



**UNIVERSIDAD DEL AZUAY**

**FACULTAD DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**Sistema de conmutación para centrales de generación autónomas y  
conectadas a red**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO ELECTRÓNICO**

**AUTOR: PEDRO GABRIEL VÁZQUEZ SOLIZ**

**DIRECTOR: FRANCISCO EUGENIO VÁSQUEZ CALERO**

**CUENCA, ECUADOR**

**2014**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de graduación va dedicado para mis padres que estuvieron dándome su apoyo incondicional en todo momento durante mi carrera, para mí amada esposa Margarita por su paciencia y apoyo para que pueda concluir este trabajo, así como también para mi hija Valentina que es la principal razón para seguir superándome.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por haberme dado la sabiduría y paciencia para poder concluir este trabajo, a mis padres por todo su apoyo incondicional que siempre me supieron dar, a mi amada esposa por ser un pilar fundamental en mi vida y estar a mi lado en todo momento, a mi hija por sacrificar esos momentos que bien podríamos haberlos pasado juntos, pero a su corta edad pudo entender que es por nuestro bienestar.

También quiero agradecer a mis verdaderos amigos, que de una u otra forma me ayudaron en este trabajo de graduación.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>ii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>iii</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y CUADROS .....</b>	<b>vi</b>
<b>RESUMEN.....</b>	¡Error! Marcador no definido.
<b>ABSTRACT .....</b>	¡Error! Marcador no definido.
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>

### **CAPÍTULO 1. SITUACIÓN ENERGÉTICA Y ALTERNATIVAS**

1.1. Crisis Energética a nivel Mundial .....	2
1.2. El sistema de Energía Eléctrica Ecuatoriano .....	3
1.3. Generación Fotovoltaica.....	4
1.3.1. Energía Solar Fotovoltaica .....	4
1.3.2. Principio de funcionamiento .....	4
1.3.3. Paneles Solares.....	5
1.3.4. Sistemas de Almacenamiento de Energía .....	10
1.3.5. Regulador de Carga.....	15
1.3.6. Convertidores .....	18
1.3.7. Cableado.....	23
1.4. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos .....	24
1.4.1. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos con Acumulación.....	24
1.4.2. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos con Conexión Directa. ....	25
1.4.3. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos Dispersos .....	25
1.4.4. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos Centralizados .....	26
1.5. Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Red .....	27

### **CAPÍTULO 2. DISEÑO DEL SISTEMA**

2.1. Diseño de Hardware .....	299
2.2. Inversión de Corriente Alterna .....	30
2.3. Sistema de Regulación .....	33
2.3.1. Teoría de Control de Carga .....	34

2.3.2.	Encendido Automático VR (Voltaje de Reconexión).....	36
2.3.3.	Teoría de Desconexión por Bajo Voltaje (DBV).....	36
2.4.	Sistema de Control .....	37

### **CAPÍTULO 3. PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL**

3.1.	Antecedentes.....	388
3.2.	Cuerpo del Programa.....	38

### **CAPÍTULO 4. PRUEBAS EN MODELO A ESCALA**

4.1.	Análisis de Resultados.....	1176
4.2.	Cálculo de Rendimiento .....	1219
4.2.1.	Rendimiento del transformador.....	121
4.2.2.	Rendimiento del sistema .....	1221

### **CONCLUSIONES..... 124**

### **RECOMENDACIONES..... 1255**

### **BIBLIOGRAFÍA..... 1266**

### **ANEXOS ..... 1299**

Anexo 1:	CD con video demostrativo y Datasheet de elementos utilizados.....	1299
----------	--	------

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Sociedad de consumo energético.....	2
Figura 2. Célula Solar Fotovoltaica. ....	4
Figura 3. Representación de la diferencia de potencial, o voltaje DC con respecto al tiempo.....	5
Figura 4. Paneles Solares .....	5
Figura 5. Representación del punto de Potencia Máxima del panel solar. ....	6
Figura 6. Radiación media Mensual calculada con el programa ISOCAD - Radiación .....	9
Figura 7. Acumuladores .....	11
Figura 8. Baterías .....	12
Figura 9. Regulador de Carga .....	15
Figura 10. Límites de Carga de una batería .....	17
Figura 11. Convertidores.....	18
Figura 12. Esquema de un sistema fotovoltaico autónomo con acumulación .....	24
Figura 13. Esquema de un sistema fotovoltaico autónomo con conexión directa .....	25
Figura 14. Esquema de un sistema fotovoltaico autónomo Disperso .....	26
Figura 15. Esquema de un sistema fotovoltaico autónomo Centralizado .....	26
Figura 16. Esquema de un sistema fotovoltaico conectado a red .....	27
Figura 17. Diagrama de bloques del sistema .....	29
Figura 18. Diagrama de bloques del hardware.....	30
Figura 19. Puente H con transistores Mosfet .....	31
Figura 20. Diagrama Electrónico del Sistema de Inversión.....	32
Figura 21. Placa impresa del Sistema de Inversión (PCB). ....	33
Figura 22. Diagrama Electrónico del Sistema de Regulación.....	34
Figura 23. Placa impresa del Sistema de Regulación (PCB). ....	37
Figura 24. Señal PWM generada por el micro-controlador en el Puerto C, 0. ....	117
Figura 25. Señal PWM generada por el micro-controlador en el Puerto C, 1. ....	117
Figura 26. Señal PWM generada por el micro-controlador en el Puerto C, 2. ....	118
Figura 27. Señal PWM generada por el micro-controlador en el Puerto C, 3. ....	118
Figura 28. Señal PWM de salida hacia el transformador.....	119
Figura 29. Señal PWM a la salida del Transformador .....	119

Figura 30. Señal integrada por un filtro pasa bajo luego del Transformador .....	120
Figura 31. Señal senoidal de salida. ....	120

**RESUMEN****SISTEMA DE CONMUTACIÓN PARA CENTRALES DE GENERACIÓN  
AUTÓNOMAS Y CONECTADAS A RED**

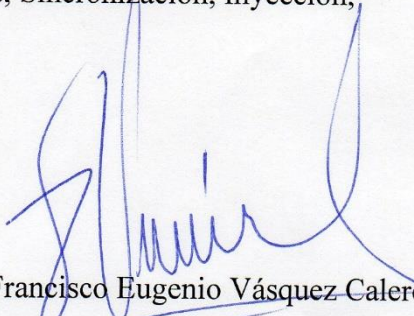
Debido a la creciente demanda de energía eléctrica y a que aún se la genera mediante combustibles fósiles causando cada vez más problemas medioambientales, se busca alternativas para la generación y consumo de fuentes de energía renovable, por este motivo se diseña un sistema de conmutación de fuentes de energía de tal forma que mientras no exista energía de la red del Sistema de Distribución, el sistema aisle las cargas conectadas a él y funcione como una fuente de generación autónoma para dichas cargas, al momento que exista la energía de la red del Sistema de Distribución, el sistema inyectará la energía proveniente de los paneles solares, en caso de que el sistema este alimentado solamente desde la batería el sistema deja de inyectar energía pero se alimentan las cargas desde la energía proveniente de la red del Sistema de Distribución, de tal manera que siempre esta energizada la salida del sistema.

**PALABRAS CLAVES:** Conmutación de fuentes, Sincronización, Inyección, Microcontroladores, Ensamblador, pic16f871.




Ing. Francisco Eugenio Vásquez Calero

Director de Escuela



Ing. Francisco Eugenio Vásquez Calero

Director de Tesis



Pedro Gabriel Vázquez Soliz

Tesista



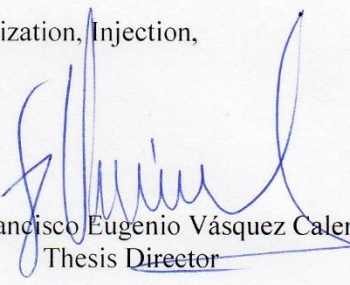
## ABSTRACT


**SWITCHING SYSTEM FOR STAND-ALONE POWER SYSTEM AND  
NETWORK CONNECTED PLANTS**

Due to the increasing demand for electricity, which is still generated by fossil fuels that cause increasing environmental problems, we are seeking for alternatives to the generation and consumption of renewable energy. For this reason, we designed a switching system of energy sources so that when there is no power from the Distribution System, the system isolates the loads connected to it and works as a source of autonomous generation designed for such loads. When power from the Distribution System is reestablished, the system will inject energy from solar panels; if the system is only powered from the battery, the system ceases to inject energy but the loads are fed from the Network Distribution System energy, so that the output system is always energized.

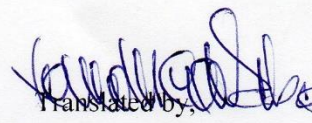
**KEYWORDS:** Source Switching System, Synchronization, Injection, Microcontrollers, Assembler, PIC16F871.

  
Ing. Francisco Eugenio Vázquez Calero  
School Director

  
Ing. Francisco Eugenio Vázquez Calero  
Thesis Director

  
Pedro Gabriel Vázquez Soliz  
Author

  
*Ciudad de los Ríos*  
UNIVERSIDAD DEL  
AZUAY  
DPTO. IDIOMAS

  
Translated by,  
Lic. Lourdes Crespo

Pedro Gabriel Vázquez Soliz

Trabajo de Graduación

Ing. Francisco Eugenio Vázquez Calero

Octubre 2014

## **SISTEMA DE CONMUTACIÓN PARA CENTRALES DE GENERACIÓN AUTÓNOMAS Y CONECTADAS A RED**

### **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad la mayor parte de generación de energía eléctrica es producida mediante combustibles fósiles, que es una fuente de energía no renovable, lo que causa gran daño medioambiental, además de que con el pasar del tiempo este tipo de energía eventualmente se terminará, razón por la cual se tiene que buscar nuevas fuentes de energía, pero que sean renovables y limpias por poner algunos ejemplos: energía eólica, fotovoltaica o hidráulica.

Así mismo el hecho de generar nuestra propia energía eléctrica con un sistema de generación autónoma, es decir que solamente sirva para el propio consumo y que no pueda conectarse a la red eléctrica no es suficiente, de igual manera si se crea una fuente de energía conectada a la red cuando la red dejase de funcionar, no obtendremos energía para el consumo propio, de esta forma surge la necesidad de crear un sistema de conmutación entre una central de generación autónoma y una central de generación conectada a la red.

## CAPÍTULO 1

### SITUACIÓN ENERGÉTICA Y ALTERNATIVAS

#### 1.1.Crisis Energética a nivel Mundial

La obtención y uso de la energía ha sido primordial en el avance económico, científico y social experimentado por la humanidad en los dos últimos siglos; con el avance tecnológico, el ser humano ha ido dependiendo cada vez más de los recursos energéticos, de tal forma que ha empezado a vivir en una sociedad de consumo energético, en la que se utilizan dichos recursos para un mejor confort. Al tener como referente de calidad de vida a los países industrializados, que son los mayores consumistas, los países en vías de desarrollo quieren seguir su modelo; se suma a esto la creciente población que provoca incrementar el consumo de energía.

Figura 1. Sociedad de consumo energético



Fuente: <http://www.nocturnar.com/forum/fotografia/610225-paisajes-de-noche-hd.html>

En la actualidad, la generación de energía en el mundo es proveniente de los combustibles fósiles en aproximadamente un 90%, con el petróleo como fuente principal, estas fuentes son de energía no renovable y que producen gran contaminación, por lo que es importante buscar otras alternativas que permitan el aprovechamiento de recursos locales y restar el impacto ambiental, entre las cuales podemos nombrar:

Energía eólica: Es la energía obtenida con las corrientes de aire.

Energía solar: Son sistemas que aprovechan la radiación solar incidente sobre la tierra para generar energía eléctrica o calórica.

Energía geotérmica: Energía que se obtiene del calor interior de la tierra.

Energía hidráulica: Es obtenida del aprovechamiento de la energía potencial y cinética del agua.

Energía de las olas: Energía obtenida del movimiento del agua en la superficie de los océanos y mares.

Energía del biogás: Gas que se genera por la descomposición de materia orgánica.

Energía a partir del hidrógeno: Se extrae del metanol, que se extrae a su vez del gas metano de las tierras de relleno sanitario, el estiércol de cerdo, la remolacha, etc.

Biocombustibles: Se obtienen a partir de la transformación de materias primas (como soja, girasol, maíz, ricino, palmas, etc.), en aceites vegetales.

Energía nuclear: Una reacción nuclear consiste en la modificación de la composición del núcleo atómico de un elemento, que muta y pasa a ser otro elemento como consecuencia del proceso, lo cual libera energía. La energía nuclear, tiene como principal ventaja que no utiliza combustibles fósiles con lo que no emite a la atmósfera gases tóxicos o de efecto invernadero. <sup>1</sup>

## **1.2.El sistema de Energía Eléctrica Ecuatoriano**

La situación energética en nuestro país no difiere del resto, debido a la gran dependencia de combustibles fósiles para sus diferentes usos, ya sea para el transporte, generación eléctrica o calefacción, por poner unos ejemplos, además que al tener subsidios en dichos combustibles como en sus derivados los hacen atractivos para el contrabando en las regiones fronterizas de los países vecinos.

El consumo de energía eléctrica en el Ecuador es todavía dependiente de la generación térmica y de la importación de Colombia, con los proyectos hidroeléctricos recientemente construidos como Mazar con una potencia instalada de 170MW ubicado en el cantón Sevilla de Oro de la Provincia del Azuay; y los que

---

<sup>1</sup> Fuente: LUCENA BONNY, Antonio. 1998 Energías Alternativas y tradicionales: Sus Problemas ambientales. España. Talasa Ediciones, S. L. 127 páginas.

están en proceso de construcción como: Coca Codo Sinclair con una generación de 1500MW ubicado entre las provincias de Napo y Sucumbíos, Minas San Francisco con una generación de 270MW ubicado en el cantón Pucará de la Provincia del Azuay y en los cantones de Zaruma y Pasaje de la provincia de El Oro, Sopladora con una generación de 487MW ubicado en el cantón Sevilla de Oro de la provincia del Azuay y cantón Santiago de Méndez de la provincia de Morona Santiago, Toachi Pilatón con una generación de 253MW ubicado en las provincias de Pichincha, Santo Domingo de los Tsáchilas y Cotopaxi, entre otros se espera que esta situación cambie, e incluso siendo optimistas se piensa en una posible exportación de la energía producida en hidroeléctricas.

### **1.3. Generación Fotovoltaica**

#### **1.3.1. Energía Solar Fotovoltaica**

La energía solar fotovoltaica es la que obtenemos por medio de arreglos de células solares fotovoltaicas que forman paneles solares fotovoltaicos y son expuestos al Sol. Esta energía es a nivel mundial la más difundida para electrificación en zonas remotas donde la red pública no ha llegado, en un enfoque económico es la más viable para la generación de electricidad en estas zonas.<sup>2</sup>

Figura 2. Célula Solar Fotovoltaica.



Fuente: <http://www.arkiplus.com/las-celulas-solares>

#### **1.3.2. Principio de funcionamiento**

Algunos de los fotones, que provienen de la radiación solar, impactan sobre la primera superficie del panel, penetrando en este y siendo absorbidos por materiales semiconductores, tales como el silicio o el arseniuro de galio.

---

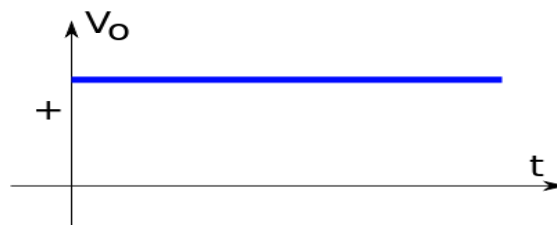
<sup>2</sup> Fuente: <http://www.arkiplus.com/las-celulas-solares>

Los electrones, subpartículas atómicas que forman parte del exterior de los átomos, y que se alojan en orbitales de energía, son golpeados por los fotones (interaccionan) liberándose de los átomos a los que estaban originalmente confinados.

Esto les permite, posteriormente, circular a través del material y producir electricidad. Las cargas positivas complementarias que se crean en los átomos que pierden los electrones, se denominan huecos y fluyen en el sentido opuesto al de los electrones, en el panel solar.

Un conjunto de paneles solares transforman la energía solar (energía en forma de radiación y que depende de la frecuencia de los fotones) en una determinada cantidad de energía eléctrica del tipo de corriente continua, también denominada DC (Corriente Directa).

Figura 3. Representación de la diferencia de potencial, o voltaje DC con respecto al tiempo.



Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Corriente\\_continua](http://es.wikipedia.org/wiki/Corriente_continua)

### 1.3.3. Paneles Solares

Figura 4. Paneles Solares



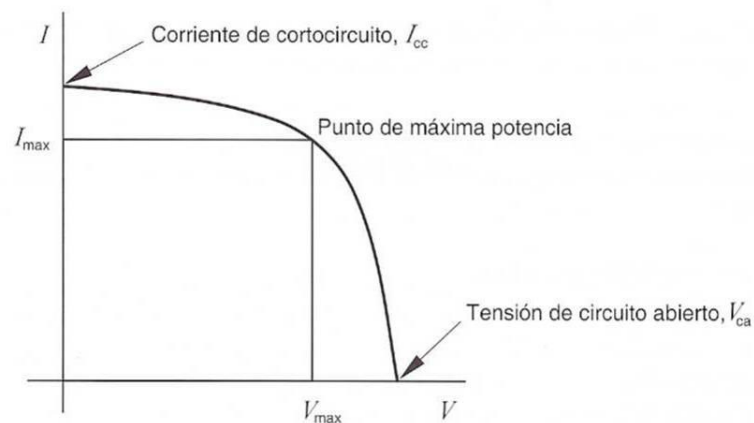
Fuente: <http://aerogeneradores-energia-eolica.blogspot.com/2012/06/que-es-un-panel-solar.html>

La transformación de la energía proveniente de la radiación solar en corriente eléctrica se da mediante el uso de paneles solares o fotovoltaicos. Esta energía radiante es transferida por medio del efecto fotovoltaico directamente a los electrones presentes en cristales de silicio dopado. Debido a este efecto, surge un voltaje eléctrico en consecuencia a la absorción de la radiación ionizante.<sup>3</sup>

### 1.3.3.1. Punto de máxima potencia

Una placa o célula solar puede operar en un amplio rango de voltajes e intensidades de corriente. Esto puede lograrse variando en el circuito eléctrico la resistencia eléctrica por una parte, y por la otra variando la impedancia de la célula desde el valor cero (valor de cortocircuito) a valores muy altos (circuito abierto), determinándose el punto de potencia máxima teórica, es decir, el punto que maximiza  $V$  frente a  $I$ , o lo que es lo mismo, la carga para la cual la célula puede entregar la máxima potencia eléctrica para un determinado nivel de radiación.

