

# **ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**

**DISEÑO, INSTALACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA  
ATURDIDOR Y PELADO DE POLLOS PARA LA EMPRESA P. D. J.**

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

**PAREDES ANDRANGO JAIME EFRAIN  
jpa\_419954@msn.com**

**RIVERA LIGER CARLOS GERMÁNICO  
cgrivera76@yahoo.com**

**DIRECTOR: ING. WALTER EDISON BRITO PERUGACHI  
walter.brito@epn.edu.ec**

**Quito, Diciembre 2011**

## DECLARACIÓN

Nosotros, Jaime Efrain Paredes Andrango y Carlos Germánico Rivera Liger, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

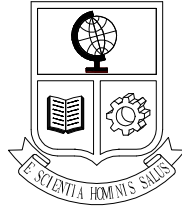
A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

---

Jaime Efrain Paredes Andrango

---

Carlos Germánico Rivera Liger



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**"E SCIENTIA HOMINIS SALUS"**

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

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

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

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

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

***Respeto hacia sí mismo y hacia los demás***

**CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el señor Jaime Efrain Paredes Andrango y el señor Carlos Germánico Rivera Liger, bajo mi supervisión.

---

**Ing. Walter Brito**  
**DIRECTOR DEL PROYECTO**

## **AGRADECIMIENTO**

Al Estado Ecuatoriano por dar la oportunidad de estudiar y poder concluir mi carrera universitaria, a mis padres por su sacrificio diario de darme el respaldo incondicional en todo momento, sin ellos no hubiera sido posible alcanzar tan anhelada meta.

Al Ing. Walter Brito por su guía incondicional y desinteresada en la elaboración de este trabajo.

A Procesadora y Distribuidora Juanito (P.D.J.) por abrirnos las puertas y acogernos sin restricción alguna, para realizar este proyecto.

Jaime Efrain Paredes Andrango

Autor

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todas las personas honestas y trabajadoras, que gracias a su esfuerzo nuestro país progresa.

Jaime Efrain Paredes Andrango

Autor

## AGRADECIMIENTO

Infinitamente quiero agradecer a Dios, quien me ha dado la vida siendo la luz en mi camino para alcanzar todas las metas que me he propuesto.

A mi familia, que es la fortaleza de mi vida

Al Ing. Walter Brito, Director del Proyecto de Titulación, quien nos ha brindado todo su conocimiento técnico y apoyo incondicional en todo momento para guiar nuestro proyecto hasta culminar con éxito.

Carlos G. Rivera Liger  
Autor

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a toda mi familia en especial a mi esposa Mónica Madre de mis hijos quien ha sido un ejemplo de lucha, superación y perseverancia diaria brindándome su apoyo.

A mi Familia Política por estar siempre a mi lado y ser una guía para seguir siempre adelante.

Dedico a aquellas personas que me han ayudado siempre dándome un apoyo incondicional.

Carlos G. Rivera Liger  
Autor



## CONTENIDO

CONTENIDO.....	IX
RESUMEN.....	XIV
PRESENTACIÓN.....	XV
<b>CAPITULO 1.....</b>	<b>1</b>
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SACRIFICIO Y PELADO DE POLLOS.....</b>	<b>1</b>
1.1    INTRODUCCIÓN.....	1
1.2    PROCESO DE SACRIFICIO Y PELADO.....	1
1.2.1 <b>PREPARACIÓN DEL AVE.....</b>	<b>1</b>
1.2.2    PROCESO DE ATURDIDO.....	1
1.2.3    SACRIFICIO.....	3
1.2.4    DESPLUMADO.....	4
1.2.5    CORTADO DE PATAS Y CABEZAS.....	5
1.2.6    EVISCERACIÓN.....	5
1.2.7    LAVADO, EMPACADO Y DISTRIBUCIÓN.....	6
1.3    DIAGRAMA DE BLOQUES.....	7
1.4    DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA P.D.J.....	8
1.4.1    SISTEMA DE SACRIFICIO.....	8
1.4.2    SISTEMA DE PELADO.....	8
1.4.3    CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN SISTEMA DE PELADO.....	8
1.5    DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA ATURDIDOR DE POLLOS.....	9
1.5.1    SISTEMA ATURDIDOR.....	9
1.5.2    SISTEMA DE CONTROL.....	9
1.5.3    DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL CONVERTOR.....	11
1.5.4    PARÁMETROS TÉCNICOS DEL SISTEMA ATURDIDOR.....	16

