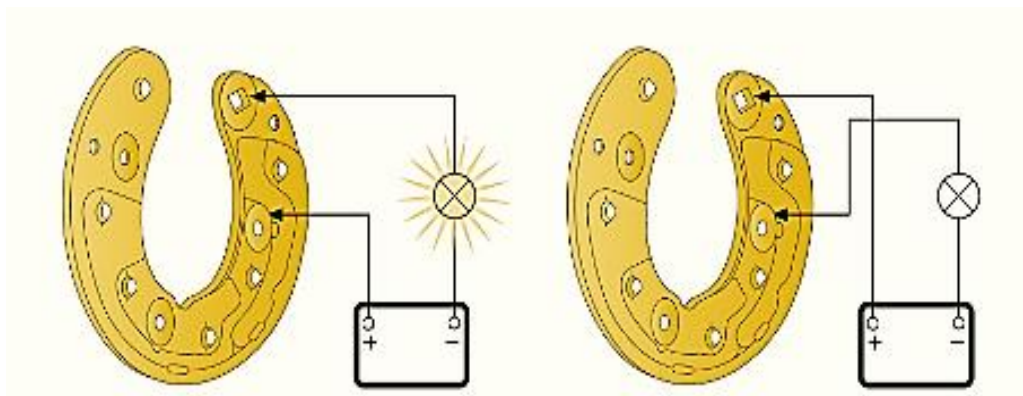


Figura 21 Comprobación del grupo rectificador

Fuente: (Dominguez Soriano, 2011)

Para su comprobación previamente desmontaremos las bobinas y todos los componentes que se encuentren conectados aun a esta pieza, posteriormente revisaremos que los diodos se encuentren perfectamente unidos a las placas así como que su suelda se encuentre en buenas condiciones, para su comprobación utilizaremos una lámpara y una batería conectadas en serie, y verificaremos cada uno de los diodos *“la lámpara debe encenderse cuando esté conectada en un sentido y mantenerse apagada en el otro, lo cual indica que el diodo está bien”* (Alonso Perez, 2004, pág. 233), en el caso que se encienda tanto en la una polarización como en la otra significara que el diodo esta en cortocircuito, y en el caso que no encienda con ninguna de las dos polarizaciones daremos por hecho que el diodo se encuentra roto o abierto por lo que será necesario en los dos últimos casos reemplazarlo.

Esta comprobación también la podremos realizar también con un multímetro con el comprobador de diodos, en este caso nos marcara un valor, e igualmente como con la lámpara tendremos las mismas posibilidades con la diferencia que ya no se encenderá la luz sino que nos marcara un valor asimilando el foco encendido.

Prueba del alternador en el banco

Para la comprobación del funcionamiento de un alternador en el banco de pruebas será necesario conocer los pines del regulador y como conectarlos, para ello podremos guiarnos por la etiqueta que por lo general se encuentra en una de las tapas del mismo, una vez los tengamos identificados conectaremos el cable principal de corriente y el indicador de la lámpara de mal funcionamiento así como el resto de pines correspondientemente.

Una vez tengamos todo conectado correctamente daremos revoluciones de giro a través del motor del banco de pruebas haciendo generar energía al alternador y al verificar que los valores en los indicadores sean los adecuados para ese alternador que por lo general oscilaran entre los 14 voltios en condiciones óptimas de carga, si está dentro de este rango de voltaje y la lámpara indicadora se apaga una vez iniciada la prueba daremos por concluida la comprobación.

CAPÍTULO III

CIRCUITO DE CARGA. REGULADORES PARA ALTERNADOR

Necesidad de la regulación

Teniendo en cuenta que el valor del voltaje del alternador varía en función de las revoluciones proporcionadas por el motor de combustión pudiendo alcanzar valores superiores a los que tenemos en la batería teniendo una gran probabilidad de ocasionar daños severos en las conexiones del automóvil, *“la tensión de un generador tiene que mantenerse prácticamente constante a su valor correcto a todos los números de revoluciones y en todos los casos de carga”*(Gerschler, y otros, 1985)esto hace necesario contar con un dispositivo que regule constantemente las variaciones de voltaje en el alternador independiente mente del número de revoluciones que tenga el rotor y esto *“se efectúa por medio del elemento regulador de tensión que intensifica y debilita el campo magnético de excitación”* (Gerschler, y otros, 1985), ya que al variar el campo magnético en el rotor lograremos también que la corriente generada cambie en la misma proporción, es por esta razón que se hace necesario el uso de un regulador.

Reguladores de contactos

Al momento de realizar la regulación de voltaje en un generador de corriente encontramos varios tipos de dispositivos que nos permiten mantener el voltaje en un valor constante independientemente de las revoluciones proporcionadas al alternador.

En este caso nos centraremos en los primeros tipos de reguladores de voltaje para alternadores en los que contábamos aun con componentes mecánicos para realizar este trabajo.

