



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia sí mismo y hacia los demás.

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PORTÁTIL DE
GENERACIÓN ELÉCTRICA PARA CARGAR UN BANCO DE
BATERÍAS PARA SUPLIR UNA CARGA QUE DEMANDA UNA
POTENCIA DE 150 VATIOS.**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

**ISRAEL ANTONIO MOLINA SANTILLÁN
(gatoims@yahoo.es)**

**DIRECTOR: MSc. PATRICIO IVÁN CHICO HIDALGO
(patricio.chico@epn.edu.ec)**

**CO-DIRECTOR: Dr. JORGE ANDRÉS ROSALES ACOSTA
(andres.rosales@epn.edu.ec)**

QUITO, JULIO 2013

DECLARACIÓN

Yo, Israel Antonio Molina Santillán, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Israel Antonio Molina Santillán

CI: 171971176-2

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Israel Antonio Molina Santillán, bajo mi supervisión.

MSc. Patricio Iván Chico Hidalgo
DIRECTOR DEL PROYECTO

Dr. Jorge Andrés Rosales Acosta
CO-DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

Primeramente doy gracias a Dios, por guiarme y llevarme siempre por el camino del bien, por darme la sabiduría y las fuerzas para no decaer durante el desarrollo de este proyecto.

A mis padres, quienes con su esfuerzo y constancia me han apoyado en los buenos y malos momentos de cada etapa de mi vida, por estar siempre presente cuando más los necesito, les amo papitos queridos.

A mis hermanos Fabián y Clarita, que de una u otra forma siempre han estado pendientes de mí y apoyándome.

A mis abuelitas Mercedes Pazmiño y Dolores Santillán, por sus bendiciones.

Un sincero agradecimiento a mi prima Sofía Villegas, quien me brindó todo su apoyo para que estudie en la Escuela Politécnica Nacional.

A mi director de tesis, MSc. Patricio Chico, por haber aceptado ser parte de este proyecto y brindarme su conocimiento, experiencia y consejos para culminar el presente proyecto.

A mi co-director de tesis, Dr. Andrés Rosales, por la confianza depositada en mí.

A mi amigo Jorge Guallichico, quien me apoyó incondicionalmente durante el desarrollo de este proyecto.

DEDICATORIA

A mi padre Milton y a mi madre Clarita, quienes me han dado la vida y me brindan día a día su amor, cariño y apoyo incondicional en todas las metas que yo me propongo.

A mi hermano Fabián y a mi hermana Clarita con quienes he compartido y sigo compartiendo momentos maravillosos de nuestras vidas.

Israel

CONTENIDO

CONTENIDO	i
RESUMEN	iv
PRESENTACIÓN	vi
CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO	1
1.1 ESTUDIO DEL GRUPO MOTOR-GENERADOR.	2
1.1.1 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.	3
1.1.1.1 Motor de dos tiempos.	4
1.1.1.1.1 Principio de funcionamiento.	4
1.1.1.1.2 Aplicaciones.	5
1.1.2 ALTERNADOR.	5
1.1.2.1 Principio de Funcionamiento.	6
1.1.2.2 Rectificación de la corriente alterna.	6
1.1.2.3 Regulación de tensión.	8
1.1.2.4 Estructura del alternador.	9
1.1.3 ACOPLAMIENTO MECÁNICO.	10
1.2 FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LAS BATERÍAS.	11
1.2.1 ESTUDIO GENERAL DE LAS BATERÍAS.	11
1.2.1.1 Principio de funcionamiento.	12
1.2.1.2 Terminología de las baterías.	13
1.2.2 BATERÍA DE PLOMO ÁCIDO.	14
1.2.2.1 Estructura básica de la batería.	14
1.2.2.2 Tipos de baterías de plomo ácido.	15
1.2.2.3 Capacidad de la batería.	15
1.2.3 TÉCNICAS DE CARGA PARA BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO. [16,17].....	17
1.2.3.1 Carga rápida	17
1.2.3.2 Carga lenta	18
1.2.3.3 Carga a voltaje constante.....	18
1.2.4 ALGORITMO DE CARGA.	18
1.2.4.1 Carga a corriente constante o carga máxima (Bulk).....	19
1.2.4.2 Sobrecarga controlada (Absorción).....	19
1.2.4.3 Flotación	19
CAPÍTULO 2 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE DEL SISTEMA	
PORTÁTIL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA	21
2.1 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE BATERÍAS.....	21

2.1.1	CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE CONSUMO DEL SISTEMA.	22
2.1.2	CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL BANCO DE BATERÍAS.....	22
2.2	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL GRUPO MOTOR-GENERADOR.....	23
2.2.1	MOTOR A COMBUSTIÓN INTERNA.	24
2.2.2	ALTERNADOR.....	25
2.2.2.1	Características principales del alternador adquirido.	25
2.2.3	ACOPLE MECÁNICO.	26
2.2.3.1	Diseño y construcción de la pieza que sustituye la polea del alternador.	27
2.2.3.2	Diseño y construcción del encoder.....	28
2.2.3.3	Diseño y construcción del eje para el motor de combustión interna.	28
2.2.4	ESTRUCTURA DE MONTAJE.....	30
2.2.4.1	Ensamblaje del mecanismo para variar la velocidad.	31
2.2.4.1.1	Especificaciones técnicas del servomotor Hitec HS-485H.	32
2.3	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CARGADOR DEL BANCO DE BATERÍAS.	32
2.3.1	DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN.....	32
2.3.1.1	Conexión a la red eléctrica.....	33
2.3.1.2	Fusible.	34
2.3.1.3	Transformador.	34
2.3.1.4	Rectificador.....	35
2.3.1.5	Filtro.....	36
2.3.1.6	Regulador de tensión.	37
2.3.1.6.1	Diseño del disipador de calor.....	38
2.3.2	DISEÑO DEL CIRCUITO PARA CARGAR EL BANCO DE BATERÍAS.....	40
2.3.2.1	Diseño de la fuente de alimentación para el ventilador.	41
2.3.2.2	Dimensionamiento del circuito para el relé que controla la conexión/desconexión del banco de baterías.	43
2.4	DISEÑO DEL CIRCUITO PARA CONTROLAR LA CORRIENTE DE EXCITACIÓN DEL DEVANADO DE CAMPO DEL ALTERNADOR.....	44
2.4.1	DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN AL CIRCUITO PARA CONTROLAR LA CORRIENTE DE EXCITACIÓN DEL ALTERNADOR.	46
CAPÍTULO 3 DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL.....		49
3.1	DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE CONTROL Y SENSADO.....	50
3.1.1	ELEMENTOS DE SENSADO.....	50
3.1.1.1	Sensor de voltaje.	50
3.1.1.2	Sensor de temperatura.....	52

3.1.1.3	Sensor de corriente.....	53
3.1.1.4	Medidor de RPM.	55
3.1.1.5	Medición de la corriente de excitación que circula por el devanado de campo del alternador.....	57
3.1.2	ELEMENTOS DE CONTROL.....	58
3.1.2.1	Microcontrolador Atmega16.	59
3.1.2.2	Distribución de los recursos del microcontrolador ATMEGA16.....	60
3.1.3	CIRCUITO COMPLETO DEL SISTEMA DE CONTROL.	63
3.2.1	ETAPAS DEL ALGORITMO DE CARGA DEL BANCO DE BATERÍAS IMPLEMENTADAS.	64
3.2.1.1	Algoritmo de carga rápida.....	64
3.2.1.1	Algoritmo de carga lenta.....	65
3.2	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PRINCIPAL.	65
CAPÍTULO 4 PRUEBAS Y RESULTADOS		74
4.1	VISUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEL SISTEMA.....	74
4.2	FORMAS DE ONDA	76
4.3	PRUEBAS PARA EL PROCESO DE CARGA Y DESCARGA DEL BANCO DE BATERÍAS.	78
4.3.1	PROCESO DE CARGA DEL BANCO DE BATERÍAS A TRAVÉS DE LA RED ELÉCTRICA.	78
4.3.2	PROCESO DE DESCARGA DEL BANCO DE BATERÍAS.....	82
4.3.3	PROCESO DE CARGA DEL BANCO DE BATERÍAS A TRAVÉS DEL GRUPO MOTOR-GENERADOR.	85
CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		91
5.1	CONCLUSIONES.....	91
5.2	RECOMENDACIONES.....	93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		95
ANEXOS		98

RESUMEN

La Facultad de Ciencias de la Escuela Politécnica Nacional solicita el diseño y construcción de un sistema portátil de generación eléctrica para cargar un banco de baterías, el mismo que se encargará de proveer energía durante un tiempo limitado a un láser de nitrógeno y un computador portátil, ambos necesarios para realizar estudios en lugares donde la energía suministrada por la red eléctrica no está disponible.

El proyecto desarrollado consiste en el diseño (hardware y software) y construcción de una máquina portátil de generación eléctrica, que permita cargar un banco de baterías. Incluye también el cálculo y dimensionamiento del banco de baterías, de tal manera que éste sea capaz de suministrar la suficiente energía para alimentar al láser de nitrógeno y al computador portátil durante un periodo de tiempo determinado.

El diseño de la máquina se realiza con el objeto de hacer que ésta sea portátil y pueda generar la energía suficiente para cargar el banco de baterías donde el suministro de la red eléctrica no está disponible, motivo por el cual la alternativa de usar un grupo motor-generator cumple con este requerimiento. Por otro lado también se diseña un cargador para el banco de baterías que utilice la red eléctrica como fuente, puesto que si esta estuviese disponible, no sería necesario el uso del grupo motor-generator, el cual solamente será utilizado en caso de emergencia y cuando las baterías se encuentren descargadas.

Para poder realizar la carga del banco de baterías, tanto desde el grupo motor-generator, como desde la red eléctrica, se implementa un sistema de control que permita reestablecer de manera eficiente la energía consumida por la carga a través del banco de baterías.

El sistema de control mencionado, ejecuta el algoritmo de carga a través del microcontrolador ATMEGA16 para lo cual se requiere del monitoreo de las siguientes variables: temperatura, voltaje y corriente, y en base a estas variables

tomar las respectivas acciones de control que permitan cargar el banco de baterías.

Las etapas de carga utilizadas son las siguientes:

Carga máxima o etapa bulk: durante esta etapa el cargador entrega una corriente máxima posible a las baterías, con lo cual se recupera la mayoría de su capacidad (80%). Es conveniente limitar la corriente de carga a un valor máximo del 25% de la capacidad de la batería, o dependiendo de lo que el fabricante indique

Absorción: una vez que el nivel del voltaje de las baterías alcanza un voltaje de referencia, el algoritmo mantiene un voltaje constante de carga, y la corriente de carga disminuye gradualmente hasta que las baterías estén completamente cargadas. El proceso de absorción finaliza, cuando la corriente de carga disminuyó a un valor mínimo generalmente a un 2% de la capacidad de las baterías.

Para la visualización de las variables del sistema y de las diferentes etapas de carga del banco de baterías se utiliza un LCD (display de cristal líquido), donde el usuario del prototipo puede observar el voltaje, temperatura, corriente y la etapa de carga en la que se encuentren las baterías.

PRESENTACIÓN

En el presente trabajo se abordan los procesos de diseño y construcción de un prototipo de generación eléctrica portátil que permita cargar un banco de baterías desde dos fuentes de energía diferentes, éste banco de baterías debe ser capaz de suministrar la suficiente energía para alimentar a una carga (laser de nitrógeno y un computador portátil) que consume una potencia de 150 vatios por un tiempo determinado, motivo por el cual el banco de baterías tiene que ser calculado y dimensionado para dicha carga.

Con el objeto de que el prototipo sea portátil la primera fuente de energía corresponde al diseño y construcción de un grupo motor-generator, el cual es capaz de generar energía eléctrica suficiente para cargar al banco de baterías, mientras que la segunda fuente de energía corresponde al uso de la red eléctrica.

En el primer capítulo se realiza un estudio del grupo motor-generator para comprender los conceptos básicos que permitan entender el funcionamiento del mismo, así como un estudio general de las baterías que serán utilizadas en el prototipo.

En el capítulo 2 se explica detalladamente lo que corresponde al diseño y construcción del hardware del sistema portátil de generación eléctrica, que es el encargado de reestablecer la energía del banco de baterías cuando éste se encuentre descargado ya sea que se utilice como fuente el grupo motor-generator o la red eléctrica si está disponible, también incluye el dimensionamiento del banco de baterías a partir de la potencia que consume la carga.

En el capítulo 3 se explica el diseño de los elementos de control y sensado, que forman parte fundamental del sistema de control, así como también se describe el software implementado, el cual es el encargado de hacer cumplir el algoritmo de carga haciendo uso del hardware del sistema portátil de generación eléctrica ya diseñado.

En el capítulo 4 se presentan las pruebas realizadas para corroborar el correcto funcionamiento del prototipo así como los resultados para comprobar que los objetivos propuestos para este proyecto se cumplan.

El capítulo 5 abarca las conclusiones y recomendaciones que se han obtenido durante el desarrollo del presente proyecto.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

En base a lo solicitado por La Facultad de Ciencias de la Escuela Politécnica Nacional, el proyecto desarrollado busca específicamente el diseño y construcción de una máquina portátil que permita cargar un banco de baterías, desde dos fuentes de energía diferentes; éste banco de baterías debe ser capaz de suministrar la suficiente energía para alimentar a un láser de nitrógeno y un computador portátil por un tiempo determinado, motivo por el cual el banco de baterías tiene que ser dimensionado para dicha carga.

Con el fin de que la máquina sea portátil la primera fuente de energía corresponde al diseño y construcción de un grupo motor-generador, el cual es capaz de generar energía eléctrica suficiente para cargar al banco de baterías donde el suministro de energía de la red no está disponible; por otro lado también se diseña y construye un cargador para el banco de baterías que utilice la red eléctrica como fuente si ésta estuviese disponible, de esta manera se evita el uso del grupo motor-generador, que solamente será utilizado en caso de emergencia.

Para realizar la carga del banco de baterías tanto desde el grupo motor-generador, como desde la red eléctrica, es necesario la implementación de un sistema de control que permita reestablecer de manera eficiente la energía consumida por la carga a través del banco de baterías. Es importante tener en cuenta que el tiempo de autonomía del grupo motor-generador es limitado, motivo por el cual se implementa una técnica de carga rápida para el banco de baterías, mientras que para cargar las baterías desde la red eléctrica se utiliza una técnica de carga lenta.

El sistema de control mencionado, requiere del monitoreo de las siguientes variables: temperatura y voltaje del banco de baterías, corriente de carga hacia las baterías, revoluciones por minuto a las que gira el grupo motor-generador, corriente de excitación del alternador y en base a estas variables tomar las

respectivas acciones de control que permitan cargar el banco de baterías. En la Figura 1.1 se muestra un diagrama general de la estructura del proyecto realizado.

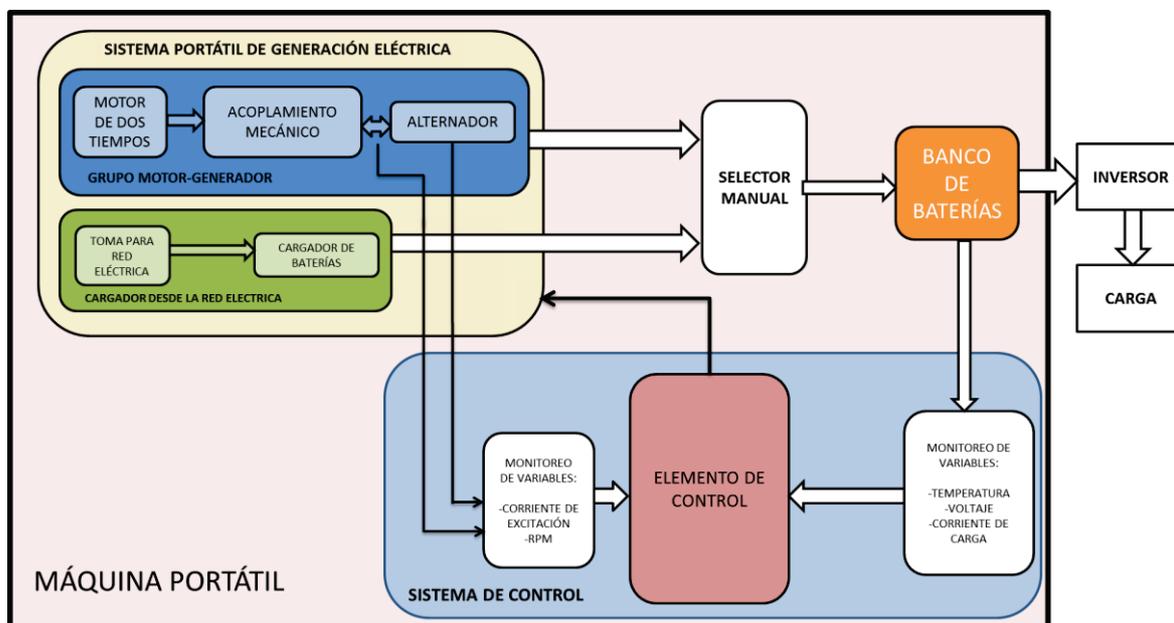


Figura 1.1. Diagrama general de la estructura del proyecto.

A continuación se presenta un estudio del grupo-motor generador, que permitirá entender su funcionamiento y cómo este ayuda en la generación de energía eléctrica para cargar al banco de baterías, así como los conceptos básicos, técnicas y algoritmos de carga de las baterías a utilizarse, puesto que éstas son parte fundamental del proyecto.

1.1 ESTUDIO DEL GRUPO MOTOR-GENERADOR.

Las tareas de respaldo de energía se realizan mediante el uso de grupos electrógenos, que dependiendo de la aplicación puede usarse desde una UPS (uninterruptible power supply) hasta poderosos generadores a diésel, esto depende de la potencia que se necesite y el lugar donde requiera ser instalado.

Un grupo electrógeno es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna (grupo motor-generator) para producir energía eléctrica que puede ser utilizada en lugares donde no hay suministro eléctrico. Es

por esta razón que para el presente proyecto se diseña y construye un grupo motor-generador como fuente de energía para recargar el banco de baterías.

El grupo motor-generador consta principalmente de las siguientes partes:

- Motor de combustión interna: representa la fuente de energía mecánica para que el alternador gire y genere electricidad.
- Alternador: se encarga de transformar la energía mecánica en energía eléctrica.
- Bancada: representa el elemento de soporte sobre la cual el motor y el alternador están acoplados.

A continuación se explica más detalladamente los componentes que intervienen dentro del grupo motor-generador. [1]

1.1.1 MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA.

Un motor de combustión interna es un tipo de máquina que obtiene energía mecánica directamente de la energía química de un combustible que arde dentro de una cámara de combustión. [2]

Con la energía mecánica que proporciona un motor de combustión interna se puede mover cualquier otro mecanismo apropiado que se acople al mismo como puede ser un generador de corriente eléctrica, una bomba de agua, la cuchilla de una cortadora de césped, entre otros.

Los grupos electrógenos portátiles de baja potencia se accionan con motores de explosión a pistón, también llamados motores de gasolina, para el proyecto desarrollado se utiliza un motor de dos tiempos a gasolina, razón por la cual se explica el funcionamiento del mismo.

1.1.1.1 Motor de dos tiempos.

El motor de dos tiempos es un motor de combustión interna encendido por chispa, que funciona en un ciclo de dos tiempos, posee lumbreras también llamadas válvulas deslizantes u orificios, como se muestra en la Figura 1.2. [3]

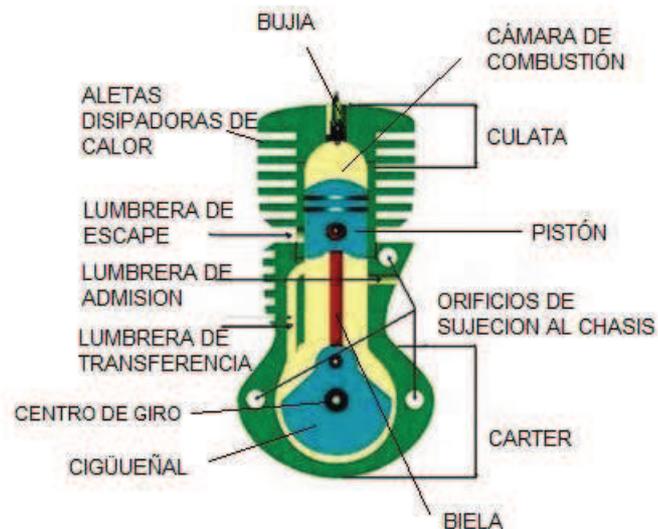


Figura 1.2. Motor de 2 tiempos. [4]

1.1.1.1.1 Principio de funcionamiento.

En su funcionamiento suceden dos fases o etapas, la primera fase de *admisión-compresión* donde el pistón se desplaza hacia arriba (la culata) desde su punto muerto inferior, en su recorrido deja abierta la lumbrera de admisión. Mientras la cara superior del pistón realiza la compresión, en el cárter la cara inferior succiona la mezcla de aire y combustible a través de la lumbrera de admisión.

En la segunda fase de *explosión-escape*, al llegar el pistón a su punto muerto superior se finaliza la compresión y se provoca la combustión de la mezcla gracias a la chispa producida por la bujía. La expansión de los gases de combustión impulsa con fuerza el pistón que transmite su movimiento al cigüeñal a través de la biela.

En su recorrido descendente el pistón abre la lumbrera de escape para que puedan salir los gases de la combustión y la lumbrera de transferencia por la que la mezcla de aire-combustible pasa del cárter al cilindro. Cuando el pistón alcanza el punto inferior empieza a ascender de nuevo, se cierra la lumbrera de transferencia y comienza un nuevo ciclo. [3]

En este tipo de motores la lubricación se consigue mezclando aceite con el combustible en la proporción especificada por el fabricante del motor, de manera que entre en contacto con todas las partes móviles del motor.

1.1.1.1.2 Aplicaciones.

Los motores de dos tiempos tuvieron gran aplicación en motocicletas, motores ultra ligeros y motores marinos fuera de borda, sin embargo, motores muy pequeños como motosierras, motoguadañas y pequeños grupos electrógenos aún siguen utilizándolo.

1.1.2 ALTERNADOR.

Los generadores de corriente alterna reciben el nombre de generadores síncronos o alternadores. Es una máquina eléctrica, que transforma la energía mecánica en energía eléctrica, generando corriente alterna mediante inducción electromagnética.

La principal aplicación del alternador es generar energía eléctrica de corriente alterna para entregar a la red eléctrica, pero a raíz de la invención de los diodos rectificadores de silicio son la fuente principal de energía eléctrica en todo tipo de automóviles, aviones, barcos, y trenes.

Para el proyecto desarrollado, se utiliza un alternador de vehículo, ya que ésta máquina suministra corriente trifásica rectificada para el abastecimiento de la batería del vehículo, así como el resto de componentes eléctricos dentro del

vehículo. A continuación se explica detalladamente los conceptos más relevantes correspondientes a este tipo de alternadores.

1.1.2.1 Principio de Funcionamiento. [5]

Cuando las líneas de fuerza producidas por un campo magnético atraviesan un conductor en movimiento, se obtienen en los extremos de éste una diferencia de potencial o tensión inducida. Si se conectan estos extremos a un circuito provocará una circulación de corriente a través del mismo.

El alternador consta fundamentalmente de dos partes, el devanado inductor que es el encargado de crear el campo magnético y el devanado inducido que es el conductor atravesado por las líneas de fuerza de dicho campo magnético. (Véase Figura 1.3)

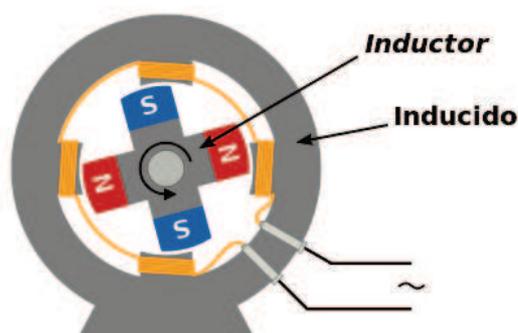


Figura 1.3. Disposición de elementos en un alternador. [5]

Por lo tanto, en el alternador, el rotor gira y hace que su campo magnético se haga variable en el tiempo, y el paso de este campo variable por el devanado del inducido o estator genera en él una corriente alterna.

1.1.2.2 Rectificación de la corriente alterna. [6]

La corriente alterna generada por el alternador no es adecuada para la batería ni tampoco para la alimentación del resto de componentes electrónicos del vehículo, es necesario rectificarla utilizando diodos de potencia aptos para funcionar en un amplio intervalo de temperatura.

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

En los alternadores el proceso de rectificación de corriente se logra a través de los diodos de silicio conectados a las salidas del estator, de acuerdo a esto, la onda de corriente alterna rectificada presentará la siguiente forma (Figura 1.4)



Figura 1.4. Corriente alterna rectificada. [6]

La corriente así rectificada llega al borne positivo del alternador, siendo su valor controlado por medio de un regulador de voltaje, que varía la intensidad de la corriente que circula por el devanado de campo.

Los alternadores utilizados con regulador incorporado en instalaciones con lámpara indicadora de carga están equipados con un puente rectificador adicional de 3 diodos interconectados con el puente principal, denominados diodos auxiliares. La conexión con el resto del conjunto de rectificación es como se indica en la Figura 1.5.

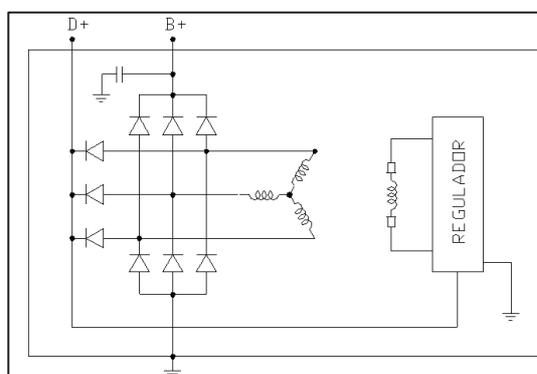


Figura 1.5. Circuito de rectificación del alternador con regulador incorporado. [6]

1.1.2.3 Regulación de tensión [7]

La función del regulador de tensión es mantener el voltaje de salida constante en el alternador, y con ello del sistema eléctrico del vehículo, en todo el margen de revoluciones del motor. La tensión del alternador depende de su velocidad de giro y de la carga a la que esté sometido. A pesar de estas condiciones de servicio continuamente variables, es necesario asegurar que la tensión se regule a un valor preestablecido.

La tensión generada en el alternador es tanto más alta cuando mayores son su velocidad de giro y la corriente de excitación, en un alternador con excitación total pero sin carga y sin batería, la tensión no regulada aumenta linealmente con la velocidad y alcanza por ejemplo a 10000 rpm un valor aproximado de 140V.

El regulador de tensión regula el valor de la corriente de excitación, y con ello, la magnitud del campo magnético del rotor, en función de la tensión generada en el alternador (Figura 1.6).

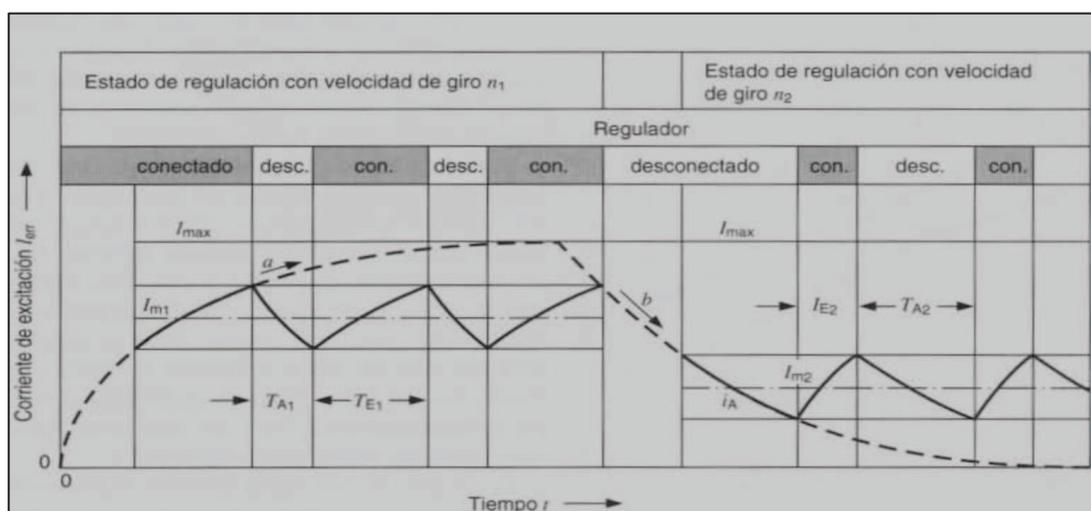


Figura 1.6. Regulación de la corriente de excitación. [7]

Los sistemas eléctricos de los automóviles con 12V de tensión de batería se regulan dentro del campo de tolerancia entre 14 y 15V; siempre que la tensión generada por el alternador se mantenga inferior a la de regulación, el regulador de

tensión no desconecta la corriente de excitación al rotor, pero si sobrepasa el valor dentro del marco de la tolerancia de regulación interrumpe la corriente de excitación. La excitación disminuye, es decir, desciende la tensión de salida en el alternador.

Si a consecuencia de ello la tensión llega a ser menor que el valor de regulación, el regulador conecta de nuevo la corriente de excitación, y por ende aumenta la tensión en el alternador. Cuando la tensión sobrepasa otra vez el límite superior comienza nuevamente el ciclo de regulación.

Los ciclos de regulación son en el orden de los milisegundos, y se regula el valor medio de la tensión en el alternador, la continua adaptación a las diversas velocidades de giro, se realiza automáticamente.

La relación de los correspondientes tiempos de conexión y desconexión es determinante para la magnitud de la corriente de excitación media, a bajas velocidades de giro, el tiempo de conexión es relativamente largo y el desconexión corto, la corriente de excitación se interrumpe por poco tiempo y su valor promedio es alto; por otro lado a elevadas velocidades de giro el tiempo de conexión es corto y el desconexión es largo, y fluye una corriente de excitación baja.

1.1.2.4 Estructura del alternador. [7]

La estructura fundamental se representa en la Figura 1.7.

- Estator fijo (2) con el devanado estatórico trifásico.
- Rotor giratorio (3), sobre cuyo eje se encuentran las dos mitades de rueda polar con los polos magnéticos intercalados, el devanado de excitación, ambos ventiladores, los rodamientos y los anillos colectores.
- Al eje del rotor va fijada también la polea de accionamiento. Los rotores de los alternadores trifásicos pueden girar en ambos sentidos.

- Rectificador con chapas de refrigeración (6). Para la rectificación de la corriente trifásica se montan al menos 6 diodos de potencia en la chapas de refrigeración.
- Portaescobillas con escobillas. A través de las escobillas y anillos colectores (5) fluye la corriente de excitación hacia el devanado del rotor.
- El regulador electrónico (4) adosado al alternador, forma una sola unidad con el portaescobillas.

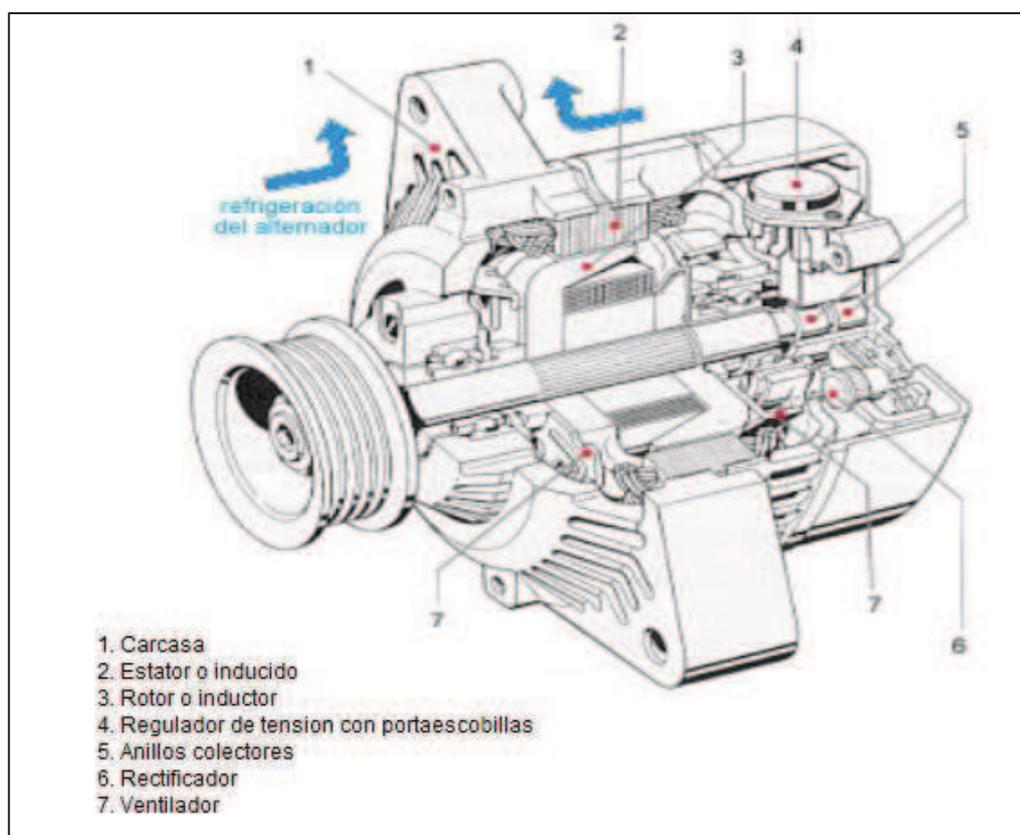


Figura 1.7. Esquema de un alternador compacto. [7]

1.1.3 ACOPLAMIENTO MECÁNICO.

En los proyectos mecánicos muchas veces es necesario unir elementos rotacionales como ejes, pues su longitud sería demasiado grande para hacerlos enterizos, o en otras ocasiones, simplemente se necesita acoplar el eje de un motor con alguna máquina. Para estos casos los elementos de empalme que se utilizan son los acoplamientos mecánicos.

El término acoplamiento denota al dispositivo o método que tiene por objetivo transferir energía. Son elementos de máquina que permiten unir o acoplar para comunicar el movimiento entre dos ejes en línea recta con dirección paralela, inclinada o en planos diferentes. [8]

Para el desarrollo de este proyecto se diseña un acoplamiento directo por la facilidad que presenta en la construcción y adaptación tanto para el motor de combustión interna como para el alternador.

Este tipo de acoplamientos requieren una alineación precisa de los ejes, para que no pueda haber movimiento relativo entre ellos. En el capítulo dos se explica más acerca del acoplamiento mecánico diseñado.

1.2 FUNDAMENTOS BÁSICOS DE LAS BATERÍAS.

1.2.1 ESTUDIO GENERAL DE LAS BATERÍAS.

Se denomina batería o acumulador al dispositivo que almacena energía eléctrica, y que usando procedimientos electroquímicos recupera su capacidad cuando sea necesario, este ciclo puede repetirse por un determinado número de veces. [9]

El fundamento de las baterías es la transformación de la energía química en eléctrica, mediante reacciones de oxidación-reducción producidas en los electrodos, que generan una corriente de electrones.

El término *batería* o *acumuladores de energía eléctrica* se aplica generalmente a dispositivos que se pueden recargar, es decir, se destinan a ciclos repetitivos de carga y descarga.

Las baterías recargables vienen en diferentes tamaños y emplean diferentes combinaciones de productos químicos, entre las principales se encuentran las siguientes:

- De plomo-ácido

- De níquel-cadmio (NiCd)
- De níquel-metal hidruro (NiMH)
- De níquel-hierro (NiFe)
- De litio; y de polímero de litio

Para el proyecto a realizarse, el interés de este estudio está centrado en las baterías secundarias o recargables, especialmente en las de plomo-ácido que son las que se utilizan en el banco de baterías, sin embargo, se menciona que en un inicio se pretendió utilizar baterías de polímero de litio para este proyecto, puesto que en la Facultad de Ciencias se dispone gran cantidad de ellas, pero se explicó claramente que este tipo de baterías no se utilizan para aplicaciones de respaldo de energía y que para el proyecto presentaba los siguientes inconvenientes:

- Estas baterías se hinchan pudiendo llegar a inflamarse en caso de sobrecargas, o excesiva temperatura.
- Su principal aplicación está destinada para aeromodelismo.
- No toleran abusos, como descargas profundas o sobreconsumo.
- Duran poco, son peligrosas y se estropean con facilidad.
- Requieren de bolsas ignífugas en caso de incendio.

Por estas razones, se sustituyó las baterías de polímero de litio por baterías de plomo ácido.

1.2.1.1 Principio de funcionamiento.

El principio de funcionamiento de una batería secundaria o recargable se basa en un proceso reversible llamado reducción-oxidación, es un proceso en el cual uno de los componentes se oxida (pierde electrones) y el otro se reduce (gana electrones), es decir, un proceso cuyos componentes no resulten consumidos ni se pierdan, sino que gradualmente cambien su estado de oxidación y, que a su vez pueden regresar a su estado original en las circunstancias adecuadas. Estas circunstancias son, para el caso de las baterías, el cierre del circuito externo

durante el proceso de descarga, y la aplicación de una corriente externa, durante la carga. [9]

1.2.1.2 Terminología de las baterías. [10][11]

Tener un conocimiento previo de las definiciones de ciertos parámetros en la manipulación de las baterías es algo muy importante, razón por la cual se presentan algunos conceptos básicos que ayudarán a comprender de mejor manera la operación de las baterías.

- Amperios-hora (Ah): unidad de medida de capacidad de almacenamiento eléctrico de una batería.
- Celda: unidad básica electroquímica en una batería que produce corriente, consiste en un juego de placas positivas, placas negativas, electrolito y un separador.
- Carga: proceso de suministro de energía eléctrica a la batería para su conversión en energía química almacenada.
- Electrolito: es el medio acuoso por donde fluyen los electrones en una batería, compuesto por agua más ácido sulfúrico en proporción de 64% y 36% respectivamente.
- Electrodo: conductor eléctrico utilizado para hacer contacto con el electrolito.
- Ciclo: es una secuencia de carga y descarga de una celda.
- Descarga: retiro de la energía eléctrica de una celda a través de un circuito externo, lo cual produce el descenso de voltaje inicial.

- Sobrecarga: aplicación de elevadas corrientes y voltajes a la batería durante excesivos periodos de tiempo.
- VRLA: (Valve Regulated Lead Acid), baterías de plomo ácido con válvula regulada para la gasificación, son recargables y libres de mantenimiento.

1.2.2 BATERÍA DE PLOMO ÁCIDO.

Los acumuladores o baterías de plomo-ácido son baterías comúnmente utilizadas en vehículos convencionales, proporcionan una tensión de 6V, 12V u otro múltiplo de 2, ya que el voltaje que suministra cada celda es de 2V. Aunque su utilización y forma más conocida es la batería del automóvil, tiene muchas otras aplicaciones. [12]

1.2.2.1 Estructura básica de la batería. [13]

La batería de plomo-ácido elemental consiste en un recipiente lleno de una solución de ácido sulfúrico (H_2SO_4) el cual sirve como medio conductor (electrolito), en donde se sumergen dos placas hechas de una malla muy fina de plomo, rellenas una con óxido de plomo (PbO_2) y otra de plomo (Pb) dividido en forma esponjosa. La placa de óxido de plomo funciona como polo positivo mientras que la placa de plomo esponjoso como polo negativo y entre ellas hay una tensión nominal de 2V.