1.5.5	PROTECCIONES.....	16
1.6	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PELADOR DE POLLOS.....	17
1.6.1	PELADOR DE POLLOS.....	17
1.6.2	CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL MOTOR.....	17
<b>CAPITULO 2.....</b>		<b>21</b>
<b>DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ATURDIDOR Y PELADOR DE POLLOS.....</b>		<b>21</b>
2.1	DIMENSIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE POTENCIA PARA EL SISTEMA ATURDIDOR.....	21
2.1.1	CONVERSOR AC - DC.....	22
2.1.2	CONVERSOR DC - DC.....	25
2.1.3	INVERSOR DC – AC.....	28
2.2	DIMENSIONAMIENTO DE LOS DISIPADORES DE CALOR.....	30
2.3	CIRCUITO SNUBBER.....	32
2.4	PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE Y CORTOCIRCUITO.....	34
2.5	DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL.....	37
2.5.1	ARQUITECTURA DEL PROGRAMA DE CONTROL.....	37
2.5.2	TÉCNICA PWM.....	37
2.5.3	GENERACIÓN DE LAS SEÑALES PWM.....	38
2.5.4	VOLTÍMETRO DIGITAL.....	41
2.5.5	CIRCUITO DE AISLAMIENTO.....	43
2.6	DIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR.....	45
2.6.1	CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR....	48
2.7	IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO ATURDIDOR.....	49
2.7.1	ETAPA DE CONTROL.....	49
2.7.2	AISLAMIENTO CON OPTO ACOPLADORES.....	50

2.7.3	CONTROL .....	51
2.7.4	CONVERSOR AC – DC – DC y DC – AC .....	53
2.8	DIMENSIONAMIENTO PARA LA SELECCIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD. ....	54
2.8.1	QUE HACE LA CARGA. ....	54
2.8.2	DATOS NOMINALES DEL MOTOR.....	56
2.9	SELECCIÓN DEL VARIADOR.....	59
2.9.1	ANÁLISIS PARA REDUCIR LA VELOCIDAD A TRAVÉS DE POLEAS. ....	60
2.9.2	ANÁLISIS DE TORQUE EN LA CARGA.....	61
2.9.3	CONTROL EXTERNO REQUERIDO PARA EL VARIADOR.....	61
2.9.4	CALCULO PARA EL CONTROL DE VELOCIDAD EXTERNO A TRAVÉS DEL POTENCIÓMETRO. ....	61
2.10	HMI DEL VARIADOR. ....	62
2.11	IMPLEMENTACIÓN DEL VARIADOR. ....	62
2.12	IMPLEMENTACIÓN DE LA BOTONERA Y CONTROL DE VELOCIDAD EXTERNO A TRAVÉS DE POTENCIÓMETRO.....	64
2.13	MONTAJE DEL MOTOR.....	65
<b>CAPITULO 3.....</b>		<b>67</b>
<b>DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL.....</b>		<b>67</b>
3.1	INTRODUCCIÓN .....	67
3.2	ARQUITECTURA DEL PROGRAMA DE CONTROL .....	67
3.2.1	DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL DEL CONVERSOR DC– DC	68
3.2.2	DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL DEL INVERSOR DC – AC	69
3.2.3	DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA EL VOLTÍMETRO DIGITAL.....	70
3.2.4	RUTINA PARA PROGRAMAR EL VARIADOR DE VELOCIDAD. ....	71
3.3	PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR.....	73