Figura 5. Representación del punto de Potencia Máxima del panel solar.



Fuente: <http://www.gobiernodecanarias.org/industria/guia/FOTOVOLTAICA/Guia%20Fotovoltaica%20Final.html>

El punto de potencia máxima de un dispositivo fotovoltaico varía con la iluminación incidente. Para sistemas bastante grandes se puede justificar un incremento en el precio con la inclusión de dispositivos que midan la potencia instantánea por medida continua del voltaje y la intensidad de corriente (y de ahí la potencia transferida), y usar esta información para ajustar, de manera dinámica y en tiempo real, la carga

<sup>3</sup> Fuente: <http://aerogeneradores-energia-eolica.blogspot.com/2012/06/que-es-un-panel-solar.html>

para que se transfiera siempre la máxima potencia posible, a pesar de las variaciones de luz que se produzcan durante el día.

### 1.3.3.2. Selección de los módulos fotovoltaicos

Se selecciona el módulo fotovoltaico con lo cual se tendrán las siguientes características:

- Tipo de Panel
- Modelo
- Potencia pico (Pp)
- Subsidio de alimentación:  $\pm 5\%$
- Tensión de máxima potencia:  $V_{mp}$
- Intensidad de máxima potencia  $I_{mp}$
- Tensión de circuito abierto  $V_{ca}$
- Intensidad de cortocircuito  $I_{cc}$
- La eficiencia del módulo
- Voltaje que soporta
- Dimensión del módulo (L en mm)
- Temperatura de Operación Normal

### 1.3.3.3. Cálculo de los módulos fotovoltaicos

#### 1.3.3.3.1. Número de módulos en serie

El número de módulos en serie viene determinado por el valor entero superior dado por la expresión:

$$N_{ms} = \frac{V_b}{V_{mp}} \text{Ecuación 1}$$

Dónde:



$N_{ms}$  es el número de módulos en serie

$V_b$  es el voltaje nominal de las baterías

$V_{mp}$  es el voltaje de máxima potencia

Para fijar la tensión nominal de la batería hay que tener en cuenta tanto la energía demandada como la potencia demandada.

### 1.3.3.2. Número de ramales en paralelo

El número de ramales en paralelo viene determinado por el valor entero redondeado por la expresión:

$$N_{rp} = \frac{E_{gf(md)}}{h.s.p_{(md)} * P_{nb}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

$N_{rp}$  es el Número de ramales en paralelo

$E_{gf(md)}$  es la energía diaria media mensual que debe aportar el generador fotovoltaico en el mes más desfavorable

$h.s.p_{(md)}$  es la cantidad de horas sol pico para la inclinación del panel.

$P_{nb}$  es la potencia nominal de las baterías.

$$P_{nb} = I_{mp} * V_{nb} \quad \text{Ecuación 3}$$

Dónde:

$V_{nb}$  es el voltaje nominal de las baterías

$I_{mp}$  es la intensidad de máxima potencia

Luego el número total de módulos es:

$$N_{tm} = N_{ms} * N_{rp} \quad \text{Ecuación 4}$$

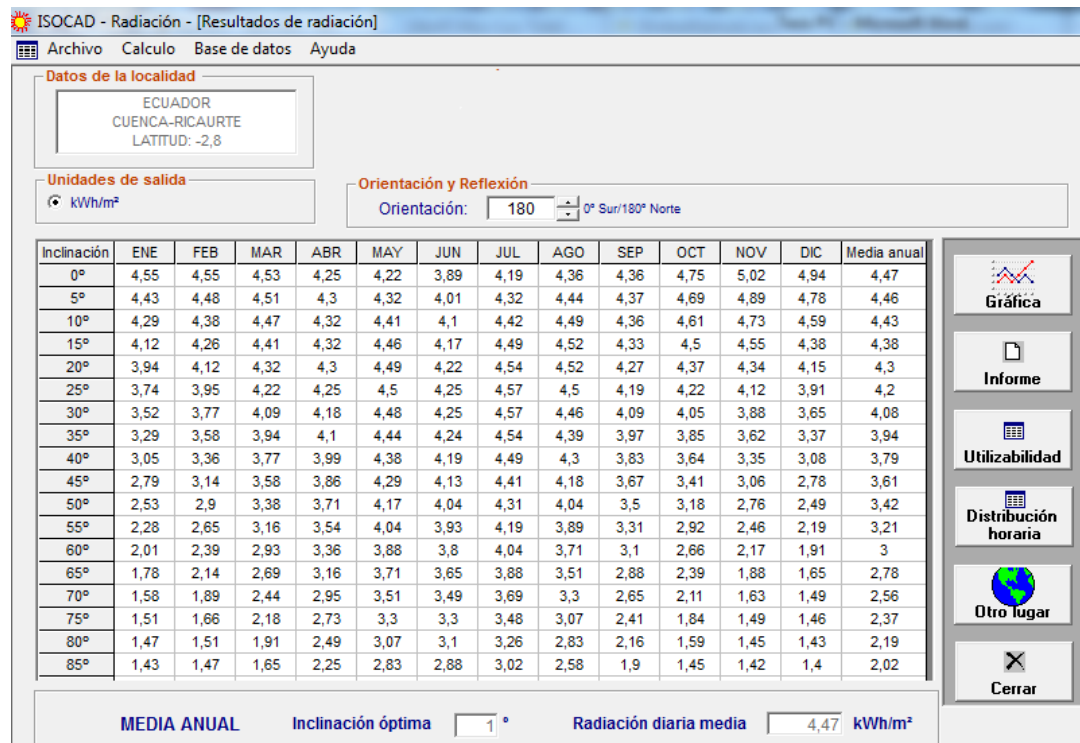
Dónde:

$N_{tm}$  es el número total de módulos fotovoltaicos.

$N_{ms}$  es el número de módulos en serie

$N_{rp}$  es el Número de ramales en paralelo

Figura 6. Radiación media Mensual calculada con el programa ISOCAD - Radiación



Fuente: Programa “ISOCAD – Radiación”

Todos los paneles solares son instalados a una inclinación determinada sobre la horizontal para un mejor aprovechamiento de la radiación, con la ayuda del software “ISOCAD - Radiación” y colocando como referencia a Cuenca se obtiene la Figura 6, pero debido a factores de suciedad comúnmente en el Ecuador se escoge un ángulo de 15° con orientación norte.

El campo fotovoltaico tendrá las siguientes características en condiciones estándar:

- Potencia pico en configuración paralela =  $N_{rp} * \text{Potencia pico de cada panel [Wp]}$
- Intensidad de cortocircuito =  $N_{rp} * \text{Intensidad de Corto Circuito [A]}$
- Tensión de circuito abierto =  $N_{ms} * \text{Tensión de circuito abierto del panel solar [V]}$
- Intensidad de máxima potencia =  $N_{rp} * \text{Intensidad de máxima potencia del panel solar [A]}$

- Tensión de máxima potencia =  $N_{ms}$  \* Tensión de máxima potencia del panel solar [V]<sup>4</sup>

#### 1.3.4. Sistemas de Almacenamiento de Energía

Los paneles solares fotovoltaicos instalados siempre se encuentran disponibles para la generación de energía eléctrica, sin embargo depende de factores externos a ellos como es la presencia variable de la radiación solar debido al ciclo diario (días y noches) al ciclo anual de las estaciones y a la variación atmosférica (días nublados, lluviosos, claros, etc.); por esta razón es necesario instalar un sistema de almacenamiento de energía o también llamados acumuladores para compensar los días no favorables para la radiación solar o la ausencia de la misma.

El acumulador almacena energía en forma de energía potencial química, transformándola en energía eléctrica capaz de cumplir con las siguientes funciones:

- Suministrar energía para alimentar los consumos durante varios días independientemente de la producción eléctrica de los módulos fotovoltaicos en ese momento.
- Mantener un nivel de tensión estable dentro de un cierto rango independientemente de que el generador solar funcione en ese momento o no.
- Es capaz de suministrar una potencia igual a la que el generador solar podría dar en un momento propicio.

Al utilizar acumuladores existen una serie de inconvenientes como son:

- No toda la energía que se almacena en un acumulador puede ser retirada después en el proceso de descarga, perdiendo su capacidad de almacenamiento progresivamente.
- La vida útil del acumulador disminuye con el uso debido a que ésta se mide en ciclos y no en tiempo. Un ciclo es el proceso completo de carga y de descarga.

---

<sup>4</sup> **STYLE**, Oliver. 2012. Energía Solar Autónoma: Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo. España. Oliver Style. 166 páginas.

La elección del sistema de acumulación de un sistema de Generación fotovoltaico siempre es una combinación entre lo económico y lo técnico, tomando en cuenta siempre la confiabilidad y la vida de la instalación.

La importancia de un sistema de acumulación de energía electroquímica dentro de la instalación de un sistema de generación fotovoltaica radica en su utilización, de esta forma podemos dividirlo en tres clases:

Instalaciones autónomas, en las que el principal consumo se presenta en horas que existe poca o ninguna presencia de radiación solar. En este caso el acumulador es de vital importancia dentro de la instalación.

Instalaciones fotovoltaicas, en las que el principal consumo se presenta en horas que existe radiación solar, por lo cual el acumulador trabaja menos ya que existe una potencia aprovechada directamente desde el generador fotovoltaico. En este caso el acumulador puede ser de menor importancia dentro de la instalación.

En instalaciones fotovoltaicas, en las que el sistema de acumulación de energía no es necesario dentro del sistema, debido a que no se almacena en forma de energía electroquímica.

#### 1.3.4.1.El acumulador

Figura 7. Acumuladores



Fuente: [http://www.supercapturador.com.mx/reciclado\\_baterias\\_acumuladores.php](http://www.supercapturador.com.mx/reciclado_baterias_acumuladores.php)

El acumulador es un dispositivo compuesto por elementos activos que convierten directamente la energía química en energía eléctrica mediante una reacción electroquímica de reducción-oxidación (redox).

Existen dos tipos de acumuladores, los cuales son:

- Acumulador que sólo se descarga. Se conocen como pilas y no se lo puede recargar.
- Acumulador que se puede recargar luego de una descarga. Se conocen como baterías.

### 1.3.4.2.Las baterías

Figura 8. Baterías



Fuente: <http://www.baterias-chile.cl/>

Las baterías según su régimen de funcionamiento se dividen en:

- De ciclo o descarga superficial. Batería compuesta de placas pequeñas que no puede soportar mucha descarga antes de llegar a un nivel bajo de carga. Estas baterías permiten una descarga rutinaria de hasta un 15 o 20% de su capacidad sin presentar un deterioro apreciable.
- De ciclo o descarga profunda. Batería con grandes placas que pueden soportar mucha descarga antes de llegar a un nivel bajo de carga. Estas baterías permiten una descarga de hasta un 80% de su capacidad sin presentar un deterioro apreciable.

Las baterías para uso fotovoltaico son de ciclo o descarga profunda. Los ciclos continuos de carga y descarga de una batería hacen que ésta pierda capacidad con el tiempo, debido a que se va perdiendo material activo. Se considera que la batería ha

llegado a su límite de vida útil cuando su capacidad se ha reducido al 80% de la nominal.

En la actualidad, las baterías más utilizadas son las de plomo-ácido debido a su bajo costo. Hay dos tipos fundamentales de estas baterías:

- Plomo-ácido líquido (abiertas). Se les debe añadir agua destilada periódicamente.
- Baterías de gel selladas VRLA (Valve Regulated Lead Acid o Válvula de plomo-ácido regulada en español). Son mucho más robustas que las de plomo-ácido líquidas, no precisan mantenimiento (no hay que rellenar el electrolito), necesitan menos energía para ser recargadas, permiten más profundidad de descarga, son más transportables, pero también son más caras y hay que tener en cuenta que no se puede superar su tensión de carga porque da lugar a la gasificación, por lo cual actúa la válvula de seguridad, se secan y se deterioran.

#### **1.3.4.2.1. La capacidad de una batería.**

La capacidad de una batería se mide en amperios hora (Ah) relacionado siempre a un determinado tiempo (horas) de descarga. La capacidad nominal es la multiplicación de la intensidad de descarga por la cantidad en horas que ésta actúa.

Por ejemplo: Si la batería tiene 300 Ah C<sub>20</sub> (el 20 debajo de la C significa a 20 horas) significa hay disponibles 15 amperios durante 20 horas de descarga.

Normalmente la capacidad nominal de una batería viene determinada por el fabricante bajo determinadas condiciones de operación. Una vez que el acumulador se encuentre instalado, las condiciones de trabajo pueden ser distintas lo cual hay que tomar en consideración.

Para el cálculo de la capacidad requerida en una instalación fotovoltaica se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$C = \frac{E_{día} * \eta}{V_b * PD_{máx} * \eta_{inv} * \eta_{bat}} \text{Ecuación 5}$$

Dónde:

- C es la capacidad

- $E_{\text{día}}$  es el consumo energético de un día.
- $n$  es el número de días de autonomía sin irradiación solar.
- $V_b$  es el voltaje total de las baterías instaladas (normalmente 12V o 24V)
- $PD_{\text{máx}}$  es la profundidad de descarga máxima.
  - 0,6-0,8 Baterías de alto volumen de electrolito.
  - 0,4-0,5 Baterías tipo monobloque.
  - 0,2-0,3 Baterías de arranque (automóviles).
- $\eta_{\text{inv}}$  es la eficiencia del inversor
- $\eta_{\text{bat}}$  es la eficiencia de la batería en el proceso de descarga (generalmente 0,8).

Para obtener tanto tensiones de trabajo como capacidad requerida para una determinada instalación se pueden disponer arreglos de baterías, ya sea en serie, paralelo o la combinación de ambas.

Para el cálculo del número de baterías conectadas en serie, se puede utilizar la siguiente formula:

$$\# \text{ de baterías en serie} = \frac{\text{Voltaje del Sistema de acumulación de Energía}}{\text{Voltaje de cada batería}} \text{Ecuación 6}$$

Así mismo, para el tiempo de disponibilidad de horas de descarga se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$t = \# \text{ de días de Autonomía} * \text{Horas de consumo diario} \text{Ecuación 7}$$

Con lo que la Ecuación 5 quedaría:

$$C_t = \frac{E_{\text{día}} * n}{V * PD_{\text{máx}} * \eta_{\text{inv}} * \eta_{\text{bat}}} \text{Ecuación 8}$$

Para cambiar el valor de  $C_t$  sabemos que:

$$C_{100} = 1,25 * C_{10} \text{Ecuación 9}$$

Por lo que para cambiar de cualquier valor de  $C_t$  a  $C_{100}$  y a  $C_{10}$  utilizaremos una regla de tres simple de la siguiente manera:

$$\frac{90}{100 - t} = \frac{25\%}{x}$$

Entonces tenemos:

$$x = \frac{(100-t) \cdot 25\%}{90} \text{Ecuación 10}$$

El resultado nos da en porcentaje (%) lo cual dividimos para 100 para obtener un valor decimal y este nuevo valor de “x” se utiliza para la siguiente ecuación:

$$C_{100} = (1 + x) * C_t \text{Ecuación 11}$$

Y para obtener el valor en  $C_{10}$  usaremos la Ecuación 9 y se elige la batería a utilizarse.

#### 1.3.4.2.2. Profundidad de descarga de las baterías

Hace referencia a los Ah (Amperios hora) extraídos del acumulador plenamente cargado y está expresado en un porcentaje de la capacidad nominal. Su opuesto es el estado de carga, que es la capacidad disponible de la batería también expresada como un porcentaje de la capacidad nominal.

Un típico requerimiento en las condiciones de trabajo de un acumulador solar comprende la descarga diaria entre el 10% y el 25% de su capacidad y un 70% u 80% de descarga una o dos veces al año.

#### 1.3.5. Regulador de Carga

Figura 9. Regulador de Carga



Fuente: <http://www.tutiendasolar.es/Reguladores-de-carga-con-led-Regulador-Dres-RSP12-10-12V-10A-Sunstar.html>



La principal misión del regulador es la de administrar la corriente eléctrica que absorbe o entrega a la batería o grupo de baterías, esto lo logra vigilando continuamente el ciclo de carga y descarga de las baterías. El regulador siempre es recomendable para la seguridad y protección del sistema de almacenamiento de energía.

Su labor consiste en evitar sobrecargas y sobredescargas en las baterías, de tal manera que si las baterías están totalmente cargadas y el panel recibe radiación, éste intentará inyectar energía en la batería sobrecargándola, para evitar esto el regulador corta esta inyección de energía. En el caso contrario, si el acumulador está bajo de carga y se intenta seguir extrayendo energía, el regulador corta el suministro de energía protegiendo así la batería.

La programación interna proporciona un control capaz de adaptarse a las distintas situaciones de forma automática, y son muchos los reguladores que permiten la modificación fácil de sus parámetros de funcionamiento.

Existen dos tipos de reguladores según su configuración de funcionamiento: el regulador paralelo y el regulador serie.

El regulador paralelo (shunt) desvía hacia un dispositivo de baja resistencia la energía del generador fotovoltaico cuando las baterías se encuentran totalmente cargadas. Este regulador no se utiliza en sistemas grandes ya que disipar una potencia eléctrica grande acarrea problemas técnicos y económicos.

El regulador serie desconecta el generador solar del sistema de acumulación, por lo cual no existe disipación de potencia eléctrica; es decir, interrumpe el circuito entre los paneles y la batería.