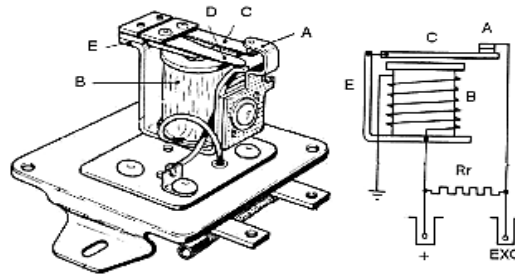


Figura 22 Regulador de contactos

Fuente: (Alonso Perez, 2004)

Los reguladores de contactos son parecidos a un relé común y corriente y son los más básicos al momento de regular la tensión producida por el alternador, en estos contamos con contactos atraídos magnéticamente a través de la acción de una bobina que al excitarse atrae un par de contactos para poder conducir electricidad, “*para evitar la sobrecarga del generador, toda la corriente del generador pasa por un arrollamiento de una o dos espiras (bobina de corriente)*”(Gerschler, y otros, 1985), con esto logramos que mediante el magnetismo generado en la bobina de arrollamiento que se muevan los contactos del dispositivo regulador, “*la variación alternativa de la corriente de excitación se efectúa mediante el cierre y apertura de un contacto móvil y conexión de una resistencia en serie con el circuito de excitación*”(Alonso Perez, 2004, pág. 239)

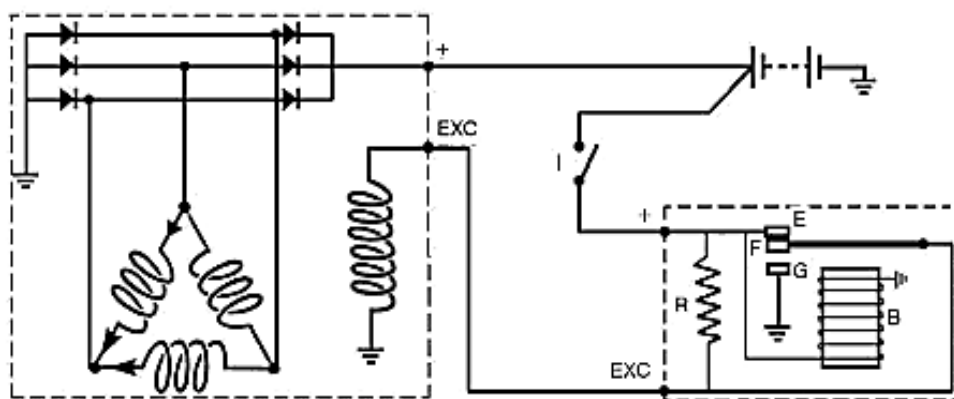


Figura 23 Funcionamiento del regulador de contactos

Fuente: (Alonso Perez, 2004)

En la figura 18 podemos observar el esquema del circuito regulador de contactos conectado a un alternador trifásico, básicamente todo su funcionamiento está basado en el magnetismo que se genera en la bobina B, lo que ocasiona que la barra que contiene al contacto F se mueva en función a la atracción magnética de la bobina del regulador, con ello se logran tres posiciones posibles:

- la primera fase cuando el voltaje tan solo es el administrado por la batería del vehículo tomaría el nombre de etapa inicial alrededor de 12,6 voltios lo que ocasiona que la atracción de la bobina no logre separar los contactos E y F.
- La segunda posición es cuando el contacto E y F se separan pero F nunca llega a juntarse con G, esta sería la etapa media y se da alrededor de los 14.5 voltios, con ello al quedar desconectado los contactos se conduce la corriente de excitación a través de la resistencia R, a consecuencia de esto el campo en el rotor disminuye bajando así también el voltaje producido por el generador.
- Por último tenemos la etapa superior en la cual el alternador sigue generando energía por encima de un punto seguro, en este punto la energía en la bobina es la suficiente para generar un campo magnético capaz de atraer completamente el contacto F hacia G cortando totalmente la excitación obligando a descender la corriente generada y a su vez el regulador a las etapas inferiores.

Este tipo de reguladores fueron los primeros en utilizarse y debido a ello se ha discontinuado su uso, además de esto los reguladores de contactos pueden clasificarse de acuerdo al número de contactos que contengan en su interior, con ello encontraremos reguladores de un par de contactos, de dos y de tres elementos, pero básicamente tienen el mismo funcionamiento.

Reguladores de contactos de dos elementos

El regulador de dos contactos tiene un funcionamiento similar al de regular de un contacto a diferencia que ahora se incorpora otro elemento de contactos “los reguladores que poseen más de un relé utilizan este elemento para controlar un circuito con lámpara señalizadora”(Ariza Elena, 2014)por lo general cuando la lámpara se enciende con el motor puesto en marcha anuncia un malfuncionamiento en el alternador.

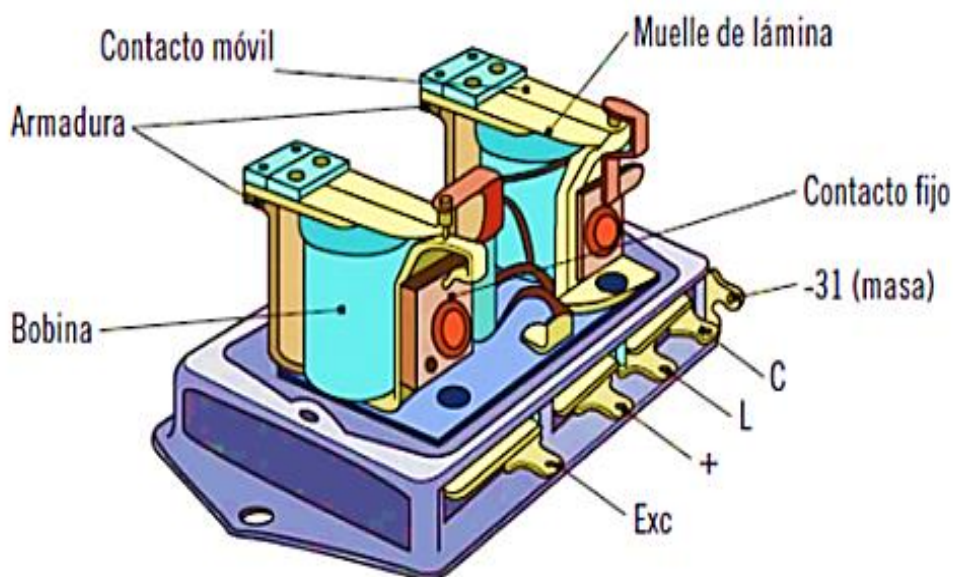


Figura 24 Regulador de contacto de dos elementos

Fuente: (Ariza Elena, 2014)

Lo ideal es que la lámpara se apague una vez iniciado el motor, ya que el alternador comenzaría en ese momento a generar energía, sin embargo puede darse el caso de que la lámpara se quede encendida sin embargo el voltaje proporcionado por el alternador está dentro de los rangos normales, esto quiere decir que uno de sus elementos está en mal estado motivo por el cual habrá que reemplazarlo o calibrarlo por lo menos ya que como cuenta con componente mecánicos muchas veces se desgastan.