3.3.1	INGRESO DE DATOS DE PLACA DEL MOTOR. ....	73
3.3.2	LIMITACIÓN DE LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN .....	73
3.3.3	BOTONERA EXTERNA. ....	73
3.3.4	RAMPAS DE ARRANQUE Y FRENO. ....	73
3.3.5	CONTROL DE VELOCIDAD EXTERNA CON POTENCIÓMETRO.....	74
<b>CAPITULO 4.....</b>		<b>75</b>
<b>PRUEBAS Y RESULTADOS .....</b>		<b>75</b>
4.1	INSTALACIÓN DEL ATURDIDOR Y PELADOR DE POLLOS .....	75
4.2	PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	76
4.2.1	PRUEBAS DEL CIRCUITO DE CONTROL .....	76
4.2.2	PRUEBAS DEL CIRCUITO DE POTENCIA .....	76
4.2.3	PRUEBAS DEL SISTEMA ATURDIDOR IMPLEMENTADO.....	78
4.2.4	FOTOS DEL PROCESO PARA ATURDIR LOS POLLOS.....	79
4.2.5	PRUEBAS DEL PELADOR DE POLLOS IMPLEMENTADO. ....	81
4.2.6	FOTOS DEL PROCESO DEL PELADO DE LOS POLLOS. ....	81
4.3	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	82
4.3.1	ANÁLISIS DEL SISTEMA ATURDIDOR. ....	82
4.3.2	ANÁLISIS DEL PELADOR DE POLLOS. ....	83
4.3.3	CUADRO COMPARATIVO.....	84
4.3.4	COSTOS DEL PROYECTO.....	85
<b>CAPITULO 5.....</b>		<b>86</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>		<b>86</b>
5.1	CONCLUSIONES .....	86
5.2	RECOMENDACIONES .....	88
5.2.1	RECOMENDACIONES DE INSTALACIÓN .....	88

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ..... 90**

**ANEXOS**

## RESUMEN

La Procesadora y Distribuidora Juanito (P.D.J.) poniéndose acorde con los requerimientos de la Dirección de Sanidad, optó por tecnificar el proceso de sacrificio y pelado de pollos, con el objetivo de mejorar la calidad del proceso y ser más competitivo en el mercado.

En consecuencia, en el presente proyecto se realiza el diseño, instalación y automatización de un sistema aturdidor y pelado de pollos, así como el dimensionamiento de los alimentadores y elementos de protección para los sistemas instalados.

El sistema aturdidor que poseen las grandes industrias procesadoras, tiene un costo muy alto, siendo inaccesible para las microempresas.

Con este proyecto se pretende diseñar e implementar un sistema prototipo de aturdidor accesible para la microempresa.

Además se reestructura la máquina peladora de P.D.J. para un uso eficiente, logrando una mayor producción con la misma cantidad de personal, en un menor tiempo y mejorando la calidad.

## PRESENTACIÓN

El presente trabajo tiene como propósito diseñar, instalar y automatizar en la Procesadora y Distribuidora Juanito (P.D.J.) un sistema aturdidor y pelado de pollos, el cual permitirá tecnificar y aumentar su producción.

Con este objetivo, este trabajo se ha dividido en cinco capítulos: En el primer capítulo se realiza una descripción del proceso de sacrificio y pelado de pollos, una breve descripción de sistema a implementar, describiendo las características que posee cada una de ellas.

En el segundo capítulo se describe el diseño e implementación del sistema aturdidor y pelador de pollos, es decir, técnicas de control utilizado, tipos de aislamientos, disipadores, elementos electrónicos, protecciones, etc.

En el tercer capítulo se describe el desarrollo del programa de control, software utilizado, programación del variador, diagramas de flujo y simulaciones.

En el cuarto capítulo se realizan pruebas y se describen los resultados, para el sistema aturdidor se realizan dichas pruebas a diferentes valores de voltaje y frecuencia, para el pelador se realizan pruebas a diferentes rampas de arranque, frenado y velocidades.

En el quinto capítulo, se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

## **CAPITULO 1**

# **DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE SACRIFICIO Y PELADO DE POLLOS**

### **1.1 INTRODUCCIÓN.**

En la actualidad el consumo de carne blanca, en especial de pollo, se ha incrementado significativamente, en consecuencia directa la demanda de la misma, siendo necesario el incremento de su producción.

Para obtener una carne de pollo de alta calidad, no es suficiente controlar su alimentación e higiene, a estos cuidados es necesario sumarle un adecuado proceso de sacrificio y pelado. De ahí la necesidad de crear un sistema aturdidor y la tecnificación del pelado.

### **1.2 PROCESO DE SACRIFICIO Y PELADO.**

A fin de comprender el proceso que envuelve el sacrificio y pelado de pollos se describirá de manera resumida la secuencia del proceso.