Una batería de plomo-ácido de 12 voltios está construida de seis celdas conectadas en serie, es decir, el terminal positivo de la primera celda conectado con el terminal negativo de la segunda celda y así sucesivamente. (Véase Figura 1.8)

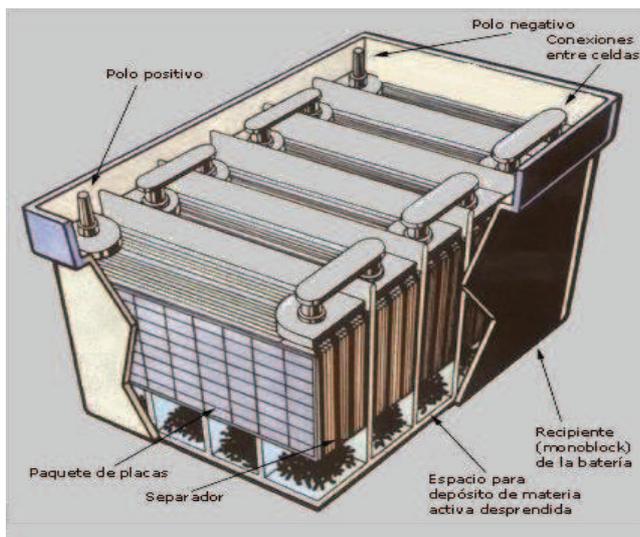


Figura 1.8. Batería de plomo-ácido seccionada. [13]

1.2.2.2 Tipos de baterías de plomo ácido. [14]

Las baterías de plomo ácido pueden clasificarse teniendo diferentes criterios de selección, los más importantes son los siguientes:

- Por el tipo de placas: planas, tubulares y de planté.
- Por el tipo de aleación: plomo-antimonio, plomo-selenio, plomo-calcio.
- Por el tipo de mantenimiento: con mantenimiento (alto contenido de antimonio), bajo mantenimiento (si son de plomo-selenio), libres de mantenimiento (si son de plomo calcio).
- Por el tipo de electrolito: líquido, gelificado, absorbido.
- Por el tipo de aplicación: automotriz, energía solar y eólica, para UPS (uninterruptible power supply).

Las baterías utilizadas para este proyecto son acumuladores de plomo ácido con válvula regulada para la gasificación y libres de mantenimiento.

1.2.2.3 Capacidad de la batería. [14][15]

El término capacidad (C) de una batería es la cantidad de carga disponible en la misma, expresada en amperios-hora (Ah). La capacidad de la batería es medida

al descargarla a una corriente constante hasta alcanzar su voltaje mínimo (alrededor de 1.75 voltios por celda).

La capacidad se obtiene del producto entre el valor de la corriente de descarga por el tiempo requerido para alcanzar el voltaje mínimo. Por ejemplo, 20 horas de tiempo de descarga a 25 °C, una batería cargada por completo con una capacidad nominal $C=12\text{Ah}$ puede suministrar una corriente media de 600mA durante las 20 horas. Mediante la fórmula $C=I*t$ y conocidos los datos de capacidad y tiempo, se puede averiguar la corriente media $I=C/t$, es decir:

$$C=0.6 \text{ [A]} * 20\text{h} = 12[\text{Ah}]$$

Si la *corriente de descarga es conocida*, entonces se puede averiguar el tiempo máximo:

$$t=C/I$$

(Ec. 1.1)

Donde se tiene que:

t: tiempo

C: capacidad

I: corriente

Por otro lado, la tasa de descarga de las baterías de plomo-ácido se especifica generalmente con tasas de 5, 10 o 20 horas; siendo 20 horas la más común que los fabricantes especifican en las baterías.

La capacidad de la batería varía con la tasa de descarga, a mayor tasa de descarga, menor será la capacidad de la batería y viceversa.

Es necesario recalcar que si la tasa de descarga es menor que la especificada, por ejemplo $C/50$ para una batería cuya capacidad es de 100Ah se tiene:

$C/50 = 100\text{Ah}/50\text{h} = 2\text{A}$; la relación es válida, es decir, la batería de 100Ah puede entregar una corriente de 2 Amperios por 50 horas, sin embargo, la batería no puede entregar 100 Amperios durante una hora, ya que el proceso electroquímico no puede ser acelerado sin que la batería incremente su resistencia en forma substancial, lo más probable es que dure aproximadamente unos cuantos minutos.

1.2.3 TÉCNICAS DE CARGA PARA BATERÍAS DE PLOMO-ÁCIDO. [16,17]

Las baterías no son 100% eficientes, de una u otra forma algo de energía se pierde en forma de calor, y en las reacciones químicas de carga y descarga. La batería de plomo-ácido tiene una eficiencia típica entre el 85% y 95%, en general

a medida que la vida útil disminuye, la batería disminuye su eficiencia.

Toda técnica de carga para una batería de plomo-ácido así como algoritmo de control está relacionada directamente con la temperatura, la gasificación, la corriente y el voltaje aplicados al acumulador que son consecuencias directas de sobrecarga.

1.2.3.1 Carga rápida

En ocasiones se hace necesario la recarga rápida de una batería, pero aplicando este método el acumulador no queda cargado completamente debido a que éste procedimiento produce solamente una carga superficial, este método se lo aplica únicamente en casos de emergencia. Para mayor información relacionada a la sobrecarga puede revisar el *anexo F*.

Para realizar una carga rápida a la batería se requiere de una elevada corriente en corto tiempo para restablecer la energía que ha sido descargada. Se necesitan mediciones de control de temperatura y corriente de carga que eviten la sobrecarga cuando la carga rápida se completa. Los requerimientos básicos para una carga rápida son:

- Temperatura ambiente de carga entre 0°C y 40°C.
- Corriente de carga controlada de tal forma que se evite la sobrecarga.
- Suficiente capacidad de corriente de la fuente.

1.2.3.2 Carga lenta

Consiste en aplicar a la batería cantidades pequeñas de corriente, de ésta manera evitamos el sobrecalentamiento y por ende la gasificación de la misma. Por este hecho se dice que éste método es uno de los mejores y únicos procedimientos para recargar completamente la batería.

1.2.3.3 Carga a voltaje constante

Este método consiste en aplicar un voltaje constante a la batería, inicialmente la corriente de carga es alta y disminuye al ir completando la carga. Es necesario fijar el voltaje de carga de acuerdo a las características de carga y la temperatura de la batería. La carga con este método se logra aplicando a la batería un voltaje constante de 2.45voltios/celda o lo que especifique el fabricante. (Ej. Para una batería de 12 voltios que tiene 6 celdas el voltaje será 14.7voltios).

1.2.4 ALGORITMO DE CARGA. [18,19,20]

Es el método por el cual el cargador de batería restablece la carga de la batería, es decir, son las técnicas de como el cargador controla el voltaje que se les aplica, la corriente de carga que se suministra, la temperatura a la cual operan.

Con el fin de satisfacer los requerimientos de las técnicas anteriores y así proveer la máxima capacidad y vida útil de la batería, el algoritmo de carga puede dividirse en varias etapas. Para escoger el mejor algoritmo, se debe tomar en cuenta el tipo de batería con la que se está trabajando, y lo que recomienda el fabricante.

Es así que, el algoritmo de carga toma las decisiones de control (software) aplicados sobre los parámetros eléctricos del sistema (hardware) para conseguir una carga completa de las baterías, a través de las diferentes etapas:

1.2.4.1 Carga a corriente constante o carga máxima (Bulk)

En esta etapa el cargador entrega una corriente máxima posible a las baterías, con lo cual se recupera la mayoría de su capacidad (80%), el voltaje se incrementa lentamente y el valor requerido del mismo en esta etapa no debe superar los 2.45V/celda , así como también no se debe exceder la temperatura de 40 °C para baterías selladas.

Cabe mencionar que es conveniente limitar la corriente a un máximo del 25% de la capacidad de la batería, o dependiendo de lo que el fabricante indique. (Por ejemplo si la batería tiene una capacidad de 24Ah, la corriente de carga inicial deberá ser: $0.25 \times 24 = 6A$).

1.2.4.2 Sobrecarga controlada (Absorción)

En esta etapa la batería es sobrecargada donde el cargador mantiene un voltaje constante entre 14.2V a 15V y la corriente disminuye gradualmente hasta que la batería está completamente cargada.

El proceso de absorción finaliza, cuando la corriente disminuyó a un valor mínimo, generalmente a un 2% (C/50) o menos de la capacidad de la batería.

1.2.4.3 Flotación

La etapa de flotación es opcional y sirve para mantener cargada la batería y así evitar la autodescarga. Dependiendo del tipo de batería, la tensión de carga se reduce y mantiene constante entre 13V y 13.8V a 27°C.

La carga del banco de baterías se puede realizar en 2 etapas básicas las cuales son carga a corriente constante (Bulk) y la etapa de absorción. En la Figura 1.9

se puede apreciar el algoritmo de carga por etapa que se utiliza en el proceso de carga de un banco de baterías cuya capacidad es 70Ah.

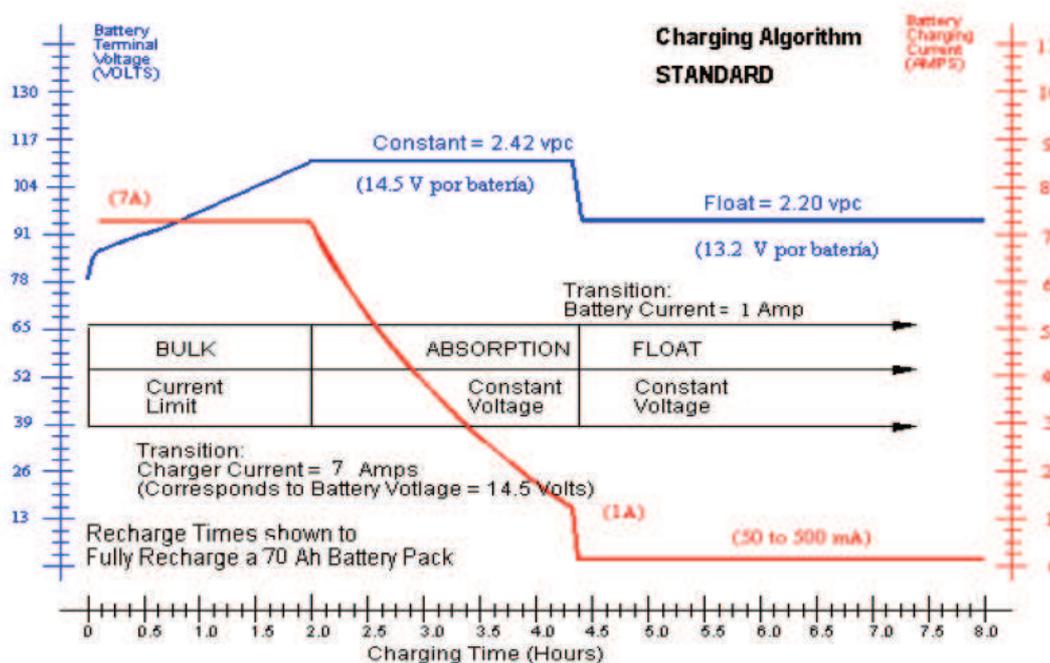


Figura 1.9. Algoritmo de carga. [20]

Claramente se puede apreciar que en la etapa Bulk la corriente es limitada a un 10% de la capacidad del banco, para luego pasar a la etapa de absorción y mantener un voltaje constante de 14.5 voltios por batería hasta que la corriente disminuya gradualmente a un 2% de la capacidad del banco o menos, en ese instante las baterías ya se encuentran cargadas. Finalmente para mantener el banco cargado y evitar así la autodescarga del mismo pasa a la etapa de flotación donde la tensión de carga se reduce a un valor de 13.2 voltios por batería.

Una vez expuestos los conceptos básicos sobre el grupo motor-generador, así como de las baterías a utilizarse, el siguiente capítulo se enfoca al diseño y construcción del hardware del sistema portátil de generación eléctrica, que será el encargado de reestablecer la energía del banco de baterías cuando éste se encuentre descargado. También se realiza el cálculo y dimensionamiento del banco de baterías, teniendo en cuenta la potencia que consume la carga.

CAPÍTULO 2

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL HARDWARE DEL SISTEMA PORTÁTIL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

En este capítulo se explica detalladamente lo que corresponde al diseño y construcción del hardware del sistema portátil de generación eléctrica, que es el encargado de reestablecer la energía del banco de baterías cuando éste se encuentre descargado, también incluye el dimensionamiento del banco de baterías a partir de la potencia que consume la carga.

El hardware del sistema portátil de generación eléctrica está comprendido principalmente por el grupo motor-generator, el cargador de baterías que utiliza la red eléctrica como fuente y el circuito que permite controlar la corriente de excitación del motor. Para entender de mejor manera véase el diagrama de la Figura 2.1.

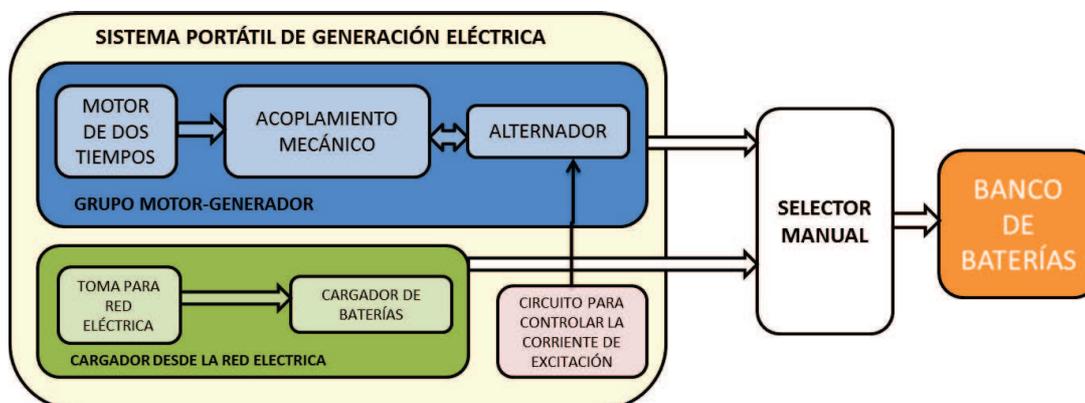


Figura 2.1. Diagrama del sistema portátil de generación eléctrica.

2.1 CÁLCULO Y DIMENSIONAMIENTO DEL BANCO DE BATERÍAS.

Se explica el dimensionamiento e implementación del banco de baterías que será el encargado de proveer la energía necesaria a la carga, así como a las diferentes placas electrónicas que constituyen parte del sistema de control.

2.1.1 CÁLCULO DE LA ENERGÍA DE CONSUMO DEL SISTEMA.

Se calcula el consumo de energía en (W), considerando el consumo de las cargas. Cabe recalcar que los equipos que se conectan al sistema funcionan con corriente alterna (AC), cargas que serán conectadas al sistema por medio de un inversor comercial.

TIPO DE EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA(W)	CONSUMO(W)
LAPTOP	1	65	65
LASER DE NITROGENO	1	50	50
		POTENCIA TOTAL	115

Tabla 2.1. Cálculo del consumo de las cargas AC.

Se asume una eficiencia del inversor del 85% en la conversión a plena carga del equipo, y además se multiplica por un factor de seguridad del 10% de sobredimensionamiento, para contrarrestar la pérdida de eficiencia por deterioro de las baterías en el tiempo.

Potencia (W)	Potencia/0.85	Factor de seguridad	Potencia total
115	135,3W	10%	148,8W

Tabla 2.2. Cálculo del consumo total de las cargas en (W).

2.1.2 CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL BANCO DE BATERÍAS. [21]

Para calcular la capacidad del banco de baterías se necesita averiguar la corriente de consumo de la carga, si la corriente consumida se la mide en amperios y el tiempo en horas, entonces la capacidad en amperios hora sería $C = I_{\text{consumo}} * t$, sin embargo, lo que se conoce es la potencia total de la carga, y para calcular la capacidad del banco de baterías en base a la potencia que ya es conocida se sigue el siguiente procedimiento [21]:

- Convertir los vatios a vatios-hora.

Los vatios son unidad de potencia y los vatios-hora la unidad de energía almacenada. Para dos horas de respaldo se tiene [21]:

$$\begin{aligned}\text{Vatios-hora} &= \text{vatios} \cdot \text{hora} \\ \text{Vatios-hora} &= 148,8 \text{vatios} \cdot 2 \text{horas} \\ \text{Vatios-hora} &= 297,6 \text{vatios-hora}\end{aligned}$$

Puesto que $\text{vatios} = \text{amperios} \cdot \text{voltios}$ ($P = I \cdot V$), se divide los vatios-hora para el voltaje del banco de baterías (12V), y se obtiene los amperios-hora de almacenaje de la batería.

$$\begin{aligned}\text{Amperios-hora} &= \text{vatios-hora} / \text{voltaje de las baterías} \\ \text{Amperios-hora} &= 297,6 \text{vatios-hora} / 12 \text{Voltios} \\ \text{Amperios-hora} &= 24,8 \text{Amperios-hora}\end{aligned}$$

Se requiere un banco de baterías con la capacidad de 24.8 Amperios-hora, para alimentar a la carga durante dos horas de respaldo. El valor comercial más cercano a la capacidad del banco es de 24 Amperios-hora, la Facultad de Ciencias proporcionó de dos baterías de 12V a 12Ah, que conectándolas en paralelo da una capacidad de 24Ah. El tipo de baterías utilizadas corresponde a baterías de plomo ácido VRLA (baterías recargables de plomo ácido con válvula regulada para la gasificación y libres de mantenimiento).

2.2 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL GRUPO MOTOR-GENERADOR.

Para la construcción del grupo motor-generator que forma parte del sistema portátil de generación eléctrica, que permitirá cargar el banco de baterías cuando este se encuentre en condiciones de descarga, se destacan las siguientes partes fundamentales:

- Motor a combustión interna.
- Alternador.

- Acople mecánico (unión entre el motor y el generador).
- Estructura de montaje (bancada).

2.2.1 MOTOR A COMBUSTIÓN INTERNA.

El motor de dos tiempos de una motoguadaña modelo FS85 marca STIHL (véase Figura 2.2 y para mayor información el anexo D.1), se ha seleccionado como motor de combustión interna. Dentro de las especificaciones técnicas de este motor de motoguadaña se tiene:

- Motor monocilíndrico de dos tiempos.
- Potencia: 1.3HP a 8500rpm
- Régimen de ralentí: 2800rpm
- Cilindrada: 25.4cm³
- Diámetro: 34mm
- Carrera: 28mm
- Sistema de encendido por chispa.

La justificación del porqué se utiliza este motor corresponde a la suficiente potencia mecánica que éste entrega. En consecuencia la potencia que alimenta al alternador es la potencia mecánica suministrada por el motor de combustión que es 1.3HP (970 vatios), sin embargo, la potencia que debe suministrar el alternador tan solo corresponde a la energía necesaria para cargar las baterías, esta potencia requerida corresponde al producto entre la corriente de carga y el voltaje de carga hacia las baterías ($P=7.2A*14.9V=107vatios$)¹, razón por la cual el motor está sobredimensionado, pero es el que se encontró en el mercado local, y para el proyecto realizado funciona correctamente.

Adicionalmente también se justifica el uso de este motor por las siguientes razones:

¹ La potencia calculada corresponde al producto de la corriente máxima de carga hacia las baterías con el voltaje máximo de carga, estos valores se encuentran en la hoja de datos de las baterías en el anexo D.2.

- Disposición para adaptar las piezas de acople diseñadas (se explicará posteriormente).
- Fácil manejo de la variación de la velocidad a la que gira el eje a través de una palanca incorporada.
- Motor refrigerado por aire.
- Accesibilidad en el mercado para repuestos y mantenimiento.



Figura 2.2. Motor de motoguadaña STIHL FS85.

2.2.2 ALTERNADOR.

El alternador hoy en día es el encargado de proporcionar la energía necesaria a los elementos del automóvil (encendido, luces, alarma, etc.) y también sirve para cargar la batería del mismo. En base a esta última característica, un alternador con un adecuado sistema de control permite cargar una o más baterías a elevadas tasas de corriente.

Considerando que la corriente máxima que se requiere para cargar el banco de baterías corresponde al 30% de la capacidad del banco de baterías ($0.3 \cdot 24\text{Ah} = 7.2\text{A}$) se ha adquirido un alternador compacto correspondiente al de un vehículo Daewo Tico. (Véase Figura 2.3) cuyas características principales se muestran a continuación.

2.2.2.1 Características principales del alternador adquirido.

Dentro de las características más importantes se tiene:

- Alternador compacto con regulador integrado.
- Voltaje nominal: 12V.
- Corriente nominal: 50A.
- Velocidad máxima de rotación : 18000rpm

Se puede apreciar claramente que la corriente que puede entregar este alternador (50 Amperios) supera notablemente al requerimiento de la corriente necesaria para cargar el banco de baterías que solamente es de 7.2 amperios, razón por la cual el alternador está sobredimensionado, pero es el más pequeño que se encontró en el mercado local y que se utiliza en sistema eléctricos de vehículos basados en baterías de 12voltios. Para el proyecto realizado este alternador encaja perfectamente.



Figura 2.3. Alternador compacto.

El sobredimensionamiento del motor de combustión interna, así como del alternador, permitiría cargar un banco de baterías de capacidad superior al utilizado para este proyecto, lo cual puede ser considerado como una mejora a futuro.

2.2.3 ACOPLA M E C Á N I C O .

El acoplamiento mecánico constituye el mecanismo para unir el eje del motor de combustión interna con el eje del alternador. Se diseña y construye un acoplamiento directo por la facilidad que presenta en la construcción y adaptación tanto para el motor de combustión interna como para el alternador, en un espacio físico limitado.

El acoplamiento directo requiere una alineación precisa de los ejes, para que no pueda haber movimiento relativo entre ellos.

2.2.3.1 Diseño y construcción de la pieza que sustituye la polea del alternador.

El alternador en un vehículo se mueve por medio de una transmisión por bandas, sin embargo, se sustituye la polea por un cojinete roscado en el interior, y dejando una cavidad para que pueda ingresar el eje del motor de combustión interna. (Véase Figura 2.4 y 2.5).



Figura 2.4. Alternador compacto.

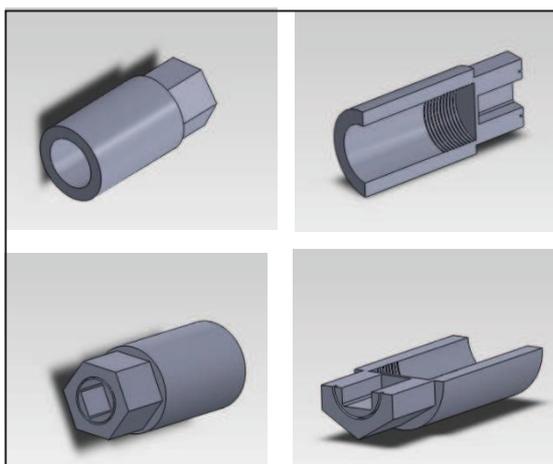


Figura 2.5. Cojinete roscado en el interior.

En la Figura 2.4 se puede observar claramente la polea del alternador, sin embargo, esta se sustituye por la pieza diseñada que se observa en la Figura 2.5.

2.2.3.2 Diseño y construcción del encoder.

Los encoders son sensores que generan señales digitales en respuesta a un movimiento, son usados en conjunto con dispositivos mecánicos tales como engranajes y discos de medición, estos pueden ser utilizados para medir movimientos lineales, velocidad y posición. [22]

La construcción de un encoder, permitirá el monitoreo de la velocidad a la que gira el grupo motor-generator, en la Figura 2.6 se puede observar el funcionamiento del mismo.

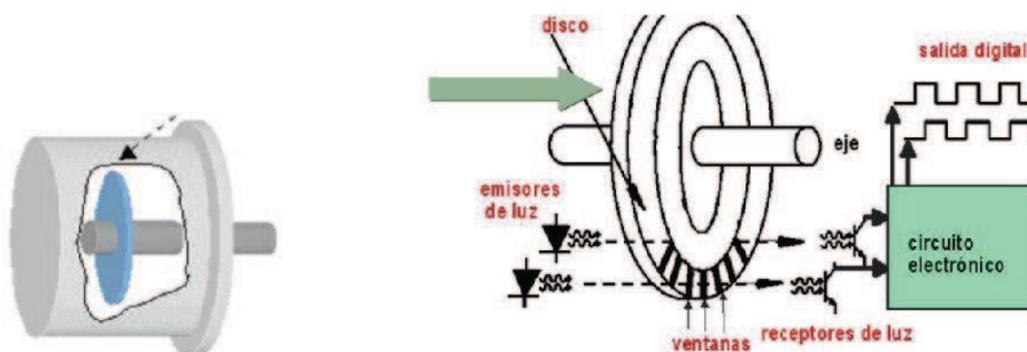


Figura 2.6. Funcionamiento del encoder. [22]

El encoder se caracteriza porque determina posición y velocidad, contando el número de impulsos que se generan cuando un rayo de luz es atravesado por marcas opacas en la superficie de un disco unido al eje. En la Figura 2.7 se muestra el disco diseñado para el encoder, el mismo que ha sido unificado con el cojinete que va roscado al alternador.

El resto de elementos que constituyen al encoder es el emisor y receptor de luz infrarroja, así como su respectivo circuito electrónico que da como respuesta una salida digital el cual será explicado posteriormente en el siguiente capítulo.

2.2.3.3 Diseño y construcción del eje para el motor de combustión interna.

Con el fin de transmitir el movimiento del eje del motor de combustión interna hacia el alternador, se diseña el eje en base al funcionamiento del motor de

motoguadaña STIHL, es decir, se observó como este motor transmitía el movimiento a la herramienta de corte a través de un eje cilíndrico de no más de 6mm de diámetro.

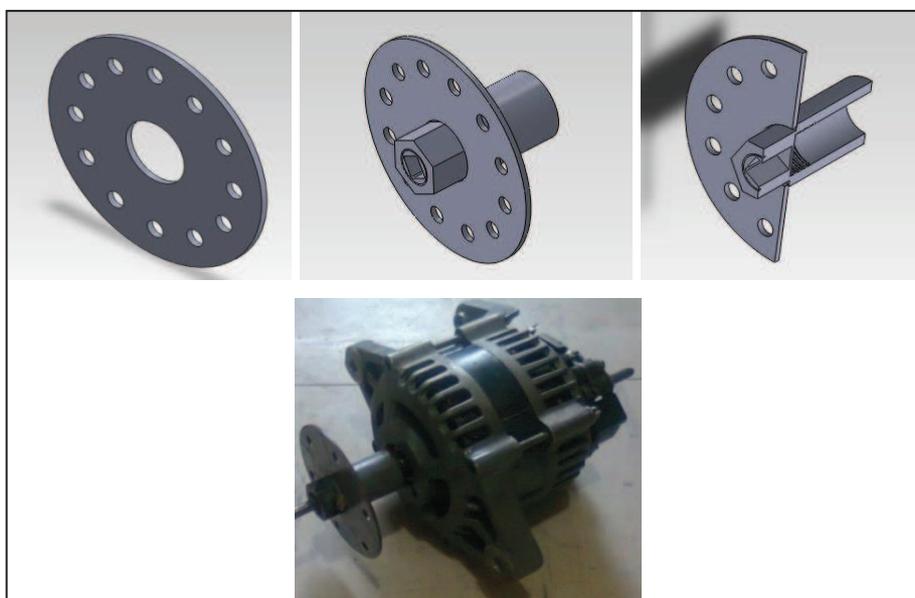


Figura 2.7. Disco del encoder.

Teniendo en cuenta estas consideraciones, en la Figura 2.8 se puede apreciar el eje diseñado, de tal manera que los extremos tengan la forma adecuada para encajar tanto en el cojinete roscado como en el motor de la motoguadaña.

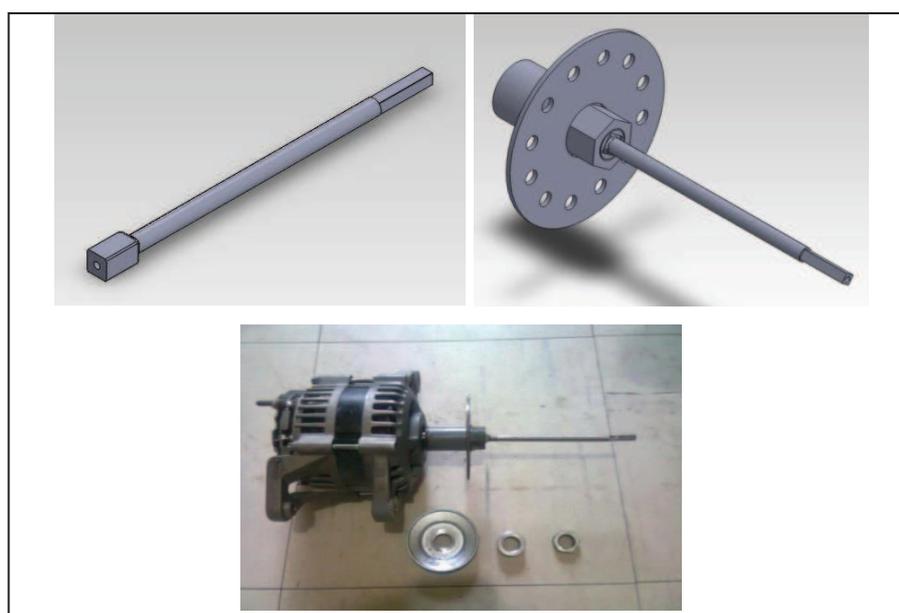


Figura 2.8. Eje diseñado.

Se puede observar claramente el eje diseñado, el acople completo y como queda finalmente adaptado con el alternador, cabe recalcar que las piezas han sido diseñadas en el software de modelación paramétrico Solid Works, y los planos correspondientes se encuentran en el anexo B.

2.2.4 ESTRUCTURA DE MONTAJE

Una vez que se tiene todas las partes listas, es necesario montarlas sobre una plataforma que permita alinear y unir de manera correcta los ejes del motor de combustión interna así como del alternador a través del acople mecánico.

En la Figura 2.9 se muestra la plataforma sobre la cual se realiza el montaje de los equipos, cabe destacar que esta base es lo suficientemente robusta y pesada, puesto que debe soportar el peso del alternador, el motor, acople mecánico, placas electrónicas y las baterías.

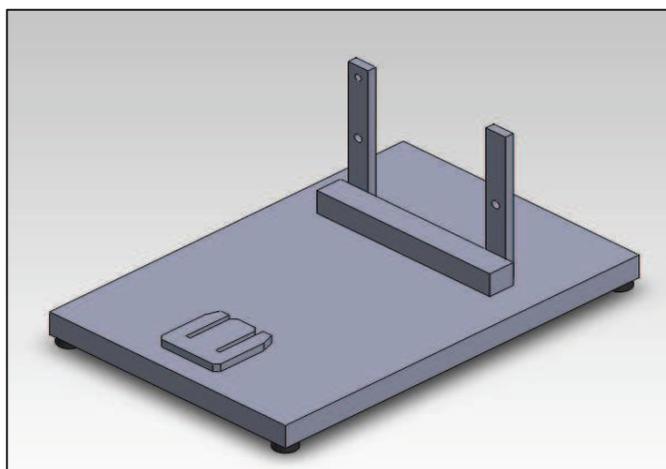


Figura 2.9. Estructura de montaje.

En la Figura 2.10 se observa cómo queda estructurado sobre la plataforma los diferentes equipos y elementos que forman parte del grupo motor-generador, se puede apreciar también la palanca con la cual se comanda al motor de combustión interna, sin embargo, la misma tiene se sustituye por un mecanismo que permita controlarlo.



Figura 2.10. Estructura de montaje incluido los equipos.

2.2.4.1 Ensamblaje del mecanismo para variar la velocidad.

En un principio se desarma la palanca de mando del motor y se analiza el funcionamiento del mismo, observándose que consta de un interruptor y un cable conectado a la válvula aceleradora la cual permite al usuario controlar a voluntad las revoluciones a las que trabaja el motor.

Se procede a desarmar la palanca, y se utiliza como actuador un servomotor de alto torque marca Hitec modelo HS-485HB, puesto que se acopla perfectamente a las necesidades del sistema y será el encargado de variar la velocidad del motor de acuerdo a las necesidades del sistema. (Véase Figura 2.11).

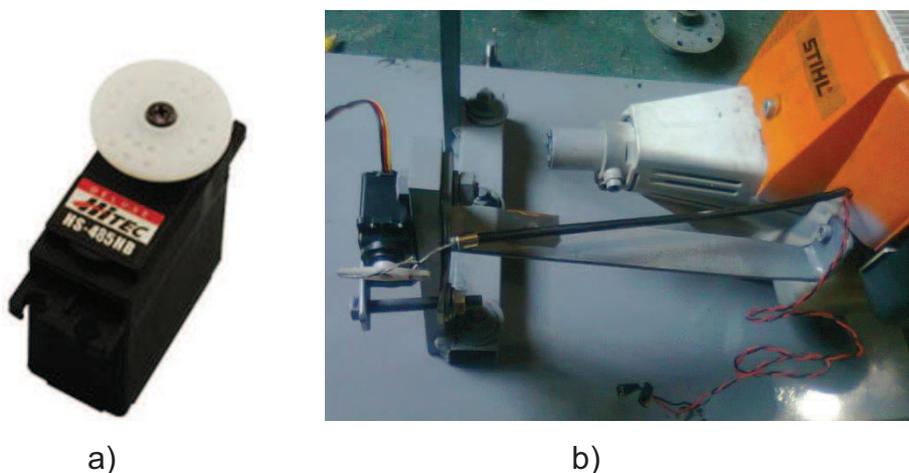


Figura 2.11. Servomotor Hitec HS-485HB: a) Figura real, b) Servomotor adaptado al sistema.

2.2.4.1.1 Especificaciones técnicas del servomotor Hitec HS-485H. [23]

- Puede operar en un rango de 180°
- Torque: 6.41kg-cm a 6V; 5.18kg-cm a 4.8V
- Velocidad: 0.17sec/60° a 6V; 0.20sec/60° a 4.8V
- Peso: 45 gramos
- Frecuencia de operación: 50Hz
- Ancho de pulso: 900-2100us
- Dimensiones: 39.9mm (L), 19.8mm (A), 37.8mm (H).

2.3 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL CARGADOR DEL BANCO DE BATERÍAS.

A más de haber diseñado el grupo motor-generator para cargar al banco de baterías cuando éste se encuentre en condiciones de descarga, se hace necesario también el diseño y construcción de un cargador que use la red eléctrica como fuente, debido a que el banco de baterías deberá estar completamente cargado, y en condiciones tales que permita un máximo rendimiento previo a la carga rápida con el par motor-generator, el cual será usado solamente en caso de emergencia.

2.3.1 DISEÑO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN. [24]

Cualquier circuito electrónico requiere de energía para funcionar, esta energía se la puede conseguir desde una pila o batería o a través de la red eléctrica. La tensión que suministra la red eléctrica es alterna (AC) y habitualmente excede al voltaje que se necesita, por lo que se tiene que insertar un circuito electrónico que transforme el voltaje y tipo de corriente de la red (120V_{AC} en Ecuador) al voltaje y tipo de corriente (AC o DC) que requiere el circuito. Este circuito se denomina fuente de alimentación.

Básicamente existen dos tipos de fuentes de alimentación, las lineales, que utilizan un transformador para disminuir el nivel de tensión en la red eléctrica al nivel necesario requerido y las fuentes conmutadas que utilizan circuitos basados en transistores y bobinas trabajando en conmutación para reducir la tensión.

Dentro de las ventajas de la fuente de alimentación lineal es su sencillez y que generan menos ruido electromagnético, por otro lado sus desventajas son su mayor tamaño y menor eficiencia ya que disipan más energía en forma de calor que las fuentes conmutadas.

En la Figura 2.12 se muestra la estructura básica de una fuente de alimentación lineal:

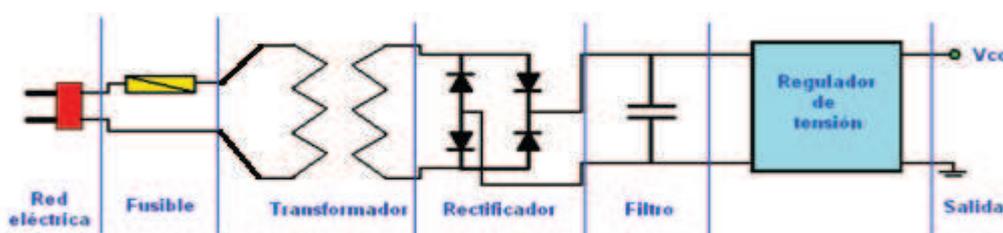


Figura 2.12. Estructura básica de una fuente de alimentación lineal. [24]

Se aprecia en la Figura 2.12 que una fuente de alimentación lineal está compuesta por distintos módulos que poseen una función en concreta, los cuales serán vistos a continuación.

2.3.1.1 Conexión a la red eléctrica.

Está formada por el enchufe, bornes o cualquier dispositivo físico, que permite conectar la fuente de alimentación a la red eléctrica. Los parámetros que hay que tener en cuenta para elegir el enchufe es que soporte la tensión de la red ($120V_{AC}$ @ 60Hz) y la corriente que va a consumir el circuito. Los mismos parámetros se utilizarán para elegir el cable de alimentación.

Para el prototipo se utiliza un cable de poder que se muestra en la Figura 2.13 cuyas características son: 125V_{AC} @ 10A.



Figura 2.13. Cable de poder.

2.3.1.2 Fusible.

En caso de que la fuente de alimentación que se está diseñando tuviese algún fallo y se cortocircuitara, este elemento de protección permite el corte de la circulación de corriente cuando esta supera el valor nominal del mismo.

Los parámetros básicos que se requieren para seleccionar el fusible son el voltaje y la corriente nominal. En el siguiente numeral se explica cómo calcular la intensidad nominal del fusible.

2.3.1.3 Transformador.

El transformador es un dispositivo eléctrico que permite transformar una tensión alterna de entrada en una tensión alterna de salida de distinto valor. Se utiliza un transformador cuyas características son:

- V_{Primario}: 120V_{AC} @ 60Hz
- V_{secundario}: 29.1V_{AC} @ 60Hz
- I_{max secundario}: 3A

Para calcular la intensidad nominal del fusible de alimentación se utiliza la ecuación 2.1:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

(Ec. 2.1) [24]

En donde:

U_1 : voltaje del devanado primario del transformador ($120V_{AC}$)

U_2 : voltaje del devanado secundario del transformador ($29.1V_{AC}$)

I_1 : corriente del devanado primario

I_2 : corriente del devanado secundario (3A)

Reemplazando los datos en la ecuación 2.1 y despejando el valor de la corriente en el devanado primario se tiene:

$$I_1 = I_2 \frac{U_2}{U_1}$$

$$I_1 = 3A * \frac{29.1}{120}$$

$$I_1 = 0.73A$$

Esto significa que en el devanado primario se tiene que poner un fusible mayor de 0.73A para poder soportar esta intensidad en el devanado secundario. El valor estándar que más se aproxima al calculado es 1A.

2.3.1.4 Rectificador.

Para cargar el banco de baterías se requiere corriente continua (DC), sin embargo, la tensión que llega y sale del transformador es alterna (AC). Para transformar esta corriente alterna en continua se utiliza un puente rectificador basado en diodos semiconductores. En la Figura 2.14 se observa la forma de onda de la tensión alterna como sale del transformador y como queda después de rectificarla:

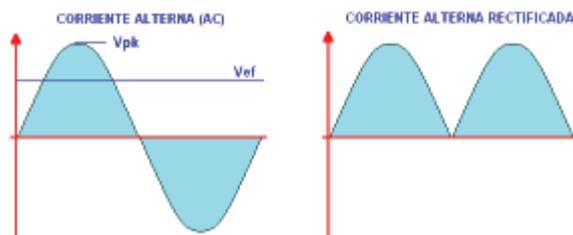


Figura 2.14. Formas de onda. [24]

Para seleccionar el puente rectificador que se requiere, se debe determinar la tensión y la corriente máxima de trabajo, que han de ser suficientes para el

circuito. Para este caso se construye una fuente que entregue por lo menos 15V y 3A en el secundario, para lo cual se necesita un puente rectificador que soporte al menos 3A y 15V, sobredimensionando la tensión al 100%, se necesita uno de 3A y 30V.