Conviene tener en cuenta tres puntos:

- Al manipular las conexiones del regulador, aunque la radiación solar sobre los paneles fotovoltaicos sea mínima, lo más seguro es que exista tensión en el circuito de los paneles.
- No todos los reguladores son iguales, ni se instalan de la misma manera, ni realizan su función utilizando la misma metodología. Por ello, no se comienza a conectar un regulador fotovoltaico sin antes estar totalmente seguro de haber entendido las instrucciones de instalación y operación del equipo.

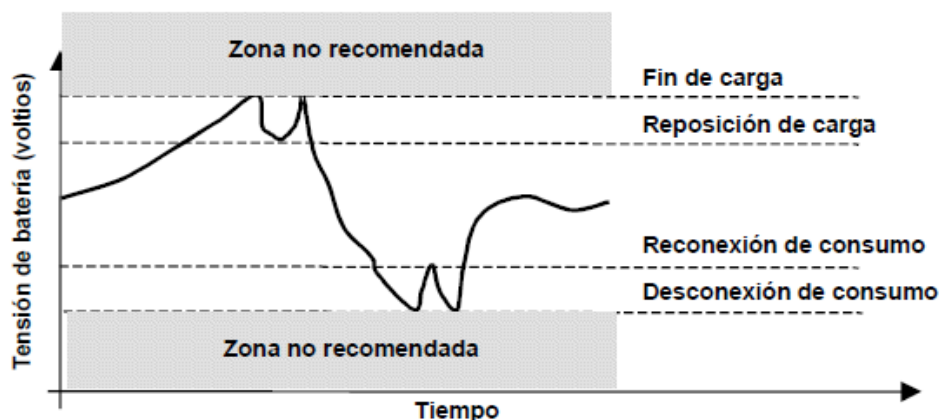
- En el hipotético caso de que no se disponga de instrucciones para la conexión del regulador, se tendrá siempre en cuenta que lo primero en conectar y lo último en desconectar es la línea regulador/baterías.

### 1.3.5.1. Límites de carga

Para evitar descargas profundas en las baterías, el suministro de energía a las cargas se interrumpe cuando el voltaje de la batería cae por debajo de un cierto límite, llamado “voltaje de desconexión de consumo”. El suministro no debe reanudarse hasta que la batería alcance otro límite más alto, conocido como “voltaje de reconexión de consumo”. En un sistema de 12 Vcc, a 25 °C, la desconexión suele darse entre 11,1 V y 11,4 V. En uno de 24 Vcc entre 22,2 V y 22,8 V. Y en sistemas de 48 Vcc entre 44,4 Vcc y 45,6 Vcc.

Es necesario también proteger las baterías contra sobrecargas, por lo que debe limitarse la corriente de carga cuando el voltaje alcanza un cierto límite, llamado “voltaje de fin de carga”. Dicha corriente no debe restablecerse hasta que el voltaje caiga por debajo de otro límite, denominado “voltaje de reposición de carga”. Depende del sistema empleado y del acumulador, pero en un sistema de 12 Vcc, a 25 °C, la desconexión suele darse entre los 13,7 V y 14,4 V. En uno de 24 Vcc entre 28,7 V y 29 V. Y en sistemas de 48 Vcc entre 57 Vcc y 58 Vcc.<sup>5</sup>

Figura 10. Límites de Carga de una batería



Fuente: <http://www.mansur-solar.com/productos/controlador.php>

<sup>5</sup> **Mansur Solar.** Controlador de Cargador de Batería. <<http://www.mansur-solar.com/productos/controlador.php>>.

## Convertidores

Figura 11. Convertidores



Fuente: [http://www.vxipower.com/product\\_pdetail\\_24V-INPUT---AJ-SERIES-PURE-SINEWAVE-INVERTER\\_177.htm](http://www.vxipower.com/product_pdetail_24V-INPUT---AJ-SERIES-PURE-SINEWAVE-INVERTER_177.htm)

Su función es adecuar las características de la energía generada o acumulada a las demandadas por las aplicaciones de la instalación, según su demanda se pueden clasificar en:

- Convertidor CC/CC, que convierte el nivel de voltaje generado o acumulado en Corriente Continua (CC), al voltaje que necesitan determinadas aplicaciones en Corriente Continua.
- Convertidor CC/CA o inversor, que convierte la energía generada o almacenada en forma de Corriente Continua a Corriente Alterna (CA), Existen dos tipos de inversores: Los inversores autónomos o aislados y los inversores con conexión a la red eléctrica.

### 1.3.5.2.El inversor autónomo

El inversor autónomo es el que se utiliza en instalaciones fotovoltaicas alejadas de la red eléctrica. Este inversor se conecta al sistema de acumulación, es decir, se conecta a las baterías. El inversor autónomo es muy útil en sectores como: electrificación

rural autónoma, telecomunicaciones, náutica, vehículos de transporte, sistemas de emergencia, y en general donde se disponga de un sistema de acumulación y sea necesaria la corriente alterna convencional.

A la hora de diseñar, calcular o elegir el inversor es necesario tener presente que hay que introducir en los cálculos la eficiencia de esta transformación energética. Este inversor debe incorporar un circuito de arranque automático que detecte cuándo se conecta un consumo. Mientras se encuentre en estado de espera y no esté alimentando ninguna carga, el convertidor consume muy poca energía.

La potencia del inversor y el tiempo que esté funcionando deben estar acorde con la capacidad nominal del acumulador o baterías. Generalmente en las baterías ácidas: cuanto más corto es el tiempo de descarga, más pequeña es la cantidad de energía disponible. Por ello se debe elegir un sistema de acumulación de acuerdo al inversor y viceversa.

También se debe seleccionar el inversor de acuerdo a las características de los consumos a alimentar, los cuales pueden ser de dos tipos: Las cargas resistivas y las cargas inductivas.

Las cargas resistivas son aquellas en las que la electricidad produce calor o luz, y las cargas inductivas son las que generan movimiento. Estas últimas necesitan una mayor cantidad de energía para hacerlas arrancar que para mantenerlas en funcionamiento; este aumento de energía demandada debe ser tenido en cuenta a la hora de elegir el convertidor, dado que el convertidor ha de ser capaz de entregar la potencia requerida en este instante.

En el mercado se encuentra disponible una amplia gama de inversores:

- Inversores de onda cuadrada, especialmente indicados para cargas resistivas. Son los de más bajo costo.
- Inversores de onda senoidal, indicados para cualquier aparato eléctrico, suministran una corriente alterna de gran calidad. Son los de más alto costo.
- Inversores de onda cuadrada modificada o senoidal modificada. Se encuentran entre los dos anteriores, tanto en calidad de la onda suministrada como en precio.

En cuanto a la ubicación física se refiere, en primer lugar hay que tomar en cuenta las especificaciones dadas por el fabricante. También tener presente que la temperatura del lugar en donde va a ser instalado este equipo debe ser menor de 40°C, en un lugar seco y protegido de la intemperie. Es importante que no queden cubiertas las rejillas de ventilación. Y siempre hay que colocarlo lo más próximo posible a las baterías debido a la caída de tensión que se podría dar en los cables de comunicación, pero tiene que quedar libre de la emisión de gases de las baterías.

La sección de los conductores entre batería y convertidor debe ser la adecuada en función de la longitud de la línea. En caso contrario, supondría grandes caídas de tensión si no se utilizan secciones correctas, reduciendo el rendimiento e incluso dañando el convertidor si no tuviera protección por baja tensión de alimentación.<sup>6</sup>

### **1.3.5.3.El inversor de conexión a red**

El inversor de conexión a red es el encargado de proporcionar corriente alterna senoidal a partir de la energía entregada por los paneles fotovoltaicos. La energía que entrega este inversor se encuentra sincronizada con la existente en la red de abastecimiento.

Los sistemas fotovoltaicos de pequeño tamaño deben desconectarse de la red cuando empeore la calidad de ésta. En sistemas fotovoltaicos de gran tamaño, la compañía eléctrica puede preferir que no se desconecten, ya que en ocasiones éstos ayudan a superar la perturbación eléctrica.

La forma de onda de la corriente eléctrica de la salida del inversor debe ser lo más senoidal posible minimizando el contenido de armónicos inyectados en la red convencional.

#### **1.3.5.3.1. Selección de la potencia del inversor fotovoltaico de conexión a red**

Para la selección de un inversor en instalaciones fotovoltaicas de conexión a red, habrá que elegir un convertidor cuya potencia sea ligeramente menor que la máxima

---

<sup>6</sup> **ROLDÁN VILORIA**, José. 2012. Necesidades energéticas y propuestas de instalaciones solares. España. Paraninfo. 272 páginas. Primera edición.

del campo fotovoltaico. Se recomienda que la potencia nominal del inversor sea entre un 15% y un 20% menor que la potencia pico del campo fotovoltaico.

Esto es así por las siguientes razones:

- El campo fotovoltaico pocas veces entrega su potencia pico debido a que ésta es medida en condiciones muy favorables de insolación y temperatura (1000 W/m<sup>2</sup> y 25°C). Normalmente o la intensidad de radiación no es tan alta o la temperatura de la célula o panel es mayor.
- La potencia nominal del inversor es un dato referido a la salida del mismo, y lógicamente para que el inversor entregue esa potencia ha de demandar una potencia mayor del campo fotovoltaico.

Respecto a la eficiencia del inversor cuando trabaja a cargas parciales, este tipo de aparatos suelen mantener eficiencias de transformación aceptables.

#### **1.3.5.3.2. Seguimiento del punto de máxima potencia**

El inversor fotovoltaico de conexión a red debe incorporar un dispositivo electrónico denominado MPPT o seguidor del punto de máxima potencia, que tiene la misión de extraer (en todo momento) la máxima potencia disponible del generador para inyectarla en la red, esto debido a que la potencia entregada por los paneles solares va a cambiar dependiendo de la cantidad de luz solar que reciben y de la temperatura de trabajo.

#### **1.3.5.3.3. Conexión a tierra**

En los sistemas fotovoltaicos conectados a red existen ciertas dudas sobre la conexión a tierra, mismas que se explican a continuación.

- La existencia de una puesta a tierra para conducir las corrientes de fuga o inducidas.
- La estructura soporte del generador fotovoltaico debe encontrarse conectada a un sistema de puesta a tierra independiente de la del neutro de la red para garantizar el camino para una descarga atmosférica accidental.

- Un sistema fotovoltaico correctamente instalado no representa un elemento adicional de atracción de rayos en un edificio.

Incluso en pequeñas instalaciones, la seguridad es materia no negociable. El aislamiento y la separación galvánica entre la red y el generador fotovoltaico son esenciales. El sistema fotovoltaico también incorpora dispositivos de protección como fusibles, seccionadores, varistores y relés de tensión. Los varistores son dispositivos de protección contra sobretensiones producidas por descargas atmosféricas. Son aislantes hasta que llegan a la tensión a la que han sido seteados, entonces se convierten en conductores. Después de su actuación quedan inutilizados y hay que sustituirlos.

#### **1.3.5.3.4. Factor de potencia**

La instalación de generadores fotovoltaicos domésticos puede aumentar la demanda de potencia reactiva de la vivienda. Este hecho es significativo para la compañía eléctrica, ya que normalmente no factura el consumo de potencia reactiva a este tipo de usuarios, es decir cobra por energía activa a un usuario mientras le tiene que suministrar energía reactiva sin cargo alguno, la forma de compensar esto es que el factor de potencia sea lo más cercano a 1 en los sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

Las normas ANSI/IEEE 929 (1988) y CEI 1727 (1995) establecen un factor de potencia inductivo mayor a 0.85 para sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

#### **1.3.5.3.5. Protección**

En las instalaciones fotovoltaicas de conexión a red, si se detiene el suministro eléctrico convencional, se detiene en ese mismo momento y por completo el suministro eléctrico solar. No existe la posibilidad de que funcione el generador fotovoltaico si no está funcionando la línea de abastecimiento eléctrico convencional.

Esto último es lo que se denomina protección por desconexión de la red, y representa una seguridad absoluta para trabajadores y electricistas en el caso de que la compañía eléctrica desconecte la red o haga alguna intervención por motivos de mantenimiento.

Se debe cumplir la reglamentación vigente para la desconexión del equipo en caso de anomalía. Desconexión automática en el caso de que se produzcan situaciones anormales tales como corte o micro-corte de la red, variaciones de frecuencia, subidas o bajadas de tensión fuera del rango admisible o distorsiones de la forma de la onda.

Normalmente, una instalación fotovoltaica conectada a red está “esclavizada” por la red (siguiendo siempre a ésta). La red controla la frecuencia del sistema eléctrico y la instalación fotovoltaica se acoplará a ella.

### 1.3.6. Cableado

La sección de los conductores se calcula de acuerdo a la norma americana IEC, según los siguientes criterios:

- Intensidad máxima admisible.
- Máxima caída de tensión.

En el cálculo de la intensidad máxima admisible se introduce un factor de corrección de 0,8 por los conductores bajo tubo y 0,92 por la temperatura del terreno cuando se ve afectada por ésta, utilizándose las siguientes expresiones:

CORRIENTE CONTINUA:

$$\text{Caída de tensión: } \Delta V = \frac{2 * L * I}{c * S} \text{ Ecuación 12}$$

$$\text{Intensidad: } I = \frac{P}{V} \text{ Ecuación 13}$$

CORRIENTE ALTERNA MONOFÁSICA.

$$\text{Caída de tensión: } \Delta V = \frac{2 * L * I * \cos \varphi}{c * S} \text{ Ecuación 14}$$

$$\text{Intensidad: } I = \frac{P}{V * \cos \varphi} \text{ Ecuación 15}$$

Dónde:

$\Delta V$  es la caída de tensión (V).

V es latensión nominal (V).



I es la Intensidad (A).

L es la longitud de la línea (m).

s es la Sección del conductor del conductor en mm<sup>2</sup>.

c es la Conductividad que para el cobre es 56, y para el aluminio es 35.

Se supondrá un  $\cos \varphi$  (factor de potencia) de 0.9 para los cálculos.<sup>7</sup>

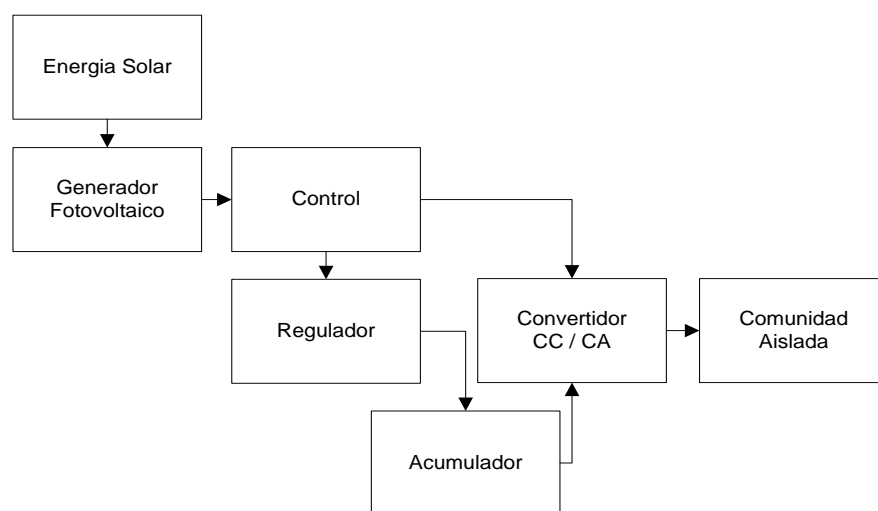
#### 1.4. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos

También se los llama sistemas fotovoltaicos autónomos, son las instalaciones que carecen de conexión con la red eléctrica, siendo la instalación fotovoltaica más común, tanto en la instalación doméstica como de alumbrado, bombeo o de telecomunicaciones.

Dentro de estos sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar en sistemas con acumulación y sistemas de conexión directa.

##### 1.4.1. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos con Acumulación

Figura 12. Esquema de un sistema fotovoltaico autónomo con acumulación



Fuente: Autor

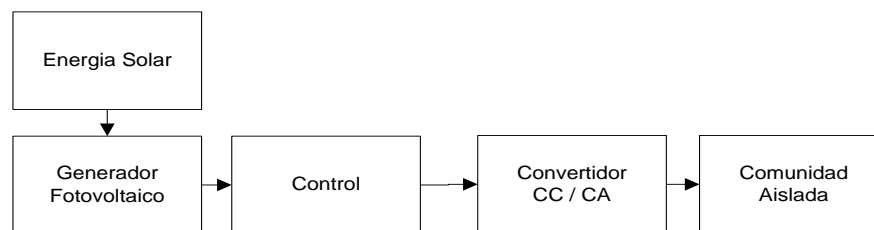
<sup>7</sup> **STYLE**, Oliver. 2012. Energía Solar Autónoma: Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo. España. Oliver Style. 166 páginas. Primera edición.

Los sistemas fotovoltaicos autónomos con acumulación son los que están conectados a las baterías, lo cual permite el suministro eléctrico en periodos de poca o nula radiación solar.

Según su consumo puede haber instalaciones con elementos de consumo de corriente alterna, elementos de consumo de corriente continua y elementos de consumo tanto de corriente alterna como de corriente continua simultáneamente.

#### 1.4.2. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos con Conexión Directa.

Figura 13. Esquema de un sistema fotovoltaico autónomo con conexión directa



Fuente: Autor

Los sistemas fotovoltaicos autónomos con conexión directa no disponen de baterías, de tal forma que solamente se dispondrá de corriente eléctrica en los periodos que se disponga de radiación solar, razón por la cual las interrupciones o variaciones del suministro eléctrico no deben ser importantes en esta clase de sistemas.

Los Sistemas Fotovoltaicos Autónomos pueden tener diferentes aplicaciones, siendo las más comunes la electrificación doméstica y los sistemas de bombeo.

La electrificación doméstica es la utilización más común de la energía solar fotovoltaica, especialmente en casos de viviendas alejadas de la red eléctrica.