#### **1.2.1 PREPARACIÓN DEL AVE.**

Las aves llegan del criadero en jaulas plásticas, las cuales son almacenadas en el área de pre-sacrificio, donde son humedecidas y colocadas en embudos cabeza abajo para aturdirlos.

#### **1.2.2 PROCESO DE ATURDIDO.**

En algunos países como en España es una operación obligatoria, regulada por el Decreto 54/1995. Esta norma define el aturdimiento como “Todo procedimiento que, cuando se aplique a un animal, provoque un estado de inconsciencia que se prolongue hasta que se produzca la muerte”. [1]

El objeto del aturdimiento es insensibilizar a las aves frente al dolor, lo que permite darles una muerte más adecuada, produciendo carnes de mejor calidad.



El aturdimiento no debe matar al animal, sino simplemente producirle una taquicardia que provocará un rápido bombeo de la sangre una vez practicado el corte del sacrificio. Si el aturdimiento no se realiza de forma correcta, el desangrado será incompleto. El mismo problema ocurre si el ave muere en el aturridor. En caso de un desangrado incompleto, las carnes adquieren un color oscuro y presentan manchas visibles de sangre.

Existen diversos métodos de aturdimiento: dióxido de carbono, argón y otras mezclas de gases, aturridor por descarga eléctrica, etc.

A continuación se describen los métodos más utilizados en el proceso de aturrido:

#### **1.2.2.1 Aturrido Eléctrico**

Este proceso puede realizarse principalmente de dos formas:

- Electrodo repartidos por todo el cuerpo del animal. Este método está en desuso puesto que perjudica la calidad de la carne.
- Baño de agua. Una vez colgadas las aves y antes de 10 segundos, se sumergen las cabezas en un baño de agua. Al encontrarse el gancho y el agua electrificados, el ave recibe una descarga al cerrar el circuito consiguiendo así el aturrido del ave si el voltaje y la frecuencia son correctos (alrededor de 75 a 100 V a frecuencias superiores a los 60 Hz).

[1]

#### **1.2.2.2 Aturrido Mediante Atmosfera Controlada.**

Últimamente se han venido desarrollando sistemas de aturrido por medio de atmósfera controlada, mediante los cuales las aves llegan totalmente inconscientes al desangrado, evitando por completo el sufrimiento de las mismas, lo cual redundará además en una mayor calidad de la carne. En este sistema, las aves se aturden antes de ser colgadas. Los contenedores en los que llegan al matadero descargan las aves a una cinta que se introduce en el aturridor, en el que las aves permanecen durante 3 minutos. En ese periodo se modifica la atmósfera ambiental produciéndose la inconsciencia de las aves. [1]

Una vez inconscientes, las aves se cuelgan más fácilmente. Además, el desangrado de las aves aturdidas mediante este sistema es mejor que el de las aves aturdidas eléctricamente.

En la Tabla 1.1 se pueden apreciar las ventajas y desventajas de los dos principales procesos de aturrido.

<b>PROCESO</b>	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<b>ATURDIDO ELÉCTRICO</b>	Económico.  Rápido.  Limpio.  Eficiente.	Costo de Mantenimiento.
<b>ATURDIDO ATMOSFERA CONTROLADA</b>	Rápido.  Limpio.  Eficiente.	Costoso.  Emanación de gases residuales.  Costo de Mantenimiento.

Tabla 1.1 Ventajas y desventajas procesos de aturrido.

Analizando las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas de aturrido se ha optado por el sistema de aturrido eléctrico, básicamente debido al bajo costo de implementación.

### **1.2.3 SACRIFICIO.**

Las aves aturdidas (inconscientes) dejan de producir adrenalina debido al estrés, es ahí el momento del sacrificio, el cual se lo hace con un cuchillo manual o eléctrico a la altura de la vena yugular para garantizar su correcto desangre.

Este proceso es necesario para garantizar la calidad de la carne, al sacrificar directamente al ave, sin pasar por el aturdidor, la carne se llena de adrenalina, bilis y otros fluidos producto del estrés, lo que hace perder la calidad nutritiva de ésta.