Se selecciona el puente rectificador KBPC10 mostrado en la Figura 2.15 que soporta un voltaje de 700V y una corriente de 10A de acuerdo al anexo D.3.

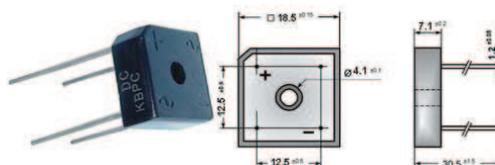


Figura 2.15. Puente rectificador.

2.3.1.5 Filtro.

Con la señal rectificada, se obtiene una forma de onda que no es precisamente continua (véase Figura 2.16). Para suprimir esta ondulación y dejar la tensión lo más continua posible, se filtra la señal utilizando uno o más condensadores en paralelo.

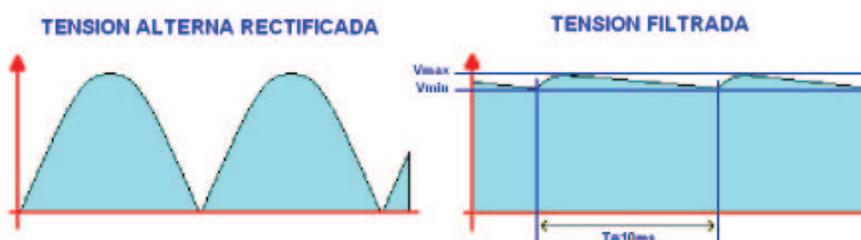


Figura 2.16. Tensión alterna rectificada y filtrada. [24]

Para calcular el valor del condensador, se utiliza una aproximación bastante buena con la siguiente ecuación:

$$C = \frac{Q}{V_{max} - V_{min}} = \frac{I_{max}T}{V_{max} - V_{min}} \quad [24]$$

(Ec. 2.2) [24]

En donde:

- V_{\max} : es el valor máximo de la tensión de entrada que equivale al valor pico del secundario del transformador (V_{pk}).
- V_{\min} : es la tensión mínima de entrada al regulador.
- I_{\max} : corriente máxima en el secundario
- T: periodo de la señal de la red, para 60Hz y rectificador de onda completa son 8.33ms.
- C: capacidad del filtro en faradios.

Para calcular el valor del condensador se utiliza la ecuación 2.2. El valor de los parámetros de la ecuación son:

- T: para rectificador de onda completa tiene un valor de 8.33ms.
- I_{\max} : la cantidad máxima de corriente que la fuente va a suministrar es 3A.
- V_{\max} : corresponde al voltaje pico del secundario, $V_{\max}=29.1*\sqrt{2}$.
- V_{\min} : el valor mínimo de entrada al regulador es 18V. [25]

Con los datos obtenidos se calcula el valor del condensador:

$$C = \frac{3A * 8.33ms}{29.1\sqrt{2} V - 18V} = 1079\mu F$$

El valor comercial más cercano es de 1000uF, y el voltaje del mismo debe ser superior a V_{\max} , es decir, superar los 41.15V, se selecciona uno de 50V.

2.3.1.6 Regulador de tensión. [25]

Como se muestra en la Figura 2.16, la salida filtrada presenta una pequeña ondulación, para eliminar esta ondulación y controlar la tensión para que esta no cambie ante variaciones de corriente en la carga, se utiliza el regulador ajustable LM338T, el cual sirve perfectamente para cargar al banco de baterías. (Para

mayor información del regulador ajustable LM338T se puede revisar el anexo D.15)

Dentro sus características más importantes se tiene (véase Figura 2.17):

- Corriente de salida: 5 amperios.
- Corriente de salida máxima: 7 amperios.
- Rango de salida de voltaje: de 1.2V a 32V.
- Rango de temperatura de operación: $-55^{\circ}\text{C} \leq T_j \leq 150^{\circ}\text{C}$
- Voltaje de referencia: 1.24V.

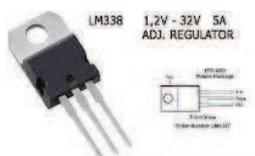


Figura 2.17. LM338. [25]

Dentro de las aplicaciones de este regulador ajustable se encuentran:

- Fuentes de alimentación ajustables.
- Reguladores de corriente constante.
- Cargadores de batería.

2.3.1.6.1 *Diseño del disipador de calor.* [24]

Para el cálculo del disipador de calor se necesita conocer la potencia a disipar, para ello se utiliza la ecuación 2.3, donde (V) es la tensión que entrega el regulador e (I) es la intensidad máxima que proporciona el regulador.

$$P = V * I$$

(Ec. 2.3)

$$P = 15V * 3A$$

$$P = 45W$$

De acuerdo a la hoja de datos del regulador ajustable LM338 se tiene que la resistencia térmica del encapsulado entre junta y carcasa (Θ_{JC}) tiene un valor de $1^{\circ}\text{C}/\text{W}$ y la temperatura de junta $T_J=150^{\circ}\text{C}$.

Para calcular el circuito térmico, se utiliza la ley de ohm igual que si fuera un circuito eléctrico (véase ecuación 2.4 y 2.5), pero sustituyendo la intensidad por la potencia, la tensión por temperatura y la resistencia por resistencia térmica.

$$V = I * R \quad (\text{Ec. 2.4})$$

$$T = P * R_{th} \quad (\text{Ec. 2.5})$$

El circuito térmico quedaría de la siguiente manera:

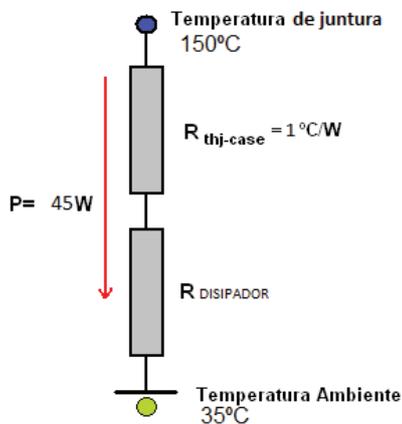


Figura 2.18. Circuito térmico. [24]

Realizando los cálculos como si fuese un circuito eléctrico, se tiene la siguiente ecuación:

$$T_{juntura} = P * R_{thj-case} + P * R_{Disipador} + T_{Ambiente} \quad (\text{Ec. 2.6})$$

Despejando $R_{Disipador}$ de la ecuación 2.6 se tiene:

$$R_{Disipador} = \frac{T_{Juntura} - T_{Ambiente}}{P} - R_{thj-case} \quad (\text{Ec. 2.7})$$

$$R_{Disipador} = \frac{150^{\circ}\text{C} - 35^{\circ}\text{C}}{45\text{W}} - 1^{\circ}\text{C}/\text{W}$$

$$R_{Disipador} = 1.56^{\circ}\text{C}/\text{W}$$

Se utiliza un disipador de calor cuya resistencia térmica es $1.5^{\circ}\text{C}/\text{W}$, y sus dimensiones son 116.82mm de largo, 25.4mm de ancho y 61mm de altura del fabricante TDK-Lambda. [26]



Figura 2.19. Disipador de calor utilizado. [26]

2.3.2 DISEÑO DEL CIRCUITO PARA CARGAR EL BANCO DE BATERÍAS.

En operación el regulador LM338 desarrolla una tensión nominal de referencia, $V_{REF}=1.25\text{V}$ entre la salida y el terminal de ajuste. La tensión de referencia cae en la resistencia R_1 , y ya que este voltaje es constante, una corriente constante I_1 fluirá a través de la salida fijada por el resistor R_2 (véase Figura 2.20) dando un voltaje de salida de:

$$V_{OUT} = V_{REF} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_{ADJ} R_2 \quad (\text{Ec. 2.8})$$

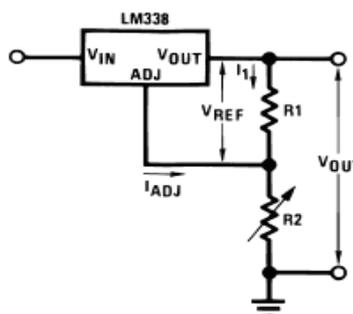


Figura 2.20. Funcionamiento del regulador LM338. [25]

Dentro de las sugerencias de aplicación de la hoja de datos del regulador ajustable LM338 (anexo D.15), se pueden encontrar dos configuraciones de circuitos para cargar baterías de 12V, los cuales se muestran en la Figura 2.21.

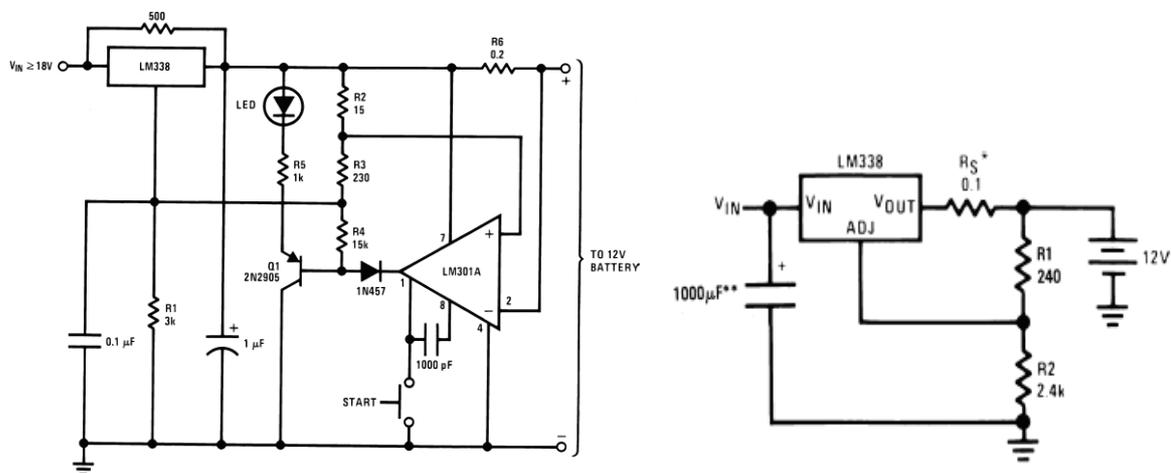


Figura 2.21. Circuitos cargadores de baterías de 12V. [25]

Finalmente el circuito a implementarse para el cargador del banco de baterías, en base a los circuitos de sugerencia de la hoja de datos del regulador ajustable LM338, se muestra en la Figura 2.22.

Claramente se observa en la Figura 2.22 una fuente de alimentación extra, que servirá para alimentar a un ventilador, así como un relé para el control de la conexión/desconexión de la batería.

2.3.2.1 Diseño de la fuente de alimentación para el ventilador.

Se instala un ventilador para mantener el rango de temperatura de operación del regulador ajustable LM338; las características de este ventilador son:

- Voltaje de alimentación: 12V.
- Corriente de consumo: 0.12A.

En base a los requerimientos de la carga (ventilador), se seleccionan los siguientes elementos:

- Puente rectificador W10M mostrado en la Figura 2.23 que soporta un voltaje de 1000V y una corriente de 1.5A, de acuerdo al anexo D.4.
- Regulador de tensión LM7812, el cual entrega a su salida un voltaje constante de 12V_{DC} y puede soportar una corriente de 1.5A, según el anexo D.5. (véase Figura 2.23).

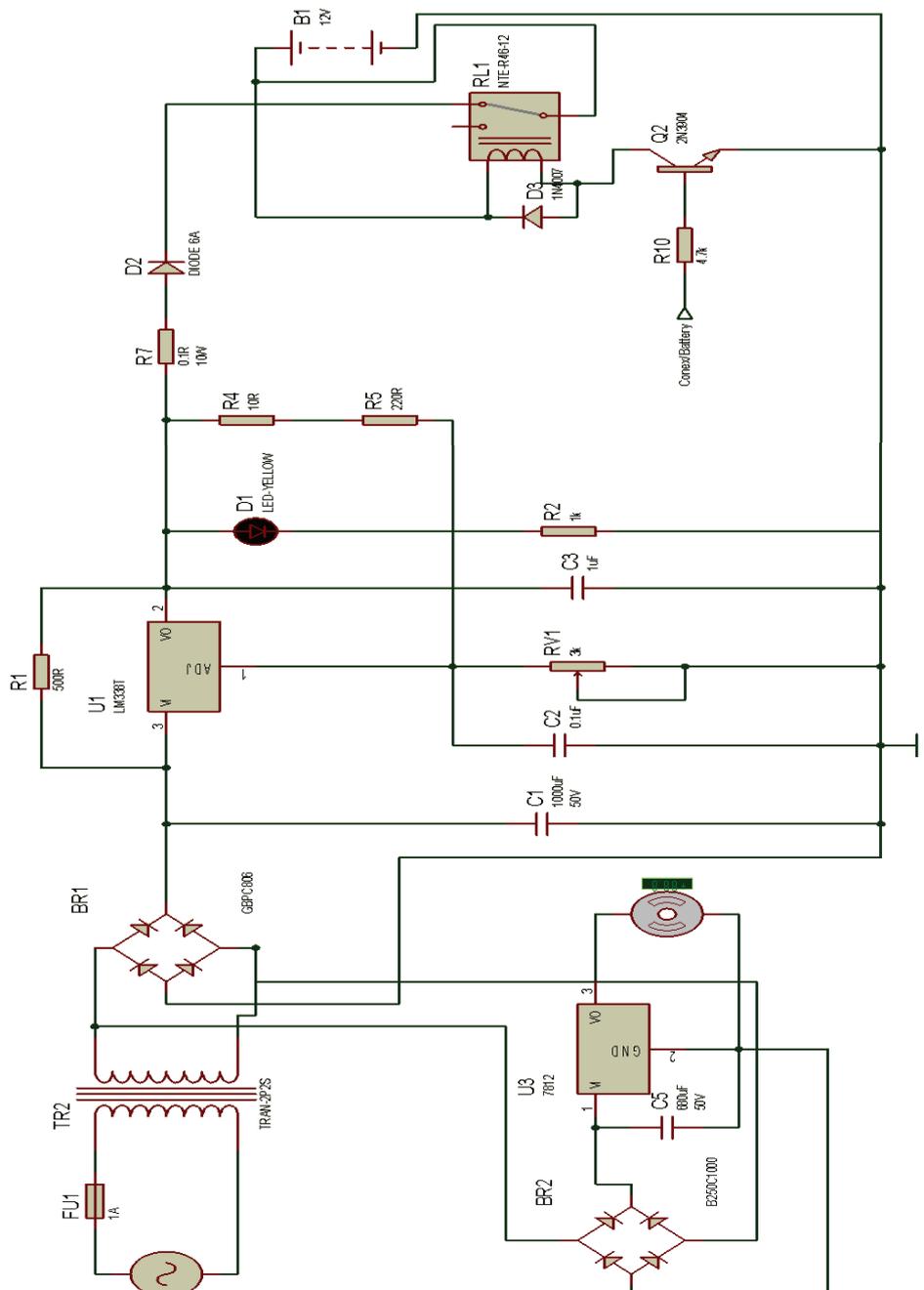


Figura 2.22. Cargador de baterías.

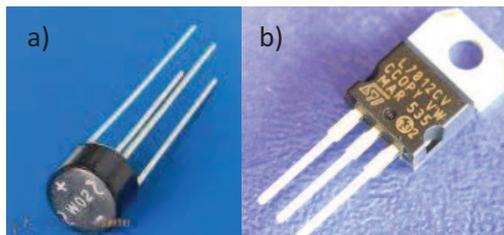


Figura 2.23. a) Puente rectificador W10M, b) Regulador de tensión LM7812.

Para el diseño del condensador de la fuente de alimentación del ventilador, se utiliza la **ecuación 2.2**, donde: $V_{\max}=29.1 * \sqrt{2}$, $V_{\min}=14.5V$ (voltaje mínimo de entrada al regulador LM7812), $T=8.33ms$, $I_{\max}=1A$.

$$C = \frac{1A * 8.33ms}{29.1\sqrt{2} V - 14.5V} = 313\mu F$$

Se selecciona un condensador $C=680\mu F$, y el voltaje del mismo debe ser superior a V_{\max} , es decir, superar los 41.15V, se selecciona uno de 50V.

2.3.2.2 Dimensionamiento del circuito para el relé que controla la conexión/desconexión del banco de baterías.

El circuito para el relé que controla la conexión/desconexión del banco de baterías hacia el cargador, se muestra en la Figura 2.22, el control de este relé depende del monitoreo del estado de carga de las baterías.

Se usó el transistor 2N3904, que es el que permite la activación del relé cuando reciba una señal de control en su base. Los transistores son dispositivos electrónicos activados por corriente por lo tanto es necesario conectar una resistencia en la base; la señal de control es proporcionada por un microcontrolador por medio de uno de sus pines, el cual puede generar señales en alto (5V) o en bajo (0V).

De acuerdo a las características del transistor 2N3904 (véase anexo D.6), bastará con una corriente de 1mA en la base para la correcta activación del transistor.

$$R_{base} = \frac{5V}{1mA} = 5000\Omega$$

Se selecciona un valor comercial: $R_{base} = 4.7K\Omega$ de $\frac{1}{4}$ de vatio, ya que se utilizan corrientes en el orden de los mili amperes.

Se utiliza un diodo de protección para la bobina del relé, se ha seleccionado el diodo 1N4148 el cual es de rápida recuperación, que soporta 100V y 1A de acuerdo a las características que se muestran en el anexo D.7.

El relé es un dispositivo electromecánico que funciona como interruptor controlado por un circuito eléctrico, en el que a través de una bobina y un electroimán, se acciona uno varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Para la aplicación, el relé deberá ser de 12V ya que se dispone de baterías de 12V para el prototipo, y debe soportar una corriente de por lo menos 3A que es lo que entrega el cargador de baterías.

2.4 DISEÑO DEL CIRCUITO PARA CONTROLAR LA CORRIENTE DE EXCITACIÓN DEL DEVANADO DE CAMPO DEL ALTERNADOR.

Para controlar la corriente de excitación suministrada al devanado de campo del alternador, y por ende controlar la corriente de carga hacia el banco de baterías se utiliza el circuito correspondiente a un convertor dc-dc reductor cuya carga corresponde al devanado de campo del alternador y una resistencia R para limitar la corriente que circula por el devanado de campo. El circuito se muestra en la Figura 2.24.

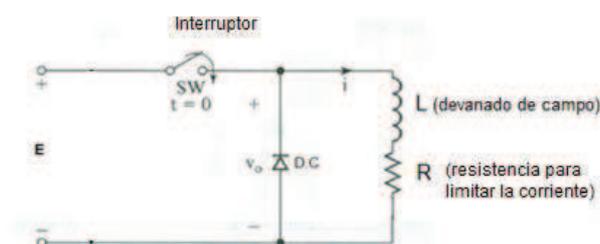


Figura 2.24. Convertor DC-DC reductor carga RL. [27]

Las formas de onda del comportamiento de este convertidor, se muestra en la Figura 2.25.

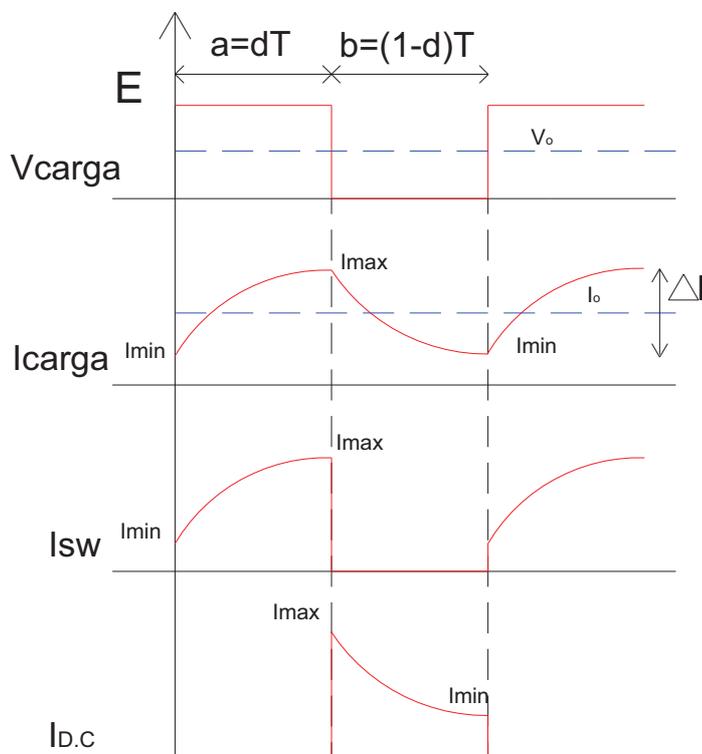


Figura 2.25. Formas de onda Convertor DC-DC reductor de la Figura 2.24.

El voltaje medio en la carga se calcula utilizando la ecuación 2.9 y en base a los datos que proporciona la forma de onda del voltaje en la carga que se muestra en la Figura 2.25.

$$V_{DCcarga} = \frac{1}{T} \int_0^a E dt \quad (\text{Ec. 2.9})$$

Resolviendo la ecuación 2.9 se tiene:

$$V_{DCcarga} = \frac{1}{T} * E * a$$

$$V_{DCcarga} = \frac{1}{T} * E * \delta T$$

$$V_{DCcarga} = E \delta \quad (\text{Ec. 2.10})$$

Puesto que el voltaje medio en una inductancia (L) es cero entonces se tiene que:

$$V_{DCcarga} = R * I_{DCcarga}$$

$$I_{DCcarga} = \frac{V_{DCcarga}}{R} = \frac{E\delta}{R}$$

(Ec. 2.11)

2.4.1 DIMENSIONAMIENTO DE LOS ELEMENTOS QUE COMPONEN AL CIRCUITO PARA CONTROLAR LA CORRIENTE DE EXCITACIÓN DEL ALTERNADOR.

Para el dimensionamiento del circuito se parte de valores ya conocidos y también se asume de ciertos parámetros:

- Fuente de alimentación $E=12V_{DC}$ (corresponde al voltaje de las baterías).
- La inductancia L corresponde al devanado de campo del alternador, cuyo valor medido fue $L=15mH$.
- Se asume una corriente media $I_{DC}= 2.5A$.
- Se asume una frecuencia de operación para el interruptor de 1Khz.

Para calcular la resistencia que será la encargada de limitar la corriente que circule por el devanado de campo se utiliza la ecuación 2.11, y se asume el valor de $\delta=1$ con el fin de que caiga todo el voltaje de la fuente en dicha resistencia, y reemplazando el valor de la corriente media que circularía por la carga se tiene:

$$2.5A = \frac{V_{DCcarga}}{R} = \frac{12V * 1}{R}$$

$$R = \frac{12V}{2.5A} = 4.8\Omega$$

La potencia que ésta resistencia disiparía es $P=I^2*R$, por lo tanto para una corriente máxima de 1A la potencia que disiparía es $P= (1A)^2*4.8\Omega = 4.8W$. Se utiliza un valor comercial $R=5.1\Omega / 5W$.

Para calcular la relación de trabajo de operación, se determina primero el rango de variación de la corriente de excitación: $0 \leq I_{\text{exct}} \leq 1.2\text{A}$. Con la ecuación 2.11 se determina valor requerido de δ para operar dentro del rango especificado con la resistencia ya calculada.

$$1.2\text{A} = \frac{V_{DC_{\text{carga}}}}{R} = \frac{12 * \delta}{5.1\Omega}$$

$$\delta = 0.51$$

Para el dimensionamiento del diodo de conmutación, se toma en cuenta la corriente de excitación de 1.2A y el voltaje de la fuente, en este caso 12V, por lo tanto este diodo debe ser capaz de soportar la corriente $I_{\text{exct}}=1.2\text{A}$ y un voltaje superior a 12V, además debe ser un diodo rápido ya que debe trabajar a la frecuencia de conmutación del interruptor.

Se selecciona el diodo rápido FR207, que soporta una corriente de 2A y un voltaje de 1000V, de acuerdo al anexo D.8.

Como interruptor de potencia se utiliza el MOSFET IRF540N, cuyas características principales son: $V_{DS}=100\text{V}$, $R_{DS(ON)}=44\text{m}\Omega$, $I_D=33\text{A}$ de acuerdo a la hoja de datos en el anexo D.9.

El MOSFET IRF540N soporta el valor de la corriente de excitación de 1.2A y el voltaje de alimentación que corresponde al voltaje de las baterías 12V, se puede notar que existe un sobredimensionamiento, sin embargo, el motivo por el cual ha sido seleccionado es porque cumple con las condiciones para el manejo directo de su compuerta (gate) mediante una señal PWM de un microcontrolador, donde el voltaje pico de esta señal es 5V. La curva I_D vs V_{GS} de la figura Typical Transfer Characteristics del IRF540N que se encuentra en el anexo D.9, muestra que con un voltaje gate-source (V_{GS}) igual a 4.5V, ya se puede manejar una corriente de 10A.

La idea es que para la correcta activación del MOSFET, la compuerta (gate) se encuentre a un voltaje superior al voltaje umbral ($V_{GS} > V_{GS(th)}$), para este MOSFET el voltaje umbral es de 4V. Los MOSFET son interruptores de potencia activados por voltaje, no es necesario limitar la corriente de la compuerta, pero se recomienda poner una resistencia de 1K Ω nada más para proteger el pin digital del microcontrolador.

Finalmente el circuito a implementarse se muestra en la Figura 2.26:

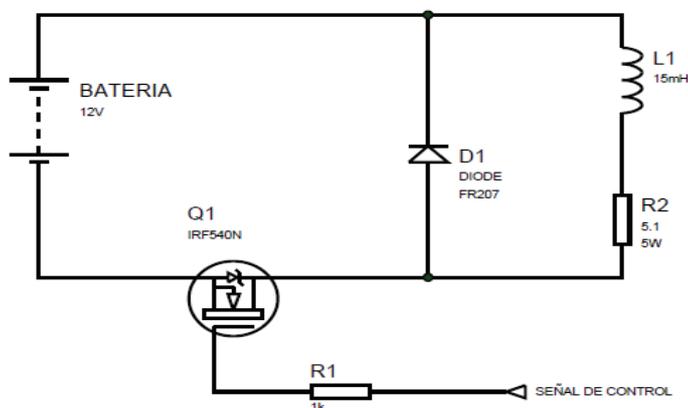


Figura 2.26. Circuito para controlar la corriente de excitación del devanado de campo del alternador.

Una vez diseñado y construido el hardware del sistema portátil de generación eléctrica el cual está compuesto por: el grupo motor-generator, el cargador de baterías que utiliza la red eléctrica como fuente, el circuito que permite controlar la corriente de excitación del motor, así como el cálculo y dimensionamiento del banco de baterías, se procede en el siguiente capítulo al desarrollo del sistema de control, ya que para realizar la carga del banco de baterías tanto desde el grupo motor-generator, como desde la red eléctrica, es necesario la implementación de un sistema de control que permita reestablecer de manera eficiente la energía consumida por la carga a través del banco de baterías.

CAPÍTULO 3

DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL

Este capítulo se enfoca al desarrollo del sistema de control, que es el encargado de hacer cumplir los algoritmos de carga haciendo uso del hardware del sistema portátil de generación eléctrica ya diseñado. A continuación se muestra en la Figura 3.1 un diagrama de la estructura del sistema de control.

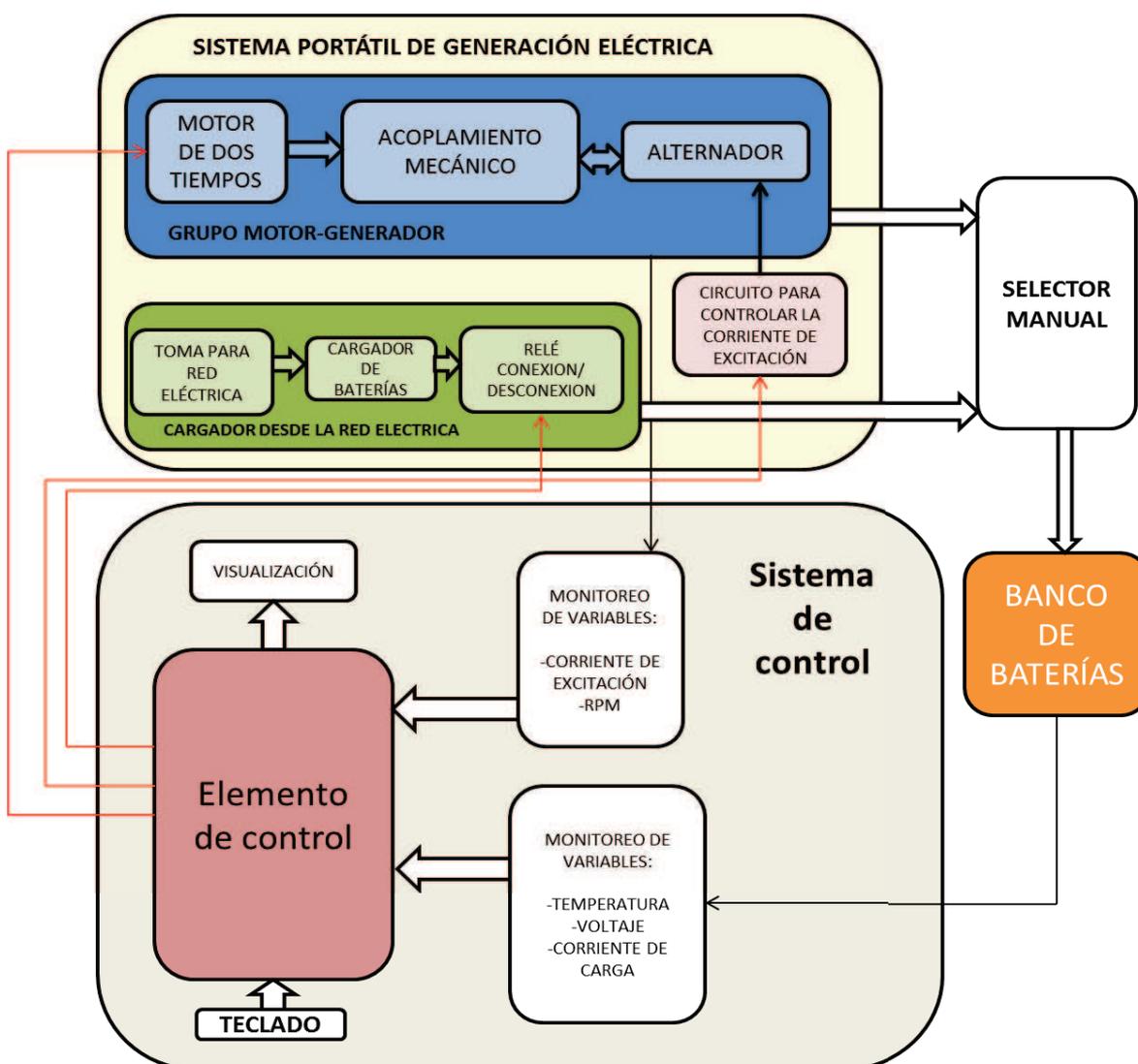


Figura 3.1. Diagrama de la estructura del sistema de control.

El sistema de control mencionado, para la ejecución del algoritmo de carga, requiere del monitoreo de las siguientes variables: temperatura y voltaje del banco

de baterías, corriente de carga hacia las baterías, revoluciones por minuto a las que gira el grupo motor-generador, corriente de excitación del alternador y en base a estas variables tomar las respectivas acciones de control sobre el sistema portátil de generación eléctrica, de tal manera que permita reestablecer la energía del banco de baterías de manera eficiente, y evitando que se acorte la vida útil de las baterías.

Dentro del sistema de control también se incluye un dispositivo para visualización y un teclado como periférico de entrada para que pueda ser manipulado por un usuario.

3.1 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE CONTROL Y SENSADO.

3.1.1 ELEMENTOS DE SENSADO.

Las variables que requiere el sistema de control son: voltaje, temperatura y corriente, ya que a través de estas, el sistema toma las decisiones que permitan cumplir con el algoritmo de carga para el banco de baterías.

Dentro del diseño del sistema de control, también se involucra la medición de las revoluciones por minuto a las que gira el eje del motor a combustión, así como la medición de la corriente de excitación por el devanado de campo del alternador, ambos también necesarios para el desarrollo del sistema de control.

3.1.1.1 Sensor de voltaje.

Básicamente es un divisor de tensión que consta de dos resistencias en serie y estas a su vez conectadas en paralelo con el banco de baterías. (Véase Figura 3.2). Para el diseño, se ha considerado que el divisor de tensión entregue un voltaje de 0V a 2.56V como voltaje máximo de entrada al conversor A/D del microcontrolador, puesto que se utilizará la referencia interna del mismo.

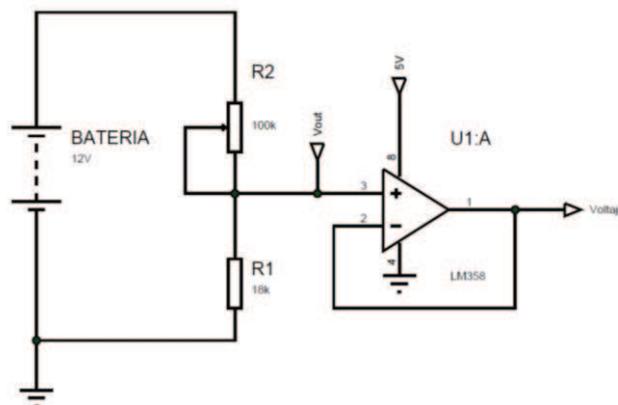


Figura 3.2. Acondicionamiento del sensor de voltaje.

Para el divisor de tensión del circuito de la Figura 3.2 se tiene:

$$V_{out} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{Batería}$$

(Ec. 3.1)

Se asume un valor máximo de medición de la batería de 16V, así como $R_1=18K\Omega$, y reemplazando estos valores en la ecuación 3.1 se tiene:

$$2.56V = \frac{18K\Omega}{18K\Omega + R_2} * 16V$$

$$R_2 = 94.5K\Omega$$

Por lo tanto para la resistencia R_2 se utiliza un potenciómetro de precisión de $100K\Omega$, que servirá incluso para posibles calibraciones.

Para realizar medidas de tensión lo más exactas posibles, se utiliza también un circuito seguidor de voltaje, como se puede observar en la Figura 3.2, razón por la cual se utiliza el amplificador operacional LM358, cuyas características más importantes se pueden ver en el anexo D.10.

El sensor de voltaje específicamente se usa para monitorear la tensión del banco de baterías durante el proceso de carga, una vez realizado el diseño y el

acondicionamiento de la señal, se envía esta señal acondicionada al conversor análogo digital del microcontrolador, donde se digitaliza la señal de voltaje para ser interpretada por el software cargado en el microcontrolador.

3.1.1.2 Sensor de temperatura.

Con el fin de proteger la batería ante elevadas temperaturas durante el proceso de carga, se utiliza un sensor de temperatura, el mismo que está adherido a la carcasa de las baterías.

Para el diseño se utiliza el sensor de temperatura LM35 (anexo D.11), el cual entrega un voltaje linealmente proporcional a la temperatura en grados centígrados. Dentro de sus principales características se tiene:

- Factor de escala: 10mV/°C
- Voltaje de alimentación: +35V a -0.2V
- Voltaje de salida: +6V a -1V
- Corriente de salida: 10mA
- Rango de temperatura: -60°C a 150°C

El acondicionamiento de la señal de temperatura se reduce a una etapa de amplificación a través del amplificador operacional LM358, en configuraciones seguidor y amplificador sin inversión.

Para el diseño, la temperatura de la batería durante el proceso de carga no debe superar los 50°C, porque el rango de operación durante el proceso de carga que indica el fabricante de las baterías es: -10°C a 50°C, para más información de las baterías utilizadas véase el anexo D.2. El sensor LM35 entrega una señal de 10mV por cada °C, entonces con 100°C (valor máximo de referencia) se tendrá un voltaje de 1V. El voltaje de salida estará en un rango de 0V a 2.56V. Para el amplificador no inversor de la Figura 3.3 se tiene:

- Factor de escala: 133mV/A
- Temperatura de operación: -40°C a 150°C
- Resistencia interna del conductor: 1.2mΩ
- Offset: 500mV
- 1.5% de error en la salida a 25°C

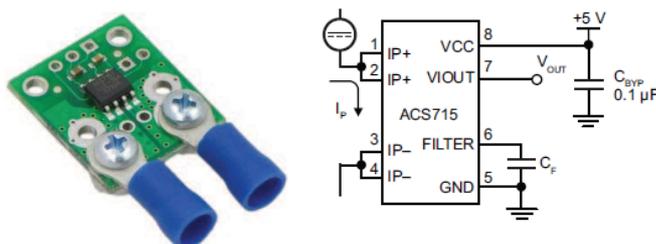


Figura 3.4. Sensor de efecto Hall ACS715.

Este sensor de efecto hall es un integrado de montaje superficial, que se lo encuentra comercialmente en forma de placa, su salida de voltaje varía linealmente con la corriente sensada.

Para acondicionar la señal de salida del sensor, este debe entregar un voltaje entre 0V y 2.56V, se toma en cuenta la corriente máxima de carga de las baterías, la cual corresponde al 30% de la capacidad del banco de baterías ($0.3 \cdot 24\text{Ah} = 7.2\text{A}$), como valor de referencia se escoge un valor superior, $I_{\text{max}} = 12\text{A}$, que multiplicado por el factor de escala del sensor y sumado el offset se tiene:

$$V_{out} = (12\text{A} * 133 \text{ mV/A}) + 500\text{mV}$$

$$V_{out-sensor} = 2.1\text{V}$$

Para la amplificación de esta señal se utiliza el amplificador operacional LM358 en configuración no inversora, ya utilizado anteriormente, y para el circuito de la Figura 3.5 se tiene:

$$V_{out} = V_{sensor} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

(Ec. 3.3)

Reemplazando los datos en la ecuación 3.3, y asumiendo un valor de $R_2 = 10\text{K}\Omega$:

$$2.56V = 2.1V\left(1 + \frac{10K\Omega}{R_1}\right)$$

$$R_1 = 45.6K\Omega$$

Por lo tanto para la resistencia R_1 se utiliza un potenciómetro de 50K Ω , que servirá incluso para posibles calibraciones.

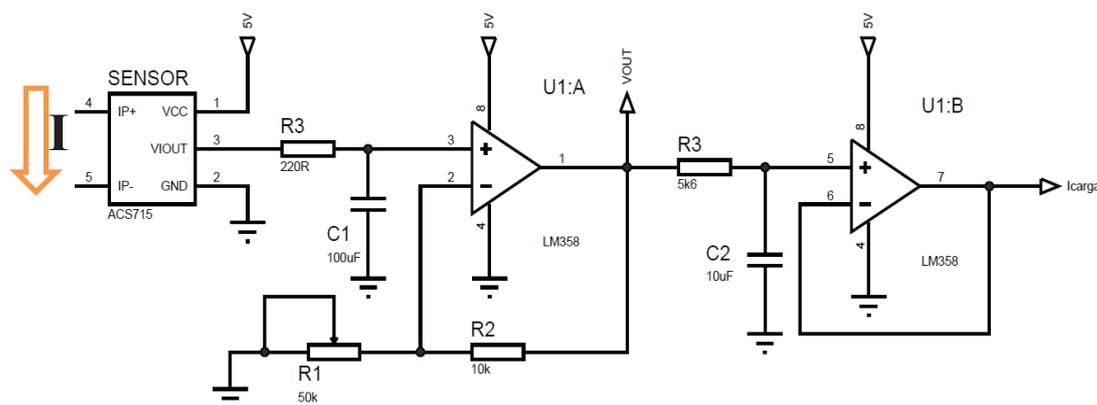


Figura 3.5. Acondicionamiento del sensor de efecto Hall ACS715.