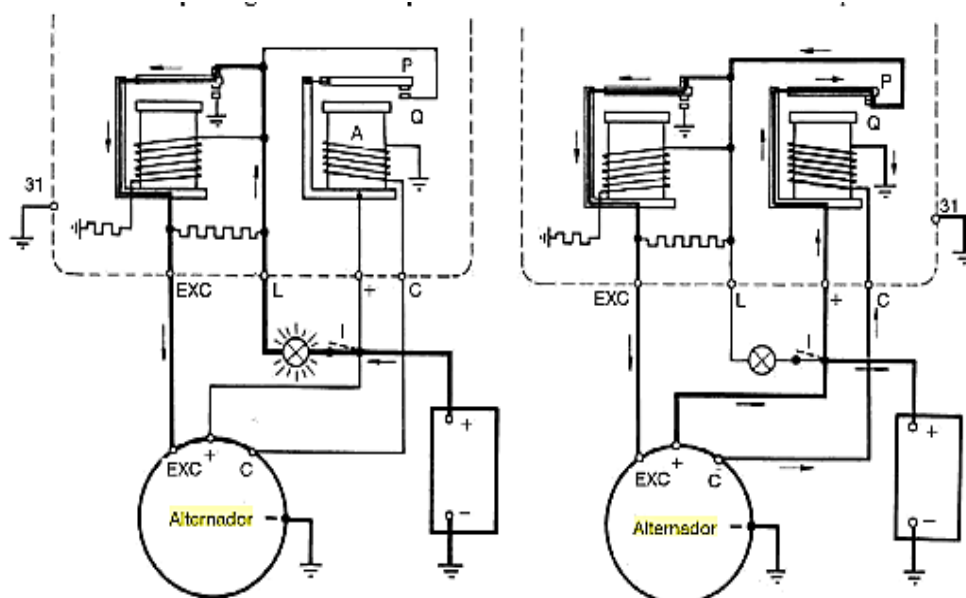


Figura 25 Regulador de contactos de dos elementos

Fuente: (Alonso Perez, 2004)

En la figura 25 podemos observar el funcionamiento de un regulador de contactos de dos elementos al lado derecho observamos lo que sucede cuando el motor no está encendido, tan solo se ha accionado la llave del switch hasta la posición de contacto en el tablero de instrumentos se puede observar la luz indicadora de batería L por lo tanto solo se está utilizando un elemento dentro del regulador. Una vez se da marcha al motor entra en funcionamiento el segundo elemento dentro del regulador de contactos como se puede observar al lado derecho de la figura 25, el funcionamiento del segundo contacto es el mismo que en el regulador de contactos de un elemento.

Reguladores para alternador de nueve diodos

En un comienzo con los reguladores de contactos no se usaba diodos para excitatriz pero desde que los reguladores comenzaron a incorporarse dentro del mismo alternador y en muchos casos son un solo cuerpo con el porta-carbones, también se empezaron a incorporar al circuito tres diodos de excitatriz o bien puede ser un tríodo, *“en este tipo de alternador, la corriente de excitación se establece a través de los diodos de excitación ,*

borne L +, borne positivo del regulador, contactos P y Q y EXC del regulador, de donde va hasta el rotor”(Alonso Perez, 2004, pág. 244) es por eso que los alternadores ya no solo usaban seis diodos de potencia sino que ahora se incorporan tres diodos más pequeños para la excitatriz.

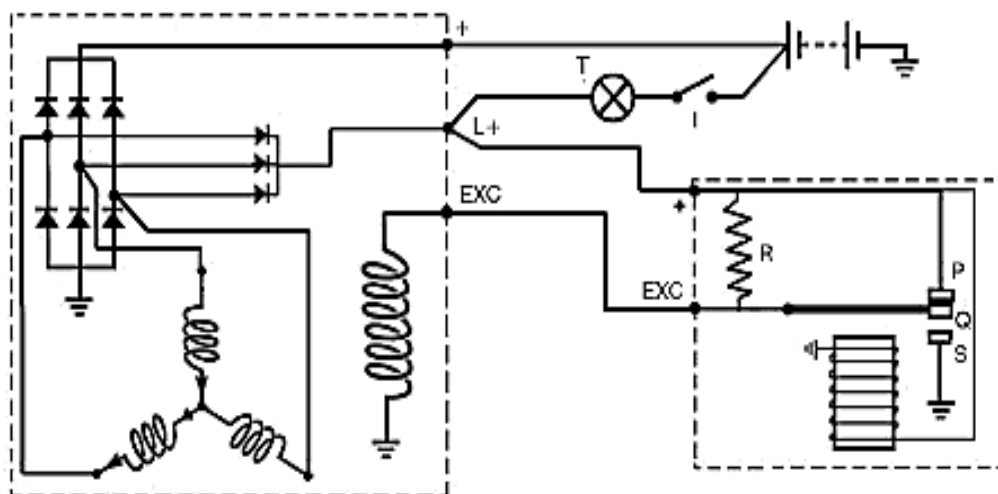


Figura 26 Regulador para alternador de nueve diodos

Fuente: (Alonso Perez, 2004)

El funcionamiento de este regulador es similar a los anteriores ya explicados, lo que controla el movimiento de los contactos es la cantidad de corriente que pase por la bobina dependiendo del voltaje generado por el alternador.