#### **1.2.4 DESPLUMADO.**

La operación de desplumado se realiza a mano o mediante máquinas, a continuación se describe estos dos procedimientos:

##### **1.2.4.1 Desplumado Manual**

El desplumado manual se lo realiza inmediatamente después del sacrificio, mientras el cuerpo sigue caliente, para no usar agua hirviendo que daña la piel del ave.

Es un proceso artesanal y antihigiénico donde el operador está en contacto directo con el ave, corriendo el riesgo de contaminación debido a la transmisión de gérmenes, cuando éste arranca las plumas de los folículos del ave. [1]

##### **1.2.4.2 Desplumado Mecánico**

Este desplumado o pelado se realiza mediante máquinas que poseen una serie de discos, tambores u otros dispositivos provistos de dedos de goma que al pasar las aves en sentido contrario a su sentido de rotación, arrancan las plumas de los folículos.

Esta acción va acompañada de una ducha que arrastra las plumas desprendidas hacia un canal inferior por el que son transportadas hasta su lugar de recogida. [1]

Es un proceso limpio donde el operador no está en contacto directo con el ave.

En la Tabla 1.2 se puede apreciar las ventajas y desventajas de los dos principales procesos de pelado o desplume.

PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<b>DESPLUMADO MANUAL</b>	Económico.	Lento. Antihigiénico. Ineficiente.
<b>DESPLUMADO MECÁNICO</b>	Rápido. Limpio. Eficiente.	Costo de Mantenimiento.

Tabla 1.2 Ventajas y desventajas procesos de aturdido.

Analizando las ventajas y desventajas de los diferentes sistemas de pelado se ha optado por el desplumado mecánico, básicamente debido a la rapidez y limpieza que este sistema presenta.

### 1.2.5 CORTADO DE PATAS Y CABEZAS

La separación de la cabeza se realiza con un cuchillo manual o eléctrico donde se procura cortar la cabeza de tal manera de separarla junto con el esófago y la tráquea. Así se eliminan las uniones con el buche y el pulmón.

Las patas se cortan a la altura del tarso o talón, mediante una máquina automática o manualmente. Debe cuidarse que el corte se realice en el punto exacto, para que no queden extremos irregulares y puntiagudos que podrían dañar el envase en el que serán posteriormente empacados. [1]

### 1.2.6 EVISCERACIÓN.

Consiste en la extracción de las vísceras (intestinos, pulmones, hígado, corazón, molleja) con objeto de mejorar la conservación de las aves.

La evisceración es necesaria desde el punto de vista higiénico, ya que de esta manera se evita la migración de microorganismos a partir del intestino y la

aparición de olores y colores anormales. Además se facilita así la inspección post-mortem.

Estas vísceras tendrán diferente destino dependiendo de si son despojos comestibles (corazón, molleja e hígado) o no comestibles (intestinos, pulmones). Durante esta operación se realiza la inspección post-mortem. [1]

### **1.2.7 LAVADO, EMPACADO Y DISTRIBUCIÓN.**

El duchado de las aves tras la evisceración es una operación de obligado cumplimiento. La finalidad de esta operación es la de limpiarlas tanto externa como internamente, arrastrando con el agua una parte de los microorganismos superficiales.

El lavado elimina las partículas de sangre que puedan quedar adheridas, también grasa y restos de tejidos, restos de heces, etc. El agua utilizada puede ser fría o caliente (35°C), siendo en este último caso el lavado más eficaz por actuar también sobre los microorganismos.

El envasado se refiere a la introducción de las aves en bolsas de materiales plásticos y el embalaje a las cajas o envolturas externas protectoras en las que se introducen las aves envasadas.

El siguiente destino para estos productos envasados y embalados es la conservación en refrigeración (0°C) o la congelación (-18°C). [1]

Finalmente pasan a la distribución, esta empresa entrega a domicilio las aves bajo pedido, siendo sus clientes principalmente mercados, micro mercados, tercenas, restaurantes y asaderos.

En la Figura 1.1 se ilustra el diagrama de bloques correspondiente al procesamiento completo de pollos.