Adicionalmente para tener una señal sin ruido de alta frecuencia se colocan dos filtros pasa bajos en el acondicionamiento, uno a la entrada y otro en la salida del amplificador operacional LM358, estos filtros han sido diseñados para frecuencias de corte cercanas a 10Hz, con el fin de eliminar cualquier ruido que pudiese presentarse. El circuito con el acondicionamiento del sensor ACS715 se muestra en la Figura 3.5.

3.1.1.4 Medidor de RPM.

Para sensar esta variable se utiliza un encoder (véase Figura 2.6), parte del mismo ya fue diseñado en el numeral 2.2.3.2 del capítulo 2.

Se seleccionan los dispositivos que serán los encargados de emitir y receptor la luz infrarroja, así como el circuito electrónico necesario para obtener una salida digital que pueda ser leída por el microcontrolador.

Se usó un diodo emisor de luz infrarroja (LED IR) como dispositivo emisor, mientras que como dispositivo receptor se utiliza un fototransistor, el cual a diferencia de un transistor común, su base está compuesta por un cristal

fotosensible que regula el flujo de corriente colector-emisor de acuerdo a la luz infrarroja que incide sobre él.



Figura 3.6. a) Diodo LED IR, b) Fototransistor. [28]

Una vez explicado los elementos básicos que conforman el encoder, se muestra en la Figura 3.7 el circuito implementado:

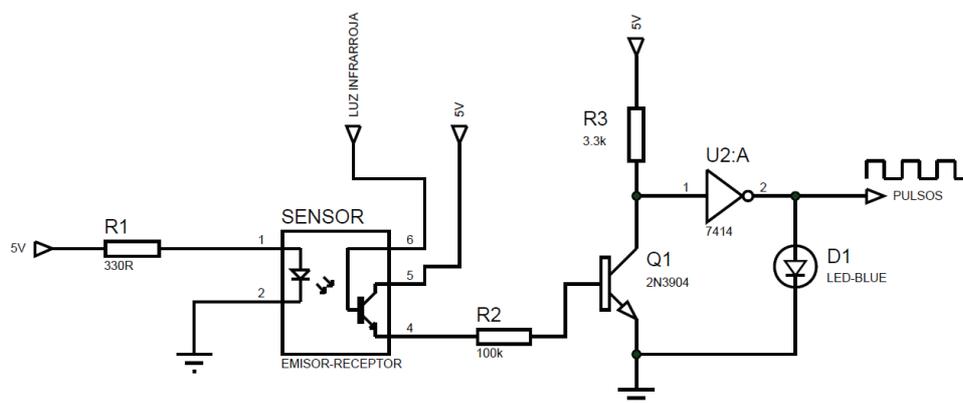


Figura 3.7. Circuito utilizado por el encoder.

Para obtener una señal digital nítida y libre de ruido se utiliza una compuerta inversora schmitt-trigger SN74LS14, para más información de esta compuerta se puede revisar el anexo D.13. El microcontrolador leerá los pulsos enviados por el encoder para interpretar la velocidad de giro del motor.

El encoder se utiliza para monitorear la velocidad de giro del motor, puesto que si este excediera un valor preestablecido, ocasionaría un aumento apreciable en la corriente de carga hacia el banco de baterías, esto sería detectado por el sistema de control y tomaría la acción pertinente para evitar que disminuya la vida útil de las baterías.

Se utiliza un control de velocidad del motor en lazo abierto puesto que la carga del grupo motor-generador son las baterías, y se aumenta o disminuye la velocidad a valores fijos o preestablecidos para mantener el voltaje y la corriente de carga dentro los límites fijados por el algoritmo de carga.

Es importante aclarar que el grupo motor-generador será utilizado solamente para cargar las baterías, mas no utilizado para alimentar al laser de nitrógeno ni al computador portátil, de ello se encargan las baterías que fueron dimensionadas para esa carga.

3.1.1.5 Medición de la corriente de excitación que circula por el devanado de campo del alternador.

Se monitorea el valor de la corriente de excitación que circularía por el devanado de campo del alternador; variándose esta corriente permite al sistema tener un control sobre la corriente de carga hacia las baterías a través del grupo motor-generador al igual que la velocidad de giro del motor.

Se utiliza un sensor de corriente de efecto hall, el mismo que ya fue utilizado para medir la corriente de carga hacia las baterías. (Véase Figura 3.4), y de manera similar al literal 3.1.1.3, se procede al diseño de los elementos que conforman el acondicionamiento de este sensor.

Para acondicionar la señal de salida del sensor, este debe entregar un voltaje entre 0V y 2.56V, se toma en cuenta la corriente máxima de excitación que circularía por el devanado de campo del alternador, como valor de referencia se escoge $I_{max}=1.5A$, que multiplicado por el factor de escala del sensor y sumado el offset se tiene:

$$V_{out} = (1.5A * 133 \text{ mV}/A) + 500mV$$

$$V_{out-sensor} = 0.7V$$

Para la amplificación de esta señal se utiliza el amplificador operacional LM358 en configuración no inversora, ya utilizado anteriormente, y para el circuito de la Figura 3.8 se tiene:

$$V_{out} = V_{sensor} \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

(Ec. 3.4)

Reemplazando los datos en la ecuación 3.4, y asumiendo un valor de $R_1 = 10K\Omega$:

$$2.56V = 0.7V \left(1 + \frac{R_2}{10K\Omega}\right)$$

$$R_2 = 26.5K\Omega$$

Por lo tanto para la resistencia R_2 se utiliza un potenciómetro de $50K\Omega$, que servirá incluso para posibles calibraciones, a continuación se presenta el circuito implementado para el acondicionamiento del sensor.

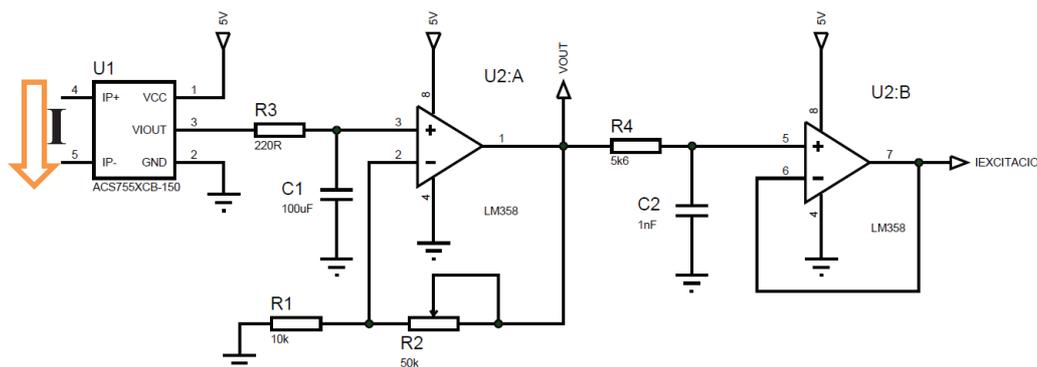


Figura 3.8. Acondicionamiento del sensor de efecto Hall ACS715.

3.1.2 ELEMENTOS DE CONTROL.

Para la ejecución de los algoritmos de carga, tanto el que constituye carga rápida a través del par motor-generator, así como la carga lenta a través de la red eléctrica, se necesita el uso de diferentes dispositivos de control que se encargarán de realizar las tareas u operaciones respectivas mediante el uso de software y hardware.

Para implementar el programa de control que permita el funcionamiento de la máquina portátil, se escoge el microcontrolador ATMEGA16 de la familia ATMEL, el cual se encargará de ejecutar por software los algoritmos de carga; además con el objetivo de monitorear, visualizar los valores de las variables del sistema y conocer el estado en el que se encuentra el proceso, se utiliza una pantalla de cristal líquido (LCD 20x4) así como un teclado numérico para que el usuario pueda manipular el prototipo.

Las funciones desarrolladas por el microcontrolador se muestran en el siguiente diagrama de bloques:

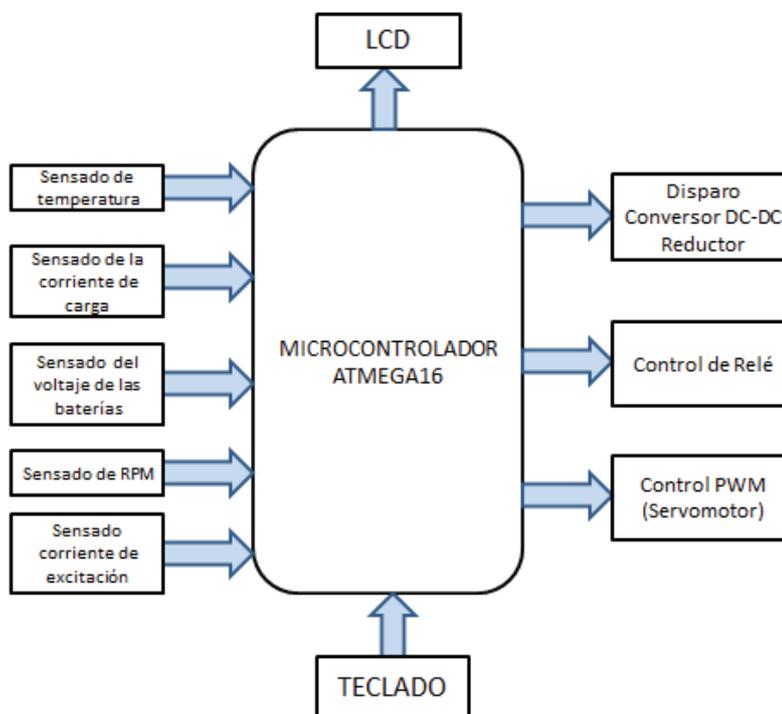


Figura 3.9. Arquitectura de control.

3.1.2.1 Microcontrolador Atmega16. [29]

El Atmega16 es un microcontrolador CMOS de 8 bits de baja potencia basado en arquitectura tipo RISC de AVR. Sus instrucciones se ejecutan en un ciclo de máquina, permitiendo a un sistema optimizar el consumo de energía con una alta velocidad de procesamiento.

Sus características principales se exponen a continuación:

- Arquitectura RISC avanzada.
- Memoria de datos y programa no volátiles.
- 16Kbytes de memoria flash.
- Voltaje de operación: 4.5V – 5.5V
- 1 TIMER de 16 bits y 2 TIMER de 8bits.
- 8 canales ADC de alta precisión (10bits).
- Reloj en tiempo real.
- Interrupciones externas e internas.
- Un puerto de comunicación serial.
- Cristal externo de hasta 16MHz
- 4 canales PWM.

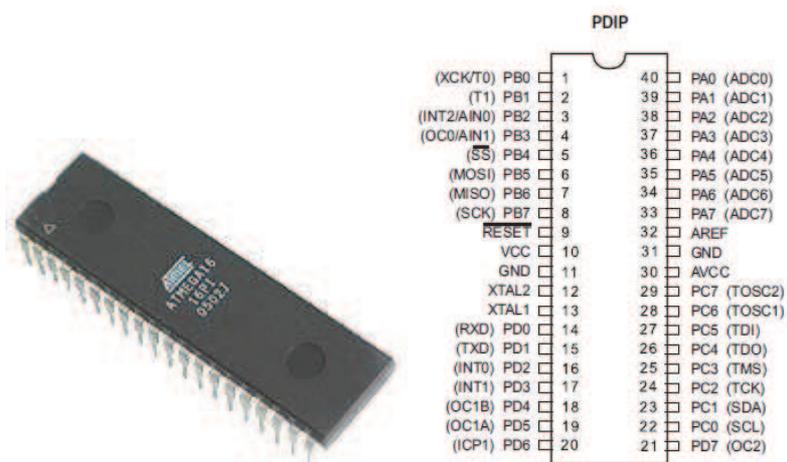


Figura 3.10. Microcontrolador Atmega16. [29]

3.1.2.2 Distribución de los recursos del microcontrolador ATMEGA16.

En el esquema de la Figura 3.11 se muestran los pines del microcontrolador utilizados para el sistema de control:

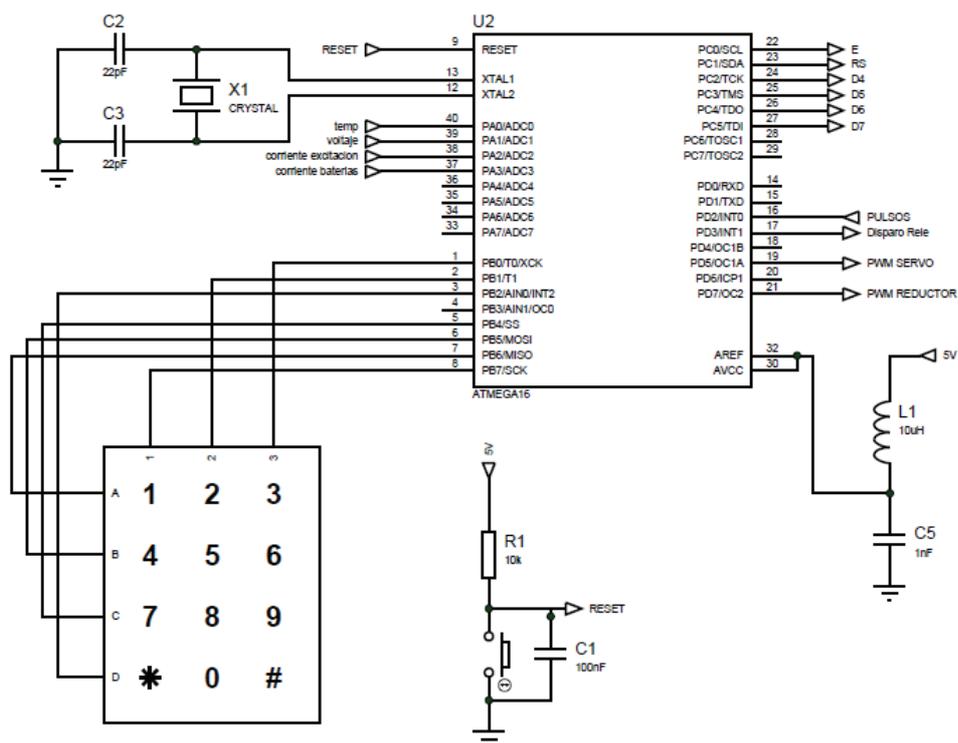


Figura 3.11. Circuito esquemático del microcontrolador Atmega16.

A continuación se detallan los pines del microcontrolador ATMEGA16 que se utilizan para el sistema de control y la función que desempeñan:

PIN	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
1	PB0 (XCK/T0)	Columna 3 del teclado
2	PB1 (T1)	Columna 2 del teclado
3	PB2 (INT2/AIN0)	Fila 4 del teclado
5	PB4 (SS)	Fila 3 del teclado
6	PB5 (MOSI)	Fila 2 del teclado
7	PB6 (MISO)	Fila 1 del teclado
8	PB7 (SCK)	Columna 1 del teclado
9	RESET	Reinicia el programa del microcontrolador.
10	VCC	Alimentación del microcontrolador
11	GND	Alimentación del microcontrolador
12	XTAL2	Cristal externo
13	XTAL1	Cristal externo

16	PD2 (INT0)	Recepción de pulsos del medidor de RPM
17	PD3 (INT1)	Disparo de relé.
19	PD5 (OC1A)	Control del servomotor
21	PD7 (OC2)	Control PWM Conversor DC-DC Reductor
22	PC0 (SCL)	E (LCD)
23	PC1 (SDA)	RS (LCD)
24	PC2 (TCK)	D4 (LCD)
25	PC3 (TMS)	D5 (LCD)
26	PC4 (TDO)	D6 (LCD)
27	PC5 (TDI)	D7 (LCD)
30	AVCC	Alimentación del conversor análogo-digital
31	GND	Alimentación del conversor análogo-digital
32	AREF	Voltaje de referencia para el conversor A/D
37	PA3 (ADC3)	Sensado de la corriente de carga
38	PA2 (ADC2)	Sensado de la corriente de excitación
39	PA1 (ADC1)	Sensado del voltaje del banco de baterías
40	PA0 (ADC0)	Sensado de la temperatura de las baterías

Tabla 3.1. Funciones de los pines del microcontrolador ATMEGA16.

3.1.3 CIRCUITO COMPLETO DEL SISTEMA DE CONTROL.

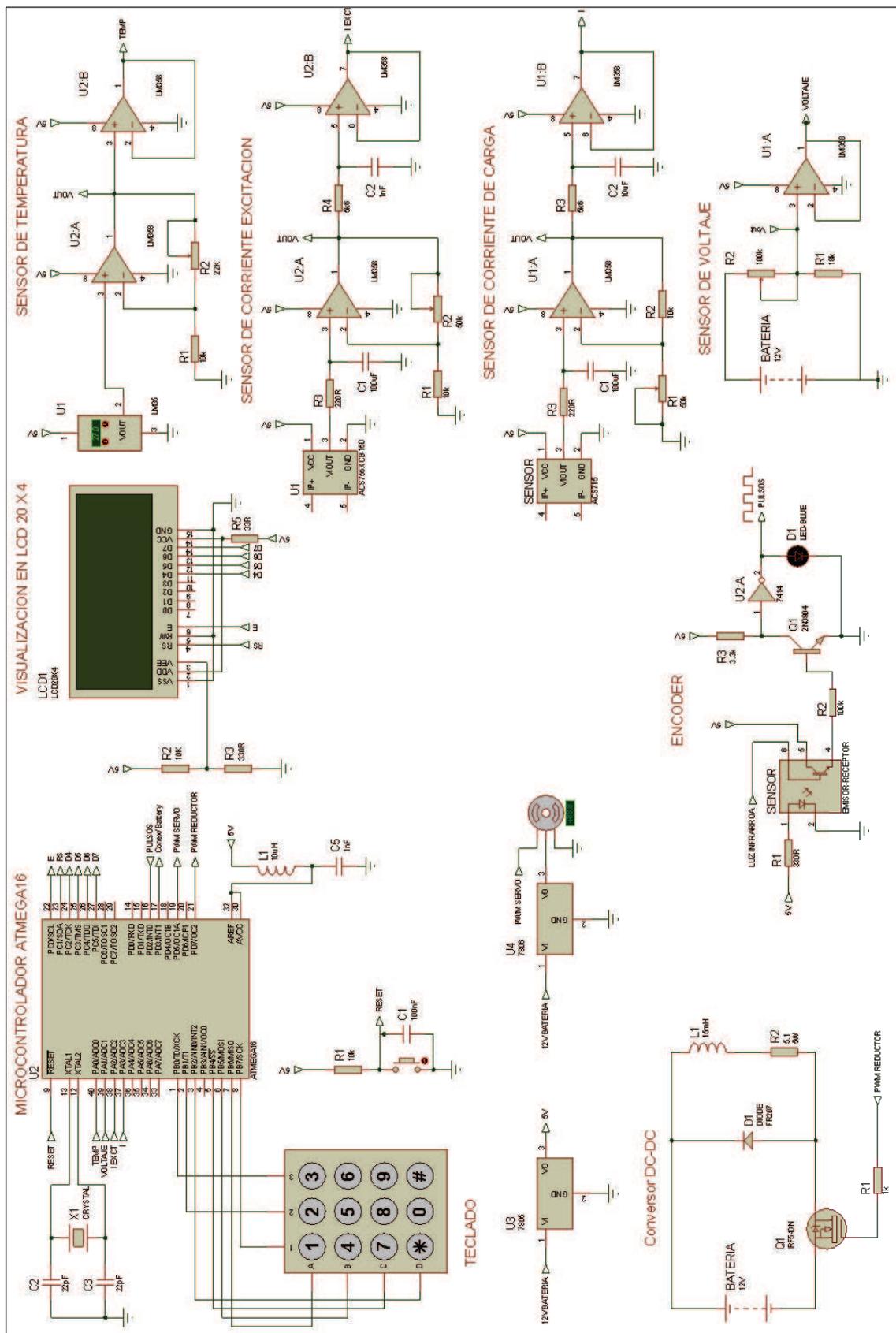


Figura 3.12. Circuito completo del sistema de control.

3.2.1 ETAPAS DEL ALGORITMO DE CARGA DEL BANCO DE BATERÍAS IMPLEMENTADAS.

La carga del banco de baterías se realiza en dos etapas las cuales son carga a corriente constante (etapa Bulk) y la etapa de absorción.

3.2.1.1 Algoritmo de carga rápida.

- Carga máxima (Etapa Bulk).

Corresponde a la primera etapa, durante ésta, el voltaje de las baterías no ha alcanzado el voltaje de absorción o voltaje de referencia, cuyo valor escogido de acuerdo a las especificaciones de las baterías utilizadas es de 14.9V, es decir, 2.48Voltios/celda, y para más información de las baterías puede verse en el anexo D.2.

La carga rápida solamente se la realiza a través del grupo motor-generator, para lo cual se requiere de una elevada corriente en corto tiempo con el fin de reestablecer la energía que ha sido descargada. Esta corriente de acuerdo a las especificaciones técnicas de las baterías no debe sobrepasar el valor de 7.2A, el cual corresponde al 30% de la capacidad del banco de baterías. En esta etapa las baterías recuperan la mayoría de su capacidad (80%), y la temperatura de las baterías durante el proceso de carga no debe sobrepasar el rango de operación de temperatura que está comprendido entre -10 °C a 50°C de acuerdo a las características de las baterías.

- Etapa de Absorción.

Una vez alcanzado el voltaje de referencia durante la etapa Bulk, se pasa a la etapa de absorción que corresponde a una sobrecarga controlada. Lo que realiza el algoritmo de control una vez detectado el voltaje de referencia, es disminuir significativamente la corriente de carga, para así mantener un voltaje

constante, esto se logra disminuyendo la velocidad a la que gira el generador así como reduciendo el valor de la corriente de excitación.

3.2.1.1 Algoritmo de carga lenta.

- Carga máxima (Etapa Bulk).

El cargador del banco de baterías que utiliza como fuente la red eléctrica, es un cargador a voltaje constante el cual ha sido explicado en el numeral 1.2.3.3 del capítulo uno. Este cargador está diseñado para una carga lenta, con lo cual la corriente inicial de carga está limitada a aproximadamente el 10% de la capacidad del banco de baterías (2.4A), y se entrega un voltaje constante de 14.5V.

- Etapa de Absorción.

Al igualarse el voltaje aplicado por el cargador de baterías (14.5V) con el voltaje que se fue incrementando en el banco de baterías durante la etapa Bulk, la corriente irá disminuyendo, y lo que hace el sistema de control es mostrar estas variables, y una vez que la corriente disminuya hasta el valor aproximado del 2% de la capacidad del banco (0.5A) el sistema desconecta el cargador de baterías a través del relé de conexión/desconexión del banco.

3.2 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA PRINCIPAL.

El diagrama de flujo del programa principal se muestra en la Figura 3.13, donde se resume el programa implementado en el microcontrolador, el cual permite el correcto funcionamiento del sistema. En este diagrama se ha utilizado subrutinas las cuales son parte del programa y que realizan una función específica de acuerdo al algoritmo de carga de las baterías.

El programa ha sido desarrollado en el compilador Bascom AVR versión 1.11.9.5. El Bascom AVR permite la programación con las mismas instrucciones que el

lenguaje BASIC, pero cuenta también con comandos y librerías especiales que simplifican el manejo de los recursos de los microcontroladores de ATMEL.

El microcontrolador requiere ser configurado de acuerdo con los pines y recursos a utilizarse tal y como se muestra en la tabla 3.1, todos estos recursos se configuran con instrucciones especiales en el compilador que determinan en que pin van a ser utilizados.

Las tareas que realiza el microcontrolador son las siguientes:

- Se configuran los recursos necesarios a utilizarse, en los que se incluye la configuración de los pines como entradas / salidas, declaración de variables y subrutinas, configuración del timer0, timer1, timer2, conversor análogo digital, display LCD, teclado, interrupción externa INT0, interrupción interna por desbordamiento OVF0; se inicializan las variables y se muestra el menú del sistema de control.
- Seguidamente se tiene la subrutina de monitoreo de parámetros del sistema, mostrado en el diagrama de flujo de la Figura 3.14; esta subrutina permite la digitalización de las señales monitoreadas, las cuales son voltaje, temperatura, corriente de carga y corriente de excitación a través de los canales (ADC0-ADC4) del conversor A/D que dispone el microcontrolador ATMEGA16. Para eliminar ruido en las señales se implementa un filtro digital, el cual se logra promediando un conjunto de muestras tomadas.
- La subrutina de monitoreo de la velocidad del par motor-generator, mostrada en la Figura 3.15, permite calcular el valor de las RPM a las que gira el motor. Para este cálculo es necesario medir el periodo de la señal enviada por el encoder (pulsos), además el disco del encoder consta de 6 aberturas, con lo cual una revolución se completa cuando ha enviado 6 pulsos.

- El teclado matricial es una manera de optimizar el número de pines que se requieren para conectar una cantidad significativa de teclas, este tipo de periférico usa la técnica conocida como barrido de teclado, que consiste en poner en bajo a uno de los pines en los que están conectadas las filas e ir leyendo las columnas hasta encontrar la tecla presionada. Para leer cual tecla fue presionada por el usuario a través del teclado, se utiliza una subrutina de barrido de teclado (Figura 3.16), la cual detecta que tecla ha sido presionada para luego interpretar la función que cumple dentro del programa.
- La subrutina que constituye el algoritmo de carga para el banco de baterías, es la que se encarga de tomar las decisiones de control en base a los parámetros sensados del sistema, teniendo en cuenta criterios de seguridad si en caso existiera una falla, ya sea por temperatura elevada, sobrevoltaje o sobrecorriente. El diagrama de flujo de esta subrutina se muestra en la Figura 3.19.

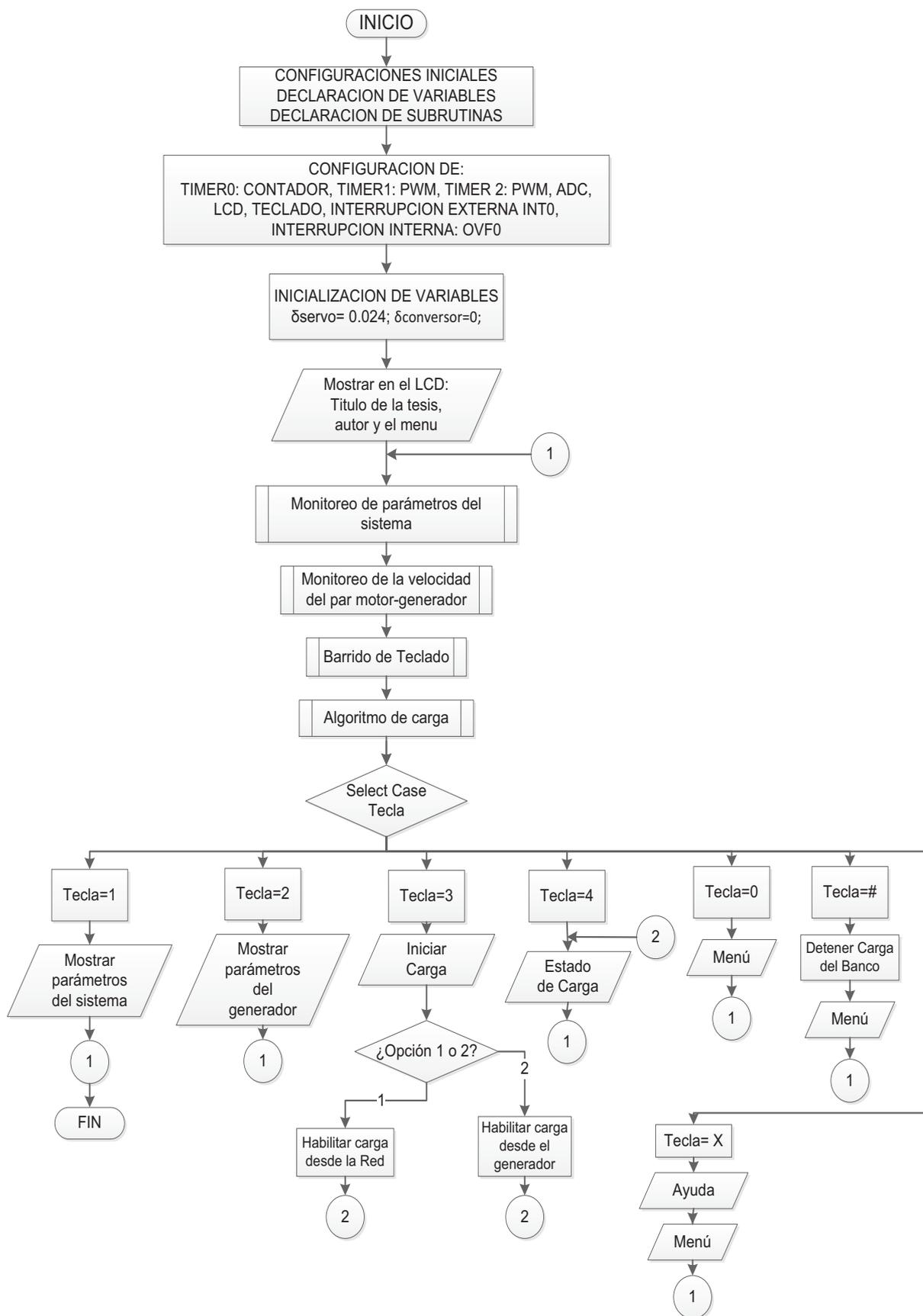


Figura 3.13. Diagrama de flujo del programa principal.

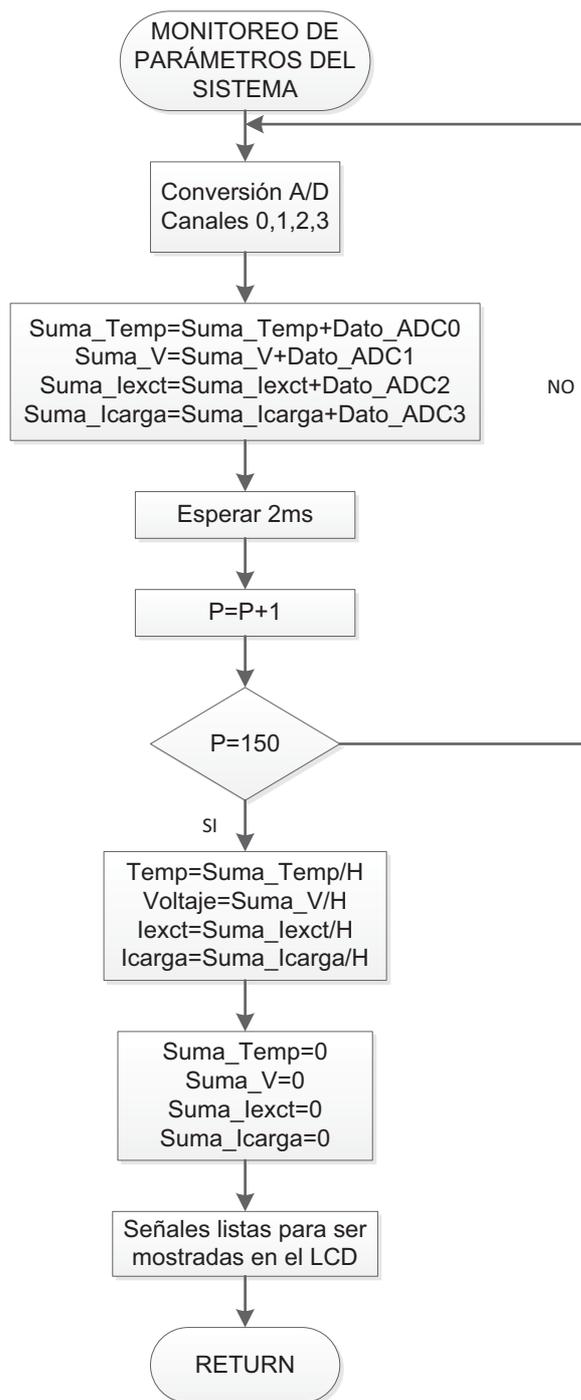


Figura 3.14. Diagrama de flujo de la subrutina monitoreo de parámetros del sistema.

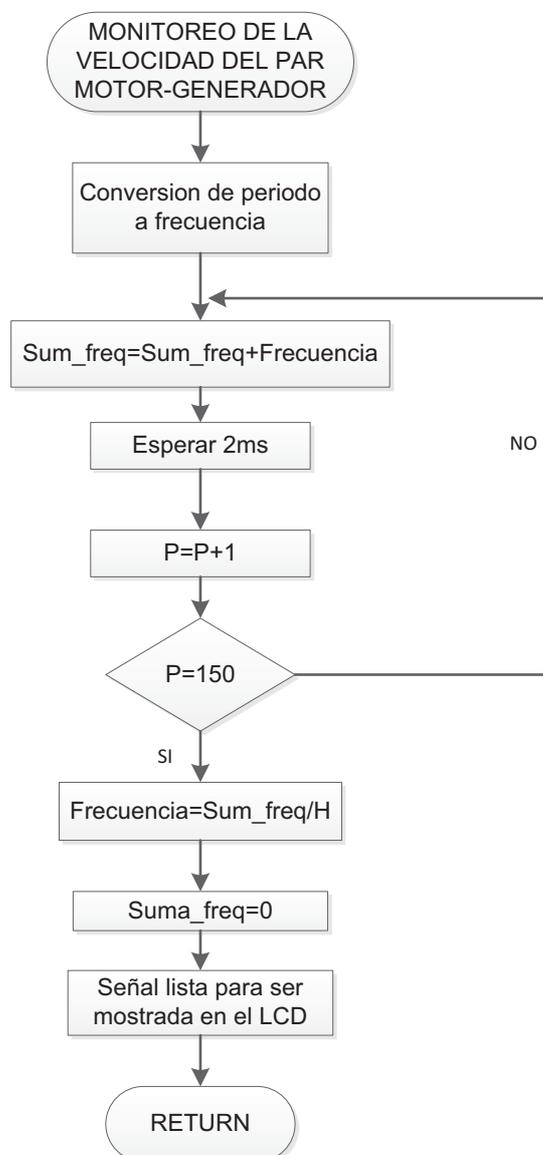


Figura 3.15. Diagrama de flujo de la subrutina monitoreo de la velocidad del par motor-generador.

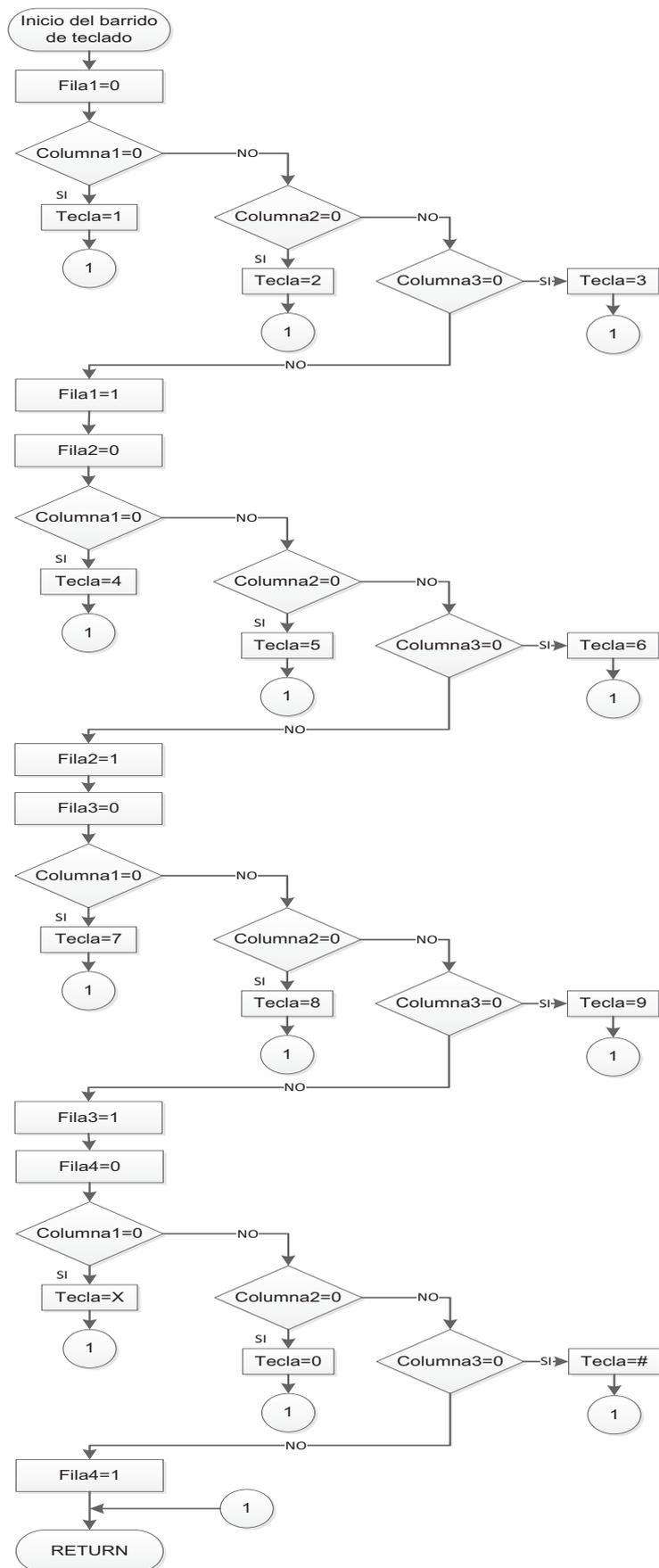


Figura 3.16. Diagrama de flujo de la subrutina de barrido de teclado.

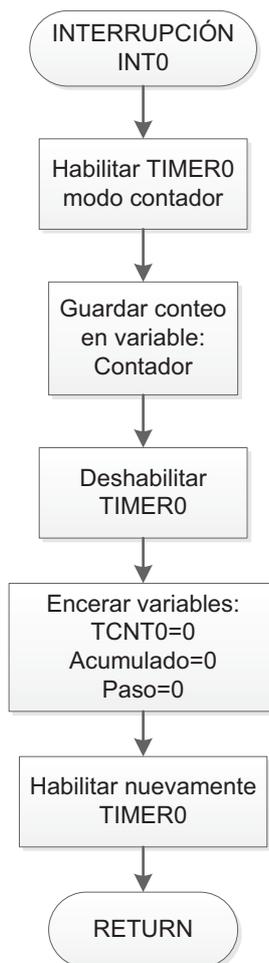


Figura 3.17. Diagrama de flujo de la subrutina de interrupción cero.

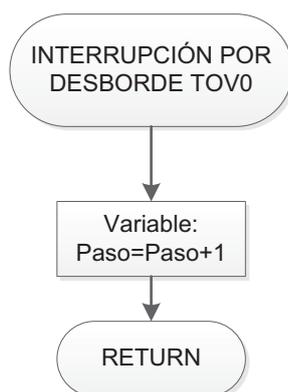


Figura 3.18. Diagrama de flujo de la subrutina de interrupción por desbordamiento TOV0.