Aplicación de la electrónica a los reguladores

Debido a que la electrónica ha tenido un gran crecimiento en los últimos años, y en vista de las múltiples ventajas que presentan sus elementos respecto a las partes mecánicas que antes se aplicaban en los reguladores se opta por reemplazar varias partes por componentes electrónicos, ya que estos son mucho más precisos, duran mucho más tiempo, son más pequeños y por lo tanto más livianos con ello se ha logrado implementar un regulador dentro del mismo alternador, siendo este más eficaz al momento de regular la tensión generado por el alternador.

Reguladores con ayuda electrónica

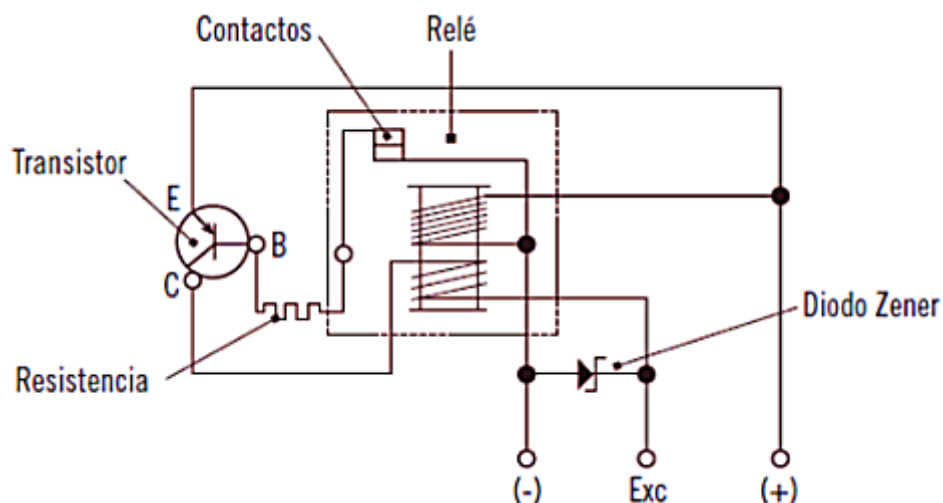


Figura 27 Esquema de un regulador con ayuda electrónica

Fuente: (Ariza Elena, 2014)

En un comienzo los reguladores de contactos fueron incorporando piezas electrónicas tanto así que poco a poco fueron evolucionando hasta convertirse en elementos totalmente electrónicos. Uno de los elementos incorporados es el transistor el cual *“conecta y desconecta en rápida sucesión la excitación del alternador”*(Alonso Perez, 2004, pág. 245) con ello se logra que la corriente que pasa por los contactos no sea muy elevada evitando así que se desgasten por los chispazos que puedan surgir.

Entre los elementos más usados en la ayuda electrónica tenemos diodos, transistores, tiristores, resistencias, etc. *“El diodo es un componente semiconductor con dos conexiones que tiene la propiedad de permitir el paso de la corriente en un sentido y bloquearla en el sentido contrario”*(Gerschler, y otros, 1985, pág. 524) y es uno de los elementos fundamentales para rectificación y regulación de la corriente, sin embargo también contamos con otro tipo de diodo, *“los diodos Zener son utilizados en multitud de circuitos electrónicos debido a sus características funcionales como elementos de protección”*(Ariza Elena, 2014), y que para funciones de regulación son muy utilizados

debido a las características que presentan ya que también suelen ser llamados diodos limitadores ya que con la conexión adecuada permiten el paso de una corriente determinada, como podemos observar en la imagen el diodo zener se encuentra entre el pin de excitación y el negativo con lo que logramos que cuando la corriente supere ciertos límites se permita solo el paso de una mínima corriente regulada por el diodo.

Reguladores electrónicos totalmente transistorizados

Debido a que los reguladores de contactos contaban con partes mecánicas expuestas al desgaste de sus componentes y que eran de un tamaño mucho más grande que el de los elementos electrónicos, los fabricantes optan por diseñar un regulador mucho más confiable y preciso además de duradero ya que sus componentes no se desgastan con facilidad al no poseer partes mecánicas en su interior, esto represento un gran cambio en los reguladores ya que ahora eran mucho más pequeños, duraderos, confiables y precisos, con ello se logra incorporar el mismo dentro del alternador ya que su tamaño vario enormemente.

Los reguladores electrónicos están montados en una baquelita en un llamado circuito impreso el cual es la base para la regulación, todos sus componentes electrónicos se unen a la placa de baquelita mediante una soldadura con estaño y se encuentran herméticamente sellados en una especie de resina, esto para asegurar que sean resistentes a la humedad.

El único inconveniente fue que ahora ya no era posible repararlos ni calibrarlos como en el caso de los reguladores de contactos ya que venían completamente sellados. Sin embargo presentan múltiples ventajas y es por ello que hasta hoy en día se siguen usando y sus modelos pueden variar de acuerdo al fabricante, en la mayoría de los casos cuando este elemento sufre algún daño es recomendable sustituirlo en lugar de repararlo.

Regulador electrónico incorporado al alternador.



Figura 28 Regulador electrónico

Fuente: (Ariza Elena, 2014)

El regulador electrónico como tenía un tamaño mucho más pequeño que el de contactos hizo posible poder incorporarlo dentro del alternador en donde formaba un solo elemento con el porta escobillas, debido a sus múltiples ventajas se siguen utilizando actualmente, y cumplen las mismas funciones que los reguladores ya explicados anteriormente pero de manera electrónica.