Las instalaciones domésticas también pueden dividirse en instalaciones fotovoltaicas dispersas y centralizadas.<sup>8</sup>

#### 1.4.3. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos Dispersos

Los sistemas fotovoltaicos autónomos dispersos son aquellos en los que cada vivienda está alimentada por un generador fotovoltaico. Este sistema se utiliza

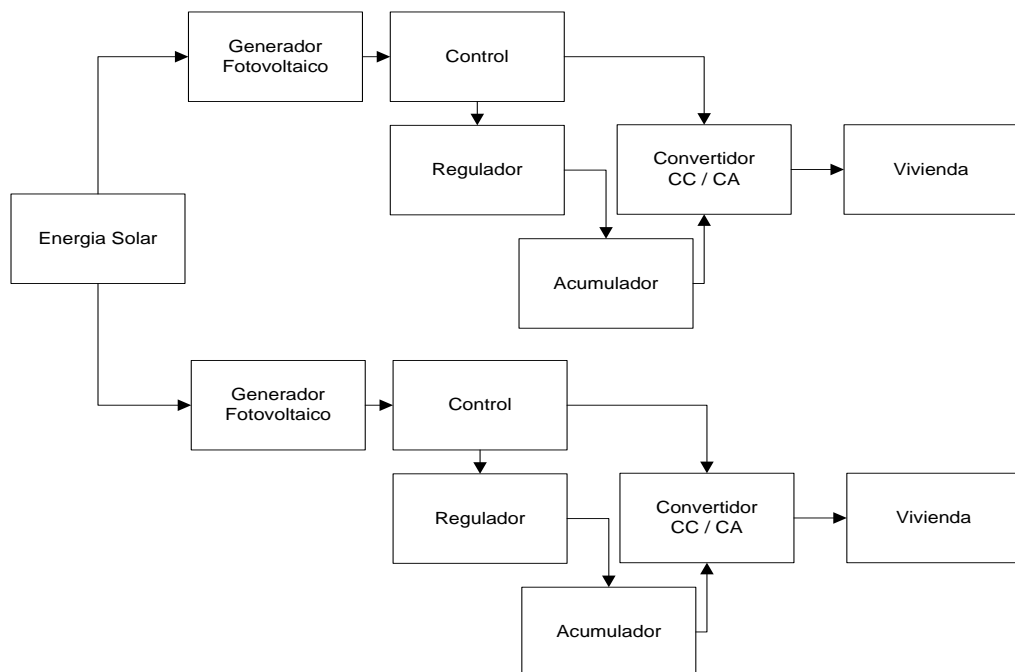
<sup>8</sup> **ROLDÁN VILORIA**, José. 2012. Necesidades energéticas y propuestas de instalaciones solares. España. Paraninfo. 272 páginas. Primera edición.

cuando existen problemas para la electrificación de un grupo de viviendas a través de una línea general ya sea por dificultades del tipo económico o del tipo técnica. La principal ventaja de este sistema es la independencia de diseño y posteriormente su mantenimiento.

#### 1.4.4. Sistemas Fotovoltaicos Autónomos Centralizados

Los sistemas fotovoltaicos autónomos centralizados son aquellos en las que un único generador fotovoltaico alimenta a un grupo de viviendas. Las ventajas que se presenta en este tipo de sistema son que tanto las baterías como el número de módulos fotovoltaicos se reducen, así como también que solamente es necesario un inversor y que se unifican las tareas de mantenimiento. Las principales desventajas son el encarecimiento de la instalación por la necesidad de tendido de red eléctrica para que el generador fotovoltaico se conecte con todas y cada una de las viviendas, así como también que en un mantenimiento del sistema todas las viviendas se quedarán sin alimentación de red eléctrica.<sup>9</sup>

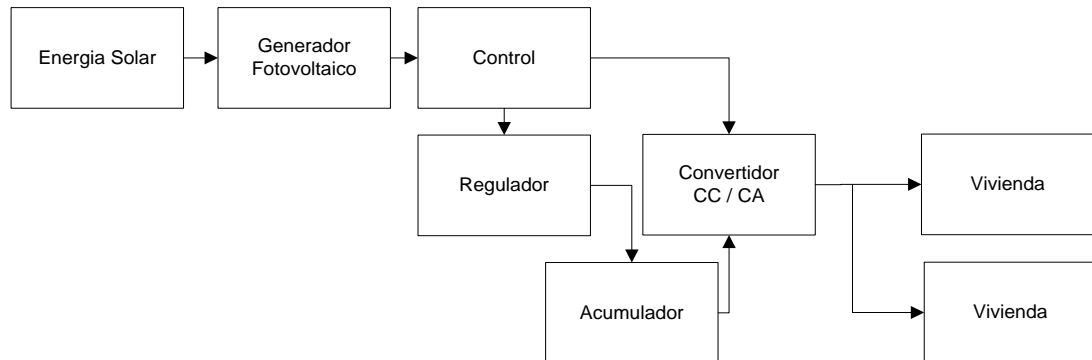
Figura 14. Esquema de un sistema fotovoltaico autónomo Disperso



Fuente: Autor

<sup>9</sup> **ROLDÁN VILORIA**, José. 2012. Necesidades energéticas y propuestas de instalaciones solares. España. Paraninfo. 272 páginas. Primera edición.

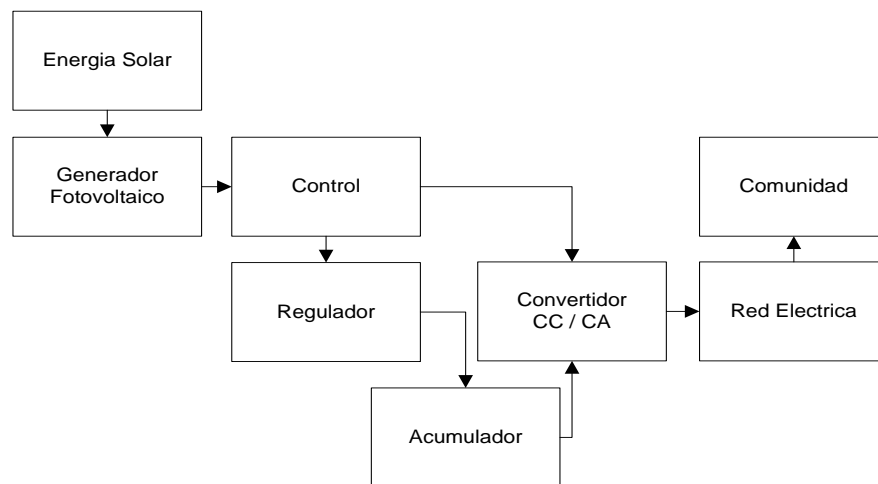
Figura 15. Esquema de un sistema fotovoltaico autónomo Centralizado



Fuente: Autor

### 1.5.Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Red

Figura 16. Esquema de un sistema fotovoltaico conectado a red



Fuente: Autor

Los sistemas fotovoltaicos conectados a red son las instalaciones en las que la energía generada por el campo fotovoltaico se vierte en su totalidad a la red de electrificación.

Estos sistemas no poseen baterías ni reguladores de voltaje, se componen únicamente de los módulos fotovoltaicos, y del inversor. Los módulos fotovoltaicos son los

mismos de una instalación autónoma, sin embargo los inversores deben tener las siguientes características:

- Disponer de un sistema de medida de energía entregada y consumida.
- Ser capaz de interrumpir o reanudar el suministro en función de la energía brindada por los paneles.
- Adaptar la corriente alterna producida por el inversor a la fase de la energía de la red de electrificación.

Un punto a tomar en cuenta en toda instalación fotovoltaica es que la producción eléctrica del generador fotovoltaico es directamente proporcional a la energía solar incidente y que siempre se produce energía aun cuando el día esté más o menos nublado.<sup>10</sup>

---

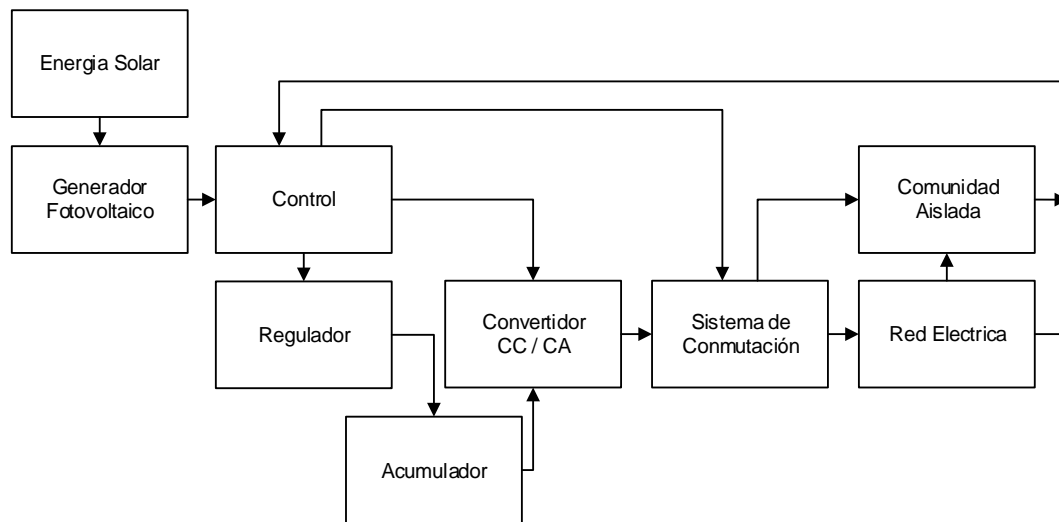
<sup>10</sup> **ROLDÁN VILORIA**, José. 2012. Necesidades energéticas y propuestas de instalaciones solares. España. Paraninfo. 272 páginas. Primera edición.

## CAPÍTULO 2

### DISEÑO DEL SISTEMA

Construcción de un modelo a escala de un sistema de Regulación e Inversión de energía fotovoltaica, conmutación de fuentes de energía entre: la Red Eléctrica y la fuente de Energía Fotovoltaica de tal forma que mientras exista energía eléctrica de la Red, la energía fotovoltaica generada sea inyectada hacia la Red; caso contrario, se aíse a la comunidad y la fuente de energía eléctrica sea la fotovoltaica, dejando de esta forma a la energía fotovoltaica como fuente en caso de emergencia.

Figura 17. Diagrama de bloques del sistema

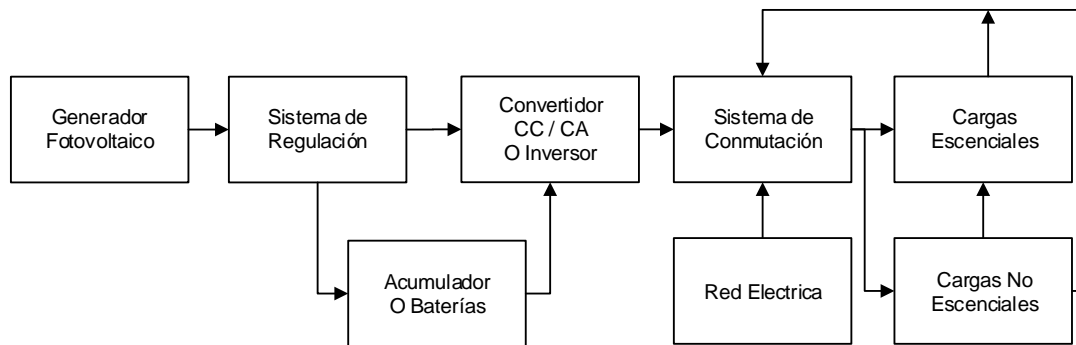


Fuente: Autor

#### 2.1. Diseño de Hardware

El hardware ha sido diseñado conforme a las necesidades de cada una de las partes del proyecto como son la inversión de corriente (es decir pasar de corriente continua a corriente alterna), El sistema de regulación para la carga de baterías o el sistema de control en general.

Figura 18. Diagrama de bloques del hardware



Fuente: Autor

## 2.2. Inversión de Corriente Alterna

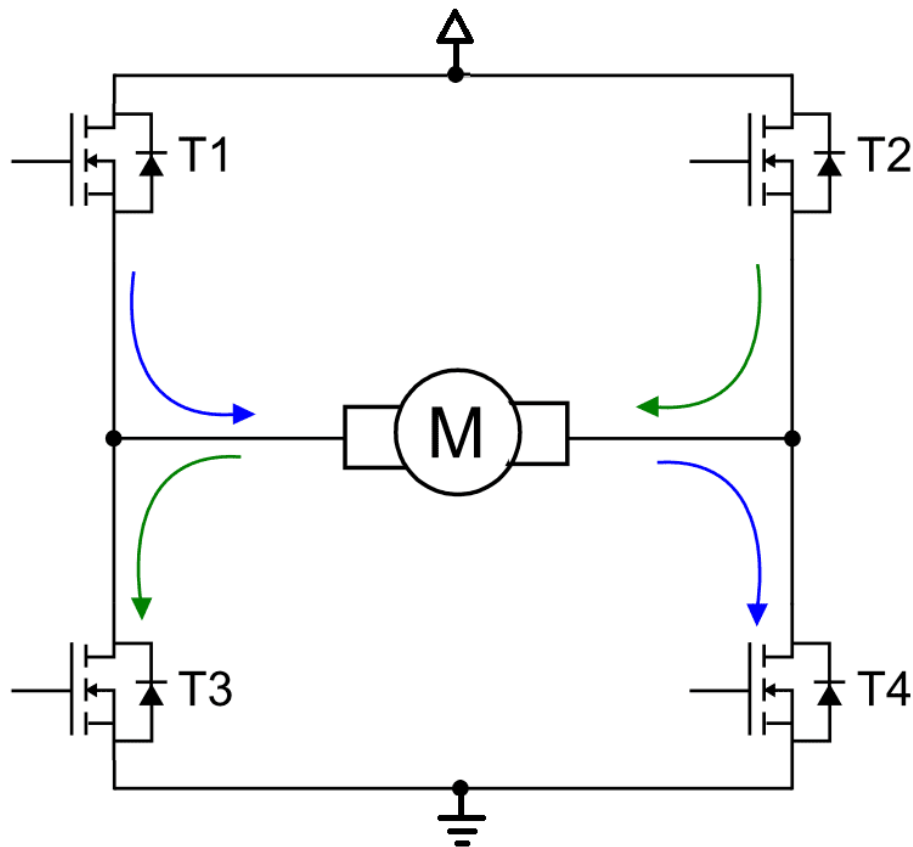
A partir de los 12 voltios de corriente continua que genera el panel solar y se acumula en las baterías, esta energía se convierte en corriente alterna y luego se la amplifica de tal forma que sea capaz de sincronizarse con la red eléctrica.

Esto se logra mediante la generación de pulsos en dos pines del pic y PWM (Pulse Width Modulation o Modulación de Ancho de Pulsos en español) en otros dos pines del pic para luego estas cuatro señales ser llevadas a un driver mosfet (IR2110), que cumple la función de conexión entre la parte analógica (5 voltios) y la parte de potencia (12 Voltios).

A la salida del driver mosfet ya tenemos 4 señales en 12 Voltios por lo cual se procede a enviarlas a cuatro transistores mosfet, cada señal a un transistor mosfet, conectados en una configuración “puente H”.

Este “puente H” tiene la particularidad que tienen que ser activados dos transistores simultáneamente; en el caso de la Figura 19, simultáneamente tendría que estar encendido el transistor T1 y el T4, y apagados el T2 y el T3, y luego de la secuencia de pulsos tendría que apagarse el T2 y el T3 y activarse el T1 y el T4; en los transistores T1 y T2 se colocan las ondas cuadradas o generación de pulsos y en los transistores T3 y T4 se introducen los PWM.

Figura 19. Puente H con transistores mosfet



Fuente: <http://smartdreams.cl/page/2/>

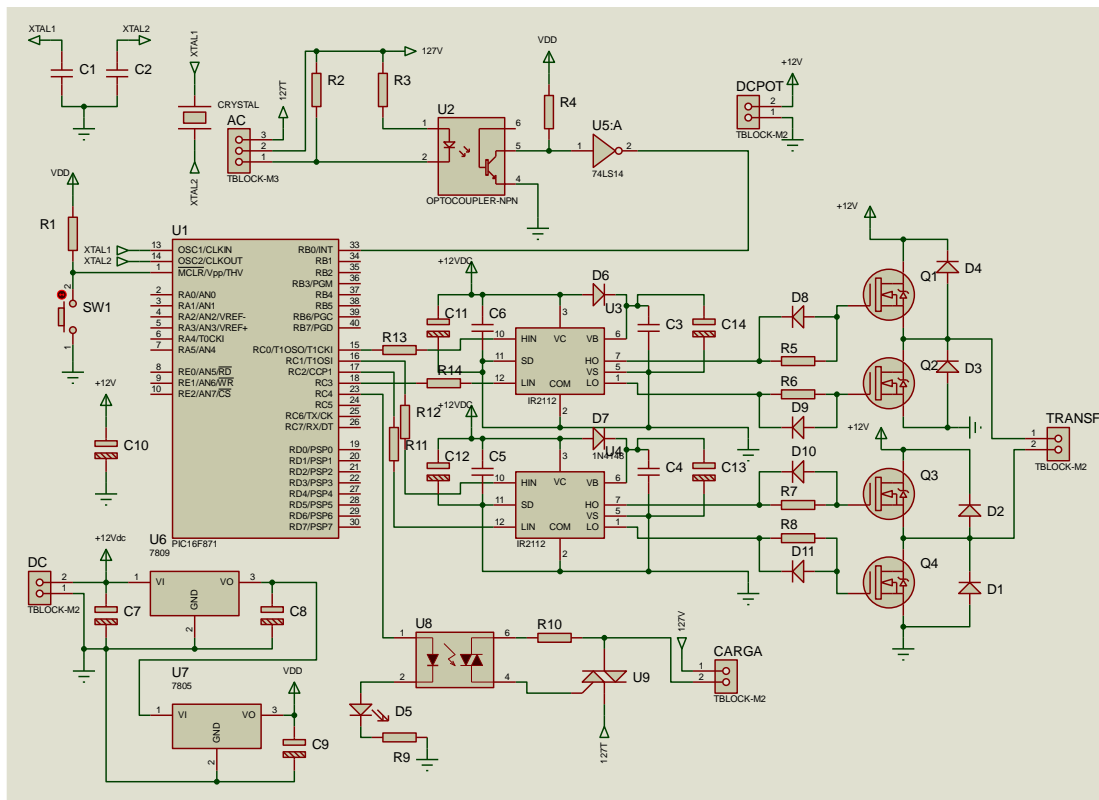
El “puente H” mediante su configuración nos permite formar la onda de corriente alterna pero en PWM; para poder sincronizarla con la red eléctrica hace falta filtrar dicha señal.