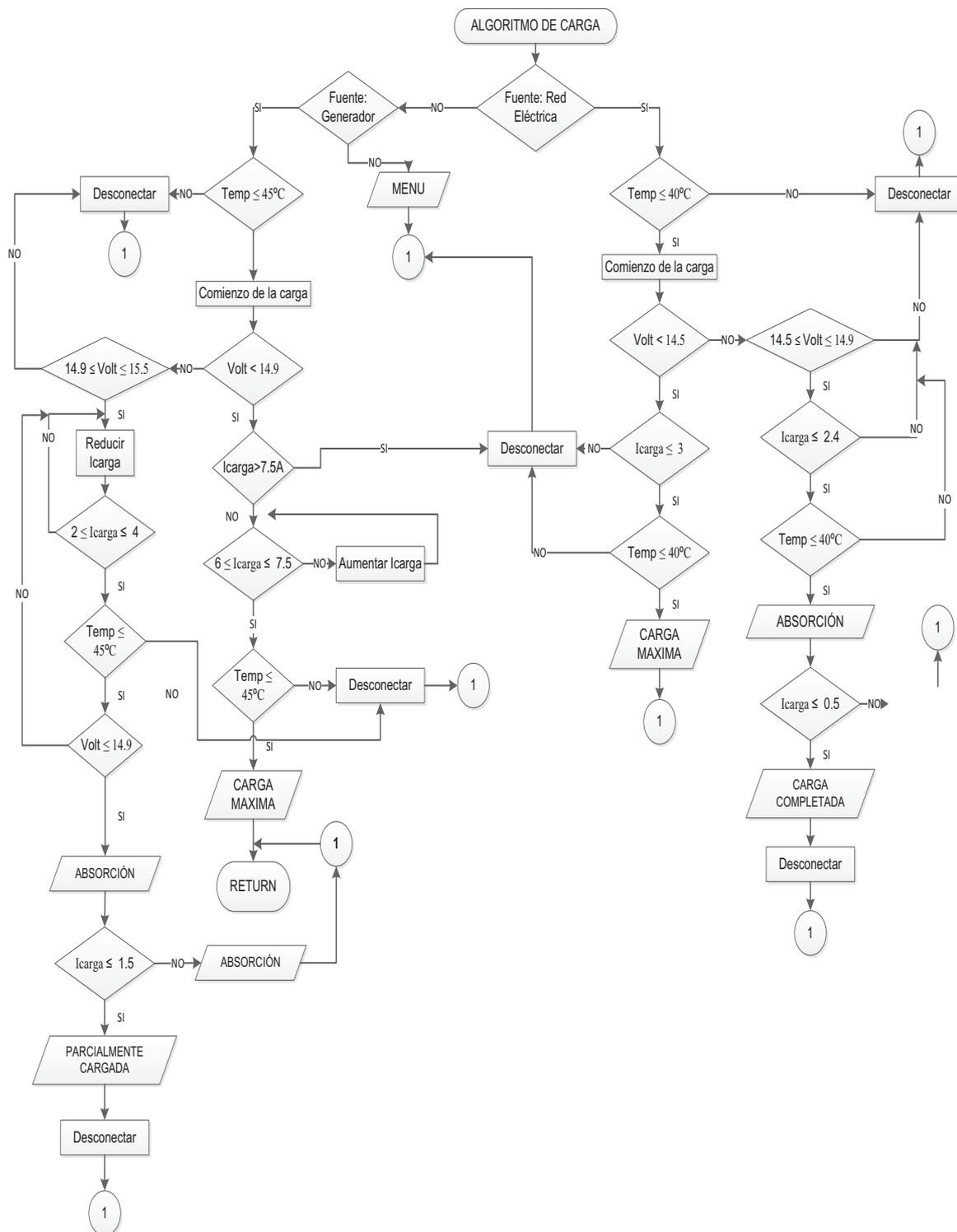


Figura 3.19. Diagrama de flujo de la subrutina algoritmo de carga.

CAPÍTULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS



Figura 4.1. Prototipo de la máquina portátil de generación eléctrica.

Las pruebas y resultados de este proyecto se basan en la carga y descarga del banco de baterías, monitoreando las variables que intervienen en el sistema que son: voltaje, corriente y temperatura. Durante el proceso de pruebas se realizó el ajuste del programa de control con el fin de obtener resultados reales en valores de corriente, temperatura y voltaje puesto que estos valores permiten cumplir de mejor manera el algoritmo de control aplicado en la carga del banco de baterías. También se indican las formas de onda de las señales de control que permiten la activación de los diferentes dispositivos del sistema, así como la forma de onda de la corriente de carga hacia el banco de baterías. Adicionalmente se indica la visualización, donde se muestran las variables del sistema, así como la interfaz con el usuario.

4.1 VISUALIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEL SISTEMA.

La visualización de las variables del sistema se realiza a través de un LCD 20x4, donde se observa las diferentes etapas de carga, el ciclo de trabajo de la señal

PWM que se utiliza para el convertor dc-dc reductor y el servomotor, los valores de corriente, voltaje, temperatura, rpm y el menú que puede ser manipulado por el usuario a través de un teclado.

- Visualización del menú:

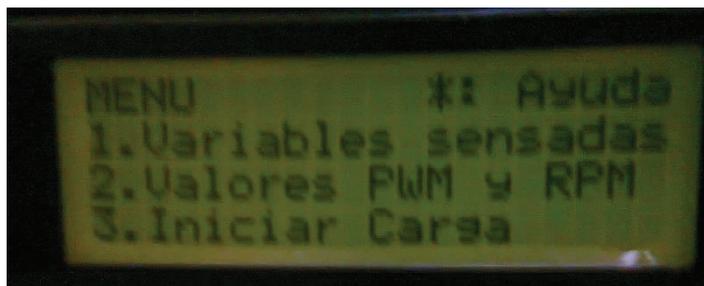


Figura 4.2. Visualización del menú.

- Visualización variables del sistema



Figura 4.3. Visualización de las variables del sistema.

- Visualización de ciclos de trabajo (delta), y rpm a las que gira el eje del motor.

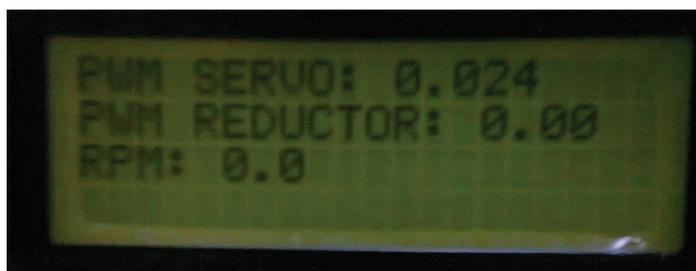


Figura 4.4. Ciclo de trabajo y rpm.

4.2 FORMAS DE ONDA

Las formas de onda visualizadas en el osciloscopio son las esperadas establecidas en el diseño.

- Formas de onda de las señales de control.

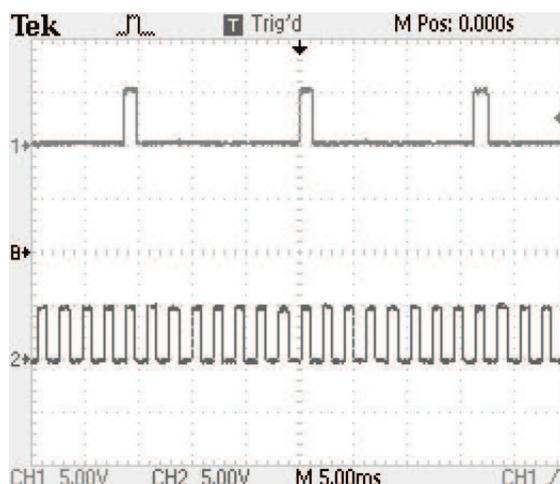


Figura 4.5. Formas de onda de las señales de control.

En la Figura 4.5 la primera forma de onda (parte superior) corresponde a la señal PWM generada por el microcontrolador a través del timer1 para controlar al servomotor que permite variar la velocidad del motor de combustión interna, esta señal tiene una frecuencia de 50Hz, el rango del ancho de pulso de acuerdo a las pruebas realizadas está comprendido entre 480us y 1.72ms. La segunda forma de onda (parte inferior) corresponde a la señal PWM generada por el microcontrolador a través del timer2 que se utiliza para controlar la corriente de excitación del devanado de campo del alternador, la frecuencia de esta señal es de 1KHz.

- Forma de onda de los pulsos del encoder.

Se puede apreciar en la Figura 4.6 que los pulsos que envía el encoder, son los que se esperan para que el microcontrolador pueda interpretarlos, y así obtener una correcta medición de las rpm a las que gira el motor.



Figura 4.6. Forma de onda de los pulsos del encoder.

- Formas de onda de la corriente de carga.

En la Figura 4.7 se muestra la forma de onda de la corriente de carga hacia el banco de baterías, utilizando el grupo motor-generador como fuente, mientras que en la Figura 4.8 se muestra la forma de onda de la corriente de carga utilizando el cargador de baterías que utiliza la red eléctrica como fuente.

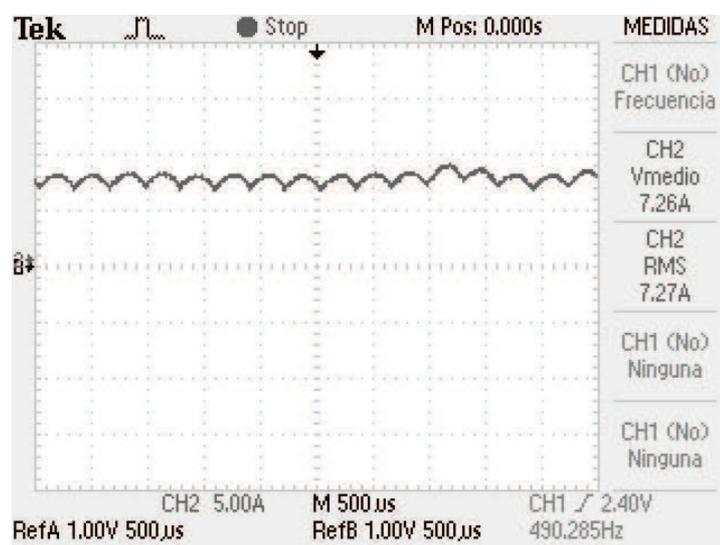


Figura 4.7. Forma de onda de la corriente de carga desde el grupo motor-generador.

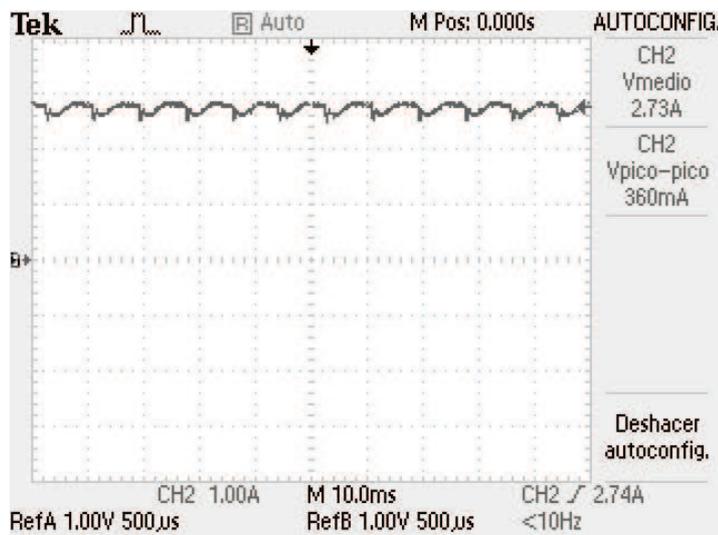


Figura 4.8. Forma de onda de la corriente de carga desde la red eléctrica.

4.3 PRUEBAS PARA EL PROCESO DE CARGA Y DESCARGA DEL BANCO DE BATERÍAS.

Para realizar este proceso de pruebas se procedió a realizar la carga completa del banco de baterías a través del cargador que utiliza la red eléctrica como fuente, una vez cargado completamente el banco de baterías, se procedió a la descarga del mismo, para finalmente utilizar el grupo motor-generador para cargar el banco de baterías.

4.3.1 PROCESO DE CARGA DEL BANCO DE BATERÍAS A TRAVÉS DE LA RED ELÉCTRICA.

Para realizar esta prueba se procedió a realizar la carga del banco de baterías conectando el cargador a la red eléctrica. Durante el proceso de carga se puede observar las diferentes etapas, corriente, temperatura y voltaje por medio del LCD. En la tabla 4.1 se muestran los valores que se tomó durante el proceso de carga del banco de baterías de 12V-24Ah.

Etapas	Voltaje [V]	Corriente [A]	Temperatura [°C]	Tiempo [Minutos]	Tiempo [h:m]
-	12,2	0	24	0	0:00
1	13,66	3,28	24	5	0:05
1	13,64	3,29	25	10	0:10
1	13,62	3,29	25	15	0:15
1	13,61	3,28	25	20	0:20
1	13,62	3,26	25	25	0:25
1	13,63	3,26	25	30	0:30
1	13,66	3,23	25	35	0:35
1	13,67	3,2	25	40	0:40
1	13,7	3,17	26	45	0:45
1	13,74	3,12	26	50	0:50
1	13,77	3,09	26	55	0:55
1	13,8	3,03	26	60	1:00
1	13,82	2,97	26	65	1:05
1	13,85	2,89	26	70	1:10
1	13,89	2,8	26	75	1:15
1	13,92	2,72	26	80	1:20
1	13,95	2,65	26	85	1:25
1	13,98	2,54	26	90	1:30
1	14,02	2,46	26	95	1:35
1	14,05	2,38	25	100	1:40
1	14,08	2,29	25	105	1:45
1	14,13	2,2	25	110	1:50
1	14,16	2,12	25	115	1:55
1	14,2	2,05	25	120	2:00
1	14,23	1,97	25	125	2:05
1	14,28	1,9	25	130	2:10
1	14,31	1,82	25	135	2:15
1	14,34	1,75	25	140	2:20
1	14,38	1,69	25	145	2:25
1	14,41	1,63	24	150	2:30

1	14,44	1,55	24	155	2:35
1	14,48	1,49	24	160	2:40
1	14,49	1,45	24	165	2:45
1	14,51	1,38	24	170	2:50
1	14,52	1,34	24	175	2:55
1	14,54	1,29	24	180	3:00
1	14,57	1,25	24	185	3:05
1	14,59	1,2	24	190	3:10
1	14,61	1,15	24	195	3:15
1	14,64	1,12	23	200	3:20
1	14,66	1,09	23	205	3:25
1	14,67	1,06	23	210	3:30
1	14,69	1,03	23	215	3:35
2	14,7	1	23	220	3:40
2	14,7	0,97	23	225	3:45
2	14,72	0,94	23	230	3:50
2	14,72	0,92	23	235	3:55
2	14,72	0,84	23	240	4:00
2	14,72	0,77	23	245	4:05
2	14,72	0,74	23	250	4:10
2	14,71	0,72	23	255	4:15
2	14,72	0,69	23	260	4:20
2	14,72	0,66	23	265	4:25

Tabla 4.1. Valores tomados en el proceso de carga.

De los datos que se tomó en la tabla 4.1 se pueden extraer las curvas de voltaje, corriente y temperatura en función del tiempo de carga. En la Figura 4.9, se muestra el comportamiento de la variable de temperatura durante todo el proceso de carga, se puede observar que los valores de temperatura están dentro del rango adecuado de funcionamiento.

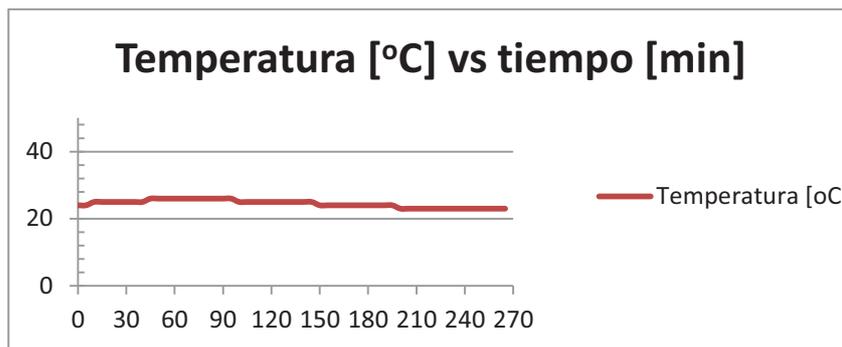


Figura 4.9. Variable temperatura en función del tiempo.

La Figura 4.10 muestra la corriente de carga y su comportamiento en función del tiempo. Se puede apreciar claramente que la corriente se mantiene constante aproximadamente hasta la primera hora de carga, para luego ir disminuyendo paulatinamente. Se observa que la primera etapa de carga dura 215 minutos (3 horas y 25 minutos), hasta llegar al voltaje de referencia que es de 14.7 Voltios para comenzar la etapa de absorción.

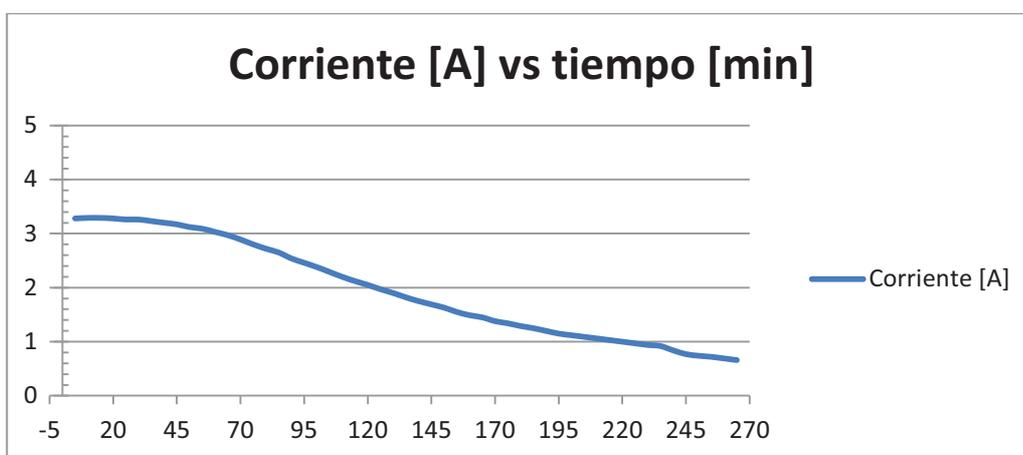


Figura 4.10. Corriente de carga en función del tiempo.

En la Figura 4.11 se observa el comportamiento del voltaje en función del tiempo. Aquí el banco de baterías se encuentra descargado a 12.2V, valor que de acuerdo al *anexo E* las baterías se encuentran aproximadamente un 40% descargadas.

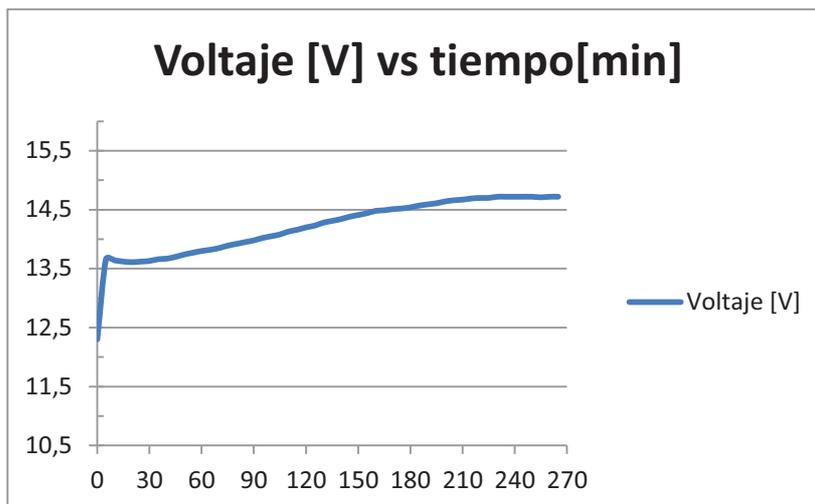


Figura 4.11. Voltaje en función del tiempo.

En la primera etapa el voltaje se incrementa hasta alcanzar un valor máximo de 14.7V en un tiempo aproximado de 215 minutos (3 horas y 25 minutos), para pasar a la etapa de absorción donde el valor del voltaje del banco de baterías se mantiene constante, durante un tiempo aproximado de 50 minutos.

4.3.2 PROCESO DE DESCARGA DEL BANCO DE BATERÍAS.

Para realizar las pruebas de descarga, el banco de baterías quedó con un voltaje inicial de 12,75V del proceso anterior, voltaje suficiente para alimentar al inversor comercial que será utilizado para alimentar las cargas. Para más información del inversor instalado véase el anexo D.14. Se realizó la prueba utilizando dos computadores portátiles que consumen 90W y 65W, respectivamente. Además con esta prueba se determina el tiempo de autonomía del banco de baterías para esas cargas.

Durante el proceso de descarga se tomó los valores de voltaje, tiempo, temperatura, porcentaje de carga de las baterías de los computadores portátiles.

Voltaje [V]	Temperatura [°C]	Tiempo [Minutos]	Tiempo [h:m]	Porcentaje Bateria, Laptop 1	Porcentaje Bateria, Laptop 2
12,75	21	0	0:00	40%	40%
12,16	21	5	0:05	46%	
12,10	21	10	0:10	55%	
12,05	21	15	0:15	61%	
12,02	22	20	0:20	68%	
12,02	22	25	0:25	75%	
12,02	22	30	0:30	78%	
11,97	22	35	0:35	83%	
12,00	22	40	0:40	86%	
11,98	22	45	0:45	89%	
11,98	22	50	0:50	91%	
11,97	22	55	0:55	93%	
11,97	22	60	1:00	94%	
11,90	22	65	1:05	95%	
11,85	22	70	1:10	96%	
11,77	22	75	1:15	97%	
11,75	22	80	1:20	98%	
11,84	22	85	1:25	98%	
11,82	22	90	1:30	98%	
11,82	22	95	1:35	99%	
11,82	22	100	1:40	100%	Conexión laptop 2
11,53	22	105	1:45	100%	44%
11,46	22	110	1:50	100%	51%
11,39	22	115	1:55	100%	56%
11,31	22	120	2:00	100%	63%
11,31	22	125	2:05	100%	69%
11,26	22	130	2:10	100%	75%
11,25	22	135	2:15	100%	80%
11,25	22	140	2:20	100%	85%

11,23	22	145	2:25	100%	90%
11,21	22	150	2:30	100%	93%
11,05	22	155	2:35	100%	96%
11,02	22	160	2:40	100%	98%
11,00	22	165	2:45	100%	99%
10,97	22	170	2:50	100%	99%
10,95	22	175	2:55	100%	99%
10,95	22	180	3:00	100%	99%

Tabla 4.2. Valores tomados en el proceso de descarga.

El tiempo de autonomía para las cargas conectadas fue de 3 horas, descargando las baterías hasta un voltaje total de 10.95V. Es necesario mencionar que primero se conectó el computador portátil de 90W hasta que este se cargue lo cual ocurrió durante los primeros 100 minutos (1 hora y 40 minutos), una vez cargado el primer computador portátil se conectó el segundo computador portátil de 65W (40% cargado), de este modo están conectados los dos computadores portátiles durante un tiempo de 1 hora y 20 minutos, tiempo durante el cual el segundo computador portátil también se carga al 99%.

En la Figura 4.12 se muestra el voltaje del banco de baterías en función del tiempo, y se puede apreciar cómo va disminuyendo el voltaje hasta un valor mínimo de 10.95V, mientras que en la Figura 4.13 se observa que la temperatura durante el proceso de descarga se mantiene constante, y su valor están dentro del rango de operación de las baterías.

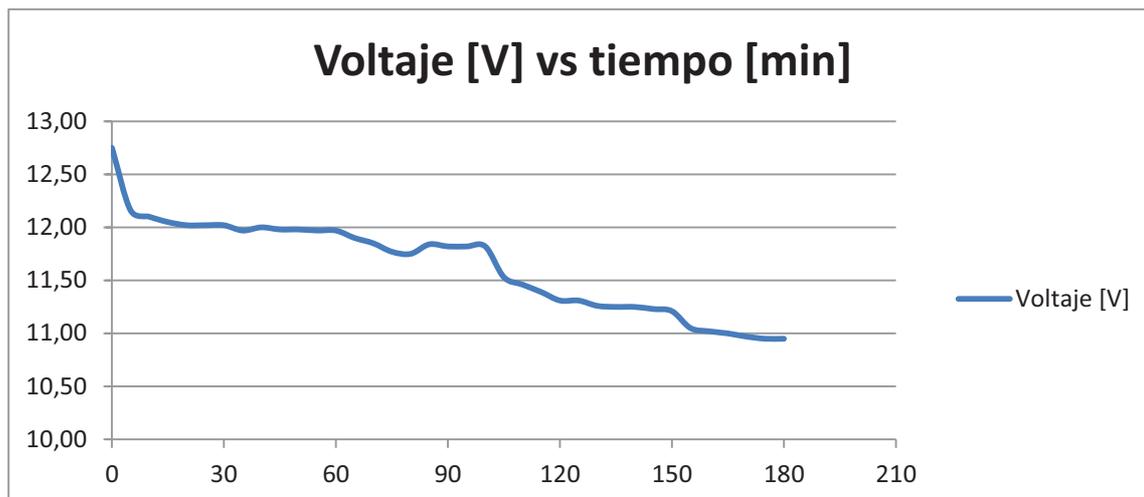


Figura 4.12. Voltaje en función del tiempo.

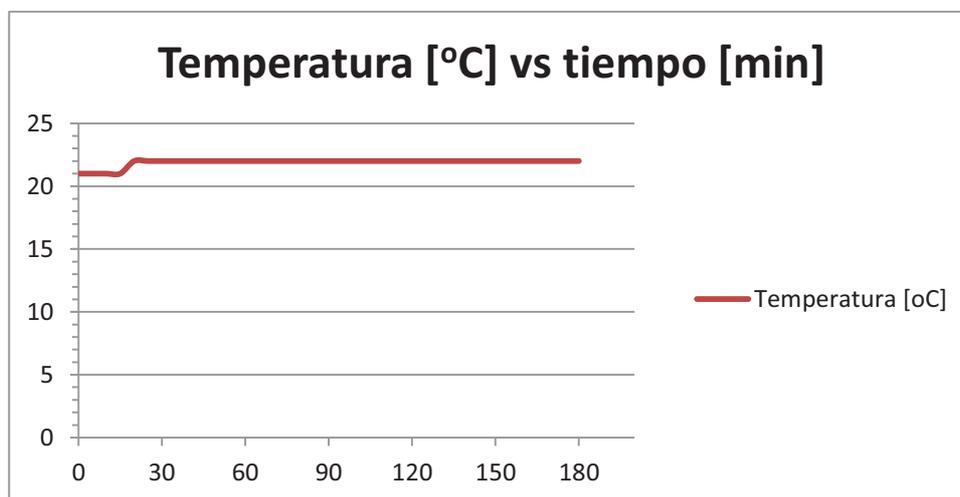


Figura 4.13. Temperatura en función del tiempo.

4.3.3 PROCESO DE CARGA DEL BANCO DE BATERÍAS A TRAVÉS DEL GRUPO MOTOR-GENERADOR.

Para realizar esta prueba se procedió a realizar la carga del banco de baterías a través del grupo motor-generador, para lo cual es necesario que las baterías se encuentren descargadas. Además la autonomía de funcionamiento del grupo motor-generador está relacionada directamente con la capacidad del tanque de combustible del motor de combustión interna, el cual puede operar entre 40 y 50 minutos aproximadamente con el tanque lleno. (Para mayor información del motor de combustión interna véase el anexo D.1).

En las tablas 4.3 y 4.4 se muestran los valores tomados durante el proceso de carga.

Etapa	Voltaje [V]	Corriente [A]	Corriente de excitación [A]	Temperatura [°C]	Tiempo [Minutos]
-	11,36	0,00	0	20	0
1	12,90	7,12	0,14	20,7	1
1	12,95	7,10	0,13	21	2
1	12,85	6,37	0,13	21,3	3
1	13,00	7,48	0,13	21,5	4
1	13,10	8,60	0,12	21,5	5
1	13,05	6,80	0,11	21,6	6
1	13,00	7,08	0,11	22	7
1	13,02	7,12	0,11	22,1	8
1	12,90	6,60	0,1	22,3	9
1	12,95	6,72	0,11	22,5	10
1	12,95	6,83	0,1	22,9	11
1	12,95	7,14	0,11	23	12
1	12,93	7,37	0,1	23,2	13
1	12,85	6,18	0,1	23,6	14
1	12,90	6,75	0,11	23,6	15
1	12,95	6,92	0,13	24	16
1	12,95	6,98	0,13	24	17
1	13,02	7,03	0,12	24,3	18
1	12,95	7,02	0,12	24,3	19
1	12,95	7,12	0,12	24,5	20
1	12,97	6,91	0,12	24,8	21
1	12,98	7,02	0,11	25	22
1	12,98	7,06	0,12	25,2	23
1	12,97	7,00	0,12	25,7	24
1	13,03	6,98	0,11	25,8	25
1	13,01	7,22	0,12	25,8	26
1	13,08	6,95	0,11	25,8	27

1	13,10	7,05	0,11	26	28
1	13,07	7,29	0,12	26,1	29
1	13,00	7,68	0,11	27	30

Tabla 4.3. Valores tomados durante el proceso de carga.

Ciclo de trabajo (delta conversor)	Ciclo de trabajo (delta servo)	RPM
0,35	0,064	5020

Tabla 4.4. Datos tomados durante el proceso de carga

De los datos que se tomó en la Tabla 4.3 se pueden extraer las curvas de voltaje, corriente y temperatura en función del tiempo de carga.

En la Figura 4.14, se muestra el comportamiento de la variable de temperatura durante todo el proceso de carga, se puede observar que los valores de temperatura van aumentado durante el proceso de carga, pero está dentro del rango adecuado de funcionamiento.

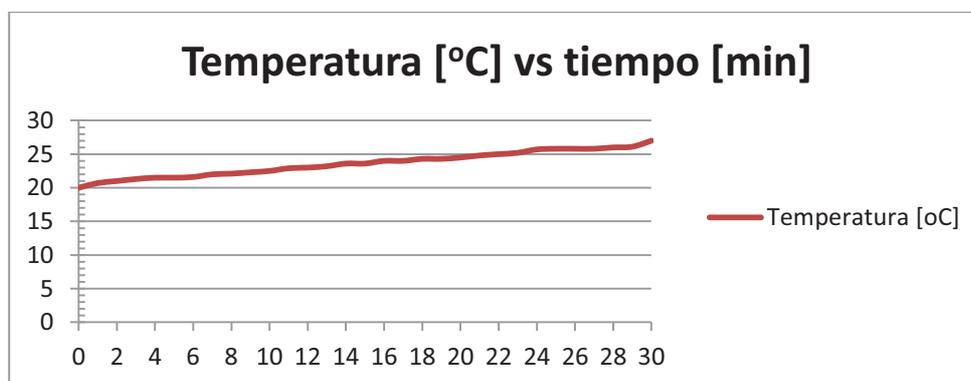


Figura 4.14. Variable temperatura en función del tiempo.

La Figura 4.15 muestra la corriente de carga y su comportamiento en función del tiempo. Se puede apreciar claramente que la corriente se mantiene constante durante el proceso de carga, sacando un promedio de los valores tomados de la corriente, ésta se encuentra alrededor de los 7,05A. De acuerdo a los datos que

se tomó durante el proceso de carga se puede observar que se encuentra en la etapa de carga máxima o etapa bulk.

Algo muy importante también que se pudo constatar durante las pruebas son dos picos de corriente durante el proceso de carga, esto se debe a que el movimiento del eje del alternador se ve afectado por la vibración que ocasiona el motor de combustión interna, valores que fueron tomados en el minuto 5 y 14, motivo por el cual el algoritmo de carga debe considerar un rango de histéresis para no desconectar el grupo motor-generador durante el proceso de carga, puesto que esos picos de corriente duraron pocos segundos nada más.

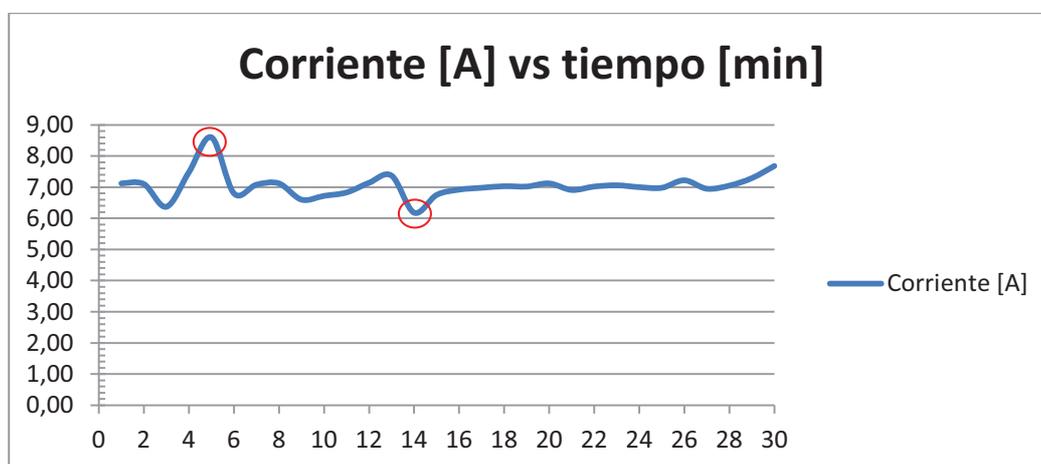


Figura 4.15. Corriente de carga en función del tiempo.

En la Figura 4.16 se puede apreciar que la corriente de excitación se mantiene constante, se saca un promedio de los valores tomados de esta corriente y se determina que está en el orden de los 12mA; con esa corriente de excitación y con una velocidad de giro de 5020 rpm, se obtiene la corriente de carga aproximada de 7,05A.

Experimentalmente, se pudo determinar una velocidad óptima de trabajo la cual se encuentra alrededor de las 5000 rpm, y es la que presenta menores vibraciones del grupo motor-generador. Puesto que la cantidad de corriente que se demanda para cargar las baterías (aproximadamente 7.2A) es pequeña en comparación con la corriente nominal que puede entregar el alternador (50A), la

velocidad de giro no se ve perturbada de manera significativa durante el proceso de carga, motivo por el cual se decide utilizar un control de velocidad en lazo abierto.

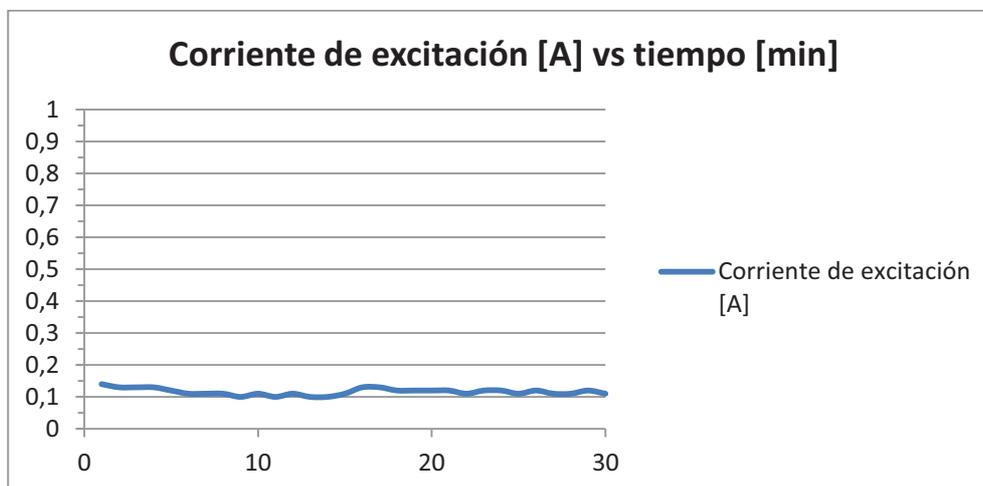


Figura 4.16. Corriente de excitación en función del tiempo.

En la Figura 4.17 se observa el comportamiento del voltaje en función del tiempo. Aquí el banco de baterías se encuentra descargado a 11.36V, valor que de acuerdo al *anexo E* las baterías se encuentran aproximadamente un 90% descargadas.

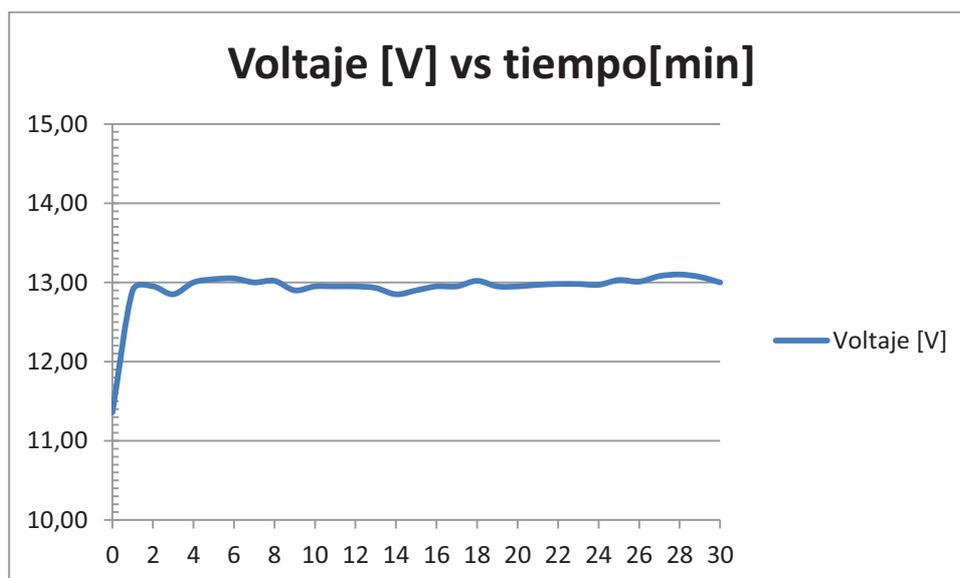


Figura 4.17. Voltaje en función del tiempo.

Se puede observar que durante los 30 minutos de carga el voltaje se incrementa y se mantiene constante. Finalizada la prueba de carga desde el grupo motor-generador, se espera un tiempo aproximado de 3 horas para tomar la lectura del voltaje de las baterías cuyo valor fue de 11,85V, lo que quiere decir de acuerdo al *anexo E* las baterías se encuentran descargadas aproximadamente 60%. Y antes de iniciar la carga con el grupo motor-generador las baterías estaban descargadas aproximadamente 90%. Con lo que se puede deducir que durante la carga con el grupo motor-generador se logró recuperar aproximadamente un 30% de la capacidad de las baterías durante los 30 minutos que funcionó el grupo motor-generador. El tiempo de funcionamiento del motor de combustión interna se ve limitado por el consumo de combustible, lo cual no permite continuar cargando las baterías.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- El presente proyecto cumple con el objetivo propuesto, el cual consiste en el diseño y construcción de un sistema portátil de generación eléctrica para cargar un banco de baterías desde dos fuentes de energía diferentes, éste banco de baterías a su vez es capaz de alimentar a una carga que consume una potencia de 150W. Esto lo demuestran las distintas pruebas realizadas en el CAPÍTULO 4, donde se hacen las experimentaciones de carga y descarga al banco de baterías.
- El grupo motor-generator diseñado es capaz de entregar la suficiente cantidad de corriente para cargar las baterías en el modo de carga rápida, así como también el diseño del cargador de baterías que utiliza la red eléctrica como fuente que permite cargar las baterías en el modo de carga lenta.
- El acoplamiento mecánico que constituye el dispositivo para unir al eje del motor con el eje del alternador, ha sido diseñado de tal manera que pueda ser implementado en un espacio físico limitado y que presente facilidad en la construcción y adaptación tanto para el motor como para el alternador, motivo por la cual se realizó un acoplamiento directo, y que funciona correctamente dentro del sistema.
- Las baterías de plomo ácido utilizadas en el banco de baterías son las más adecuadas para el proyecto, por su robustez y aplicaciones en tareas de respaldo de energía; que en comparación con las baterías de LIPO no pudieron ser utilizadas por las razones ya explicadas en el estudio general de las baterías.