### 1.3 DIAGRAMA DE BLOQUES.

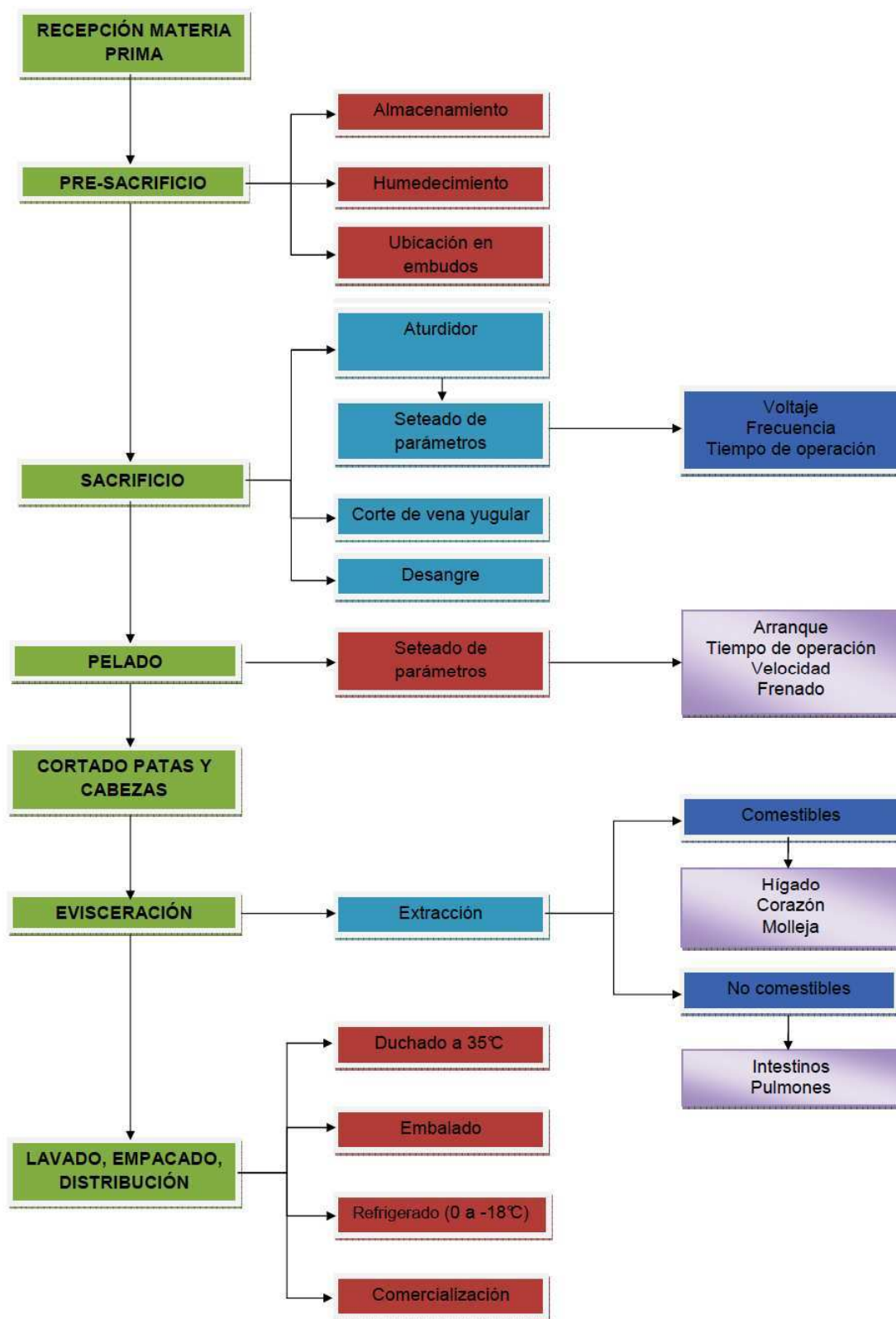


Figura 1.1 Diagrama de bloques del Procesamiento y Distribución

## **1.4 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA P.D.J.**

### **1.4.1 SISTEMA DE SACRIFICIO.**

El sacrificio de pollos, se realiza de forma directa, es decir, las aves son colocadas en los conos y cortada la vena yugular.

La procesadora no cuenta con un sistema aturdidor.