Verificación del circuito de carga

La verificación es bastante sencilla y la podemos realizar con la ayuda de un multímetro con el cual en la sección de voltaje continuo verificaremos con el motor del vehículo en marcha que el valor de voltaje proporcionado por el alternador sea el adecuado y no supere los 14.5 V ni baje de 13 V, o que se mantenga en un valor estable entre ambos independiente mente de las revoluciones que tenga el motor de combustión, comprobaremos también que el estado de la lámpara indicadora en el tablero una vez puesta en marcha el motor esta se apague y cuando no se encuentre encendido el motor se encuentre encendida.

CAPÍTULO IV

Construcción de un banco de pruebas para alternadores

En vista de las necesidades que se presentan en un taller de electromecánica automotriz dedicado al servicio de mantenimiento eléctrico automotriz, se ha planteado la elaboración de un banco de pruebas para alternadores, ya que al ser el elemento central del sistema de carga en el vehículo, es de suma importancia el mantenimiento tanto preventivo como correctivo que se realice en este, para garantizar así su correcto desempeño.

Materiales

- 9 metros de ángulo de 30mm x 6mm
- ½ plancha de tol
- Pernos y tuercas
- 4 Llantas móviles
- Un pedazo de mdf de 60cm x 60cm
- 1 amperímetro
- 1 voltímetro
- 1 luz piloto
- 1 potenciómetro
- 6 Plug banana hembra
- 6 plug banana macho
- Bornes para batería
- 1 variador de frecuencia
- 1 Motor trifásico
- 1 Enchufe para conexión a 220V

- 1 batería 12V
- Caja de remaches

Equipos y herramientas

- Suelta eléctrica de arco
- Amoladora
- Taladro
- Llaves mixtas
- Pinza
- Alicates
- Cautín
- Limas
- Tijera para cortar tol
- Remachadora

Desarrollo

Elaboración de la estructura (parte mecánica)

Esto fue lo primero que debía elaborarse debido a que aquí se montarían todos los elementos necesarios para la comprobación de un alternador, esta debía acoplarse a las necesidades del personal que fuera a utilizar este instrumento, para ello se tomo en cuenta que la mayoría de técnicos en el taller tenía una estatura de entre 1.60m y 1.75m, motivo por el cual la altura de banco de pruebas sería de alrededor de 1m de altura. En cuanto al ancho y profundidad que debería de tener, sería lo suficiente como para poder manipular las partes del alternador para su correcta revisión y diagnóstico su medida de ancho fue

60cm x 60cm de profundidad, por último el material usado para su elaboración por cuestión de costos se optó por el ángulo de hierro.

Lo primero en elaborarse fue la cara posterior con medidas de 60cm de ancho por 90cm de altura y la cara delantera igualmente de 60cm de ancho por una altura de 80cm.



Figura 29 Cara delantera y posterior del banco de pruebas

Una vez cortadas y soldadas las caras delantera y posterior se procedió con el armazón de la estructura para lo cual nos ayudamos de tiras de ángulo de 60cm para unir las caras posterior y delantera en la parte inferior de las mismas, mediante una unión de soldadura por arco eléctrico formando una especie de caja.



Figura 30 Unión inferior de la cara delantera y posterior

Una vez unidas las caras posterior y delantera de la estructura se procede a incorporar la parte superior del banco de pruebas, se ha pensado en dejar una especie de

grada a 90 grados entre el borde superior de la cara posterior y la cara delantera con una profundidad de 20 cm permitiendo instalar aquí los medidores de corriente y voltaje así como los distintos botones de mando y tomas de corriente del banco de pruebas por otro lado en la parte posterior se ha elaborado un soporte para alojar el motor trifásico que le proporcionara la velocidad de giro al alternador para que pueda generar corriente, se han colocado también tiras metálicas en los costados para posteriormente asegurar las tapas de la estructura.



Figura 31 Estructura metálica del banco de pruebas

Una vez que tengamos la base de la estructura procederemos a colocar las distintas tapas tanto de los costados como de la parte superior excepto en la grada, para estos nos ayudaremos de unas tijeras para cortar el tol y darle la forma que necesitamos para colocarlo de tal manera que cubra desde los bordes internos de cada Angulo quedando como se puede observar la figura para sujetar las tapas hechas de tol en su lugar colocaremos remaches distribuidos a lo largo de los bordes de cada tapa.

También procederemos a colocar el motor en su lugar sujetándolo mediante pernos y tuercas ubicaremos también el anclaje al cual se sujetara el alternador al banco de pruebas, le colocaremos también las llantas a la estructura, estas permitirán que la estructura se mueva para facilitar su traslado



Figura 32 Estructura con cubiertas de tol

Elaboración del tablero de mando e instrumentos (parte eléctrica)

En el tablero de mandos es donde irán conectados todos los circuitos eléctricos del banco de pruebas el material para su elaboración por costos y por mejor manejabilidad se eligió hacerlo en tabla la cual ira sujeta a través de tornillos a la estructura metálica, cubriendo la parte en forma de grada que no ha sido cubierta con tol.



Figura 33 Elaboración del tablero de Mando

Además en el deberemos contar con un medidor de voltaje o voltímetro que nos permita conocer en todo instante de la prueba, el valor del voltaje que hay en el circuito de carga una vez se ha iniciado la prueba, también contaremos con un amperímetro que nos indique el valor de la corriente existente en el circuito, para determinar así las condiciones en las que se encuentra el alternador.

los interruptores para la alimentación de los circuitos también son necesarios para controlar el paso de corriente hacia los mismos, en este caso son dos los circuitos del banco de pruebas: el de carga y pruebas 12Vcc y el circuito del motor trifásico con el variador de frecuencia 220Vca, en el tablero contaremos también con cinco tomas de 12 Vcc, una luz piloto que será la indicadora de la luz de mal funcionamiento, una perilla para el variador de velocidad programado para comenzar la prueba alrededor de las 850 rpm en el motor y variarlas hasta 3600 rpm, y un cable de corriente principal para el alternador a través del cual proporcionara carga a la batería incorporada del banco de pruebas.