- La potencia requerida para cargar el banco de baterías es pequeña en comparación con la potencia que pueden entregar el alternador y el motor de combustión interna, motivo por el cual la velocidad con la que trabaja el grupo motor-generador no se ve afectada de manera significativa durante el proceso de carga. Es por esta razón que se decidió hacerle trabajar al grupo motor-generador a una velocidad constante y en lazo abierto, sin embargo, si se hace un control cuando existe alguna falla ocasionada por sobrevoltaje, sobrecorriente o sobretemperatura durante el proceso de carga del banco de baterías.
- El grupo motor-generador que es parte del sistema portátil de generación eléctrica, ha sido sobredimensionado debido a que en el mercado local se han encontrado equipos de características superiores especialmente relacionados con la potencia, no obstante, cumplen con los requisitos necesarios para obtener la energía suficiente para cargar al banco de baterías.
- Para variar la velocidad del motor de combustión interna fue necesario reemplazar el mecanismo de fábrica, por uno que permita manejarlo automáticamente, motivo por el cual se utilizó el servomotor de alto torque HITEC HS-485HB, el cual encajó perfectamente en el sistema.
- El algoritmo de carga implementado, restaura la energía del banco de baterías en dos etapas las cuales son carga máxima o etapa bulk, y sobrecarga o absorción, teniendo siempre en cuenta salvaguardar la vida útil de las baterías.
- La eficiencia del algoritmo de carga implementado depende principalmente de la lectura de las variables sensadas en el sistema las cuales son voltaje, corriente y temperatura, ya que en base a estas variables el sistema toma las respectivas acciones de control que permitan cargar de manera eficiente el banco de baterías, ya sea desde el grupo motor-generador o desde la red eléctrica.

- Se instala un inversor comercial para lograr que el banco de baterías que entrega corriente continua, sea capaz de suministrar la energía necesaria (corriente alterna) para alimentar al computador portátil y el láser de nitrógeno, así como también pueden ser otras cargas que estén dentro del margen de potencia diseñado.
- La máquina portátil de generación eléctrica consta de protecciones contra cortocircuitos y sobrecorriente de descarga del banco de baterías, con el fin de proteger a las baterías y los equipos que se encuentran dentro de la máquina.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para el correcto funcionamiento del motor de combustión interna utilizado para este proyecto, el combustible que debe utilizarse es una mezcla de gasolina con aceite de motor de dos tiempos, en la proporción indicada por el fabricante, caso contrario se está disminuyendo la vida útil del motor.
- El grupo motor-generator si bien es cierto se lo utiliza para cargar el banco de baterías, debido al sobredimensionamiento de sus partes puede funcionar como un generador comercial. Como una mejora a futuro para lograr que esto sea posible se requiere de un sistema de control de velocidad en lazo cerrado, de tal manera que cuando se conecte una carga al generador, el sistema de control compense la caída de voltaje y la reducción parcial de la velocidad de giro del motor, como consecuencia de conectar dicha carga.
- Se recomienda conectar al prototipo cargas que estén dentro del margen de potencia para el cual fue dimensionado el banco de baterías.

- Para minimizar el efecto de las vibraciones ocasionadas por el motor de combustión interna, se puede utilizar una plataforma más robusta y pesada.
- Dar un mantenimiento periódico a todo el equipo y realizar tareas como ajuste de cables, tornillos y tuercas ya que debido a la vibración se desajustan; chequeo del estado del acoplamiento mecánico puesto que con el tiempo se va desgastando; mantenimiento preventivo del motor de dos tiempos en base al manual del fabricante, entre otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] WIKIPEDIA. Grupo Electrónico.

http://es.wikipedia.org/wiki/Grupo_electr%C3%B3geno

[2] WIKIPEDIA. Motor de combustión interna.

http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_combusti%C3%B3n_interna#Estructura_y_funcionamiento

[3] WIKIPEDIA. Motor de dos tiempos.

http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_dos_tiempos

[4] TARINGA. Motores de combustión interna, tipos y funcionamiento.

<http://www.taringa.net/posts/autos-motos/10726372/Motores-de-Combustion-Interna---Tipos-y-Funcionamiento.html>

[5] WIKIPEDIA. Alternador

<http://es.wikipedia.org/wiki/Alternador>

[6] **MANUAL DE TALLER**, Alternadores 2004-2005, Prestoliteindiel Motores San Luis S.A

[7] **DR. ING. K. G. BURGER**, ALTERNADORES BOSH, electricidad y electrónica del automóvil, edición 2000.

[8] Acoplamiento mecánico.

http://www.ecured.cu/index.php/Acoplamiento_%28Mec%C3%A1nica%29

[9] Batería eléctrica.

http://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_%28electricidad%29

[10] PURABATERÍA. Terminología.

<http://www.purabateria.com/terminologia.php>

[11] BATERÍAS SECAS Y ESTACIONARIAS.

<http://www.taringa.net/posts/ebooks-tutoriales/2443826/Super-post-sobre-baterias-electricas-secas-y-estacionarias.html>

[12] Batería de plomo ácido.

http://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_de_plomo_y_%C3%A1cido

[13] Acumuladores de plomo.

<http://www.sabelotodo.org/electrotecnia/acumuladorplomo.html>

[14] AYUDA ELECTRÓNICA. Baterías de plomo ácido

<http://ayudaelectronica.com/baterias-de-plomo-acido-principio-de-funcionamiento/>

<http://ayudaelectronica.com/clasificacion-de-las-baterias-de-plomo-acido/>

<http://ayudaelectronica.com/capacidad-nominal-bateria-plomo-acido/>

[15] WIKIPEDIA. Batería de automóvil

http://es.wikipedia.org/wiki/Bater%C3%ADa_de_autom%C3%B3vil#Capacidad

[16] BLOGELECTRONICA. Cómo cargar las baterías de plomo.

<http://www.blogelectronica.com/cargador-bateria-plomo-ag10/>

[17] Baterías pequeñas VRLA.

[http://www.csb-](http://www.csb-battery.com/spain/03_support/01_support_detail.php?fid=1&id=5&page=3&action)

[battery.com/spain/03_support/01_support_detail.php?fid=1&id=5&page=3&action](http://www.csb-battery.com/spain/03_support/01_support_detail.php?fid=1&id=5&page=3&action)
[=page](http://www.csb-battery.com/spain/03_support/01_support_detail.php?fid=1&id=5&page=3&action)

[18] WIND&SUN. Battery charging.

<http://www.solar-electric.com/deep-cycle-battery-faq.html>

[19] Simple Switchmode Lead-Acid Battery Charger

<http://www.ti.com/lit/an/slva055/slva055.pdf>

[20] CAR AND DEEP CYCLE BATTERY.

<http://www.batteryfaq.org/>

(Literal 9.1 HOW DO I CHARGE (OR EQUALIZE) MY BATTERY?)

[21] Cómo calcular la capacidad de las baterías.

<http://todoproductividad.blogspot.com/2011/02/como-calculiar-la-capacidad-de-las.html>

[22] ENCODER.

<https://sites.google.com/site/proyectosroboticos/encoder>

[23] [ServoDatabase.com/](http://www.servodatabase.com/) HITEC HS-485HB

<http://www.servodatabase.com/servo/hitec/hs-485hb>

[24] MCBtec/ Diseño de fuente de alimentaciones lineales.

<http://www.mcbtec.com/FuentesAlimentacionLineales.pdf>

[25] Hoja de datos del regulador de tensión ajustable LM338

<http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm138.pdf>

[26] DISIPADOR DE CALOR.

<http://es.rs-online.com/web/p/disipadores/0560206/>

[27] **MUHAMMAD H. RASHID**, ELECTRÓNICA DE POTENCIA, Circuitos, dispositivos y aplicaciones, tercera edición, Pearson Prentice Hall.

[28] Sensor de infrarrojos (emisor y receptor)

<http://www.circuitoselectronicos.org/2010/05/sensor-de-infrarrojos-emisor-y-receptor.html>

[29] **Manual ATMEGA16**, 8 bit AVR-MICROCONTROLLER, Atmel Corporation (www.atmel.com)

ANEXOS

ANEXO A
MANUAL DE USUARIO

MANUAL DE USUARIO DE LA MÁQUINA PORTÁTIL DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

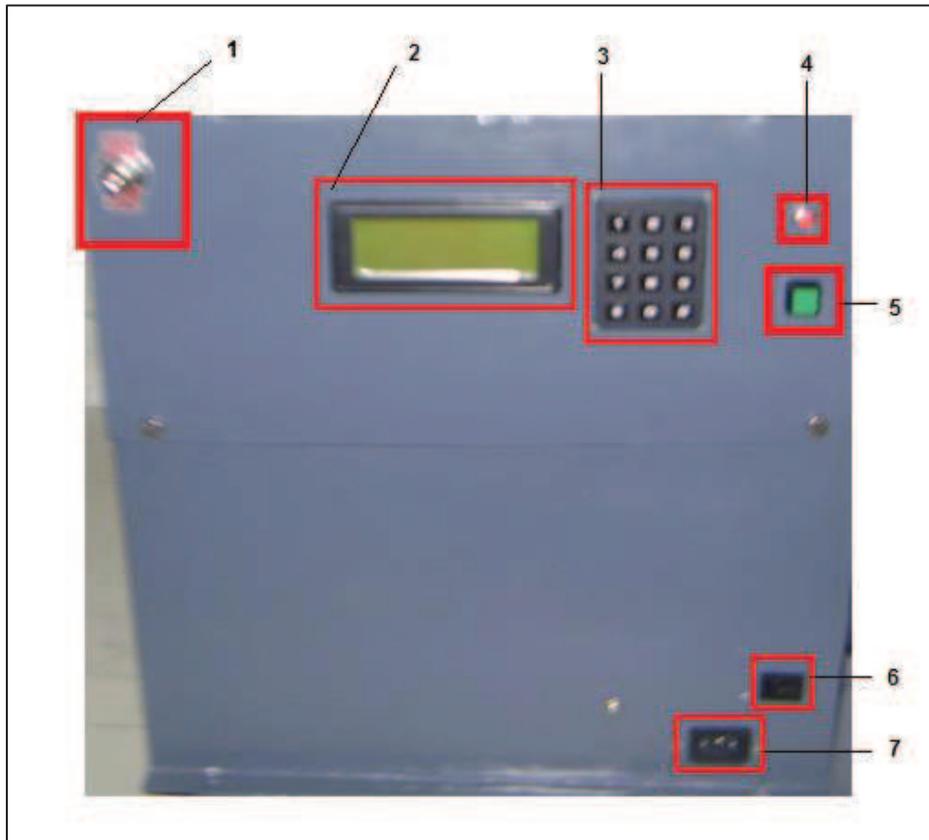


La máquina portátil de generación eléctrica permite cargar un banco de baterías de 12V-24Ah, desde dos fuentes de energía diferentes. La primera fuente constituye el uso de un grupo motor-generator para reestablecer la energía de las baterías cuando estas se encuentren descargadas y que deberá ser usado solamente en caso de emergencia. Por otro lado también consta de un cargador para el banco de baterías que utilice como fuente la red eléctrica si esta estuviese disponible.

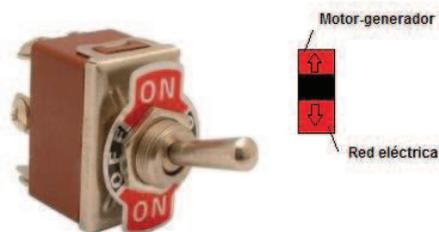
El banco de baterías se encuentra dentro de la máquina portátil, y es el encargado de suministrar la energía necesaria al laser de nitrógeno y al computador portátil, por medio de un inversor comercial, el cual se encarga de convertir la corriente continua de las baterías en corriente alterna de uso cotidiano.

Se recomienda al usuario tomarse un tiempo para leer el manual del operador y familiarizarse con la máquina portátil de generación eléctrica.

CARA FRONTAL DEL PROTOTIPO



1. **Switch de palanca:** permite al usuario elegir cual es la fuente de energía para cargar el banco de baterías. En la posición central no pasa nada.

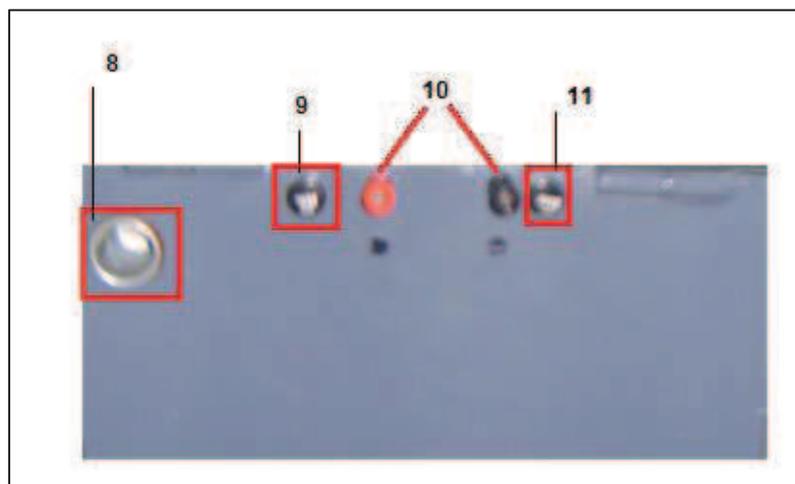


2. **LCD:** muestra información sobre el funcionamiento del sistema (etapas de carga del banco de baterías), variables que intervienen durante el proceso de carga.
3. **Teclado:** permite al usuario, navegar dentro del menú que se muestra en el LCD, de manera fácil e intuitiva.

4. **Botón de reset:** permite resetear al sistema de control.
5. **Switch:** permite al usuario encender o apagar el sistema de control.
6. **Switch del motor:** este switch es muy importante y tiene que estar en ON para encender el motor de combustión interna, si se encuentra en OFF apaga al motor.
7. **Conector polarizado:** se utiliza para conectar el cable de alimentación eléctrica hacia el cargador de baterías.



CARA LATERAL IZQUIERDA DEL PROTOTIPO



8. **Conector encendedor de auto:** este conector permite conectar el inversor que se utiliza para alimentar a las cargas AC.

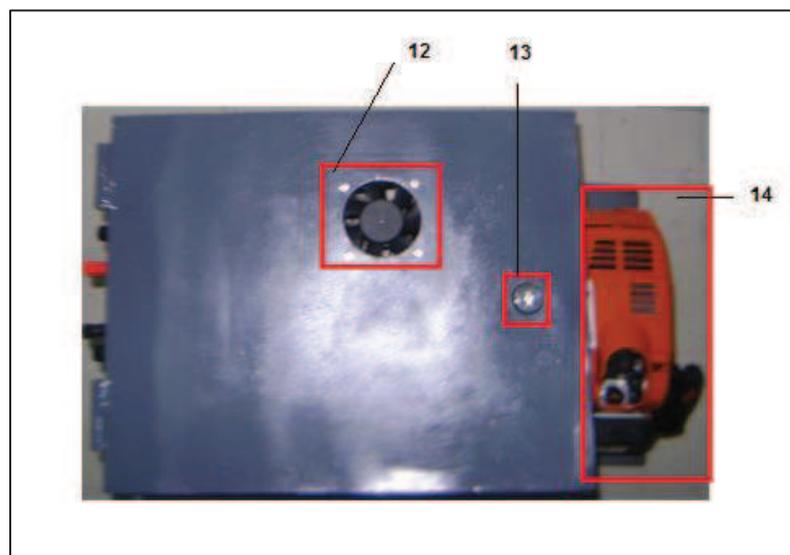


9. Porta fusible1: permite el cambio de fusible en caso de sobrecorriente hacia el inversor.

10. Terminales de conexión para el banco de baterías (12V_{DC}): tomar en cuenta la polaridad, el terminal rojo es polaridad positiva (+) y terminal negro polaridad negativa (-).

11. Porta fusible2: permite el cambio de fusible en caso de cortocircuito entre los terminales positivo (+) negativo (-), y también para evitar una sobrecorriente de descarga de las baterías si se conectase a alguna carga que consuma 12V.

CARA SUPERIOR DEL PROTOTIPO



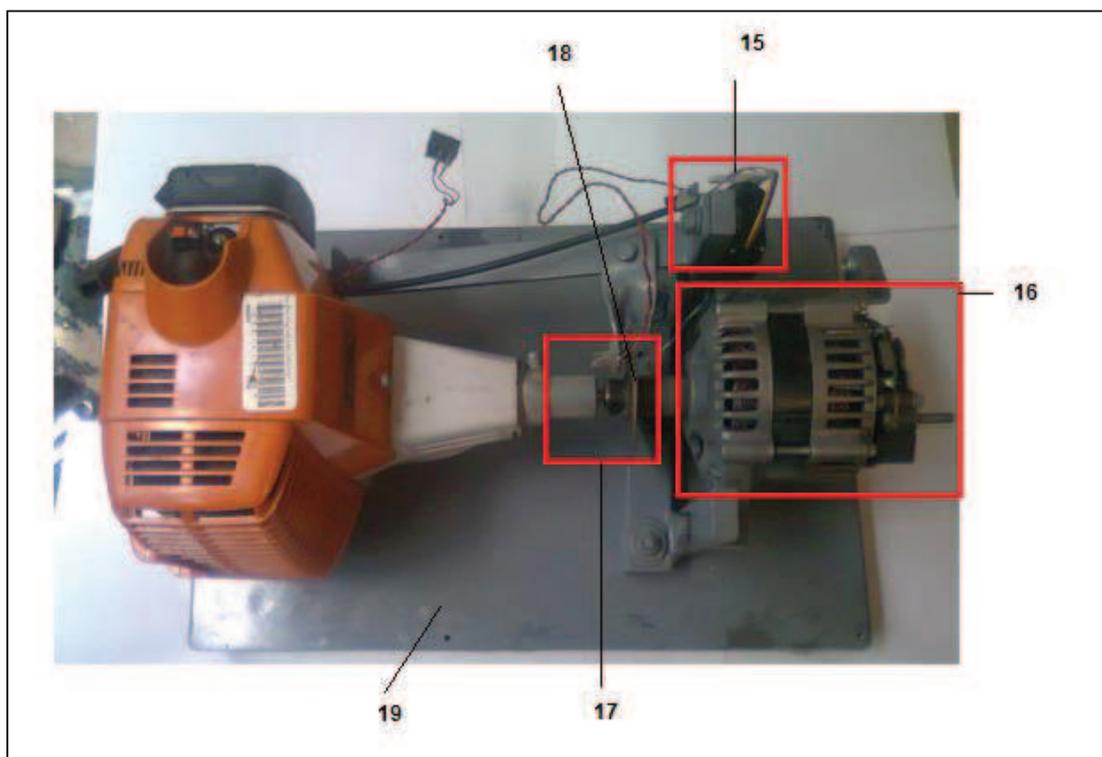
12. Ventilador: funciona solamente cuando se carga el banco de baterías desde la red eléctrica. Tener mucho cuidado de no insertar objetos que podrían dañarlo.

13. Chapa: permite al usuario abrir o cerrar la tapa superior del prototipo.

14. Motor de combustión interna: motor de motoguadaña STIHL FS85.

INTERIOR DEL PROTOTIPO

En la parte inferior se encuentra lo que corresponde al grupo motor-generator, mientras que en la parte superior se encuentran las placas electrónicas, conexiones y el banco de baterías.



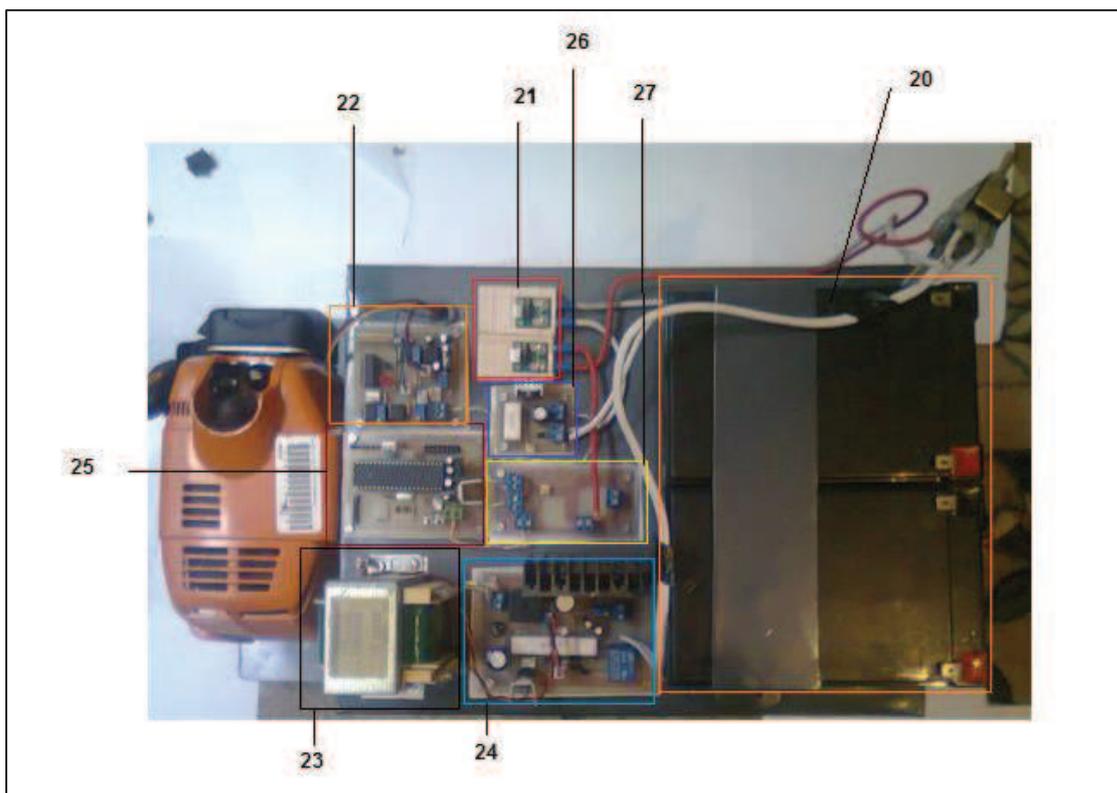
15. Servomotor: es el actuador que recibe la señal de control, para variar la velocidad de giro del motor de combustión interna.

16. Alternador: máquina encargada de transformar la energía mecánica en energía eléctrica.

17. Acoplamiento mecánico: dispositivo encargado de unir el eje del motor con el eje del alternador.

18. Disco del encoder: disco diseñado para medir la velocidad de giro del motor.

19. Bancada: plataforma sobre la cual se monta el grupo motor-generator.



20. Banco de baterías: dos baterías de plomo-ácido conectadas en paralelo. (12V-24Ah)

21. Sensores de corriente

22. Placa de sensores.

23. Transformador.

24. Placa del cargador de baterías.

25. Placa de elementos de control.

26. Placa del circuito para controlar la corriente de excitación del alternador.

27. Placa de alimentaciones.

Una vez explicado todos los componentes de la maquina portátil de generación eléctrica para que el usuario se familiarice con el equipo, se explica el funcionamiento.

FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO

- **Conexión del inversor.**

Para conectar el láser de nitrógeno y el computador portátil al prototipo se debe primero conectar el inversor, a través de la toma especial de encendido de auto.



Luego se debe encender el inversor y conectar a él las cargas. En caso de que el banco de baterías este descargado, el inversor se desconecta automáticamente.

- **Cargar al banco de baterías a través de la red eléctrica.**

Este cargador se utiliza para reestablecer la energía completa de las baterías, para su uso debe estar disponible la red eléctrica.

NOTA: desconectar el inversor si va a cargar el banco de baterías.

Pasos para cargar el banco de baterías a través de la red eléctrica.

1. Poner el switch de palanca en la posición que indique que se va a cargar desde la red eléctrica.

2. Conectar el cable de poder.



3. Encender el sistema de control (Switch de color verde), aparecerá un menú en el LCD.

```
MENU      *: Ayuda
1.Variables sensadas
2.Valores PWM y RPM
3.Iniciar Car9a
```

4. Se tiene varias opciones las cuales pueden ser elegidas a través del teclado. Para iniciar la carga se presiona la tecla 3, a continuación se presenta un submenú donde se escoge la fuente de energía.

Como se puede observar el sistema es amigable con el usuario, y lo suficientemente intuitivo para la persona que utilice el prototipo.

```
1.Desde la red elect
2.Desde el 9enerador
```

5. Se escoge la opción 1. Una vez presionado empieza a cargarse el banco de baterías y en el LCD se muestra la etapa de carga y los valores de temperatura, corriente y voltaje.

```
ETP.CARGA:
voltaje:
temp:
Icar9a:
```

6. En todo momento presionando la tecla "0" se puede visualizar el menú del sistema.

```
1.Variables sensadas
2.Valores PWM y RPM
3.Iniciar Carga
4.Est. del banco
```

7. Si se desea detener la carga del banco de baterías se debe presionar la tecla "#", y automáticamente se detiene la carga y regresa al menú.

- **Cargar al banco de baterías desde grupo motor-generador.**

Este cargador se utiliza para reestablecer la energía de las baterías de manera parcial, es decir, intentar recargarlas en el menor tiempo posible utilizando una corriente de carga elevada.

El grupo motor-generador solamente será utilizando en caso de emergencia y cuando el banco de baterías se encuentre en condiciones de descarga.

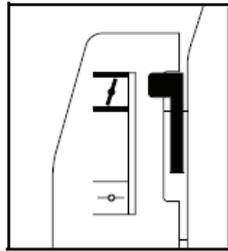
NOTA: desconectar el inversor si va a cargar el banco de baterías.

Pasos para cargar el banco de baterías a través del grupo motor-generador.

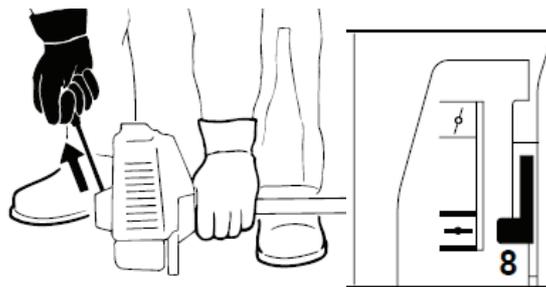
1. Poner el switch de palanca en la posición que indique que se va a cargar desde el grupo motor-generador.
2. Poner en ON el switch del motor, caso contrario no se encenderá el motor.



3. Si el motor de combustión interna esta frío, o es la primera vez q se lo va a encender poner la palanca de la mariposa de arranque en **I** .



4. Tirar varias veces la cuerda de arranque, tras el primer encendido del motor, poner la palanca de la mariposa en **III** y seguir tirando la cuerda de arranque hasta que el motor este en marcha.

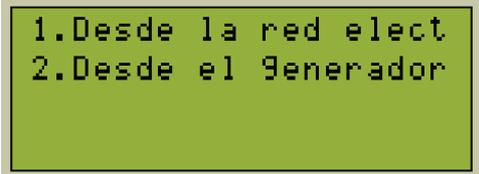


5. El motor ya se encuentra encendido, para apagarlo simplemente se pone en OFF el switch del motor. Si se desea volver a prender el motor poner la palanca de la mariposa en **III** , puesto que el motor ya fue puesto en marcha, aunque todavía se encuentre frío. Luego tirar de la cuerda de arranque, y el motor estará en marcha nuevamente.
6. Una vez que se ha encendido del motor de combustión interna, se procede a encender el sistema de control, a través del switch de color verde. Con lo cual aparecerá un menú en el LCD.

```

MENU          *: Ayuda
1.VARIABLES  sensadas
2.Valores PWM y RPM
3.Iniciar Carga
  
```

7. Se tiene varias opciones las cuales pueden ser elegidas a través del teclado. Para iniciar la carga se presiona la tecla 3 y aparecerá el siguiente submenú.



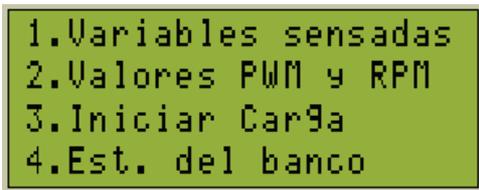
```
1.Desde la red elect
2.Desde el generador
```

8. Se escoge la fuente desde donde se va a cargar, y se escoge la opción 2. Una vez presionado, el sistema de control pone en marcha el grupo motor-generador para que el banco de baterías comience a cargarse. En el LCD se muestra la etapa de carga y los valores de temperatura, corriente y voltaje.



```
ETP.CARGA:
voltaje:
temp:
Icar9a:
```

9. En todo momento presionando la tecla "0" se puede visualizar el menú del sistema.



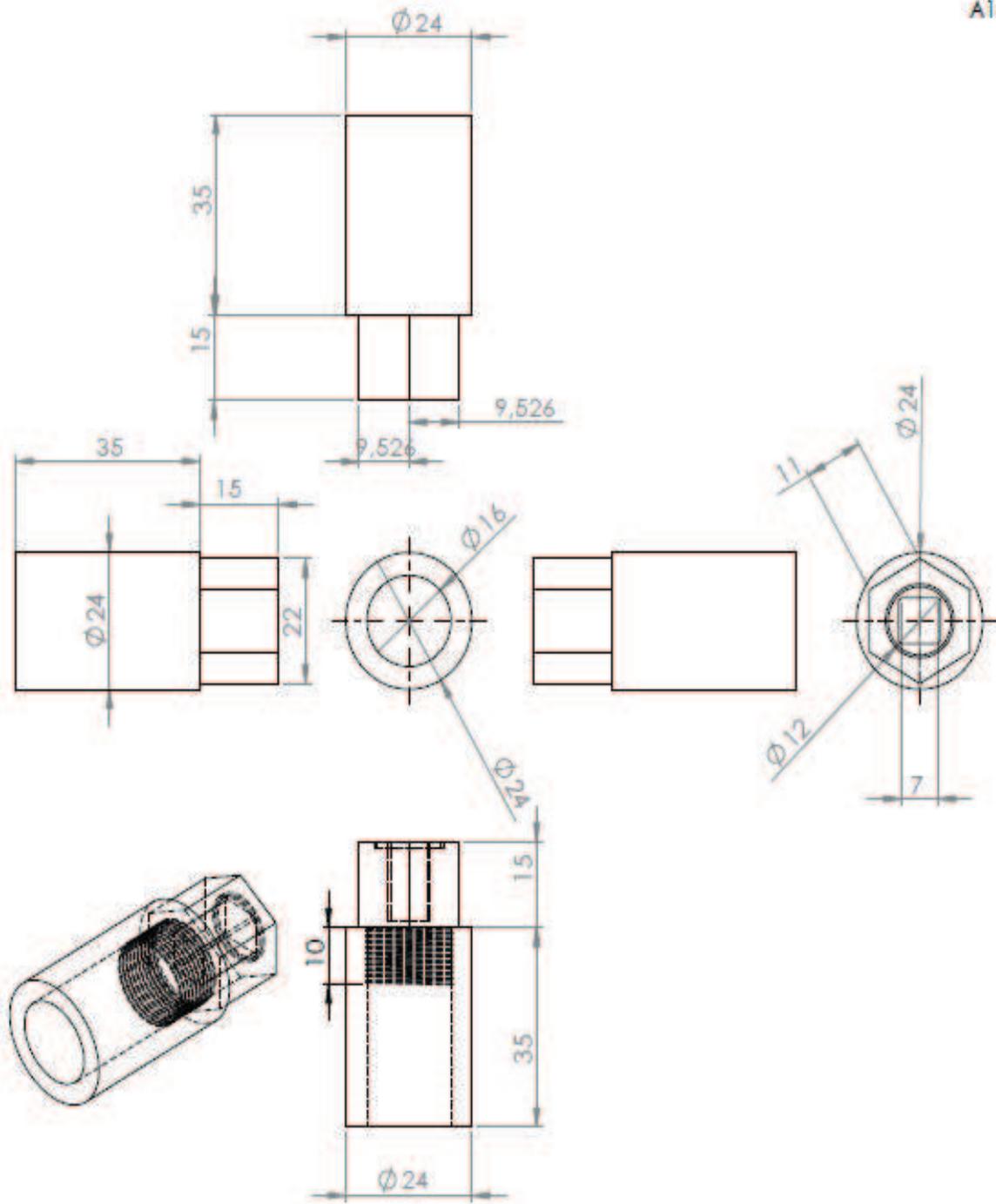
```
1.VARIABLES sensadas
2.Valores PWM y RPM
3.Iniciar Carga
4.Est. del banco
```

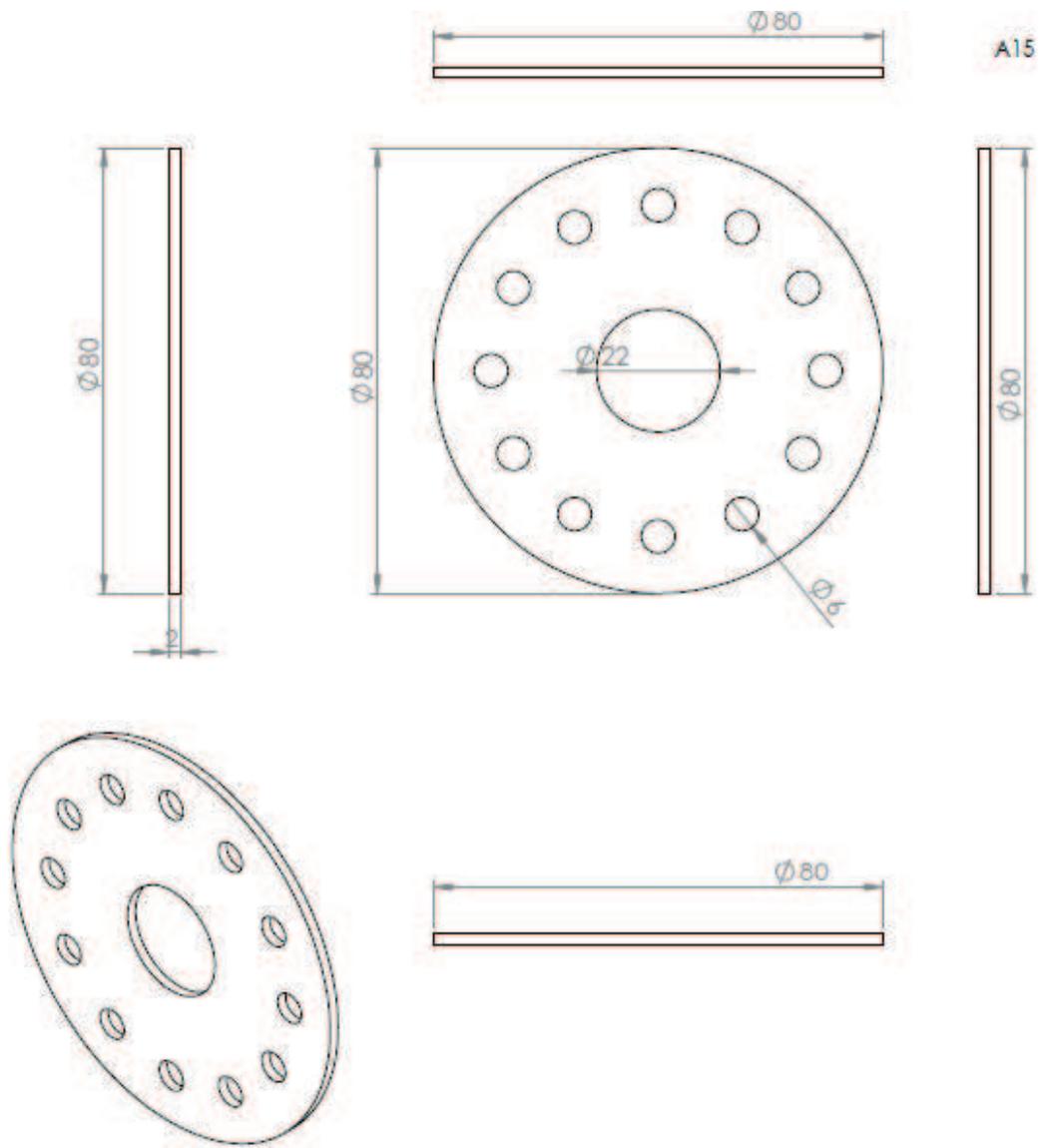
Si se desea detener la carga del banco de baterías se debe presionar la tecla "#", y automáticamente se detiene la carga y regresa al menú.

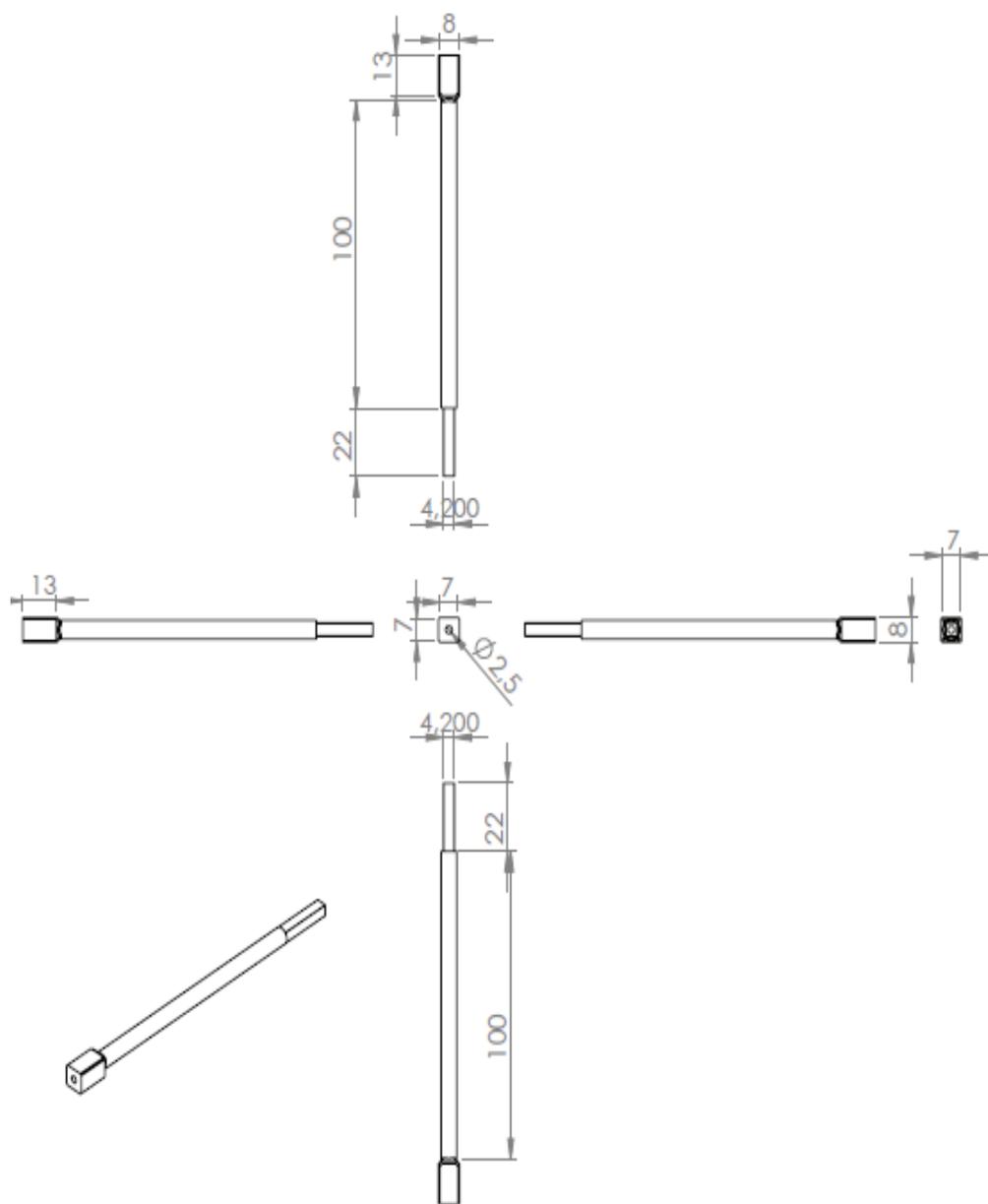
NOTA: En caso de existir alguna falla durante el proceso de carga que esté relacionado directamente con una sobret temperatura, sobrecorriente, sobrevoltaje , exceso de velocidad de giro del motor, el sistema de control actúa inmediatamente dejando de cargar las baterías y reduciendo a cero la velocidad de giro del motor.