Luego del “puente H” se envía la onda a un transformador elevador que es el encargado de elevar la tensión a un valor similar al valor de la red eléctrica.

Para el filtrado se utiliza un filtro LC para integrar los pulsos PWM y luego se coloca un condensador para suavizar la onda generada y que sea lo más similar posible a una onda senoidal pura.



Figura20. Diagrama Electrónico del Sistema de Inversión.

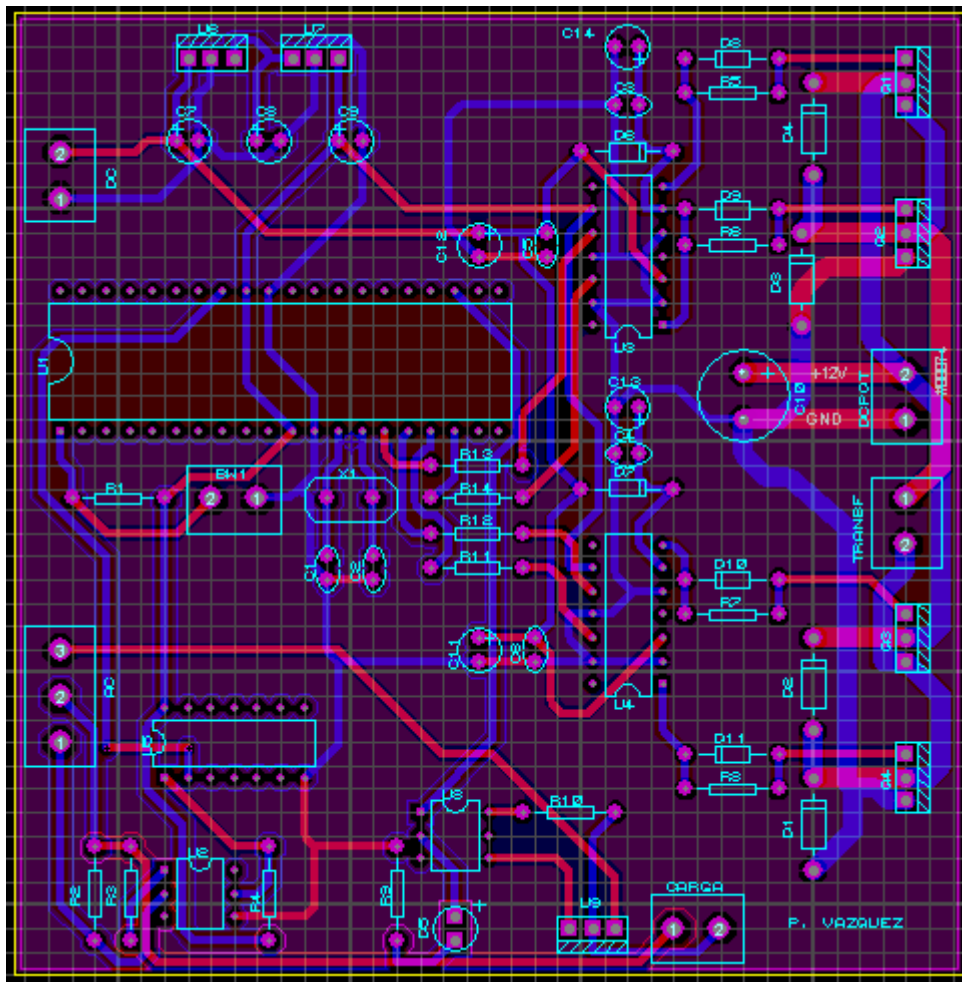


Fuente: Autor

En la figura 20 se muestra el diagrama electrónico del sistema de inversión que consta principalmente del pic, los drivers mosfet que son el U3 y el U4 y los transistores mosfet que son Q1, Q2, Q3 y Q4.

Además en este circuito se adjuntó un detector de cruce por cero para la onda senoidal de la red eléctrica, e introducir esta señal en el pic para de esta forma poder coordinar el lugar en donde tendría que empezar la forma de onda generada y poder sincronizar ambas. Para la conexión entre la red eléctrica y la energía generada a partir de corriente continua, se adjuntó un interruptor estático basado en un optotriac que comanda a un triac de mayor potencia.

Figura 21. Placa impresa del Sistema de Inversión (PCB).

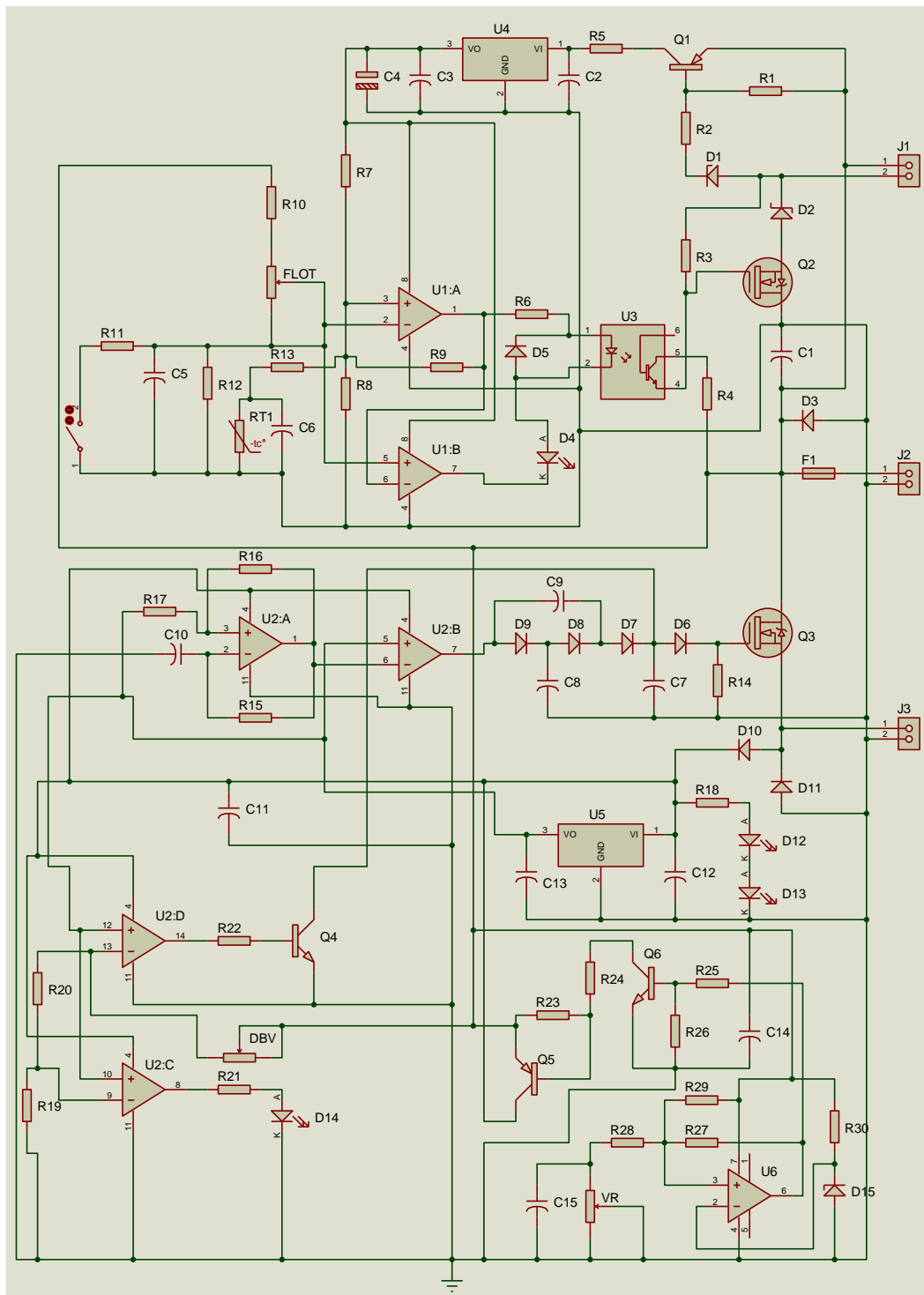


Fuente: Autor

### 2.3.Sistema de Regulación

Es un sistema utilizado para mantener la tensión de la batería mediante su control de carga, además consta de un circuito de desconexión de la batería por bajo voltaje, así como de uno de reconexión de la misma al momento de alcanzar un voltaje determinado.

Figura 22. Diagrama Electrónico del Sistema de Regulación.



Fuente: Autor

### 2.3.1. Teoría de Control de Carga

El controlador de carga se muestra en la mitad superior del esquema. Cuando el voltaje del panel fotovoltaico se eleva por encima de 12 V, existe flujo de corriente a

través del diodo zener D1 causando la activación del transistor Q1 y este a su vez alimentando al regulador de tensión U4 que proporciona 5 voltios para el resto de la circuitería de controlador de carga. El poder del regulador de carga es suministrada por la batería cuando el sol brilla sobre el panel fotovoltaico. Durante la noche, el transistor Q1 se apaga con lo que se evita que el controlador de carga agote la batería.

La mitad del circuito integrado U1 (U1:A) es el corazón del controlador de carga, actúa como un circuito comparador / oscilador. Cuando el voltaje de la batería está muy por debajo del ajuste de tensión de flotación, la salida de U1:A se activa, esto hace que el LED se encienda en azul/verde y el opto-acoplador 4N35 también se encienda. La salida del 4N35 activa el transistor FET Q2, que conecta la alimentación del panel solar a la batería a través del diodo Schottky D2.

Cuando el voltaje de flotación es alcanzado, el circuito oscila justo por encima y por debajo del ajuste de flotación y la corriente de carga de la batería se enciende y se apaga. La frecuencia de oscilación cambia con el estado de la carga de la batería y la corriente disponible del panel fotovoltaico. La frecuencia de conmutación máxima de U1 está limitada debido a la histéresis proporcionada por R9 y las características de paso bajo de R10, R12, FLOT y C5.

El termistor RT1 modifica la tensión de flotación a un valor ligeramente más alto cuando el circuito experimenta temperaturas más frías. Esta compensación térmica mejora la carga de la batería del tiempo frío.

La otra mitad de U1 (U1:B) siempre produce la salida opuesta a U1:A, este se usa para accionar el indicador de estado bipolar, LED D4. El cortocircuito de los terminales de SW, provoca el ajuste del voltaje de flotación en aumento, esto es útil para la sobrecarga de vez en cuando (ecualizar) a la batería.

El diodo Schottky D2 impide el escape de energía de la batería de nuevo en el panel solar por la noche. El diodo D3 se conecta como un circuito de palanca, si la batería está conectada a la inversa el fusible se fundirá, precautelando al resto de la circuitería de la destrucción.

### **2.3.2. Encendido Automático VR (Voltaje de Reconexión)**

Se trata de un circuito comparador de tensión simple. Cuando el voltaje de la batería, que se toca después de que el fusible F1, se eleva por encima de un valor límite ajustable del amplificador se enciende el transistor Q6. El transistor se conecta a tierra, al encender el circuito de carga. El ajuste de encendido se debe establecer para activar el circuito cuando la tensión de la batería se eleva un poco por encima del punto de ajuste DBV (Desconexión por Bajo Voltaje) para evitar la oscilación.

### **2.3.3. Teoría de Desconexión por Bajo Voltaje (DBV)**

Cuando el transistor Q6 está activado, el transistor Q5 también se activa. Esto activa los circuitos comparadores formados por U2:D y U2:C. Cuando el circuito está activo y voltaje de la batería está por encima del punto de ajuste de DBV, la salida del comparador U2:D pasa a nivel bajo y el transistor Q4 está desconectado. Esto permite que la tensión de accionamiento llegue al gate de Q3, Q3 conecta la energía de la batería a la carga. La resistencia R14 consume la tensión de control del condensador C7 cuando el circuito se apaga.

Cuando Q6 está apagado, el voltaje de gate de Q3 en cortocircuito a tierra, causando que la salida de potencia a la carga se apague.

U2:A y U2:B forman un oscilador de onda cuadrada que produce una frecuencia de aproximadamente 350 Hz con una oscilación de voltaje de 0-12V. La salida del oscilador es alimentada a los diodos D9, D8, D7 que es un circuito multiplicador de voltaje para producir la tensión de accionamiento en el gate de Q3, ésta es típicamente alrededor de 18.3V.

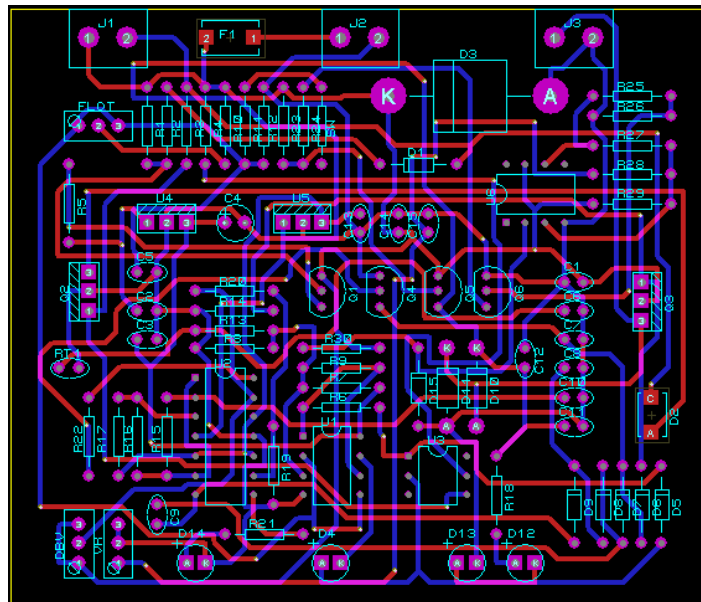
Una vez que el circuito de DBV se ha encendido, el diodo D10 alimenta la energía de la carga de vuelta al circuito para mantenerlo activo. Los LED blancos de alta iluminación D12 y D13 se activan a través de R18, una resistencia de limitación de corriente.

El regulador de tensión U5 proporciona un voltaje de referencia para el circuito oscilador y para los comparadores de la tensión de la batería U2:C y U2:D.

El comparador U2:C es el que censa batería baja. Cuando la batería llega a 0,6 V por encima del punto de corte, la salida U2:C va alto y se enciende el LED verde D14. La resistencia R20 establece la diferencia entre la indicación de bajo voltaje y el voltaje de corte.

El diodo D11 protege el circuito contra picos de tensión inversa al conducir una carga inductiva como un relé o un motor.

Figura 23. Placa impresa del Sistema de Regulación (PCB).



Fuente: Autor

## 2.4.Sistema de Control

El sistema de control en el caso del sistema de regulación se lo hace en la misma placa como ya se explicó anteriormente en el numeral 3 capítulo 2.

El sistema de control en el caso del Sistema de Inversión de corriente alterna al igual que en la sincronización o conmutación de fuentes se lo realiza mediante el Pic16f871.

## CAPÍTULO 3

### PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

#### 3.1. Antecedentes

A partir de una fuente de corriente continua (baterías o panel solar) se tiene que generar corriente alterna de tal forma que se pueda sincronizar energía de la red eléctrica de distribución.

Se utiliza el pic16f871 que se lo programa en “mplab” para: generar 4 señales, 2 en forma de onda cuadrada y dos con PWM; recibir una señal de cruce por cero de la senoidal de la red eléctrica y hacer que esta señal cause el inicio en un determinado punto de la onda para de esta manera igual con la forma de onda senoidal de la red eléctrica; generar una señal, cuando la onda senoidal de la red sea la misma o lo mas próximo posible a la onda senoidal generada por el pic, para el cierre de un interruptor estático basado en triac.

#### 3.2. Cuerpo del Programa

```

;*****
;PROGRAMA REALIZADO POR: PEDRO VAZQUEZ
;UDA-CUENCA-ECUADOR
;*****

LIST P=16F871
#include "P16F871.INC"
ERRORLEVEL -302 ;SUPRIME LA ADVERTENCIA SOBRE LOS
                 BANCOS DE MEMORIA
__CONFIG _CP_OFF & _WDT_OFF & _PWRTE_ON & _HS_OSC

;*****
;DECLARACION DE VARIABLES
;*****

```

```

PDe10    EQU  H'20'
FLAGS    EQU  H'21'
AUX      EQU  H'22'

```

```

#define BANCO0 bcf STATUS,5
#define BANCO1 bsf STATUS,5
#define FLAG FLAGS,0
#define CRUCE_CERO PORTB,0
#define PWM_1_AUX PORTC,0
#define PWM_2_AUX PORTC,1
#define PWM_1 PORTC,2
#define PWM_2 PORTC,3
#define SINCRONIZA PORTC,4

```

```

        ORG      0x00
        GOTO INICIO

```

```

,*****

```

```

;PROGRAMA PRINCIPAL

```

```

,*****

```

```

INICIO

```

```

        BANCO1

```

```

        movlw    b'01000000'

```

```

        movwf    TRISC      ;PONGO PIN 0, 1, 2, 3, 4 DEL PUERTO C
                           COMO SALIDA.