Figura 34 Tablero de mando

Circuito de carga 12 voltios

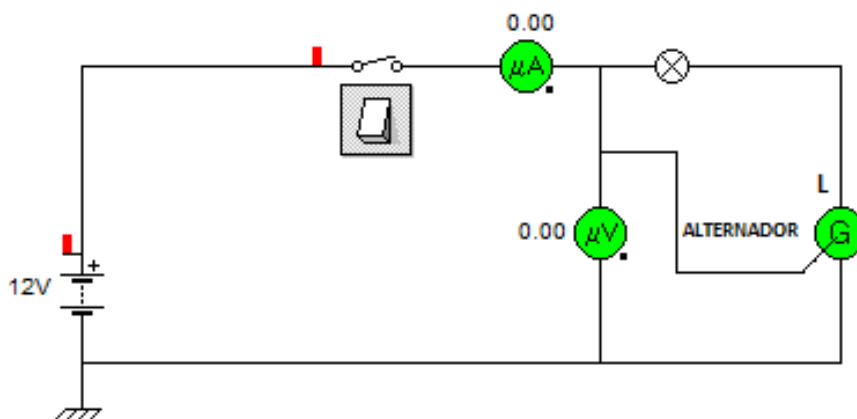


Figura 35 Diagrama circuito eléctrico de carga

Partiendo desde el borne positivo de la batería conectaremos el switch en serie con el amperímetro, la batería y el cable principal del alternador, por otro lado conectaremos en

paralelo el voltímetro o indicador de voltaje a la batería, tomaremos también una corriente positiva para la luz indicadora de carga y cinco tomas de corriente de 12 voltios para realizar pruebas de continuidad en los distintos bobinados del alternador a través de la luz piloto.

Circuito motor 220voltios

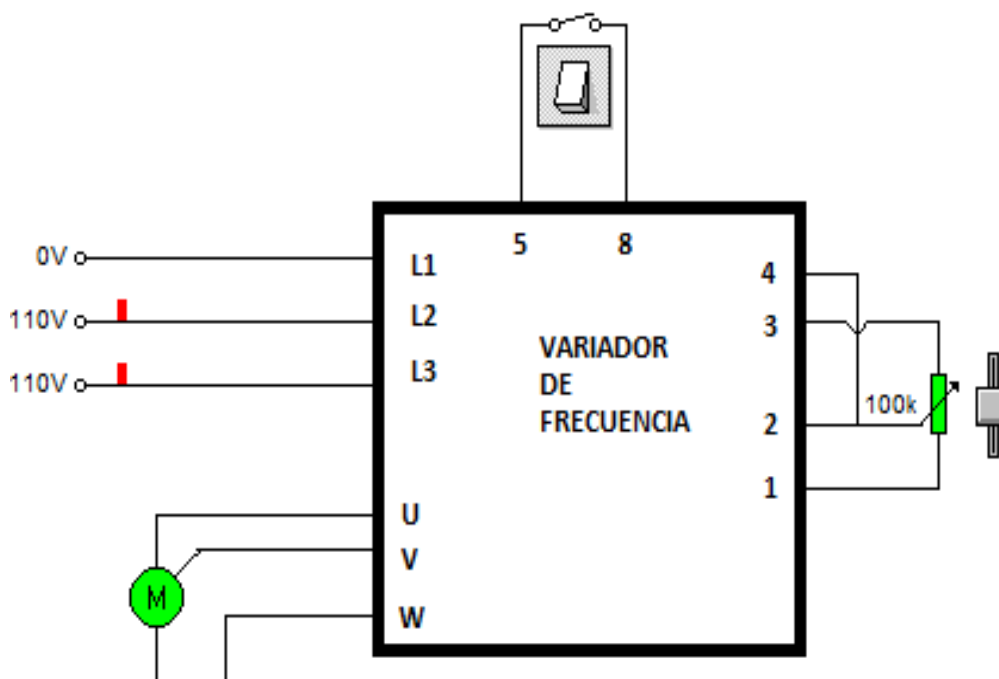


Figura 36 Diagrama eléctrico circuito Variador - motor

En este circuito encontraremos lo que es el motor trifásico que será el encargado de proporcionar las revoluciones necesarias al alternador para que pueda generar corriente, sin embargo necesitamos que sea lo más parecido al funcionamiento en un automóvil, por lo que se le ha incorporado un variador de frecuencia para poder variar las rpm del motor asimilando así tanto el ralenti como altas revoluciones, se ha programado el variador de frecuencia para empezar la prueba alrededor de las 850rpm que sería el ralenti aproximado del motor y las 3600 rpm que simularía altas rpm del motor, adicionalmente también contamos con un switch que nos permite arranque y detener el motor.



Figura 37 Banco de pruebas terminado

Elaboración del soporte y templador para alternador

Al tener que quedarse fijo el alternador durante la prueba en el banco de pruebas se hace necesario el uso de un soporte que sea regulable para cualquier tipo de alternador ya que no solo contamos con un solo tamaño, por lo tanto se procede a dejar un anclaje fijo y los otros dos puntos de apoyo son variables como se puede observar en la figura 38



Figura 38 Soporte regulable para alternador

Una vez armado todo el conjunto el banco de pruebas está listo para ser usado en la comprobación de cualquier alternador con todo en su lugar el banco de pruebas deberá verse similar al de la imagen.