ANEXO B

PLANOS DEL DISEÑO DEL ACOPLAMIENTO MECÁNICO



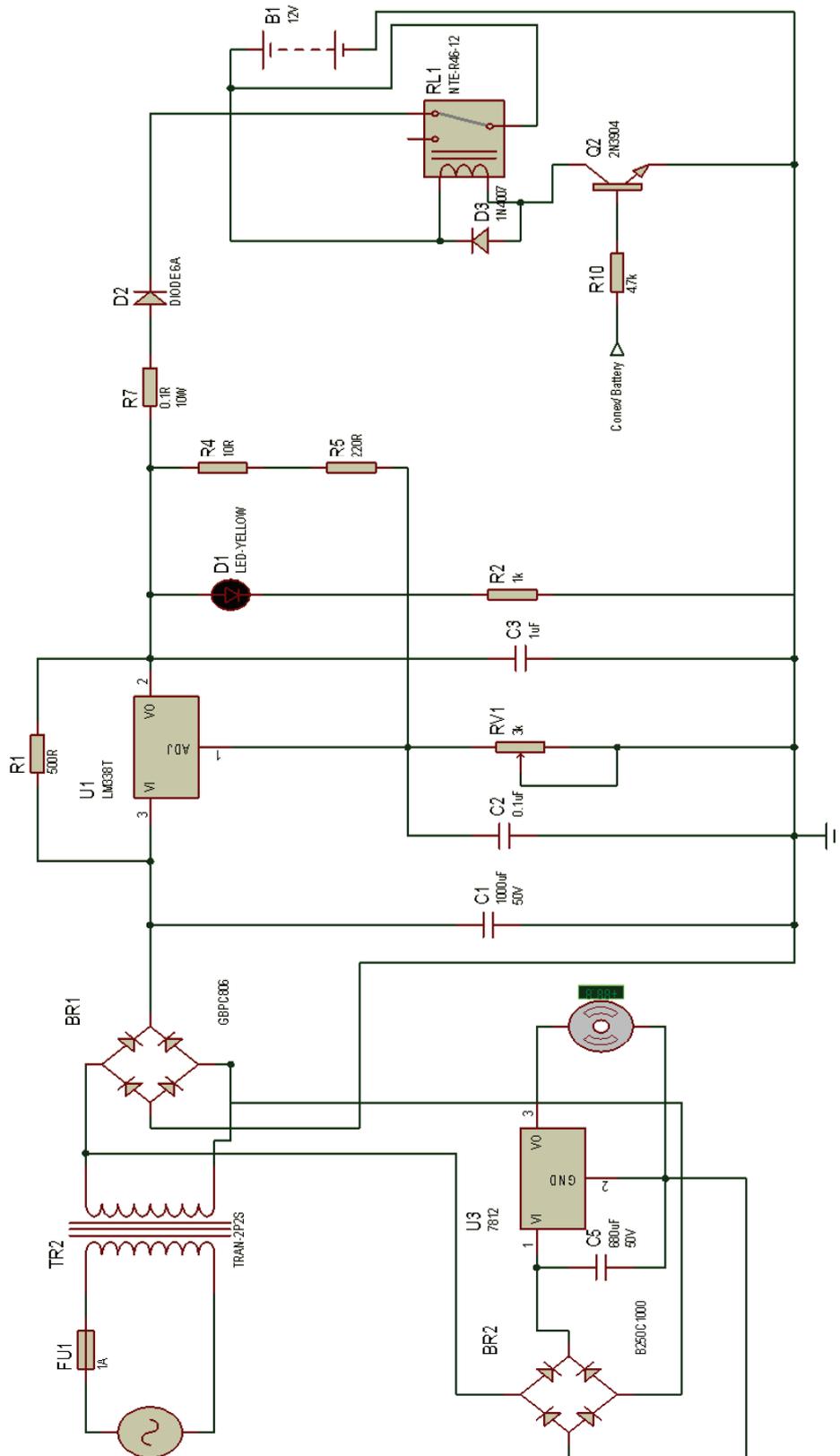




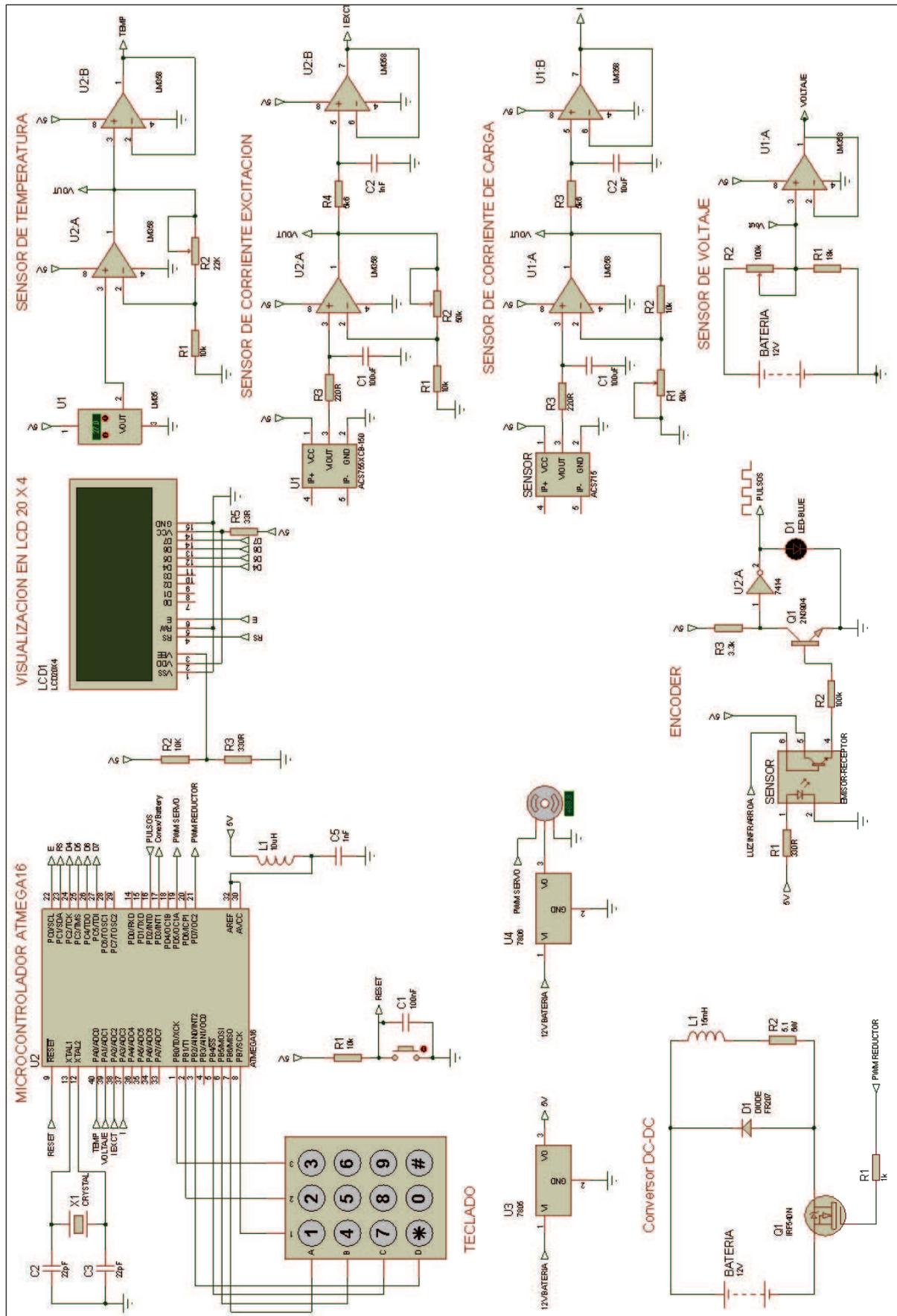
ANEXO C

ESQUEMÁTICOS Y CIRCUITOS IMPRESOS

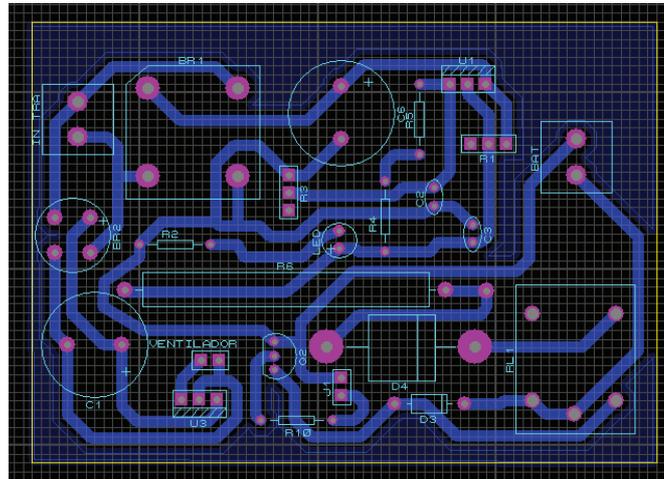
Circuito esquemático del cargador de baterías



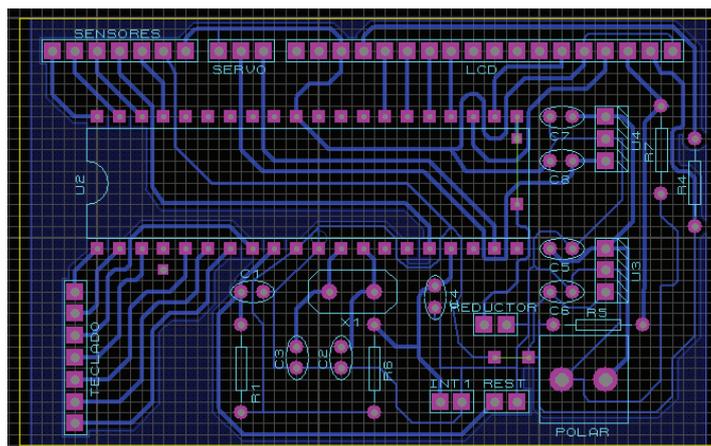
Circuito completo del sistema de control.



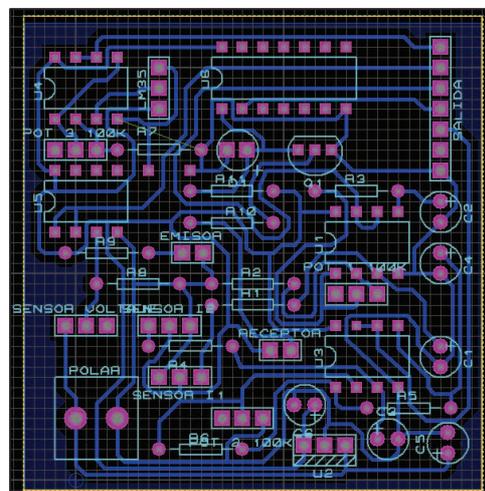
Circuito del impreso del cargador de baterías



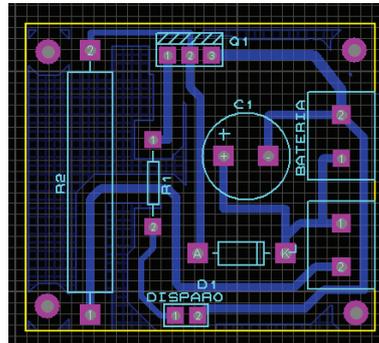
Circuito impreso de la placa de control.



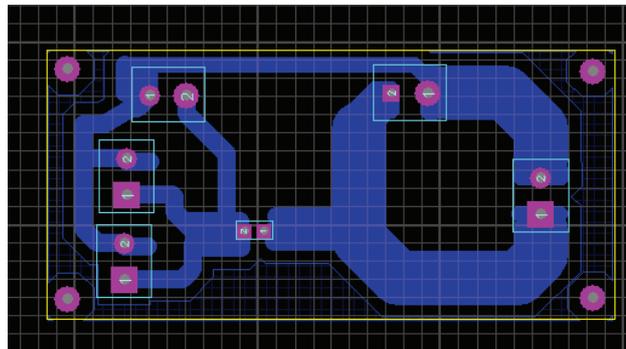
Circuito impreso de la placa de sensores.



Circuito impreso de la placa del convertor dc-dc reductor.



Circuito impreso de la placa de alimentaciones.

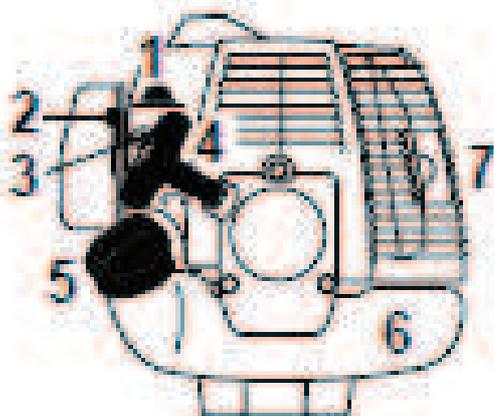


ANEXO D

HOJAS TÉCNICAS DE LOS DISPOSITIVOS Y ELEMENTOS UTILIZADOS

D.1 Motor de combustión interna marca STHIL modelo FS85.

Componentes importantes.



- 1 Bomba de combustible
- 2 Palanca del estrangulador
- 3 Tornillos de ajuste del carburador
- 4 Mango de arranque
- 5 Tapa de llenado de combustible
- 6 Tanque de combustible

Datos técnicos.

Datos técnicos

Motor

Motor monocilíndrico de dos tiempos

FS 80, FS 85

Cilindrada:	25,4 cm ³
Diámetro:	34 mm
Carrera:	28 mm
Potencia según ISO 8893:	0,95 kW (1,3 CV) a 8500 rpm
Régimen de ralenti:	2800 rpm
Régimen de limitación de caudal (valor nominal):	10500 rpm
Régimen máx. del árbol de salida de fuerza (alojamiento de la herramienta de corte):	7500 rpm

Sistema de encendido

Encendido por magneto, de control electrónico

Bujía (desparasitada):	Bosch WSR 6 F, NGK BPMR 7 A, Champion RCJ 6 Y
Distancia entre electrodos:	0,5 mm

Sistema de combustible

Carburador de membrana independiente de la posición con bomba de combustible integrada

Cabida depósito de combustible: 0,44 l

Peso

Depósito vacío, sin herramienta de corte ni protector

FS 80:	5,2 kg
FS 80 R:	4,9 kg
FS 85:	5,3 kg
FS 85 R:	5,0 kg

Combustible.

Combustible

El motor se ha de alimentar con una mezcla compuesta por gasolina y aceite de motor.

 Evitar el contacto cutáneo con la gasolina y la inhalación de vapores de la misma.

STIHL MotoMix

STIHL recomienda emplear STIHL MotoMix. Este combustible mezclado ya está exento de benceno y plomo, se distingue por un alto índice octano y tiene siempre la proporción de mezcla correcta.

El STIHL MotoMix está adaptado a los motores STIHL y garantiza una alta durabilidad del motor.

MotoMix no está disponible en todos los mercados.

Mezclar combustible

 Si los productos de servicio no son apropiados o la proporción de la mezcla no corresponde a la norma se pueden producir serios daños en el motor. La gasolina o el aceite de motor de mala calidad pueden dañar el motor, los retenes, tuberías y el depósito de combustible.

Gasolina

Emplear sólo **gasolina de marca** con un índice octano de 90 ROZ, como mínimo – sin plomo o con él.

Las máquinas equipadas con catalizador se han de alimentar con gasolina sin plomo.

 En el caso de emplear varias cargas del depósito de combustible con plomo, puede disminuir notablemente el efecto del catalizador.

La gasolina con una proporción de alcohol superior al 10% puede provocar anomalías de funcionamiento en motores con ajuste manual del carburador, por lo que no se deberá emplear para alimentar estos motores.

Los motores equipados con M-Tronic suministran plena potencia empleando gasolina con una proporción de alcohol de hasta 25% (E25).

Aceite de motor

Emplear sólo aceite de motor de dos tiempos de calidad – preferentemente, **el aceite de motor de dos tiempos STIHL; este aceite armoniza con los motores STIHL y garantiza una alta durabilidad del motor.**

Si no se dispone de aceite de motor de dos tiempos STIHL, emplear únicamente aceite de motor de dos tiempos para motores refrigerados por aire – no emplear aceite para-motores refrigerados por agua ni para motores con circuito de aceite separado (p. ej., motores de cuatro tiempos convencionales).

En máquinas con catalizador, sólo se deberá emplear **aceite de motor STIHL de dos tiempos 1:50** para realizar la mezcla.

Proporción de la mezcla

Con aceite de motor de dos tiempos
STIHL 1:50; 1:50 = 1 parte de aceite +
50 partes de gasolina

Ejemplos

Cantidad de gasolina Litros	Aceite de dos tiempos STIHL 1:50	
	Litros	(ml)
1	0,02	(20)
5	0,10	(100)
10	0,20	(200)
15	0,30	(300)
20	0,40	(400)
25	0,50	(500)

- En un bidón homologado para combustible, echar primero aceite de motor, luego gasolina, y mezclarlos bien

Guardar la mezcla de combustible

Almacenar la mezcla sólo en bidones homologados para combustible, guardándolos en un lugar seco, fresco y seguro, protegidos contra la luz y el sol.

La mezcla de combustible envejece – mezclar sólo la cantidad que se necesite para algunas semanas. No guardar la mezcla de combustible durante más de 3 meses. El efecto de la luz, el sol, altas o bajas temperaturas, pueden echar a perder con mayor rapidez la mezcla de combustible.

- Antes de repostar, agitar con fuerza el bidón con la mezcla



En el bidón puede generarse presión – abrirlo con cuidado.

Fuente:

http://www.stihlusa.com/WebContent/CMSFileLibrary/instructionmanuals/FS80_85_Manual.pdf

D.2 Hoja de datos de las baterías utilizadas. FP12120

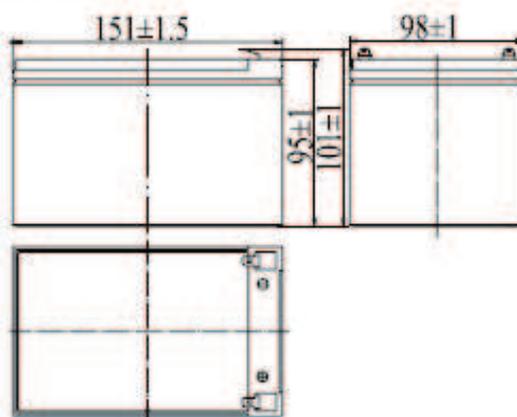
FirstPower Technology Co., Ltd.
Specifications

FP12120 (12V12Ah)

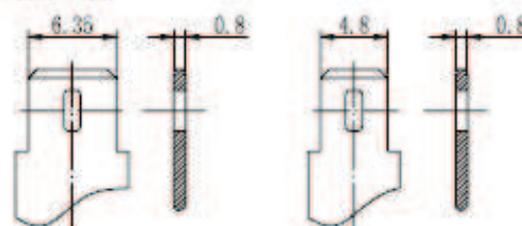
Nominal Voltage		12 V
Capacity (25°C)	20HR(10.5V)	12Ah
	10HR(10.5V)	11Ah
	1HR(9.60V)	7.8Ah
Dimension	Length	151 ± 1.5mm (5.94inch)
	Width	98 ± 1mm (3.86inch)
	Height	95 ± 1mm (3.74inch)
	Total Height	101 ± 1mm (3.98inch)
Approx. Weight		3.6kg (7.94lbs) ± 5%
Terminal type		T2/T1
Internal resistance (Fully charged, 25°C)		Approx. 19mΩ
Capacity affected by temperature (20HR)	40°C	102%
	25°C	100%
	0°C	85%
	-15°C	65%
Self-discharge (25°C)	3 month	Remaining Capacity: 91%
	6 month	Remaining Capacity: 82%
	12 month	Remaining Capacity: 65%
Nominal operating temperature		25°C ± 5°C (77°F ± 5°F)
Operating temperature range	Discharge	-15°C ~ 50°C (5°F ~ 122°F)
	Charge	-10°C ~ 50°C (14°F ~ 122°F)
	Storage	-20°C ~ 50°C (-4°F ~ 122°F)
Float charging voltage(25°C)		13.60 to 13.80V Temperature compensation: -18mV/°C
Cyclic charging voltage(25°C)		14.50 to 14.90V Temperature compensation: -30mV/°C
Maximum charging current		3.6A
Terminal material		Copper
Maximum discharge current		180A(5 sec.)
Designed floating life(20°C)		3~5 years



Dimensions



Terminal



Terminal T2

Terminal T1

- ◆ Absorbent glass mat technology;
- ◆ Recognized by UL & CE;
- ◆ ABS container.

Constant Current Discharge Characteristics (A, 25°C)

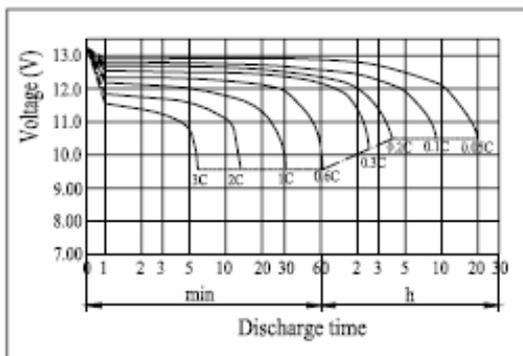
FV/TIME	10min	15min	30min	60min	2h	3h	4h	5h	8h	10h	20h
9.60V	28.8	22.8	12.7	7.80	4.26	3.06	2.45	2.08	1.35	1.13	0.61
9.90V	27.9	22.3	12.5	7.68	4.24	3.04	2.43	2.07	1.34	1.13	0.61
10.2V	26.8	21.4	12.1	7.49	4.20	3.02	2.42	2.05	1.33	1.12	0.60
10.5V	25.6	20.7	11.8	7.34	4.14	3.00	2.40	2.04	1.32	1.12	0.60
10.8V	24.2	19.6	11.4	7.11	4.03	2.91	2.33	1.98	1.28	1.09	0.59

Constant Power Discharge Characteristics (Watt, 25°C)

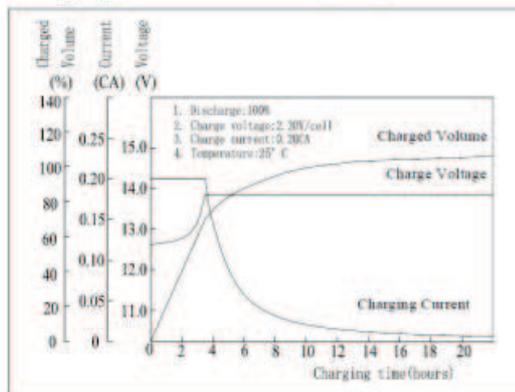
F.V/TIME	10min	15min	30min	60min	2h	3h	4h	5h	8h	10h	20h
9.60V	325	260	146	90.3	49.9	36.4	29.2	24.8	16.2	13.6	7.31
9.90V	315	254	143	89.0	49.6	36.1	29.0	24.7	16.1	13.5	7.28
10.2V	302	244	138	86.7	49.1	35.9	28.8	24.5	16.0	13.5	7.24
10.5V	289	236	135	85.0	48.4	35.6	28.6	24.4	15.8	13.4	7.20
10.8V	273	224	130	82.4	47.2	34.6	27.7	23.6	15.4	13.1	7.06

Note: The above characteristics data can be obtained within three charge/discharge cycles.

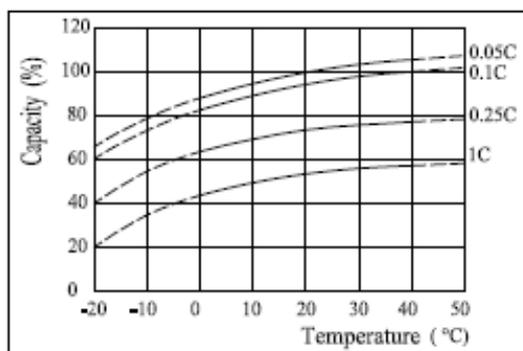
Discharge Characteristics(25°C)



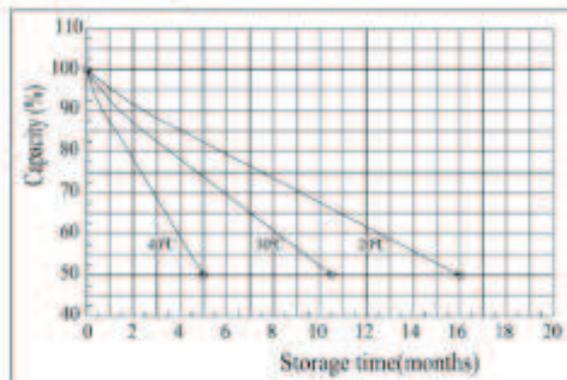
Charging Characteristics(25°C)



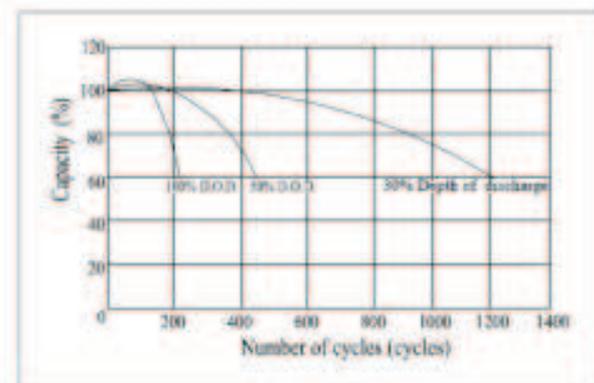
Effect of Temperature on Capacity



Self-discharge Characteristics



Cycle Life on D.O.D(25°C)



D.3 Puente rectificador KBPC10



KBPC10 SERIES

10A SINGLE-PHASE BRIDGE RECTIFIER

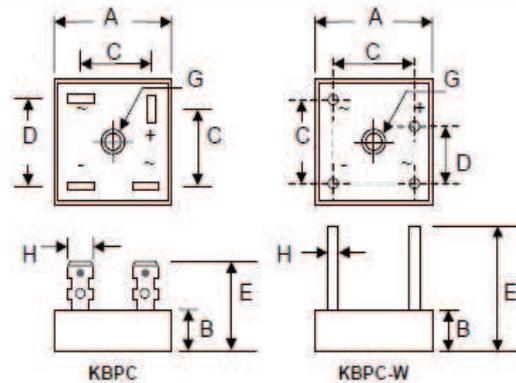


Features

- Diffused Junction
- Low Reverse Leakage Current
- Low Power Loss, High Efficiency
- Electrically Isolated Metal Case for Maximum Heat Dissipation
- Case to Terminal Isolation Voltage 2500V
- Recognized File # E157705

Mechanical Data

- Case: KBPC (Metal Case with Faston Lugs) or KBPC-W (Metal Case with Wire Leads)
- Terminals: Plated Faston Lugs or Wire Leads, Add "W" Suffix to Indicate Wire Leads
- Polarity: As Marked on Case
- Mounting: Through Hole with #10 Screw
- Mounting Torque: 23 cm·kg (20 in·lbs) Max.
- Weight: 30 grams (KBPC); 28 grams (KBPC-W)
- Marking: Type Number
- **Lead Free: For RoHS / Lead Free Version, Add "-LF" Suffix to Part Number, See Page 4**



Dim	KBPC		KBPC-W	
	Min	Max	Min	Max
A	27.94	28.96	27.94	28.96
B	10.97	11.23	10.97	11.23
C	15.50	17.60	17.10	19.10
D	17.50	18.50	10.90	11.90
E	22.86	25.40	30.50	—
G	Hole for #10 screw, 5.08Ø Nominal			
H	6.35 Typical		0.97Ø	1.07Ø

All Dimension in mm

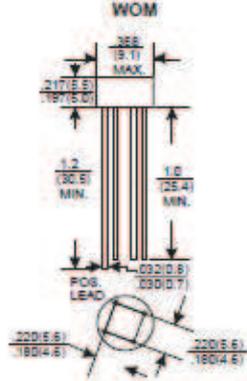
Maximum Ratings and Electrical Characteristics @ $T_A=25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

Single Phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load. For capacitive load, derate current by 20%.

Characteristic	Symbol	KBPC10										Unit
		00	01	02	04	06	08	10	12	14	16	
Peak Repetitive Reverse Voltage	V_{RRM}											V
Working Peak Reverse Voltage	V_{RWM}	50	100	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600	
DC Blocking Voltage	V_R											
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	840	980	1120	V
Average Rectified Output Current @ $T_A = 50^\circ\text{C}$	I_o	10										A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3ms Single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC Method)	I_{FSM}	200										A
Forward Voltage per leg @ $I_F = 5.0\text{A}$	V_{FM}	1.2										V
Peak Reverse Current @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ At Rated DC Blocking Voltage @ $T_C = 125^\circ\text{C}$	I_{RM}	10 1.0										μA mA
I^2t Rating for Fusing ($t < 8.3\text{ms}$)	I^2t	166										A^2s
Typical Junction Capacitance (Note 1)	C_j	300										pF
Typical Thermal Resistance per leg (Note 2)	$R_{\theta JC}$	3.0										$^\circ\text{C/W}$
RMS Isolation Voltage from Case to Leads	V_{ISO}	2500										V
Operating and Storage Temperature Range	T_j, T_{STG}	-65 to +150										$^\circ\text{C}$

Note: 1. Measured at 1.0 MHz and applied reverse voltage of 4.0V D.C.
2. Thermal resistance junction to case, mounted on heatsink.

D.4 Puente rectificador W10M

W005M THRU W10M		
SINGLE PHASE 1.5 AMP BRIDGE RECTIFIERS		
 <p>FEATURES</p> <ul style="list-style-type: none"> * Ideal for printed circuit board * Low forward voltage * Low leakage current * Polarity: marked on body * Mounting position: Any * Weight: 1.20 grams 	<p>VOLTAGE RANGE 50 to 1000 Volts</p> <p>CURRENT 1.5 Amperes</p>	<p>W0M</p>  <p style="font-size: small;">Dimensions in inches and (millimeters)</p>

MAXIMUM RATINGS AND ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Rating 25°C ambient temperature unless otherwise specified.
Single phase half wave, 60Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%.

TYPE NUMBER	W005M	W01M	W02M	W04M	W06M	W08M	W10M	UNITS	
Maximum Recurrent Peak Reverse Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V	
Maximum RMS Voltage	35	70	140	280	420	560	700	V	
Maximum DC Blocking Voltage	50	100	200	400	600	800	1000	V	
Maximum Average Forward Rectified Current									
.375"(9.5mm) Lead Length at Ta=25°C	1.5							A	
Peak Forward Surge Current, 8.3 ms single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC method)								50	A
Maximum Forward Voltage Drop per Bridge Element at 1.0A D.C.								1.0	V
Maximum DC Reverse Current Ta=25°C								10	μA
at Rated DC Blocking Voltage Ta=100°C								500	μA
Operating Temperature Range, Tj								-65—+125	°C
Storage Temperature Range, TSTG								-65—+150	°C

D.5 Regulador de voltaje LM7812



1.5A Positive Voltage Regulator

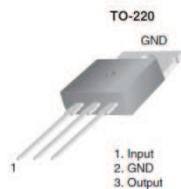
LM78XX

Description

The Bay Linear LM78XX is integrated linear positive regulator with three terminals. The LM78XX offer several fixed output voltages making them useful in wide range of applications. When used as a zener diode/resistor combination replacement, the LM78XX usually results in an effective output impedance improvement of two orders of magnitude, lower quiescent current.

The LM78XX is available in the TO-252, TO-220 & TO-263 packages,

Pin Assignment



Features

- Output Current of 1.5A
- Output Voltage Tolerance of 5%
- Internal thermal overload protection
- Internal Short-Circuit Limited
- No External Component
- Output Voltage 5.0V, 6V, 8V, 9V, 10V, 12V, 15V, 18V, 24V
- Offer in plastic TO-252, TO-220 & TO-263
- Direct Replacement for LM78XX

Applications

- Post regulator for switching DC/DC converter
- Bias supply for analog circuits

Absolute Maximum Rating

Parameter	LM78--	Unit
Input Voltage	LM7824, LM7827 All Others	V
Operating Free-Air, Case, Virtual Junction Temp.	0 to 150	°C
Storage Temperature Range	-65 to 150	
Lead temperature 1.6 mm from case for sec.	260	

Electrical Characteristics (LM7812)

($V_I=19V$, $I_O=500mA$, $0^\circ C \leq T_J \leq 125^\circ C$, unless otherwise specified. (Note 1))

Parameter	Symbol	Conditions	MIN	TYP	MAX	UNIT
Output Voltage	V_O	$T_J = 25^\circ C$	11.50	12	12.5	V
Line Regulation	ΔV_O	$V_I = 14.5V$ to $30V$ $T_J = 25^\circ C$		10	240	mV
		$V_I = 16V$ to $22V$ $T_J = 25^\circ C$		3.0	120	
Load Regulation	ΔV_O	$I_O = 5mA$ to $1.5A$, $25^\circ C$		12	240	mV
		$I_O = 250mA$ to $750mA$, $25^\circ C$		4	120	
Ripple Rejection	RR	$V_I = 15V$ to $25V$, $f=120Hz$	55	71		dB
Output Noise Voltage	V_N	$F=10Hz$ to $100Hz$ $T_J = 25^\circ C$		75		μV
Dropout Voltage	V_D	$T_J = 25^\circ C$		2.0		V
Quiescent Current		$T_J = 25^\circ C$		4.3	8.0	mA
Quiescent Current Change	ΔI_Q	$V_I = 14.5V$ to $30V$, $T_J = 25^\circ C$			1.0	mA
		$I_O = 5mA$ to $1A$, $T_J = 25^\circ C$			0.5	

D.6 Características transistor 2N3904

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR

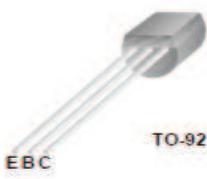
October 2011

2N3904 / MMBT3904 / PZT3904 NPN General Purpose Amplifier

Features

- This device is designed as a general purpose amplifier and switch.
- The useful dynamic range extends to 100 mA as a switch and to 100 MHz as an amplifier.

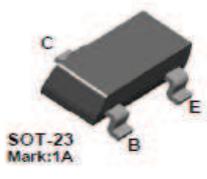
2N3904



TO-92

E B C

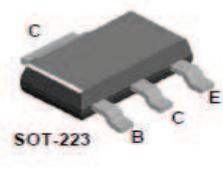
MMBT3904



SOT-23
Mark:1A

C B E

PZT3904



SOT-223

C B E

Absolute Maximum Ratings* $T_a = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V_{CEO}	Collector-Emitter Voltage	40	V
V_{CBO}	Collector-Base Voltage	60	V
V_{EBO}	Emitter-Base Voltage	6.0	V
I_C	Collector Current - Continuous	200	mA
T_J, T_{stg}	Operating and Storage Junction Temperature Range	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics $T_a = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
OFF CHARACTERISTICS					
$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 1.0\text{mA}, I_B = 0$	40		V
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 10\mu\text{A}, I_E = 0$	60		V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = 10\mu\text{A}, I_C = 0$	6.0		V
I_{BL}	Base Cutoff Current	$V_{CE} = 30\text{V}, V_{EB} = 3\text{V}$		50	nA
I_{CEX}	Collector Cutoff Current	$V_{CE} = 30\text{V}, V_{EB} = 3\text{V}$		50	nA
ON CHARACTERISTICS*					
h_{FE}	DC Current Gain	$I_C = 0.1\text{mA}, V_{CE} = 1.0\text{V}$ $I_C = 1.0\text{mA}, V_{CE} = 1.0\text{V}$ $I_C = 10\text{mA}, V_{CE} = 1.0\text{V}$ $I_C = 50\text{mA}, V_{CE} = 1.0\text{V}$ $I_C = 100\text{mA}, V_{CE} = 1.0\text{V}$	40 70 100 60 30	300	
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{mA}, I_B = 1.0\text{mA}$ $I_C = 50\text{mA}, I_B = 5.0\text{mA}$		0.2 0.3	V V
$V_{BE(sat)}$	Base-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 10\text{mA}, I_B = 1.0\text{mA}$ $I_C = 50\text{mA}, I_B = 5.0\text{mA}$	0.65	0.85 0.95	V V

D.7 Diodo rápido 1N4148

NXP Semiconductors

Product data sheet

High-speed diodes

1N4148; 1N4448

FEATURES

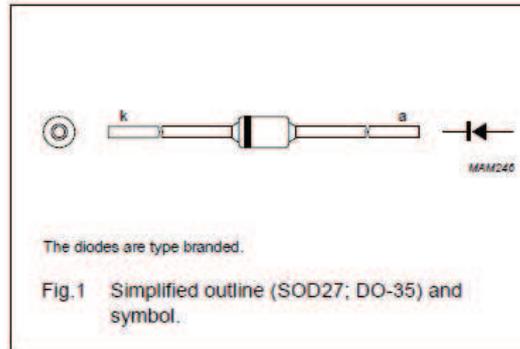
- Hermetically sealed leaded glass SOD27 (DO-35) package
- High switching speed: max. 4 ns
- General application
- Continuous reverse voltage: max. 100 V
- Repetitive peak reverse voltage: max. 100 V
- Repetitive peak forward current: max. 450 mA.

APPLICATIONS

- High-speed switching.

DESCRIPTION

The 1N4148 and 1N4448 are high-speed switching diodes fabricated in planar technology, and encapsulated in hermetically sealed leaded glass SOD27 (DO-35) packages.



MARKING

TYPE NUMBER	MARKING CODE
1N4148	1N4148PH or 4148PH
1N4448	1N4448

LIMITING VALUES

In accordance with the Absolute Maximum Rating System (IEC 60134).

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_{RRM}	repetitive peak reverse voltage		–	100	V
V_R	continuous reverse voltage		–	100	V
I_F	continuous forward current	see Fig.2; note 1	–	200	mA
I_{FRM}	repetitive peak forward current		–	450	mA
I_{FSM}	non-repetitive peak forward current	square wave; $T_J = 25\text{ °C}$ prior to surge; see Fig.4			
		$t = 1\ \mu\text{s}$	–	4	A
		$t = 1\ \text{ms}$	–	1	A
		$t = 1\ \text{s}$	–	0.5	A
P_{tot}	total power dissipation	$T_{amb} = 25\text{ °C}$; note 1	–	500	mW
T_{stg}	storage temperature		–65	+200	°C
T_J	junction temperature		–	200	°C

Note

1. Device mounted on an FR4 printed-circuit board; lead length 10 mm.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

$T_J = 25\text{ °C}$ unless otherwise specified.