```

```

,*****

```

```

;CONDICIONES INICIALES

```

```

,*****

```

```

        BANCO0

```

```

        clrf    PORTC

```



```
clrf  FLAGS
```

```
,*****
```

```
;AJUSTE PARA LA ONDA DE 60Hz
```

```
,*****
```

```
movlw .3
```

```
movwf AUX
```

```
,*****
```

```
;SEMICICLO POSITIVO
```

```
,*****
```

```
POSITIVO_0 ;Medio ciclo del cruce por cero
```

```
bsf  PWM_1_AUX ;lo activamos
```

```
call DEMORA_19
```

```
call CM8
```

```
POSITIVO_1
```

```
bsf  PWM_1 ;lo activamos
```

```
call DEMORA_1
```

```
bcf  PWM_1 ;lo apagamos
```

```
call DEMORA_51
```

```
POSITIVO_2
```

```
bsf  PWM_1 ;lo activamos
```

```
call DEMORA_2
```

```
bcf  PWM_1 ;lo apagamos
```

```
call DEMORA_47
```

```
goto $+1
```

```
POSITIVO_3
```

```
bsf  PWM_1 ;lo activamos
```

```
call DEMORA_3
```

```
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_45
```

## POSITIVO\_4

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_4
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_42
goto   $+1
```

## POSITIVO\_5

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_5
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_40
nop
```

## POSITIVO\_6

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_6
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_38
goto   $+1
```

## POSITIVO\_7

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_7
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_36
call   CM4
```

## POSITIVO\_8

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_8
```

```
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_35
```

## POSITIVO\_9

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_9
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_33
goto   $+1
```

## POSITIVO\_10

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_10
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_31
call   CM5
```

## POSITIVO\_11

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_11
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_30
goto   $+1
```

## POSITIVO\_12

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_12
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_29
goto   $+1
```

## POSITIVO\_13

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_13
```

```
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_27
call   CM5
```

## POSITIVO\_14

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_14
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_26
call   CM4
```

## POSITIVO\_15

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos

call   DEMORA_14
call   CM7
btfsc  CRUCE_CERO
goto   CRUCE_0_1

bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_25
goto   $+1
nop
```

## POSITIVO\_16

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_16
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_24
goto   $+1
nop
```

## POSITIVO\_17

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
```

```
call DEMORA_17
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_23
nop
```

## POSITIVO\_18

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_18
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_22
```

## POSITIVO\_19

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_19
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_21
```

## POSITIVO\_20

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_20
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_19
call CM7
```

## POSITIVO\_21

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_21
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_19
nop
```

## POSITIVO\_22

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_22
```

```
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_18
```

## POSITIVO\_23

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_23
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_17
nop
```

## POSITIVO\_24

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_24
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_16
goto   $+1
```

## POSITIVO\_25

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_25
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_15
call   CM4
```

## POSITIVO\_26

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_26
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_14
call   CM4
```

## POSITIVO\_27

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_27
```

```
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_13
call   CM5
```

## POSITIVO\_28

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_28
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_12
call   CM8
```

## POSITIVO\_29

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_29
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_12
nop
```

## POSITIVO\_30

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_30
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_11
goto   $+1
nop
```

## POSITIVO\_31

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_31
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_10
call   CM5
```

## POSITIVO\_32

```

bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_32
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_9
call   CM8

```

### POSITIVO\_33

```

bsf    PWM_1                ;lo activamos

btfsc  CRUCE_CERO
goto   CRUCE_0              ;reubicando la onda
goto   $+1

call   DEMORA_11            ;Franja de 40us (sin hacer nada)
goto   $+1

call   DEMORA_10
call   CM7
btfsc  CRUCE_CERO
bsf    FLAG
goto   $+4

```

### CRUCE\_0

```

bsf    PWM_1                ;lo activamos
bsf    SINCRONIZA           ;bit de salida para SINCRONIZACION
bsf    FLAG

call   DEMORA_6             ;Primera parte de Franja de 20us (sin
                             hacer nada)
call   CM8

bcf    PWM_1                ;lo apagamos

```



```
call DEMORA_4 ;Completa la Franja de 20us (sin hacer nada)
```

```
nop
```

```
btfs CRUCE_CERO
```

```
bsf FLAG
```

```
call DEMORA_4 ;Primera parte Franja de 20us (reubicando la onda)
```

```
call CM7
```

#### POSITIVO\_34

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
```

```
call DEMORA_5 ;Completa la Franja de 20us (reubicando la onda)
```

```
call CM6
```

```
btfs FLAG
```

```
goto $+3
```

```
btfs CRUCE_CERO
```

```
goto CRUCE_0
```

```
call DEMORA_25
```

```
goto $+1
```

```
nop
```

```
btfs FLAG ;si no esta en alto la bandera saca de sincronismo
```

```
bcf SINCRONIZA
```

```
bcf PWM_1 ;lo apagamos
```

```
call DEMORA_8
```

```
call CM5
```

#### POSITIVO\_35

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_35
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_8
```

## POSITIVO\_36

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_36
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_7
btfsc  FLAG
goto   $+3
btfsc  CRUCE_CERO
goto   CRUCE_0              ; reubicando la onda
```

## POSITIVO\_37

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_37
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_6
goto   $+1
nop
btfsc  FLAG
goto   $+3
btfsc  CRUCE_CERO
goto   CRUCE_0_1
```

## POSITIVO\_38

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_38
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_6
goto   $+1
```

## POSITIVO\_39

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_39
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_5
call   CM7
```

## POSITIVO\_40

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_40
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_5
nop
```

## POSITIVO\_41

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_41
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_4
call   CM6
```

## POSITIVO\_42

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_42
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_4
goto   $+1
```

## POSITIVO\_43

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_43
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_3
call   CM7
```



## POSITIVO\_44

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_44
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_3
call   CM4
```

## POSITIVO\_45

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_45
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_2
call   CM8
```

## POSITIVO\_46

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_46
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_2
call   CM5
```

## POSITIVO\_47

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_47
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_2
goto   $+1
```

## POSITIVO\_48

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_48
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_2
```

## POSITIVO\_49

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_49
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_1
call   CM5
```

## POSITIVO\_50

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_50
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_1
goto   $+1
nop
```

## POSITIVO\_51

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_51
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_1
```

## POSITIVO\_52

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_52
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   CM6
```

## POSITIVO\_53

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_53
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   CM6
```

## POSITIVO\_54

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_54
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    goto   $+1
    nop
```

## POSITIVO\_55

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_55
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    goto   $+1
```

## POSITIVO\_56

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_56
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    nop
```

## POSITIVO\_57

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_57
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    nop
```

## POSITIVO\_58

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_58
```

## POSITIVO\_59

```
    call   DEMORA_59
```

## POSITIVO\_60

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
```

```
call DEMORA_57
goto $+1
```

POSITIVO\_61

```
call DEMORA_59
```

POSITIVO\_62

```
call DEMORA_58
nop
```

POSITIVO\_63

```
call DEMORA_57
nop
bcf PWM_1 ;lo apagamos
nop
```

POSITIVO\_64

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_56
bcf PWM_1 ;lo apagamos
nop
```

POSITIVO\_65

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_55
bcf PWM_1 ;lo apagamos
goto $+1
```

POSITIVO\_66

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_54
bcf PWM_1 ;lo apagamos
goto $+1
```



nop

POSITIVO\_67

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_53
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   CM6
```

POSITIVO\_68

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_52
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   CM6
```

POSITIVO\_69

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_51
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_1
```

POSITIVO\_70

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_50
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_1
goto   $+1
nop
```

POSITIVO\_71

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_49
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_1
call   CM5
```

## POSITIVO\_72

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_48
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos

    call   DEMORA_1
    call   CM5
    btfsc  FLAG
    goto   $+3
    btfsc  CRUCE_CERO
    goto   CRUCE_0
```

## POSITIVO\_73

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_47
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    call   DEMORA_2
    goto   $+1
```

## POSITIVO\_74

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_46
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    call   DEMORA_2
    call   CM5
```

## POSITIVO\_75

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_45
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    call   DEMORA_2
    call   CM8
```

## POSITIVO\_76

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_44
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_3
call   CM4
```

## POSITIVO\_77

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_43
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_3
call   CM7
```

## POSITIVO\_78

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_42
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_4
goto   $+1
```

## POSITIVO\_79

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_41
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_4
call   CM6
```

## POSITIVO\_80

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_40
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_5
nop
```

## POSITIVO\_81

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_39
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    call   DEMORA_5
    call   CM7
```

## POSITIVO\_82

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_38
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    call   DEMORA_6
    goto   $+1
```

## POSITIVO\_83

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_37
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    call   DEMORA_6
    call   CM7
```

## POSITIVO\_84

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_36
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    call   DEMORA_7
    goto   $+1
    nop
```

## POSITIVO\_85

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_35
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
```

```
call DEMORA_8
```

#### POSITIVO\_86

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_34
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_8
call CM6
```

#### POSITIVO\_87

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_33
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_9
goto $+1
```

#### POSITIVO\_88

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_32
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_9
call CM8
```

#### POSITIVO\_89

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_31
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_10
call CM5
```

#### POSITIVO\_90

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_30
bcf PWM_1 ;lo apagamos
```

```
call DEMORA_11
goto $+1
nop
```

## POSITIVO\_91

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_29
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_12
nop
```

## POSITIVO\_92

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_28
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_12
call CM8
```

## POSITIVO\_93

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_27
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_13
call CM5
```

## POSITIVO\_94

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_26
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_14
call CM4
```

## POSITIVO\_95

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
```

```
call DEMORA_25
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_15
call CM4
```

## POSITIVO\_96

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_24
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_16
goto $+1
```

## POSITIVO\_97

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_23
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_17
nop
```

## POSITIVO\_98

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_22
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_18
```

## POSITIVO\_99

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_21
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_19
nop
```

## POSITIVO\_100

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
```

```
call DEMORA_20
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_19
call CM7
```

## POSITIVO\_101

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_19
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_21
```

## POSITIVO\_102

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_18
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_22
```

## POSITIVO\_103

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_17
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_23
nop
```

## POSITIVO\_104

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_16
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_24
goto $+1
nop
```

## POSITIVO\_105

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
```



```
call DEMORA_15
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_25
goto $+1
nop
```

## POSITIVO\_106

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_14
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_26
call CM4
```

## POSITIVO\_107

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_13
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_27
call CM5
```

## POSITIVO\_108

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_12
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_29
goto $+1
```

## POSITIVO\_109

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_11
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_30
goto $+1
```

## POSITIVO\_110

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_10
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_31
call   CM5
```

## POSITIVO\_111

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_9
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_33
goto   $+1
```

## POSITIVO\_112

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_8
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_35
```

## POSITIVO\_113

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_7
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_36
call   CM4
```

## POSITIVO\_114

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_6
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_38
goto   $+1
```

## POSITIVO\_115

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_5
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_40
nop
```

## POSITIVO\_116

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_4
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_42
goto   $+1
```

## POSITIVO\_117

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_3
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_45
```

## POSITIVO\_118

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_2
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_47
goto   $+1
```

## POSITIVO\_119

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_1

bcf    PWM_1                ;lo apagamos

call   DEMORA_49
```

```

btfsc FLAG
goto $+3
btfsc CRUCE_CERO
goto CRUCE_0_1
nop

```

```

POSITIVO_120                                ;Medio ciclo del cruce por cero
      bcf  PWM_1_AUX                        ;lo activamos
      call DEMORA_19
      call CM7

```

```

;*****
;SEMICICLO NEGATIVO
;*****

```

```

NEGATIVO_0                                ;Medio ciclo del cruce por cero
      bsf  PWM_2_AUX                        ;lo activamos
      call DEMORA_19
      call CM8

```

```

NEGATIVO_1
      bsf  PWM_2                            ;lo activamos
      call DEMORA_1
      bcf  PWM_2                            ;lo apagamos
      call DEMORA_51

```

```

NEGATIVO_2
      bsf  PWM_2                            ;lo activamos
      call DEMORA_2
      bcf  PWM_2                            ;lo apagamos
      call DEMORA_47
      goto $+1

```

## NEGATIVO\_3

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_3
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_45
```

## NEGATIVO\_4

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_4
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_42
    goto   $+1
```

## NEGATIVO\_5

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_5
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_40
    nop
```

## NEGATIVO\_6

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_6
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_38
    goto   $+1
```

## NEGATIVO\_7

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_7
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_36
    call   CM4
```

## NEGATIVO\_8

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_8
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_35
```

## NEGATIVO\_9

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_9
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_33
    goto   $+1
```

## NEGATIVO\_10

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_10
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_31
    call   CM5
```

## NEGATIVO\_11

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_11
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_30
    goto   $+1
```

## NEGATIVO\_12

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_12
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_29
    goto   $+1
```

## NEGATIVO\_13

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_13
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_27
call   CM5
```

## NEGATIVO\_14

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_14
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_26
call   CM4
```

## NEGATIVO\_15

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_15
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_25
goto   $+1
nop
```

## NEGATIVO\_16

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_16
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_24
goto   $+1
nop
```

## NEGATIVO\_17

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_17
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
```

```
call DEMORA_23  
nop
```

## NEGATIVO\_18

```
bsf PWM_2 ;lo activamos  
call DEMORA_18  
bcf PWM_2 ;lo apagamos  
call DEMORA_22
```

## NEGATIVO\_19

```
bsf PWM_2 ;lo activamos  
call DEMORA_19  
bcf PWM_2 ;lo apagamos  
call DEMORA_21
```

## NEGATIVO\_20

```
bsf PWM_2 ;lo activamos  
call DEMORA_20  
bcf PWM_2 ;lo apagamos  
call DEMORA_19  
call CM7
```

## NEGATIVO\_21

```
bsf PWM_2 ;lo activamos  
call DEMORA_21  
bcf PWM_2 ;lo apagamos  
call DEMORA_19  
nop
```

## NEGATIVO\_22

```
bsf PWM_2 ;lo activamos  
call DEMORA_22  
bcf PWM_2 ;lo apagamos  
call DEMORA_18
```



## NEGATIVO\_23

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_23
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_17
    nop
```

## NEGATIVO\_24

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_24
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_16
    goto   $+1
```

## NEGATIVO\_25

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_25
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_15
    call   CM4
```

## NEGATIVO\_26

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_26
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_14
    call   CM4
```

## NEGATIVO\_27

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_27
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_13
```

```
call CM5
```

#### NEGATIVO\_28

```
bsf PWM_2 ;lo activamos  
call DEMORA_28  
bcf PWM_2 ;lo apagamos  
call DEMORA_12  
call CM8
```

#### NEGATIVO\_29

```
bsf PWM_2 ;lo activamos  
call DEMORA_29  
bcf PWM_2 ;lo apagamos  
call DEMORA_12  
nop
```

#### NEGATIVO\_30

```
bsf PWM_2 ;lo activamos  
call DEMORA_30  
bcf PWM_2 ;lo apagamos  
call DEMORA_11  
goto $+1  
nop
```

#### NEGATIVO\_31

```
bsf PWM_2 ;lo activamos  
call DEMORA_31  
bcf PWM_2 ;lo apagamos  
call DEMORA_10  
call CM5
```

#### NEGATIVO\_32

```
bsf PWM_2 ;lo activamos  
call DEMORA_32
```

```
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_9
call   CM8
```

## NEGATIVO\_33

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_33
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_9
goto   $+1
```

## NEGATIVO\_34

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_34
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_8
call   CM6
```

## NEGATIVO\_35

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_35
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_8
```

## NEGATIVO\_36

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_36
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_7
goto   $+1
nop
```

## NEGATIVO\_37

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
```

```
call DEMORA_37
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_6
call CM7
```

## NEGATIVO\_38

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_38
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_6
goto $+1
```

## NEGATIVO\_39

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_39
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_5
call CM7
```

## NEGATIVO\_40

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_40
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_5
nop
```

## NEGATIVO\_41

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_41
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_4
call CM6
```

## NEGATIVO\_42

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_42
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_4
    goto   $+1
```

## NEGATIVO\_43

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_43
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_3
    call   CM7
```

## NEGATIVO\_44

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_44
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_3
    call   CM4
```

## NEGATIVO\_45

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_45

    bcf    PWM_2                ;lo apagamos

    call   DEMORA_2
    btfsc  FLAG
    goto   $+3
    btfsc  CRUCE_CERO
    goto   CRUCE_0_1

    call   CM4
```

## NEGATIVO\_46

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_46
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_2
call   CM5
```

## NEGATIVO\_47

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_47
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_2
goto   $+1
```

## NEGATIVO\_48

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_48
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_2
```

## NEGATIVO\_49

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_49
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_1
call   CM5
```

## NEGATIVO\_50

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_50
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_1
goto   $+1
```

```
nop
```

```
NEGATIVO_51
```

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos  
call   DEMORA_51  
bcf    PWM_2                ;lo apagamos  
call   DEMORA_1
```

```
NEGATIVO_52
```

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos  
call   DEMORA_52  
bcf    PWM_2                ;lo apagamos  
call   CM6
```

```
NEGATIVO_53
```

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos  
call   DEMORA_53  
bcf    PWM_2                ;lo apagamos  
call   CM6
```

```
NEGATIVO_54
```

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos  
call   DEMORA_54  
bcf    PWM_2                ;lo apagamos  
goto   $+1  
nop
```

```
NEGATIVO_55
```

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos  
call   DEMORA_55  
bcf    PWM_2                ;lo apagamos  
goto   $+1
```

## NEGATIVO\_56

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_56
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    nop
```

## NEGATIVO\_57

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_57
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    nop
```

## NEGATIVO\_58

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_58
```

## NEGATIVO\_59

```
    call   DEMORA_59
```

## NEGATIVO\_60

```
    call   DEMORA_56
```

```
    decfsz AUX
    goto   $+3
    movlw .3
    movwf AUX
```

## NEGATIVO\_61

```
    call   DEMORA_59
```

## NEGATIVO\_62

```
    call   DEMORA_58
    nop
```



## NEGATIVO\_63

```
    call    DEMORA_57
    nop
    bcf     PWM_2           ;lo apagamos
    nop
```

## NEGATIVO\_64

```
    bsf     PWM_2           ;lo activamos
    call    DEMORA_56
    bcf     PWM_2           ;lo apagamos
    nop
```

## NEGATIVO\_65

```
    bsf     PWM_2           ;lo activamos
    call    DEMORA_55
    bcf     PWM_2           ;lo apagamos
    goto    $+1
```

## NEGATIVO\_66

```
    bsf     PWM_2           ;lo activamos
    call    DEMORA_54
    bcf     PWM_2           ;lo apagamos
    goto    $+1
    nop
```

## NEGATIVO\_67

```
    bsf     PWM_2           ;lo activamos
    call    DEMORA_53
    bcf     PWM_2           ;lo apagamos
    call    CM6
```

## NEGATIVO\_68

```
    bsf     PWM_2           ;lo activamos
    call    DEMORA_52
```

```
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   CM6
```

## NEGATIVO\_69

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_51
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_1
```

## NEGATIVO\_70

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_50
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_1
goto   $+1
nop
```

## NEGATIVO\_71

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_49
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_1
call   CM5
```

## NEGATIVO\_72

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_48
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_2
```