CAPITULO V

PRUEBAS EN EL BANCO Y ANALISIS DE RESULTADOS

Para realizar la comprobación de un alternador en banco de pruebas lo primero que debemos hacer es desmontarlo del vehículo en el cual se encuentra, obviamente posterior al chequeo y comprobaciones respectivos en el vehículo.

Una vez que tenemos el alternador desmontado del vehículo procedemos a verificar cada uno de sus componentes en caso de que su funcionamiento no sea el correcto, se procederá a reemplazar la o las partes que se encuentren defectuosas, posteriormente a su respectiva comprobación.

Ya corregidos los problemas que tengamos en dicho alternador procederemos a montarlo en el banco de pruebas, el cual simulara condiciones similares a las que tendríamos en el vehículo, para comprobar que las reparaciones en el mismo hayan dado resultado y también que su funcionamiento sea el adecuado para ese tipo de alternador.

En el tablero de instrumentos del banco de pruebas podremos observar valores de voltaje y amperaje así como el estado de la luz indicadora, y podremos variar desde un rango mínimo de ralentí hasta un rango medio las revoluciones proporcionadas al alternador, esto facilitara la comprobación al poder contar con los valores correctos antes de montar el alternador en el vehículo.

Características técnicas de los alternadores a comprobar

Alternador (a).- es un alternador fotón de la serie 219170 perteneciente a un vehículo Daewo matiz, su voltaje es de 12 V, su amperaje máximo es de 65 A, cuneta con regulador incorporado.

Alternador (b).-es un alternador Mitsubishi de la serie A2T05772, perteneciente a un vehículo Mazda, cuyo voltaje es 12 V y su amperaje máximo es de 60 A, cuenta con un regulador incorporado.

Alternador (c).- es un alternador Denso de la serie 1042108180, perteneciente a un vehículo Toyota Yaris, cuyo voltaje es 12 V y su amperaje máximo es 60 A, cuenta con un regulador incorporado.

Obtención de valores en el banco de pruebas

Para las pruebas realizadas comprobamos tres alternadores de distintos vehículos cuyas características ya fueron especificadas y en los cuales se obtuvieron los siguientes valores:

ALTERNADOR	VOLTAJE GENERADO	AMPERAJE	ESTADO DE LA LUZ INDICADORA
a	14 v	8 A	Apagada
b	12.6	0 A	Encendida
c	12.6	0 A	Encendida

Tabla 2Valores obtenidos previos al mantenimiento preventivo/correctivo

Análisis de resultados

- Como podemos observar en los valores de la tabla 1 el alternador (a) se encuentra en óptimas condiciones, está generando el voltaje y los amperajes adecuados y el estado de la luz indicadora es la correcta para su funcionamiento. A este alternador solo se le realizara un mantenimiento preventivo y comprobación de sus componentes.

- Sin embargo los alternadores (b) y (c) no están generando por lo habrá que revisar cuál de sus componentes es el que está ocasionando el fallo.

Mantenimiento de alternadores defectuosos

Alternador (a).- una vez desarmado pudimos constatar que a pesar de estar cargando correctamente sus rodamientos estaban desgastados motivos por el cual se procedió a reemplazarlos.

Alternador (b).- posteriormente a su chequeo respectivo se comprobó que el único elemento que estaba causando la falla era su regulador, que por motivos de costos el propietario del vehículo opta por instalar un regulador externo.

Alternador (c).- de este alternador el componente que estuvo dañado fue la placa de diodos ya que al realizar su chequeo de sus componentes se logró comprobar que un diodo negativo y dos positivos se encontraban en corto, por lo tanto se procede a sustituir la placa de diodos tanto la positiva como la negativa.

ALTERNADOR	VOLTAJE GENERADO	AMPERAJE	ESTADO DE LA LUZ INDICADORA
a	14 v	8 A	Apagada
b	13.6	10 A	Apagada
c	13.9	8 A	Apagada

Tabla 3 Valores obtenidos posteriores al mantenimiento

Posteriormente al mantenimiento los valores obtenidos son los adecuados para este tipo de alternadores, corrigiéndose así sus fallas y quedando listos para volver a ser montados en sus respectivos vehículos.

CONCLUSIONES

- El uso de un banco de pruebas facilita el trabajo en la obtención de datos en la comprobación de un alternador ya que al tener más espacio que en el vehículo se puede proceder a revisar minuciosamente cada uno de los componentes para dar un correcto mantenimiento de este elemento.
- El uso de un banco de pruebas para comprobar el funcionamiento del alternador una vez realizado el mantenimiento antes de montarlo en el vehículo es de mucha ayuda ya que nos ahorraría tiempo en caso de que algo haya sido mal armado.
- Al tener condiciones similares a las de carga en un vehículo en el banco de pruebas se puede tener una idea del porque se tendría un mal funcionamiento en el vehículo.
- La mayoría de problemas en alternadores se dan por la insuficiencia de carbones debido al desgaste continuo al que están sometidos.
- Una vez que el alternador deja de cargar el vehículo seguirá encendido hasta que se agote la carga existente en la batería.
- Un mal funcionamiento en el circuito de carga afectara a todos los elementos eléctricos y electrónicos del vehículo ya que es este el que proporciona la energía para su correcto funcionamiento.
- Al usar baterías demasiado viejas se llega a averiar el regulador de voltaje ya que se le exige mucho más carga para compensar la deficiencia de la batería.
- El sistema de carga del vehículo pese a ser uno de los más simples en cuanto a número de componentes, es uno de los sistemas de mayor importancia ya que aporta constante mente energía tanto para cargar la batería como para los sistemas y circuitos en el vehículo.