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN.	MAX.	UNIT
V_F	forward voltage	see Fig.3			
	1N4148	$I_F = 10\ \text{mA}$	–	1	V
	1N4448	$I_F = 5\ \text{mA}$	0.62	0.72	V
		$I_F = 100\ \text{mA}$	–	1	V
I_R	reverse current	$V_R = 20\ \text{V}$; see Fig.5		25	nA
		$V_R = 20\ \text{V}$; $T_J = 150\text{ °C}$; see Fig.5	–	50	μA
I_{R1}	reverse current; 1N4448	$V_R = 20\ \text{V}$; $T_J = 100\text{ °C}$; see Fig.5	–	3	μA
C_d	diode capacitance	$f = 1\ \text{MHz}$; $V_R = 0\ \text{V}$; see Fig.6	–	4	pF
t_{rr}	reverse recovery time	when switched from $I_F = 10\ \text{mA}$ to $I_R = 60\ \text{mA}$; $R_L = 100\ \Omega$; measured at $I_R = 1\ \text{mA}$; see Fig.7	–	4	ns
V_{fr}	forward recovery voltage	when switched from $I_F = 50\ \text{mA}$; $t_r = 20\ \text{ns}$; see Fig.8	–	2.5	V

D.8 Diodo rápido FR207



FR201 – FR207

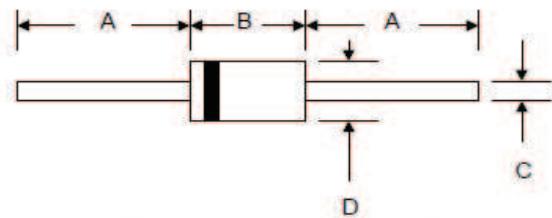
2.0A FAST RECOVERY RECTIFIER

Features

- Diffused Junction
- Low Forward Voltage Drop
- High Current Capability
- High Reliability
- High Surge Current Capability

Mechanical Data

- Case: Molded Plastic
- Terminals: Plated Leads Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Cathode Band
- Weight: 0.40 grams (approx.)
- Mounting Position: Any
- Marking: Type Number



DO-15		
Dim	Min	Max
A	25.4	—
B	5.50	7.62
C	0.71	0.864
D	2.60	3.60
All Dimensions in mm		

Maximum Ratings and Electrical Characteristics @ $T_A=25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

Single Phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load.
For capacitive load, derate current by 20%.

Characteristic	Symbol	FR201	FR202	FR203	FR204	FR205	FR206	FR207	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage	V_{RRM}								V
Working Peak Reverse Voltage	V_{RWM}	50	100	200	400	600	800	1000	
DC Blocking Voltage	V_R								
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Average Rectified Output Current (Note 1) @ $T_A = 55^\circ\text{C}$	I_O	2.0							A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3ms Single half sine-wave superimposed on rated load (JEDEC Method)	I_{FSM}	60							A
Forward Voltage @ $I_f = 2.0\text{A}$	V_{FM}	1.2							V
Peak Reverse Current @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ At Rated DC Blocking Voltage @ $T_A = 100^\circ\text{C}$	I_{RM}	5.0 100							μA
Reverse Recovery Time (Note 2)	t_r	150			250		500		nS
Typical Junction Capacitance (Note 3)	C_j	30							pF
Operating Temperature Range	T_j	-65 to +125							$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{STG}	-65 to +150							$^\circ\text{C}$

D.9 MOSFET IRF540N

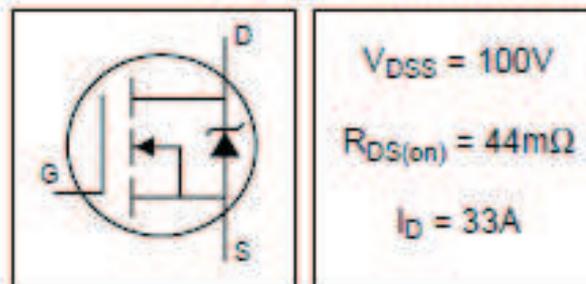
International
IR Rectifier

FD - 91341B

IRF540N

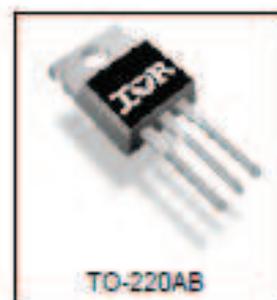
HEXFET® Power MOSFET

- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated

**Description**

Advanced HEXFET® Power MOSFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve extremely low on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient and reliable device for use in a wide variety of applications.

The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.

**Absolute Maximum Ratings**

	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	33	A
$I_D @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10V$	23	
I_{DM}	Pulsed Drain Current ①	110	
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	130	W
	Linear Derating Factor	0.87	W/°C
V_{GS}	Gate-to-Source Voltage	± 20	V
I_{AR}	Avalanche Current ②	16	A
E_{AR}	Repetitive Avalanche Energy ②	13	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	7.0	V/ns
T_J	Operating Junction and	-55 to +175	°C
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 seconds	300 (1.6mm from case)	
	Mounting torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf-in (1.1N-m)	

Thermal Resistance

	Parameter	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	1.15	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	62	

IRF540N

International
IOR Rectifier

Electrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	100	—	—	V	$V_{GS} = 0\text{V}$, $I_D = 250\mu\text{A}$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.12	—	V/°C	Reference to 25°C , $I_D = 1\text{mA}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	44	m Ω	$V_{GS} = 10\text{V}$, $I_D = 16\text{A}$ ②
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS} = V_{GS}$, $I_D = 250\mu\text{A}$
g_{fs}	Forward Transconductance	21	—	—	S	$V_{DS} = 50\text{V}$, $I_D = 16\text{A}$ ③
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	μA	$V_{DS} = 100\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$
		—	—	250	μA	$V_{DS} = 80\text{V}$, $V_{GS} = 0\text{V}$, $T_J = 150^\circ\text{C}$
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{DS} = 20\text{V}$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100	nA	$V_{GS} = -20\text{V}$
Q_g	Total Gate Charge	—	—	71	nC	$I_D = 16\text{A}$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	14	nC	$V_{GS} = 80\text{V}$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	21	nC	$V_{GS} = 10\text{V}$, See Fig. 6 and 13
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	11	—	ns	$V_{DD} = 50\text{V}$
t_r	Rise Time	—	35	—	ns	$I_D = 16\text{A}$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	39	—	ns	$R_G = 5.1\Omega$
t_f	Fall Time	—	35	—	ns	$V_{GS} = 10\text{V}$, See Fig. 10 ④
L_D	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	nH	Between lead, 6mm (0.25in.) from package and center of die contact
L_S	Internal Source Inductance	—	7.5	—	nH	
C_{iss}	Input Capacitance	—	1860	—	pF	$V_{GS} = 0\text{V}$
C_{oss}	Output Capacitance	—	250	—	pF	$V_{GS} = 25\text{V}$
C_{riss}	Reverse Transfer Capacitance	—	40	—	pF	$f = 1.0\text{MHz}$, See Fig. 5
E_{AS}	Single Pulse Avalanche Energy ⑤	—	7000	165 ⑥	mJ	$I_{AS} = 16\text{A}$, $L = 1.5\text{mH}$

Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	33	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	110	A	
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.2	V	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_S = 16\text{A}$, $V_{GS} = 0\text{V}$ ②
t_{rr}	Reverse Recovery Time	—	115	170	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}$, $I_R = 16\text{A}$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	505	760	nC	$di/dt = 100\text{A}/\mu\text{s}$ ③
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by L_S+L_D)				

Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature. (See fig. 11)
- ② Starting $T_J = 25^\circ\text{C}$, $L = 1.5\text{mH}$, $R_G = 25\Omega$, $I_{AS} = 16\text{A}$. (See Figure 12)

- ③ $I_{SD} \leq 16\text{A}$, $di/dt \leq 340\text{A}/\mu\text{s}$, $V_{DD} \leq V_{(BR)DSS}$, $T_J \leq 175^\circ\text{C}$

- ④ Pulse width $\leq 400\mu\text{s}$; duty cycle $\leq 2\%$.

- ⑤ This is a typical value at device destruction and represents operation outside rated limits.

- ⑥ This is a calculated value limited to $T_J = 175^\circ\text{C}$.

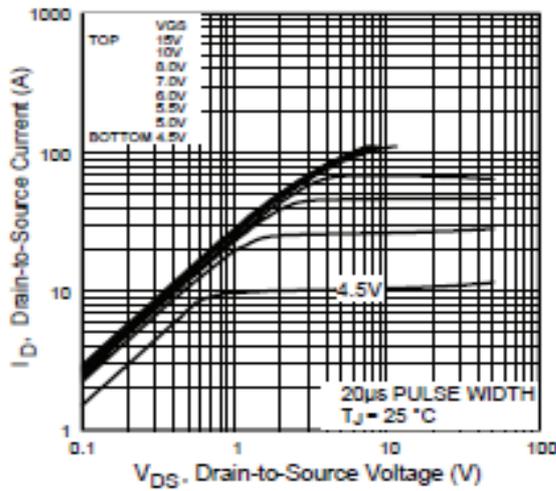


Fig 1. Typical Output Characteristics

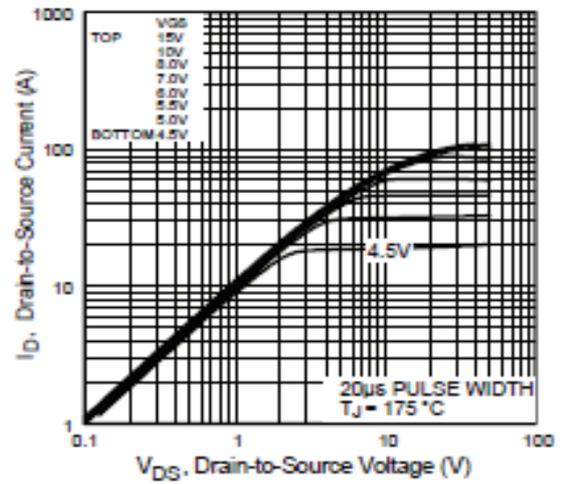


Fig 2. Typical Output Characteristics

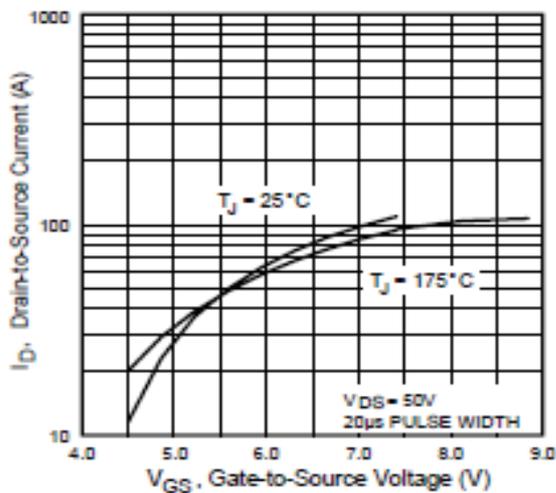


Fig 3. Typical Transfer Characteristics

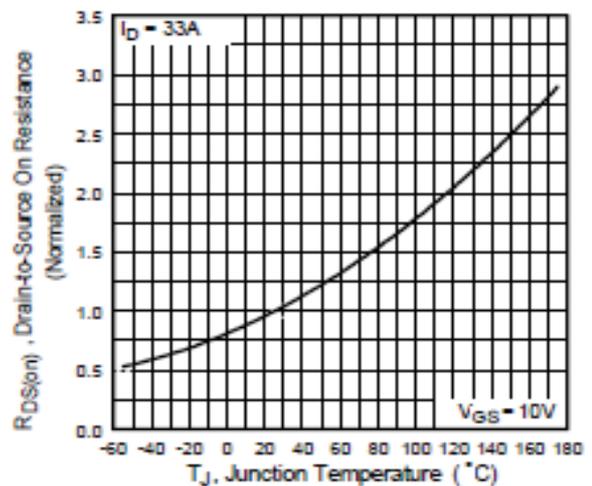


Fig 4. Normalized On-Resistance Vs. Temperature

D.10 Amplificador operacional LM358



www.fairchildsemi.com

LM2904, LM358/LM358A, LM258/ LM258A

Dual Operational Amplifier

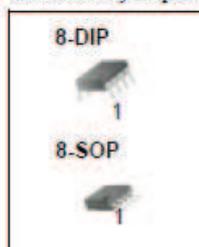
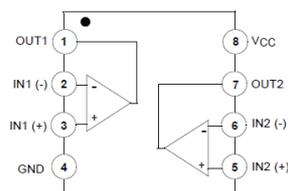
Features

- Internally Frequency Compensated for Unity Gain
- Large DC Voltage Gain: 100dB
- Wide Power Supply Range:
LM258/LM258A, LM358/LM358A: 3V~32V (or $\pm 1.5V \sim 16V$)
LM2904 : 3V~26V (or $\pm 1.5V \sim 13V$)
- Input Common Mode Voltage Range Includes Ground
- Large Output Voltage Swing: 0V DC to $V_{CC} - 1.5V$ DC
- Power Drain Suitable for Battery Operation.

Description

The LM2904, LM358/LM358A, LM258/LM258A consist of two independent, high gain, internally frequency compensated operational amplifiers which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltage. Operation from split power supplies is also possible and the low power supply current drain is independent of the magnitude of the power supply voltage. Application areas include transducer amplifier, DC gain blocks and all the conventional OP-AMP circuits which now can be easily implemented in single power supply systems.

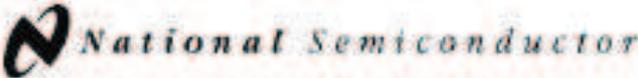
Internal Block Diagram



Absolute Maximum Ratings

Parameter	Symbol	LM258/LM258A	LM358/LM358A	LM2904	Unit
Supply Voltage	V _{CC}	± 16 or 32	± 16 or 32	± 13 or 26	V
Differential Input Voltage	V _{I(DIFF)}	32	32	26	V
Input Voltage	V _I	-0.3 to +32	-0.3 to +32	-0.3 to +26	V
Output Short Circuit to GND V _{CC} ≤ 15V, T _A = 25°C (One Amp)	-	Continuous	Continuous	Continuous	-
Operating Temperature Range	T _{OPR}	-25 ~ +85	0 ~ +70	-40 ~ +85	°C
Storage Temperature Range	T _{STG}	-65 ~ +150	-65 ~ +150	-65 ~ +150	°C

D.11 Sensor de temperatura LM35.


December 1984

LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D

Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-202 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\ \text{mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for $1\ \text{mA}$ load

Connection Diagrams

TO-46
Metal Can Package*



BOTTOM VIEW

TLH/5516-1

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH
See NS Package Number H03H

TO-92
Plastic Package

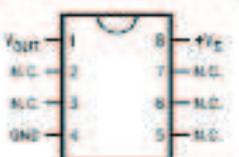


BOTTOM VIEW

TLH/5516-2

Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

SO-8
Small Outline Molded Package



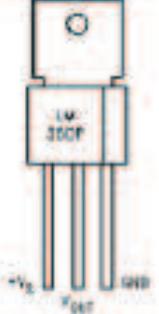
TOP VIEW

N.C. = No Connection

Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

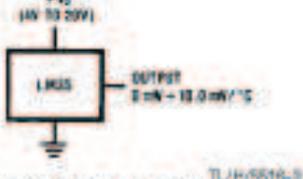
Typical Applications

TO-202
Plastic Package



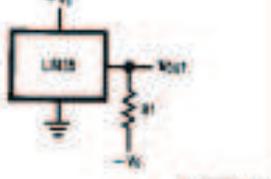
Order Number LM35DP
See NS Package Number P03A

FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor ($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



TLH/5516-3

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor



TLH/5516-4

Choose $R_L = -V_{out}/50\ \mu\text{A}$

$V_{out} = +1.500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= -250\ \mu\text{V}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -1500\ \mu\text{V}$ at -55°C

TM-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D
Precision Centigrade Temperature Sensors

D.12 Sensor de efector hall ACS715

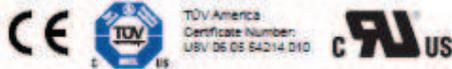


ACS715

*Automotive Grade, Fully Integrated, Hall Effect-Based Linear Current Sensor IC
with 2.1 kVRMS Voltage Isolation and a Low-Resistance Current Conductor*

Features and Benefits

- Low-noise analog signal path
- Device bandwidth is set via the FILTER pin
- 5 μ s output rise time in response to step input current
- 80 kHz bandwidth
- Total output error 1.5% typical at $T_A = 25^\circ\text{C}$
- Small footprint, low-profile SOIC8 package
- 1.2 m Ω internal conductor resistance
- 2.1 kVRMS minimum isolation voltage from pins 1-4 to pins 5-8
- 5.0 V, single supply operation
- 133 to 185 mV/A output sensitivity
- Output voltage proportional to DC currents
- Factory-trimmed for accuracy
- Extremely stable output offset voltage
- Nearly zero magnetic hysteresis
- Ratiometric output from supply voltage
- Operating temperature range, -40°C to 150°C



Package: 8 Lead SOIC (suffix LC)



Approximate Scale 1:1

Description

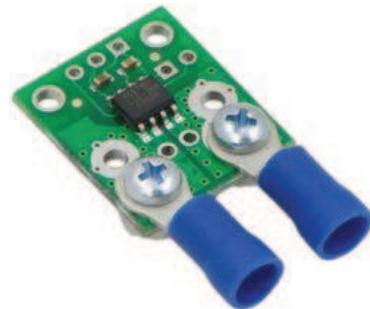
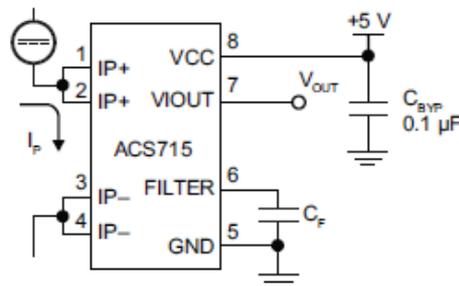
The Allegro™ ACS715 provides economical and precise solutions for DC current sensing in automotive systems. The device package allows for easy implementation by the customer. Typical applications include motor control, load detection and management, switch-mode power supplies, and overcurrent fault protection.

The device consists of a precise, low-offset, linear Hall circuit with a copper conduction path located near the surface of the die. Applied current flowing through this copper conduction path generates a magnetic field which the Hall IC converts into a proportional voltage. Device accuracy is optimized through the close proximity of the magnetic signal to the Hall transducer. A precise, proportional voltage is provided by the low-offset, chopper-stabilized BiCMOS Hall IC, which is programmed for accuracy after packaging.

The output of the device has a positive slope ($\sim V_{IOUT(Q)}$) when an increasing current flows through the primary copper conduction path (from pins 1 and 2, to pins 3 and 4), which is the path used for current sampling. The internal resistance of this conductive path is 1.2 m Ω typical, providing low power loss. The thickness of the copper conductor allows survival of the device at up to $5\times$ overcurrent conditions. The terminals of

Continued on the next page...

Typical Application



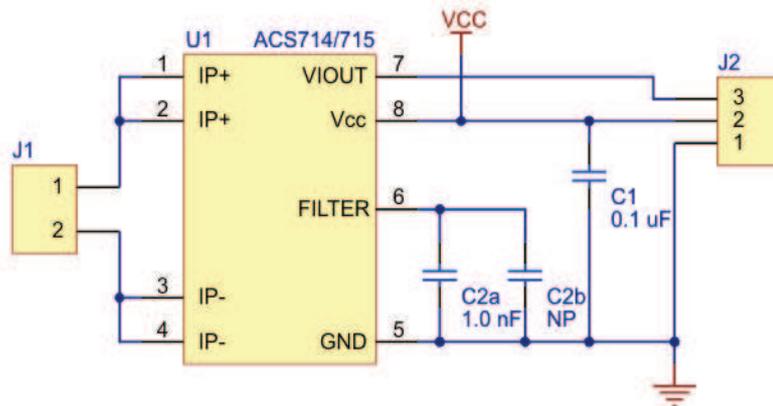
Application 1. The ACS715 outputs an analog signal, V_{OUT} , that varies linearly with the unidirectional DC primary sampled current, I_p , within the range specified. C_f is recommended for noise management, with values that depend on the application.

Filtering the output

The IC has an internal filter resistance of 1.7 k Ω , and the carrier board includes a 1 nF filter capacitor, which produces a low-pass RC filter with a 90 kHz cutoff. You can improve sensing system accuracy for low-frequency sensing applications by adding a capacitor in parallel with the integrated 1 nF capacitor across the pads marked "filter" on the bottom silkscreen (this capacitor is labeled C2b in the schematic below). The frequency F that the filter will attenuate to half its original power is given by:

$$F = 1 / (2\pi RC) = 1 / (11k\Omega * (1 \text{ nF} + C_f))$$

where C_f is the value of the capacitor added to the filter pads.



Pololu ACS714/ACS715 current sensor carrier schematic diagram.

x30A PERFORMANCE CHARACTERISTICS over Range L: $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 150°C ¹, $C_F = 1 \text{ nF}$, and $V_{CC} = 5 \text{ V}$, unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min.	Typ.	Max.	Units
Optimized Accuracy Range	I_P		0	-	30	A
Sensitivity	Sens	Over full range of I_P , I_P applied for 5 ms; $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	133	-	mV/A
		Over full range of I_P , $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 150°C	125	-	137	mV/A
Noise	$V_{\text{NOISE(PP)}}$	Peak-to-peak, $T_A = 25^\circ\text{C}$, 2 kHz external filter, 133 mV/A programmed Sensitivity, $C_F = 47 \text{ nF}$, $C_{\text{OUT}} = 10 \text{ nF}$, 2 kHz bandwidth	-	15	-	mV
Zero Current Output Slope	$\Delta V_{\text{OUT}(0)}$	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 25°C	-	0.06	-	mV/°C
		$T_A = 25^\circ\text{C}$ to 150°C	-	0.1	-	mV/°C
Sensitivity Slope	ΔSens	$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 25°C	-	0.007	-	mV/A/°C
		$T_A = 25^\circ\text{C}$ to 150°C	-	-0.025	-	mV/A/°C
Electrical Output Voltage	V_{OE}	$I_P = 0 \text{ A}$	-40	-	40	mV
Total Output Error ²	E_{TOT}	$I_P = 30 \text{ A}$, I_P applied for 5 ms; $T_A = 25^\circ\text{C}$	-	± 1.5	-	%
		$I_P = 30 \text{ A}$, I_P applied for 5 ms; $T_A = -40^\circ\text{C}$ to 150°C	-5	-	5	%

¹Device may be operated at higher primary current levels, I_P , and ambient temperatures, T_A , provided that the Maximum Junction Temperature, $T_{J(\text{max})}$, is not exceeded.

²Percentage of I_P , with $I_P = 30 \text{ A}$. Output filtered.

Fuente:

- <http://www.pololu.com/catalog/product/1186>
- <http://www.allegromicro.com/~media/Files/Datasheets/ACS715-Datasheet.ashx>

D.13 Compuerta inversora schmitt-trigger SN74LS14

SDLS049

- Operation from Very Slow Edges
- Improved Line-Receiving Characteristics
- High Noise Immunity

Description

Each circuit functions as an inverter, but because of the Schmitt action, it has different input threshold levels for positive (V_{T+}) and for negative going (V_{T-}) signals.

These circuits are temperature-compensated and can be triggered from the slowest of input ramps and still give clean, jitter-free output signals.

The SN5414 and SN54LS14 are characterized for operation over the full military temperature range of -55°C to 125°C . The SN7414 and the SN74LS14 are characterized for operation from 0°C to 70°C .

Logic symbol†

**SN5414, SN54LS14,
SN7414, SN74LS14
HEX SCHMITT-TRIGGER INVERTERS**

DECEMBER 1983 - REVISED MARCH 1988

SN5414, SN54LS14 . . . J OR W PACKAGE
SN7414 . . . N PACKAGE
SN74LS14 . . . D OR N PACKAGE

(TOP VIEW)

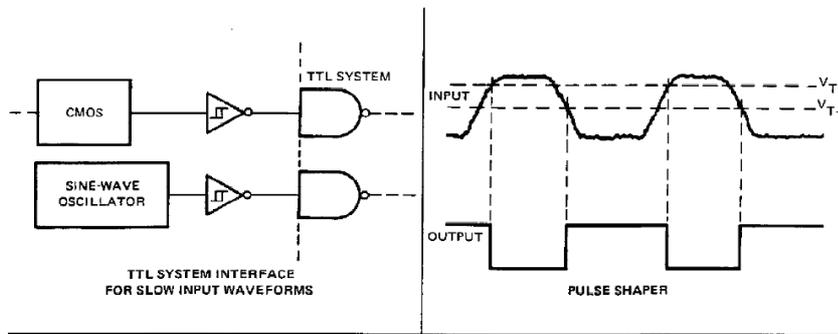
SN54LS14 . . . FK PACKAGE
(TOP VIEW)

† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.
Pin numbers shown are for D, J, N, and W packages.

recommended operating conditions

	SN5414			SN7414			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
V_{CC} Supply voltage	4.5	5	5.5	4.75	5	6.25	V
I_{OH} High-level output current			-0.8			-0.8	mA
I_{OL} Low-level output current			16			16	mA
T_A Operating free-air temperature	-55		125	0		70	$^{\circ}\text{C}$

TYPICAL APPLICATION DATA



D.14 Inversor comercial TRUPER.



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

ENTRADA

Tensión: 12 V=

Corriente: 0,5 A

Descarga de acumulador sin carga: < 0,5 A (con entrada de 12 V)

Punto de activación de alarma por carga baja del acumulador 11 V=

Punto de auto-apagado por carga baja del acumulador (nominal) 10,5 V=

Punto de auto-apagado por carga alta del acumulador (nominal) 15,5 V=

Fusible deslizante de 25 A x 2

SALIDA

Tensión: 120 V~

Frecuencia: 60 Hz

Potencia : 400 W

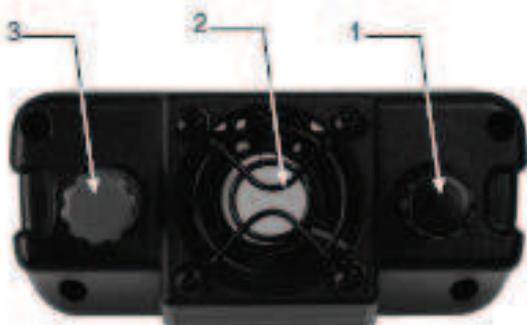
Potencia pico: 800 W

Puerto USB salida

Tensión: 5 V=

Corriente: 500 mA

Forma de onda: Onda senoidal modificada.



1. Terminal negativa de corriente directa - Conecte ahí el extremo negro del cable de corriente directa.

2. Aberturas de enfriamiento y ventilación. El ventilador de alta velocidad protege de sobrecalentamiento al convertidor.

3. Terminal positiva de corriente directa. Conecte el extremo naranja del cable de corriente directa.

Fig. 2

4. Indicador LED verde

5. Indicador LED rojo

6. Botón del interruptor de energía



4. Indicador LED verde. Cuando hay entrada de corriente directa el indicador LED verde se enciende.

5. Indicador LED rojo. Cuando el convertidor se apaga debido a alta o baja tensión el indicador LED rojo se enciende.

6. Botón del interruptor de energía. Conecte el convertidor a la corriente directa y oprima el botón interruptor de energía para acceder a la corriente alterna.

Fig. 3

7. Salidas de corriente alterna

8. Puerto USB

9. Aberturas de ventilación



Panel de salida de corriente alterna Fig. 3

7. Salidas de corriente alterna. Le permite conectar aparatos de 120 V~ con un total de 400 W ininterrumpidos o menos.

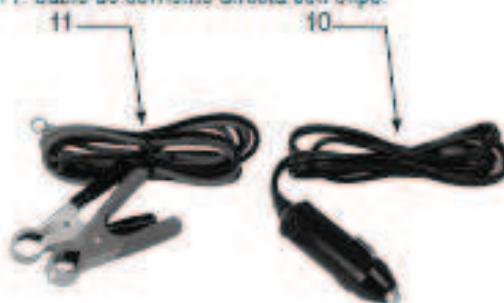
8. Puerto USB. Proporciona 5 V de energía a equipos USB.

9. Aberturas de ventilación. Las aberturas de ventilación no deben estar cubiertas en ningún momento cuando se use el convertidor.

Figura 4:

10. Cable de corriente directa con enchufe para encendedor de cigarrillos.

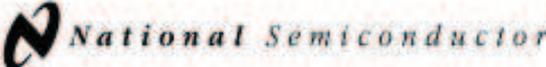
11. Cable de corriente directa con clips.



10. Cable de corriente directa con enchufe para encendedor de cigarrillos. Introduzca el enchufe en el encendedor de cigarrillos.

11. Cable de corriente directa con clips. Conecte el clip naranja a la terminal positiva del acumulador y el negro a la terminal negativa.

D.15 Regulador de tensión ajustable LM338


May 1998

LM138/LM338 5-Amp Adjustable Regulators

General Description

The LM138 series of adjustable 3-terminal positive voltage regulators is capable of supplying in excess of 5A over a 1.2V to 32V output range. They are exceptionally easy to use and require only 2 resistors to set the output voltage. Careful circuit design has resulted in outstanding load and line regulation—comparable to many commercial power supplies. The LM138 family is supplied in a standard 3-lead transistor package.

A unique feature of the LM138 family is time-dependent current limiting. The current limit circuitry allows peak currents of up to 12A to be drawn from the regulator for short periods of time. This allows the LM138 to be used with heavy transient loads and speeds start-up under full-load conditions. Under sustained loading conditions, the current limit decreases to a safe value protecting the regulator. Also included on the chip are thermal overload protection and safe area protection for the power transistor. Overload protection remains functional even if the adjustment pin is accidentally disconnected.

Normally, no capacitors are needed unless the device is situated more than 6 inches from the input filter capacitors in which case an input bypass is needed. An output capacitor can be added to improve transient response, while bypassing the adjustment pin will increase the regulator's ripple rejection.

Besides replacing fixed regulators or discrete designs, the LM138 is useful in a wide variety of other applications. Since the regulator is "floating" and sees only the input-to-output differential voltage, supplies of several hundred volts can be regulated as long as the maximum input to output differential is not exceeded, i.e., do not short-circuit output to ground. The part numbers in the LM138 series which have a K suffix are packaged in a standard Steel TO-3 package, while those with a T suffix are packaged in a TO-220 plastic package. The LM138 is rated for $-55^{\circ}\text{C} \leq T_j \leq +150^{\circ}\text{C}$, and the LM338 is rated for $0^{\circ}\text{C} \leq T_j \leq +125^{\circ}\text{C}$.

Features

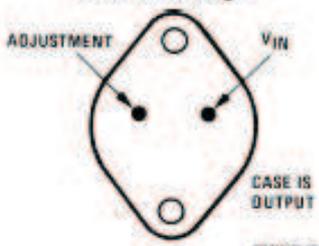
- Guaranteed 7A peak output current
- Guaranteed 5A output current
- Adjustable output down to 1.2V
- Guaranteed thermal regulation
- Current limit constant with temperature
- P⁺ Product Enhancement tested
- Output is short-circuit protected

Applications

- Adjustable power supplies
- Constant current regulators
- Battery chargers

Connection Diagrams (See Physical Dimension section for further information)

(TO-3 STEEL)
Metal Can Package



Bottom View
Order Number LM138K STEEL or LM338K STEEL
See NS Package Number K02A

(TO-220)
Plastic Package



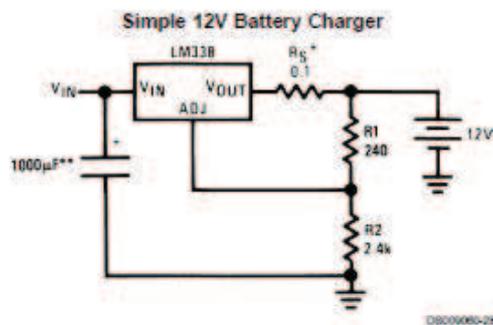
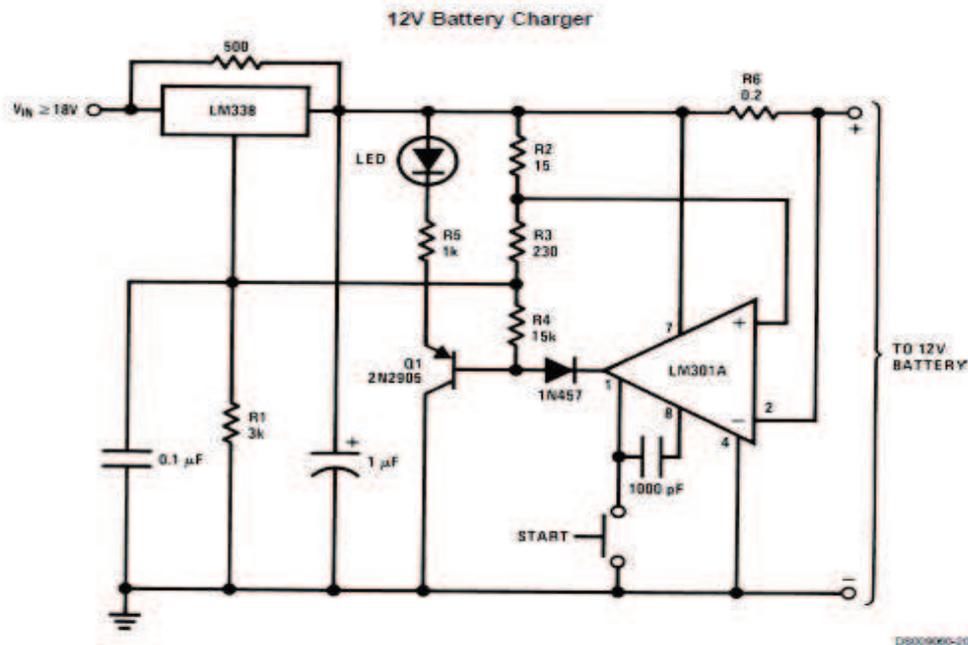
Front View
Order Number LM338T
See NS Package Number T03B

LM138/LM338 5-Amp Adjustable Regulators

Electrical Characteristics

Symbol	Parameter	Conditions	LM338			Units
			Min	Typ	Max	
V_{REF}	Reference Voltage	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 35\text{V}$, $10\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 5\text{A}$, $P \leq 50\text{W}$	1.19	1.24	1.29	V
V_{RLINE}	Line Regulation	$3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 35\text{V}$ (Note 3)		0.005	0.03	%/V
				0.02	0.06	%/V
V_{RLOAD}	Load Regulation	$10\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 5\text{A}$ (Note 3)		0.1	0.5	%
				0.3	1	%
				0.002	0.02	%/W
I_{ADJ}	Adjustment Pin Current		45	100	μA	
ΔI_{ADJ}	Adjustment Pin Current Change	$10\text{ mA} \leq I_{OUT} \leq 5\text{A}$, $3\text{V} \leq (V_{IN} - V_{OUT}) \leq 35\text{V}$	0.2	5	μA	

Electrical Characteristics (Continued)						
Symbol	Parameter	Conditions	LM338			Units
			Min	Typ	Max	
$\Delta V_{R/T}$	Temperature Stability	$T_{MIN} \leq T_J \leq T_{MAX}$		1		%
$I_{LOAD(Min)}$	Minimum Load Current	$V_{IN} - V_{OUT} = 35V$		3.5	10	mA
I_{CL}	Current Limit	$V_{IN} - V_{OUT} \leq 10V$				
		DC	5	8		A
		0.5 ms Peak	7	12		A
		$V_{IN} - V_{OUT} = 30V$			1	A
V_N	RMS Output Noise, % of V_{OUT}	$10 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \text{ kHz}$		0.003		%
$\frac{\Delta V_R}{\Delta V_{IN}}$	Ripple Rejection Ratio	$V_{OUT} = 10V, f = 120 \text{ Hz}, C_{ADJ} = 0 \mu F$		60		dB
		$V_{OUT} = 10V, f = 120 \text{ Hz}, C_{ADJ} = 10 \mu F$	60	75		dB
	Long-Term Stability	$T_J = 125^\circ C, 1000 \text{ hrs}$		0.3	1	%
θ_{JC}	Thermal Resistance Junction to Case	K Package			1	$^\circ C/W$
		T Package			4	$^\circ C/W$
θ_{JA}	Thermal Resistance, Junction to Ambient (No Heat Sink)	K Package		35		$^\circ C/W$
		T Package		50		$^\circ C/W$



* R_S —sets output impedance of charger $Z_{OUT} = R_S \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$

Use of R_S allows low charging rates with fully charged battery.

**The 1000 μF is recommended to filter out input transients

ANEXO E. Estado de carga

Aquí se presentan los voltajes típicos vs estado de carga

Calculado en 10.5V = completamente descargadas (0%), y 25°C.

Las tensiones son para un sistema de baterías de 12Voltios. Estos voltajes son para baterías que han estado en reposo durante tres horas o más. Las baterías que se están cargando serán mayores las tensiones, que si estuvieran sin cargarse. Para alargar la vida de las baterías, éstas deben permanecer en la zona verde. Caídas ocasionales en el sector amarillo no son dañinas, pero mantenerlas durante un tiempo continuo en esos niveles acorta la vida útil de las baterías. **Es importante tener en cuenta que las mediciones de voltaje son solo aproximaciones.** La mejor manera de determinar el estado de carga de las baterías es medir la gravedad específica, pero en muchas baterías eso es difícil o imposible. Tenga en cuenta que la caída de voltaje al último es 10%.

State of Charge	12 Volt battery	Volts per Cell
100%	12.7	2.12
90%	12.5	2.08
80%	12.42	2.07
70%	12.32	2.05
60%	12.20	2.03
50%	12.06	2.01
40%	11.9	1.98
30%	11.75	1.96
20%	11.58	1.93
10%	11.31	1.89
0	10.5	1.75

Fuente tomada de:

<http://www.solar-electric.com/deep-cycle-battery-faq.html>

Texto traducido al español.

ANEXO F. Sobrecarga en baterías de plomo-ácido.

La sobrecarga es la aplicación de elevadas corrientes o voltajes a la batería durante excesivos periodos de tiempo, la sobrecarga genera oxidación en la rejilla positiva lo que produce la degradación de la batería, también produce súbitos incrementos de temperatura lo que causa una gasificación excesiva.

El inicio de la sobrecarga puede ser detectado monitoreando el voltaje de la batería. En la Figura 1 se muestra el *voltaje de la batería versus el porcentaje de carga* repuesto a varias tasas de recarga. La reacción de sobrecarga se detecta por el incremento súbito del voltaje de la celda y este incremento puede llegar a ser excesivo y peligroso cuando la curva alcanza su punto máximo y vuelve a descender.

El punto en el cual la reacción de sobrecarga empieza, depende de la tasa de carga y a medida que ésta se incrementa, el porcentaje de carga repuesto, en el punto en que inicia la sobrecarga, disminuye. Para tasas de carga menores a la capacidad dividida para cinco ($C/5$), menos del 80% de carga se repone, antes que la sobrecarga inicie.

Para que la sobrecarga coincida con el 100% de la carga repuesta, la tasa de carga debe ser menor a la capacidad dividido para cien ($C/100$). Para tasas de carga mayores, se emplea sensores que determinen cuando se aproxima la sobrecarga, evitándola y reduciendo la tasa de carga a valores moderados.

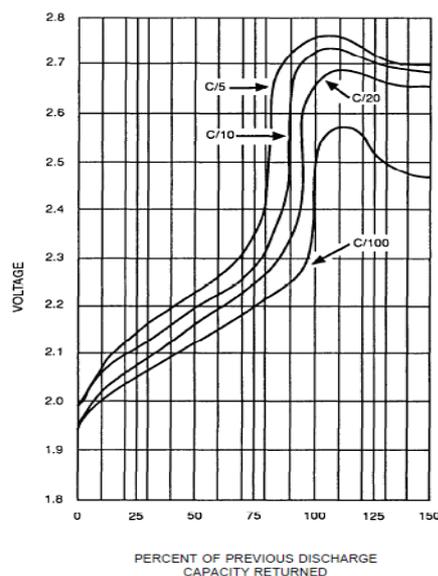


Figura 1.