## NEGATIVO\_73

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_47
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
```

```
call DEMORA_2
goto $+1
```

## NEGATIVO\_74

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_46
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_2
call CM5
```

## NEGATIVO\_75

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_45
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_2
call CM8
```

## NEGATIVO\_76

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_44
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_3
call CM4
```

## NEGATIVO\_77

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_43
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_3
call CM7
```

## NEGATIVO\_78

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_42
```

```
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_4
goto   $+1
```

## NEGATIVO\_79

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_41
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_4
call   CM6
```

## NEGATIVO\_80

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_40
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_5
nop
```

## NEGATIVO\_81

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_39
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_5
call   CM7
```

## NEGATIVO\_82

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_38
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_6
goto   $+1
```

## NEGATIVO\_83

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
```

```
call DEMORA_37
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_6
call CM7
```

## NEGATIVO\_84

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_36
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_7
goto $+1
nop
```

## NEGATIVO\_85

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_35
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_8
```

## NEGATIVO\_86

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_34
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_8
call CM6
```

## NEGATIVO\_87

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_33
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_9
goto $+1
```

## NEGATIVO\_88

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_32
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_9
call   CM8
```

## NEGATIVO\_89

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_31
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_10
call   CM5
```

## NEGATIVO\_90

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos

call   DEMORA_29
goto   $+1
btfsc  FLAG
goto   $+3
btfsc  CRUCE_CERO
goto   CRUCE_0_1

bcf    FLAG

bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_11
goto   $+1
nop
```

## NEGATIVO\_91

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_29
```

```
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_12
nop
```

## NEGATIVO\_92

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_28
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_12
call   CM8
```

## NEGATIVO\_93

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_27
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_13
call   CM5
```

## NEGATIVO\_94

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_26
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_14
call   CM4
```

## NEGATIVO\_95

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_25
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_15
call   CM4
```

## NEGATIVO\_96

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
```

```
call DEMORA_24
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_16
goto $+1
```

## NEGATIVO\_97

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_23
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_17
nop
```

## NEGATIVO\_98

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_22
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_18
```

## NEGATIVO\_99

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_21
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_19
nop
```

## NEGATIVO\_100

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_20
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_19
call CM7
```

## NEGATIVO\_101

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
```



```
call DEMORA_19
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_21
```

## NEGATIVO\_102

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_18
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_22
```

## NEGATIVO\_103

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_17
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_23
nop
```

## NEGATIVO\_104

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_16
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_24
goto $+1
nop
```

## NEGATIVO\_105

```
bsf PWM_2 ;lo activamos
call DEMORA_15
bcf PWM_2 ;lo apagamos
call DEMORA_25
goto $+1
nop
```

## NEGATIVO\_106

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_14
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_26
call   CM4
```

## NEGATIVO\_107

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_13
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_27
call   CM5
```

## NEGATIVO\_108

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_12
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_29
goto   $+1
```

## NEGATIVO\_109

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_11
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_30
goto   $+1
```

## NEGATIVO\_110

```
bsf    PWM_2                ;lo activamos
call   DEMORA_10
bcf    PWM_2                ;lo apagamos
call   DEMORA_31
call   CM5
```

## NEGATIVO\_111

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_9
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_33
    goto   $+1
```

## NEGATIVO\_112

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_8
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_35
```

## NEGATIVO\_113

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_7
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_36
    call   CM4
```

## NEGATIVO\_114

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_6
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_38
    goto   $+1
```

## NEGATIVO\_115

```
    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_5
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_40
    nop
```

## NEGATIVO\_116

```

    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_4
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_42
    goto   $+1

```

## NEGATIVO\_117

```

    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_3
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_45

```

## NEGATIVO\_118

```

    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_2
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_47
    goto   $+1

```

## NEGATIVO\_119

```

    bsf    PWM_2                ;lo activamos
    call   DEMORA_1
    bcf    PWM_2                ;lo apagamos
    call   DEMORA_50
    goto   $+1
    nop

```

## NEGATIVO\_120

```

                                ;Medio ciclo del cruce por cero
    bcf    PWM_2_AUX            ;lo activamos
    call   DEMORA_19
    call   CM5

```

```

goto    POSITIVO_0                ;Empezamos nuevamente la onda

;=====
;=====
;SUBRUTINAS
;=====
;=====

;*****
;
;CRUCE POR CERO
;*****

CRUCE_0_1
    clrf    PORTC
    bsf     FLAG
    btfsc   CRUCE_CERO            ;Chequeamos si ya no esta en 1 el pin de
                                ;cruce por cero

    goto    $-1

    btfss   CRUCE_CERO            ;Chequeamos si ya esta en 1 y ahora si
                                ;mandamos a sincronizar.

    goto    $-1

POSITIVO_33_1                    ;Parte del Positivo_33 despues del Cruce
                                ;por Cero

    bsf     PWM_1_AUX            ;pin para positivo del Puente H
    bsf     PWM_1                ;lo activamos
    call    DEMORA_6
    call    CM8
    bcf     PWM_1                ;lo apagamos
    call    DEMORA_9
    goto    $+1

```

## POSITIVO\_34\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_34
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_8
call   CM6
```

## POSITIVO\_35\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_35
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_8
```

## POSITIVO\_36\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_36
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_7
goto   $+1
nop
```

## POSITIVO\_37\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_37
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_6
call   CM7
```

## POSITIVO\_38\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_38
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_6
goto   $+1
```

## POSITIVO\_39\_1

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_39
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    call   DEMORA_5
    call   CM7
```

## POSITIVO\_40\_1

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_40
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    call   DEMORA_5
    nop
```

## POSITIVO\_41\_1

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_41
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    call   DEMORA_4
    call   CM6
```

## POSITIVO\_42\_1

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_42
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    call   DEMORA_4
    goto   $+1
```

## POSITIVO\_43\_1

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_43
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    call   DEMORA_3
```

```
call    CM7
```

```
POSITIVO_44_1
```

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_44
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_3
call   CM4
```

```
POSITIVO_45_1
```

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_45
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_2
call   CM8
```

```
POSITIVO_46_1
```

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_46
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_2
call   CM5
```

```
POSITIVO_47_1
```

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_47
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_2
goto   $+1
```

```
POSITIVO_48_1
```

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_48
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
```



```
call DEMORA_2
```

#### POSITIVO\_49\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_49
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_1
call CM5
```

#### POSITIVO\_50\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_50
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_1
goto $+1
nop
```

#### POSITIVO\_51\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_51
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_1
```

#### POSITIVO\_52\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_52
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call CM6
```

#### POSITIVO\_53\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_53
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call CM6
```

## POSITIVO\_54\_1

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_54
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    goto   $+1
    nop
```

## POSITIVO\_55\_1

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_55
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    goto   $+1
```

## POSITIVO\_56\_1

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_56
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    nop
```

## POSITIVO\_57\_1

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_57
    bcf    PWM_1                ;lo apagamos
    nop
```

## POSITIVO\_58\_1

```
    bsf    PWM_1                ;lo activamos
    call   DEMORA_58
```

## POSITIVO\_59\_1

```
    call   DEMORA_59
```

POSITIVO\_60\_1

bsf PWM\_1 ;lo activamos

call DEMORA\_57

goto \$+1

POSITIVO\_61\_1

call DEMORA\_59

POSITIVO\_62\_1

call DEMORA\_58

nop

POSITIVO\_63\_1

call DEMORA\_57

nop

bcf PWM\_1 ;lo apagamos

nop

POSITIVO\_64\_1

bsf PWM\_1 ;lo activamos

call DEMORA\_56

bcf PWM\_1 ;lo apagamos

nop

POSITIVO\_65\_1

bsf PWM\_1 ;lo activamos

call DEMORA\_55

bcf PWM\_1 ;lo apagamos

goto \$+1

POSITIVO\_66\_1

bsf PWM\_1 ;lo activamos

call DEMORA\_54

```
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
goto   $+1
nop
```

## POSITIVO\_67\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_53
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   CM6
```

## POSITIVO\_68\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_52
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   CM6
```

## POSITIVO\_69\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_51
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_1
```

## POSITIVO\_70\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_50
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_1
goto   $+1
nop
```

## POSITIVO\_71\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_49
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
```

```
call DEMORA_1  
call CM5
```

## POSITIVO\_72\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos  
call DEMORA_48  
bcf PWM_1 ;lo apagamos  
call DEMORA_2
```

## POSITIVO\_73\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos  
call DEMORA_47  
bcf PWM_1 ;lo apagamos  
call DEMORA_2  
goto $+1
```

## POSITIVO\_74\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos  
call DEMORA_46  
bcf PWM_1 ;lo apagamos  
call DEMORA_2  
call CM5
```

## POSITIVO\_75\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos  
call DEMORA_45  
bcf PWM_1 ;lo apagamos  
call DEMORA_2  
call CM8
```

## POSITIVO\_76\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos  
call DEMORA_44  
bcf PWM_1 ;lo apagamos
```

```
call DEMORA_3
call CM4
```

## POSITIVO\_77\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_43
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_3
call CM7
```

## POSITIVO\_78\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_42
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_4
goto $+1
```

## POSITIVO\_79\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_41
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_4
call CM6
```

## POSITIVO\_80\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_40
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_5
nop
```

## POSITIVO\_81\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
```

```
call DEMORA_39
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_5
call CM7
```

## POSITIVO\_82\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_38
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_6
goto $+1
```

## POSITIVO\_83\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_37
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_6
call CM7
```

## POSITIVO\_84\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_36
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_7
goto $+1
nop
```

## POSITIVO\_85\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_35
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_8
```

## POSITIVO\_86\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_34
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_8
call   CM6
```

## POSITIVO\_87\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_33
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_9
goto   $+1
```

## POSITIVO\_88\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_32
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_9
call   CM8
```

## POSITIVO\_89\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_31
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_10
call   CM5
```

## POSITIVO\_90\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_30
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_11
goto   $+1
```



nop

POSITIVO\_91\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_29
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_12
nop
```

POSITIVO\_92\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_28
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_12
call   CM8
```

POSITIVO\_93\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_27
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_13
call   CM5
```

POSITIVO\_94\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_26
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
call   DEMORA_14
call   CM4
```

POSITIVO\_95\_1

```
bsf    PWM_1                ;lo activamos
call   DEMORA_25
bcf    PWM_1                ;lo apagamos
```

```
call DEMORA_15
call CM4
```

## POSITIVO\_96\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_24
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_16
goto $+1
```

## POSITIVO\_97\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_23
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_17
nop
```

## POSITIVO\_98\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_22
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_18
```

## POSITIVO\_99\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_21
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_19
nop
```

## POSITIVO\_100\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_20
bcf PWM_1 ;lo apagamos
```

```
call DEMORA_19
call CM7
```

## POSITIVO\_101\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_19
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_21
```

## POSITIVO\_102\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_18
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_22
```

## POSITIVO\_103\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_17
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_23
nop
```

## POSITIVO\_104\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_16
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_24
goto $+1
nop
```

## POSITIVO\_105\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_15
bcf PWM_1 ;lo apagamos
```

```
call DEMORA_25
goto $+1
nop
```

## POSITIVO\_106\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_14
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_26
call CM4
```

## POSITIVO\_107\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_13
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_27
call CM5
```

## POSITIVO\_108\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_12
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_29
goto $+1
```

## POSITIVO\_109\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_11
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_30
goto $+1
```

## POSITIVO\_110\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
```

```
call DEMORA_10
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_31
call CM5
```

## POSITIVO\_111\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_9
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_33
goto $+1
```

## POSITIVO\_112\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_8
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_35
```

## POSITIVO\_113\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_7
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_36
call CM4
```

## POSITIVO\_114\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_6
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_38
goto $+1
```

## POSITIVO\_115\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
```

```
call DEMORA_5
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_40
nop
```

## POSITIVO\_116\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_4
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_42
goto $+1
```

## POSITIVO\_117\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_3
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_45
```

## POSITIVO\_118\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_2
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_47
goto $+1
```

## POSITIVO\_119\_1

```
bsf PWM_1 ;lo activamos
call DEMORA_1
bcf PWM_1 ;lo apagamos
call DEMORA_51
```

## POSITIVO\_120\_1 ;Medio ciclo del cruce por cero

```
bcf PWM_1_AUX ;lo apagamos
call DEMORA_19
```

```
call    CM4
```

```
bsf    SINCRONIZA          ;bit de salida para SINCRONIZACION
```

```
goto   NEGATIVO_0
```

```
*****
```

```
;DEMORAS
```

```
*****
```

```
CM8          ;Demora de 8 Ciclos de Maquina incluyendo call y return
```

```
    nop
```

```
CM7          ;Demora de 7 Ciclos de Maquina incluyendo call y return
```

```
    nop
```

```
CM6          ;Demora de 6 Ciclos de Maquina incluyendo call y return
```

```
    nop
```

```
CM5          ;Demora de 5 Ciclos de Maquina incluyendo call y return
```

```
    nop
```

```
CM4          ;Demora de 4 Ciclos de Maquina incluyendo call y return
```

```
    return
```

```
DEMORA_60
```

```
DEMORA_59
```

```
    nop
```

```
DEMORA_58
```

```
    nop
```

```
DEMORA_57
```

```
    nop
```

```
DEMORA_56
```

```
    nop
```

```
DEMORA_55
```

```
    nop
```

```
DEMORA_54
```

```
    goto   $+1
```

```
DEMORA_53
    nop
DEMORA_52
    goto $+1

DEMORA_51
    movlw .110
    goto A
DEMORA_50
    goto $+1
DEMORA_49
    nop
    movlw .108
    goto A
DEMORA_48
    nop
    movlw .107
    goto A
DEMORA_47
    nop
    movlw .106
    goto A
DEMORA_46
    nop
    movlw .105
    goto A
DEMORA_45
    nop
    movlw .104
    goto A
DEMORA_44
    movlw .103
    goto A
```



```
DEMORA_43
    movlw .101
    goto  $+3
DEMORA_42
    nop
    movlw .100
    goto  A
DEMORA_41
    movlw .99
    goto  A
DEMORA_40
    movlw .97
    goto  $+2
DEMORA_39
    movlw .96
    goto  A
DEMORA_38
    nop
    movlw .94
    goto  A
DEMORA_37
    movlw .92
    goto  $+2
DEMORA_36
    movlw .91
    goto  A
DEMORA_35
    movlw .89
    goto  A
DEMORA_34
    nop
    movlw .87
    goto  A
```

```
DEMORA_33
    nop
    movlw .85
    goto  A
DEMORA_32
    nop
    movlw .83
    goto  A
DEMORA_31
    nop
    movlw .81
    goto  A
DEMORA_30
    nop
    movlw .79
    goto  A
DEMORA_29
    nop
    movlw .76
    goto  $+7
DEMORA_28
    movlw .74
    goto  $+5
DEMORA_27
    movlw .72
    goto  $+3
DEMORA_26
    nop
    movlw .70
    goto  A
DEMORA_25
    movlw .67
    goto  $+3
DEMORA_24
```

```
    nop
    movlw .65
    goto  A
DEMORA_23
    movlw .63
    goto  A

DEMORA_22
    nop
    movlw .60
    goto  A
DEMORA_21
    movlw .57
    goto  $+3
DEMORA_20
    nop
    movlw .55
    goto  A
DEMORA_19
    movlw .52
    goto  $+2
DEMORA_18
    movlw .50
    goto  A
DEMORA_17
    movlw .47
    goto  A
DEMORA_16
    nop
    movlw .44
    goto  A
DEMORA_15
    movlw .41
    goto  $+4
```

```
DEMORA_14
    movlw .38
    goto  $+2
DEMORA_13
    movlw .36
    goto  A
DEMORA_12
    movlw .33
    goto  A
DEMORA_11
    nop
    movlw .30
    goto  A
DEMORA_10
    nop
    movlw .27
    goto  A
DEMORA_9
    nop
    movlw .24
    goto  A
DEMORA_8
    nop
    movlw .21
    goto  A
DEMORA_7
    nop
    movlw .18
    goto  A
DEMORA_6
    nop
    movlw .15
    goto  A
```