RECOMENDACIONES

- Al desarmar un alternador se recomienda poner atención en la ubicación de cada uno de los aislantes ya que al no colocarlos de la manera correcta todo el circuito se pondrá en corto provocando un malfuncionamiento.
- En el caso de tener un regulador incorporado se deberán ajustar bien los tornillos por los que este se une a la carcasa y a la placa de diodos para evitar posibles fallas
- Al montar el alternador en el vehículo se recomienda templar bien la banda ya que es otra causa por que el alternador dejaría de cargar.
- Al notar algún ruido extraño en el alternador revisarlo inmediatamente para evitar un daño mayor a causa del rozamiento de sus partes.
- Realizar un chequeo periódicamente para evaluar el estado de las escobillas y de los rodamientos en el alternador.
- Siempre que se de mantenimiento al alternador limpiar con una lija los residuos de carbón alojados en el colector del rotor para evitar posibles fallas por suciedad.
- Al notar calor excesivo en la carcasa del alternador chequearlo inmediatamente ya que algunos de sus componentes están conduciendo la energía generada hacia masa.
- Al volver a armar un alternador ajustar con el torque necesario cada uno de los pernos de la carcasa y de la polea, para evitar que se desajusten con la vibración del motor.
- Al notar fisuras en la banda reemplazarla inmediatamente para evitar que esta se rompa y por lo tanto el alternador deje de generar energía.
- Ajustar bien el cable de corriente principal al alternado ya que un ajuste mínimo puede ocasionar que no se transmita la energía generada.

BIBLIOGRAFÍA

- Alonso Perez, J. M. (2004). *Tecnicas del automovil Equipo Electrico*. Madrid: Thompson Ediciones Spain Paraninfo S.A.
- Ariza Elena, J. (2014). *Mantenimiento del sistema de carga con alternador. TMVG0209*. Antequerra: IC Editorial.
- Dominguez Soriano, E. J. (2011). *Sistemas de carga y arranque*. Madrid: Editex S.A.
- Gerschler, H., Bohner, M., Gobweiler, H., Leyer, S., Pichler, W., Schmidt, H., y otros. (1985). *Tecnología del Automóvil Tomo 2*. Barcelona: Editorial Reverté.
- Gil, H. (2002). *Circuitos electricos en el automovil*. Barcelona: Ediciones Ceac.
- Martinez, H. G. (2001). *Manual del automovil Reparacion y Mantenimiento electricidad, accesorios y transmision*. Madrid: CULTURAL S.A.
- Read, P. J., & Reid, V. C. (2001). *Manual técnico del automovil*. Madrid: A. Madrid Vicente, Ediciones .
- Ros Marin, J. A., & Barrera Doblado, O. (2011). *Sistemas eléctricos y de seguridad y confortabilidad*. Madrid: Editorial Paraninfo.
- Tena Sanchez, J. G. (2009). *Circuitos electrotecnicos basicos: sistemas de carga y arranque*. Madrid: Ediciones Paraninfo S.A.

GLOSARIO

Acumulador.- pila reversible que acumula energía durante la carga y la restituye en la descarga.

Ácido sulfúrico.- líquido caustico de consistencia oleosa, incoloro e inodoro, compuesto de azufre, hidrogeno y oxígeno, y que tiene muchos usos en la industria.

Aislante.- dicho de aquel material que impide la transmisión de la electricidad, el calor, el sonido, etc.

Aleación.- producto homogéneo, de propiedades metálicas, compuesto de dos o más elementos, uno de los cuales, al menos, debe ser un metal.

Amperio.- unidad de intensidad de corriente eléctrica del Sistema Internacional equivale a la intensidad de corriente que, al circular por dos conductores paralelos, rectilíneos, de longitud infinita, de sección circular despreciable y colocados a la distancia de un metro uno de otro en el vacío, origina entre dichos conductores una fuerza de dos diezmillonésimas de newton por cada metro de conductor.

Bobina.- componente de un circuito eléctrico formado por un alambre aislado que se arrolla en forma de hélice con un paso igual al diámetro del alambre.

Bobinado.- conjunto de bobinas que forman parte de un circuito eléctrico.

Colector.- anillo de cobre al que se aplican las escobillas para comunicar el inducido con el circuito exterior.

Densidad.- magnitud que expresa la relación entre la masa y volumen de un cuerpo. Su unidad en el Sistema Internacional es el kilogramo por metro cubico (kg/m^3).

Densímetro.- tipo de instrumento que sirve para determinar la densidad o el peso específico de los líquidos o de los sólidos.

Multímetro.-instrumento que permite medir varias magnitudes eléctricas, como la intensidad, la tensión y la resistencia.

Durabilidad.- cualidad de durable.

Electroimán.- imán artificial que consta de un núcleo de hierro dulce rodeado por una bobina por la que pasa una corriente eléctrica.

Porosidad.-cualidad de poroso.

Polaridad.- condición de lo que tiene propiedades o potencias opuestas, en partes o direcciones contrarias, como los polos.

Polarización.- acción y efecto de polarizar o polarizarse.

Resistencia.- dificultad que opone un circuito al paso de corriente

Sulfato.- sal mineral u orgánica del ácido sulfúrico.

Tensión.- voltaje con que se realiza una transmisión de energía eléctrica.

Transistor.-semiconductor provisto de tres o más electrodos que sirve para rectificar y amplificar los impulso eléctricos. Sustituye ventajosamente a las lámparas o tubos electrónicos por no requerir corriente de caldeo, por su tamaño pequeñísimo, por su robustez y por operar con voltajes pequeños y poder admitir corrientes relativamente intensas.