```
DEMORA_5  
    nop  
    movlw .12  
    goto  A
```

```
DEMORA_4  
    nop  
    movlw .9  
    goto  A
```

```
DEMORA_3  
    nop  
    movlw .6  
    goto  A
```

```
DEMORA_2  
    nop  
    movlw .3  
    goto  A
```

```
DEMORA_1  
    movlw .1
```

```
A    movwf PDel0
```

```
PLoop0  
    decfsz PDel0,1  
    goto  PLoop0  
    return
```

```
END
```

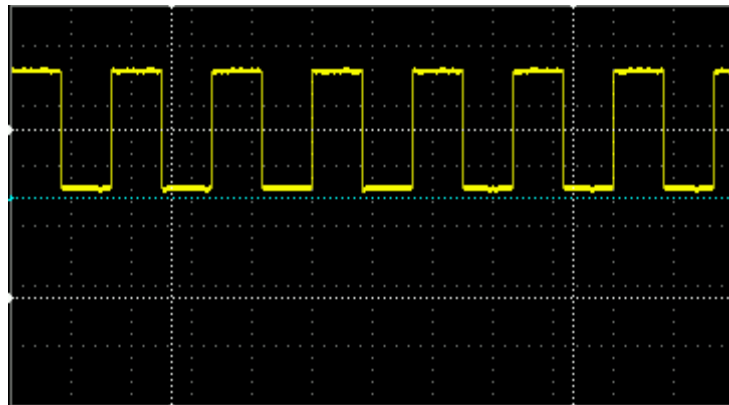
```
;fin de programa
```

## CAPÍTULO 4

### PRUEBAS EN MODELO A ESCALA

#### 4.1. Análisis de Resultados

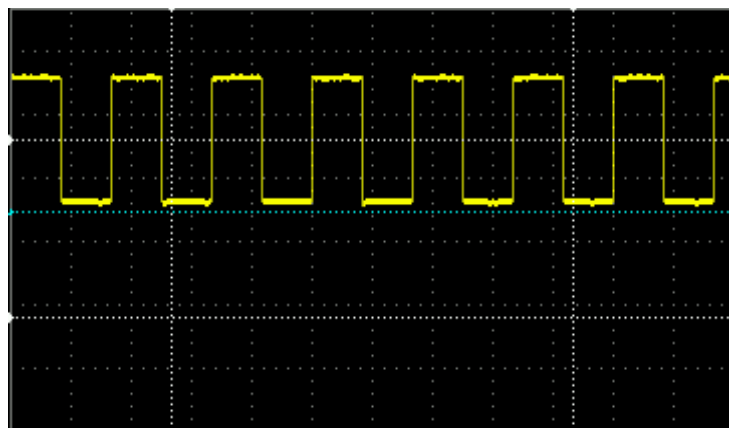
Figura 24. Señal PWM generada por el micro-controlador en el Puerto C, 0.



Fuente: Autor

Esta señal PWM es generada por el micro-controlador por la salida 0 del Puerto C.

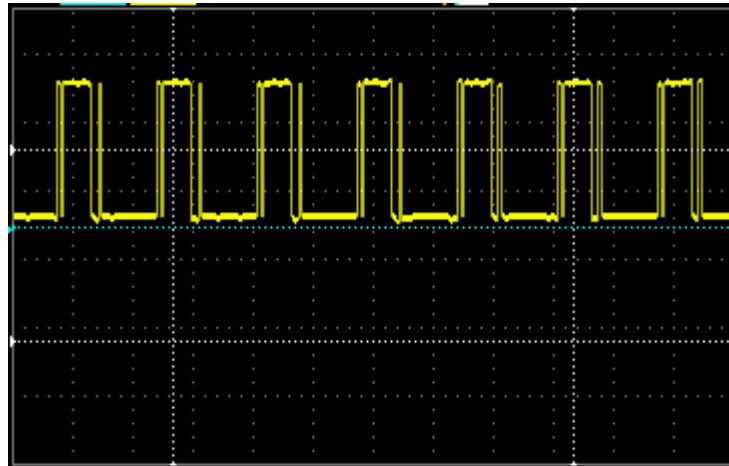
Figura 25. Señal PWM generada por el micro-controlador en el Puerto C, 1.



Fuente: Autor

Esta señal PWM es generada por el micro-controlador por la salida del Puerto C.

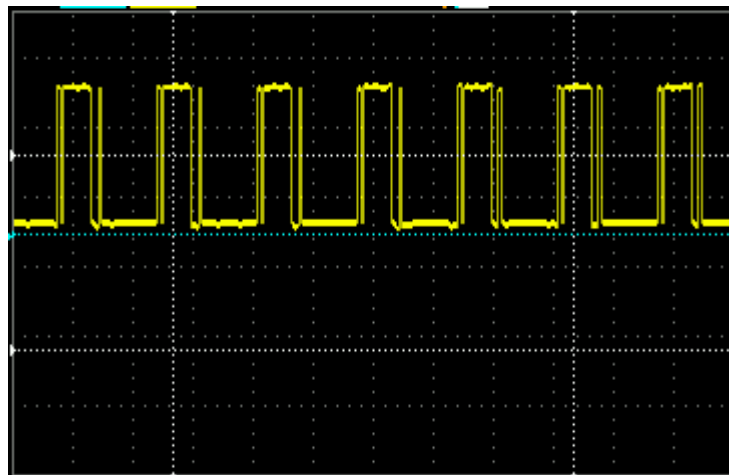
Figura 26. Señal PWM generada por el micro-controlador en el Puerto C, 2.



Fuente: Autor

Esta señal PWM es generada por el micro-controlador por la salida 2 del Puerto C.

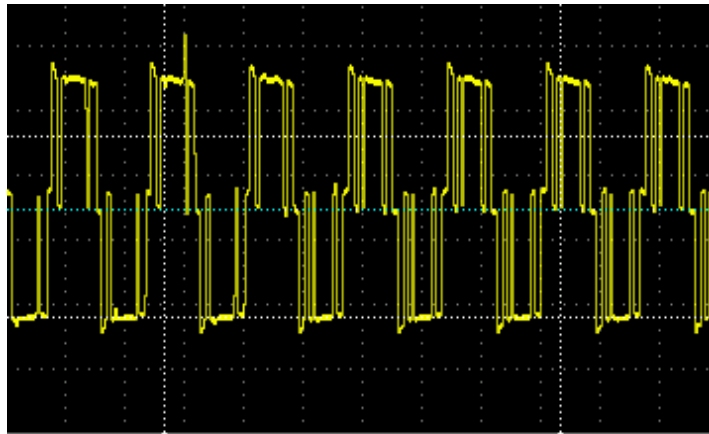
Figura 27. Señal PWM generada por el micro-controlador en el Puerto C, 3.



Fuente: Autor

Esta señal PWM es generada por el micro-controlador por la salida 3 del Puerto C.

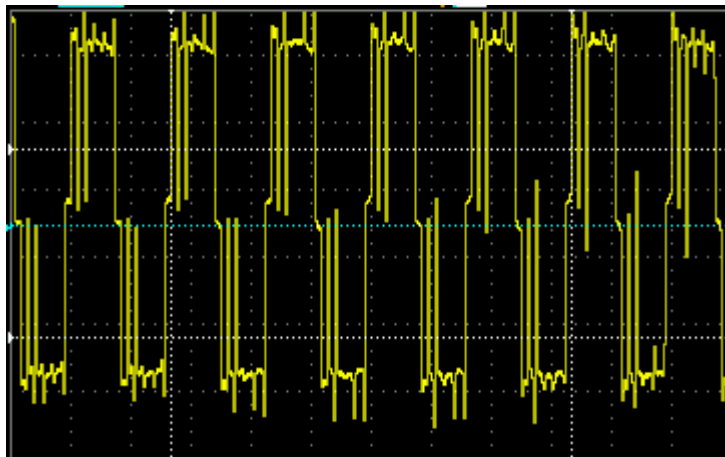
Figura 28. Señal PWM de salida hacia el transformador



Fuente: Autor

Esta señal PWM es la resultante de la salida del puente H, es decir la señal que se la ingresa en el transformador para su amplificación y posterior integrado y suavizado.

Figura 29. Señal PWM a la salida del Transformador

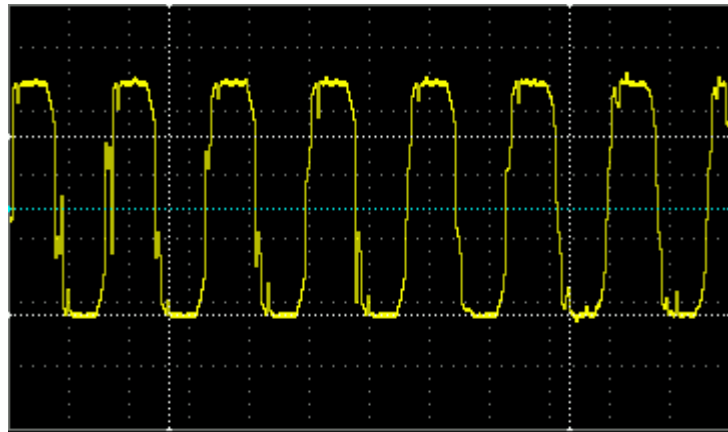


Fuente: Autor

Esta señal PWM es el resultado de haber elevado la tensión en el transformador.



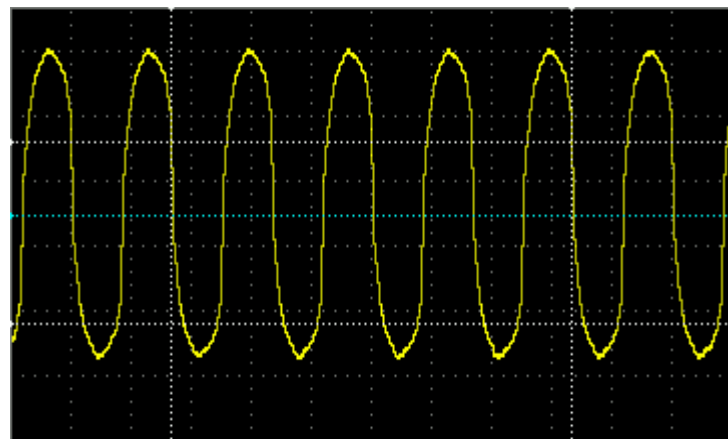
Figura 30. Señal integrada por un filtro pasa bajo luego del Transformador



Fuente: Autor

Esta señal es el resultado de haber elevado la tensión en el transformador y posteriormente integrado los pulsos PWM mediante un filtro pasa bajo.

Figura 31. Señal senoidal de salida.



Fuente: Autor

Esta es la onda senoidal resultado de haber suavizado la onda integrada anteriormente mediante un condensador de uso continuo de 20uF. Esta onda es la que finalmente se sincronizará con la red eléctrica ya que posee las características necesarias para hacerlo.

## 4.2.Cálculo de Rendimiento

### 4.2.1. Rendimiento del transformador

Hay que recalcar que el transformador es un transformador elevador pero por efectos de medición y acoplamiento se realizaron las pruebas como si fuese un transformador reductor.

La prueba en vacío del Transformador (sin carga en el secundario), entrega los siguientes resultados:

Voltaje de ingreso: 120V.

Corriente de ingreso: 0.4A.

Voltaje a la salida: 8V.

Corriente de salida: 0A.

Perdidas en el hierro

$$= \text{Voltaje de ingreso (en vacío)} \times \text{Corriente de ingreso (en vacío)}$$

$$\text{Perdidas en el hierro} = 120 \times 0.4$$

$$\text{Perdidas en el hierro} = 48W$$

La prueba en corto circuito del Transformador (uniendo los bornes del secundario y verificando que por ahí circule la corriente nominal), entrega los siguientes resultados:

Voltaje de ingreso: 8.63V.

Corriente de ingreso: 2.8A.

Voltaje a la salida: 0V.

Corriente de salida: 37.5A

Perdidas en el cobre =

$$\text{Voltaje de ingreso (cortocircuito)} \times \text{Corriente de ingreso (cortocircuito)}$$

$$\text{Perdidas en el cobre} = 8.63 \times 2.8$$

$$\text{Perdidas en el cobre} = 24.164\text{W}$$

$$\text{Perdidas en el transformador} = \text{Perdidas en el hierro} + \text{Perdidas en el cobre}$$

$$\text{Perdidas en el transformador} = 48 + 24.164$$

$$\text{Perdidas en el transformador} = 72.164\text{W}$$

$$\text{Rendimiento del transformador (\%)} = \frac{\text{Potencia Util} \times 100}{\text{Potencia Absorbida}}$$

$$\text{Rendimiento del transformador (\%)} =$$

$$\frac{\text{Potencia Util} \times 100}{\text{Potencia Util} + \text{Perdidas en el transformador}}$$

$$\text{Rendimiento del transformador (\%)} = \frac{300 \times 100}{300 + 72.164}$$

$$\text{Rendimiento del transformador (\%)} = 80.61\%$$

Hay que tomar en consideración que el transformador se lo realizó de manera artesanal y es la razón por la cual tiene un rendimiento bajo, los transformadores industriales o que se pueden encontrar en el mercado tienen un rendimiento mucho mayor, algunos incluso superan el 95% de rendimiento.

#### 4.2.2. Rendimiento del sistema

Por efectos de medición, esta prueba se realiza con un panel solar de 12V y 110W, debido a la corriente que se maneja.

Voltaje de Ingreso (Corriente continua): 15,62 V.

Corriente de Ingreso (Corriente continua): 7,18 A.

Voltaje de Salida (Corriente alterna): 127,8 V

Corriente de Salida (Corriente alterna): 0,53

$$\text{Rendimiento del Sistema (\%)} = \frac{\text{Potencia Util} \times 100}{\text{Potencia Absorbida}}$$

$$\text{Rendimiento del Sistema (\%)} = \frac{\text{Voltaje de salida} \times \text{Corriente de salida} \times 100}{\text{Voltaje de ingreso} \times \text{Corriente de ingreso}}$$

$$\text{Rendimiento del Sistema (\%)} = \frac{127,8 \times 0,53 \times 100}{15,62 \times 7,18}$$

$$\text{Rendimiento del Sistema (\%)} = 60,395\%$$

## CONCLUSIONES

- El objetivo de este proyecto buscó la realización de un sistema de conmutación de centrales de generación autónoma y conectada a la red, para este fin se realizó un sistema de conmutación de fuentes de energía de tal forma que mientras no exista energía de la red de distribución eléctrica, el sistema aisle las cargas conectadas a él y funcione como una fuente de generación autónoma para dichas cargas, es decir que transforme la corriente continua proveniente de la batería o del panel solar en corriente alterna para el consumo, el sistema puede funcionar con las baterías o con el panel solar independientemente o también simultáneamente pero tomando en consideración que el consumo siempre se tomara como prioritario desde el panel solar puesto que se trata de una energía renovable; al momento que exista la energía de la red de distribución eléctrica, el sistema inyectará la energía proveniente de los paneles solares solamente, puesto que esta es una energía limpia y renovable, en caso de que el sistema este alimentado solamente desde la batería el sistema deja de inyectar energía pero se alimentan las cargas desde la energía proveniente de la red de distribución eléctrica, de tal manera que siempre esta energizada la salida del sistema.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que se trabaje con mayor voltaje para que la corriente con la que se trabaje en el lado de corriente continua no sea tan alta, ya que esto conlleva a que se calienten los elementos de conmutación (transistores mosfet) para la generación de onda PWM y posterior filtrado y suavizado.

**BIBLIOGRAFÍA**

**BENAVENT GARCÍA**, José Manuel. **ABELLÁN GARCÍA**, Antonio. **FIGUERES AMORÓS**, Emilio. 1999. *Electrónica de Potencia: Teoría y aplicaciones*. España. Universidad Politecnica de Valencia. 235 páginas. Primera edición.

**BOYLESTAD**, Robert. **NASHELSKY**, Louis. 2003. *Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos*. México. Pearson Educación. 1040 páginas. Octava edición.

**COUËDIC**, Marc. 1999 *Circuitos integrados para tiristores y triacs*. España. Marcombo, S.A. Primera Edición.

**COUGHLIN**, Robert. **DRISCOLL**, Frederick. 1999. *Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales*. México. Prentice Hall. 552 páginas. Quinta edición.

**DE JUANA SARDÓN**, José María. 2003 *Energías Renovables para el Desarrollo*. España. Paraninfo. 311 páginas. Primera edición

**GONZÁLEZ VELASCO**, Jaime. 2009. *Energías Renovables*. España. Reverte. 670 páginas. Primera edición.

**GUALDA**, Juan Andrés. **MARTINEZ**, Salvador. **MARTINEZ**, Pedro Manuel. 1999. *Electrónica Industrial: Técnicas de potencia*. España. Marcombo. 496 páginas. Segunda edición.

**LUCENA BONNY**, Antonio. 1998 *Energías Alternativas y tradicionales: Sus Problemas ambientales*. España. Talasa Ediciones, S. L. 127 páginas. Edición ilustrada.

**RASHID**, Muhammad H. 2004. *Electrónica de Potencia: Circuitos, dispositivos y aplicaciones*. México. Pearson Educación. 904 páginas. Tercera edición.

**ROLDÁN VILORIA**, José. 2012. *Necesidades energéticas y propuestas de instalaciones solares*. España. Paraninfo. 272 páginas. Primera edición.

**STYLE, Oliver.** 2012. Energía Solar Autónoma: Planificación, dimensionado e instalación de un sistema fotovoltaico autónomo. España. Oliver Style. 166 páginas. Primera edición.

**ULLOA ROJAS, Raúl Antonio.** 2005. Filtros: (aproximación y síntesis). México. Universidad Iberoamericana. 243 páginas. Primera edición.

**Nocturnar.** Paisajes de noche. <<http://www.nocturnar.com/forum/fotografia/610225-paisajes-de-noche-hd.html>>. Consulta: 6 de Agosto de 2012.

**Arkiplus.** Las células solares. <<http://www.arkiplus.com/las-celulas-solares>>. Consulta: 9 de Agosto de 2012

**Wikipedia.** Corriente Continua. <[http://es.wikipedia.org/wiki/Corriente\\_continua](http://es.wikipedia.org/wiki/Corriente_continua)>. Consulta: 23 de Agosto de 2012

**Energía eólica y aerogeneradores.** Paneles solares fotovoltaicos. <<http://aerogeneradores-energia-eolica.blogspot.com/2012/06/que-es-un-panel-solar.html>>. Consulta: 20 de Octubre de 2012

**Gobierno de Canarias.** Instalaciones de energías renovables. Instalaciones fotovoltaicas. <<http://www.gobiernodecanarias.org/industria/guia/FOTOVOLTAICA/Guia%20Fotovoltaica%20Final.html>>. Consulta: 21 de Octubre de 2012.

**Super Capturador.** Baterías y acumuladores. <[http://www.supercapturador.com.mx/reciclado\\_baterias\\_acumuladores.php](http://www.supercapturador.com.mx/reciclado_baterias_acumuladores.php)>. Consulta: 4 de Noviembre de 2012.

**Baterías Chile.** Baterías. <<http://www.baterias-chile.cl/>>. Consulta 4 de Noviembre de 2012.



**Tu tienda solar.** Regulador de voltaje. <<http://www.tutiendasolar.es/Reguladores-de-carga-con-led-Regulador-Dres-RSP12-10-12V-10A-Sunstar.html>>. Consulta: 27 de Noviembre de 2012.

**Mansur Solar.** Controlador de Cargador de Batería. <<http://www.mansur-solar.com/productos/controlador.php>>. Consulta: 29 de Noviembre de 2012.

**VxI Power.** Inversores de onda senoidal pura. <[http://www.vxipower.com/product\\_detail\\_24V-INPUT---AJ-SERIES-PURE-SINEWAVE-INVERTER\\_177.htm](http://www.vxipower.com/product_detail_24V-INPUT---AJ-SERIES-PURE-SINEWAVE-INVERTER_177.htm)>. Consulta: 10 de Diciembre 2012.

**Smart Dreams.** Transistores Mosfet y configuracion en Puente “H”. <<http://smartdreams.cl/page/2/>>. Consulta: 15 de Diciembre de 2012.

## **ANEXOS**

**Anexo 1:** CD con video demostrativo y Datasheet de elementos utilizados