### **1.4.2 SISTEMA DE PELADO.**

El pelado se realiza en una máquina pequeña de poca capacidad (5 pollos de 3 lb aproximadamente) y manualmente, la procesadora posee una peladora grande, de buena capacidad (20 pollos de 3 lb aproximadamente) dañada, la cual se pretende arreglar para acelerar el proceso de pelado.

### **1.4.3 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN SISTEMA DE PELADO.**

La capacidad de producción de una planta está directamente relacionada con el número de máquinas explotadas, el número de operarios, la eficiencia en la producción, la disponibilidad de materia prima, entre otros aspectos.

Para este caso, el nivel de producción de la procesadora de pollos con los sistemas diseñados e instalados, está previsto optimizar y aumentar la producción de un 20% aproximadamente.

Para tener una idea de las ventajas que ofrece la implementación de este nuevo sistema, se pasará de producir 400 pollos diarios a 500 pollos diarios, todo aquello con la misma cantidad de operarios, sin los problemas de estropeo de la materia prima por un mal sacrificio y pelado.

La producción puede variar de acuerdo a condiciones del mercado, es decir, a las necesidades del consumidor.

## 1.5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA ATURDIDOR DE POLLOS.

### 1.5.1 SISTEMA ATURDIDOR

Se utiliza en el proceso de pre – sacrificio, para este sistema se utilizará un conversor AC – DC – AC como se muestra en el diagrama de la Figura 1.2, con el fin de poder controlar los valores de voltaje y frecuencia requeridos para aturdir al ave.

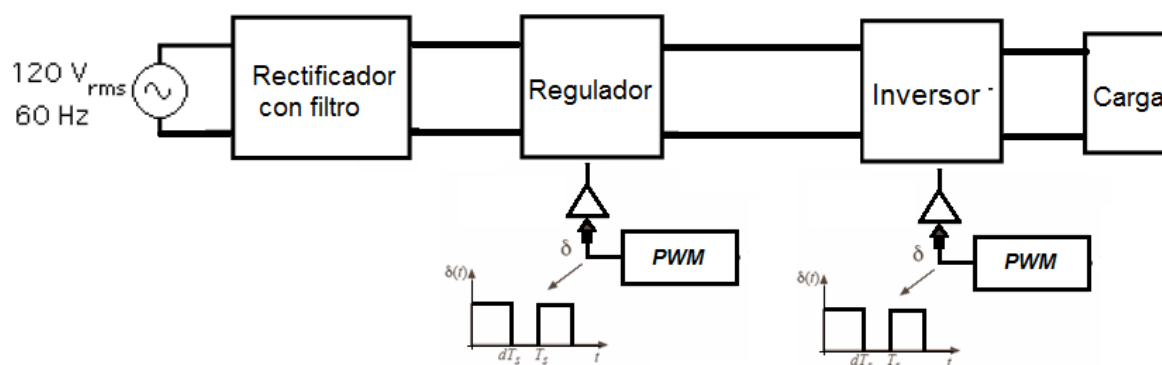


Figura 1.2 Diagrama de Bloques Conversor AC – DC – AC

### 1.5.2 SISTEMA DE CONTROL.

El sistema está orientado al control de voltaje y frecuencia que proporciona el conversor AC – DC – AC, variables por medio de las cuales se pretende regular la entrega de dichos parámetros a la carga, los cuales serán visualizados mediante una interfaz gráfica.

Para aturdir a un pollo se requiere un voltaje teórico de 70 (v), 20 (mA) y una frecuencia de 300 Hz. [1]

La corriente alterna a 60 Hz actúa 300 veces por segundo sobre la fase sensible del músculo cardíaco (corazón), a partir de una intensidad de 10 mA, si la duración de la exposición es de más de 2 segundos. Para la frecuencia de 300 Hz la corriente alterna actúa 600 veces por segundo sobre la fase sensible del músculo cardíaco (corazón). Esta duplicación resulta que tanto el semiciclo positivo, como el semiciclo negativo de la corriente alterna tiene efecto biológico sobre el cuerpo. [1]



La magnitud real del flujo eléctrico depende de la resistencia eléctrica que el cuerpo del animal presente al ser atravesado por la corriente. Esta resistencia no es constante y depende a su vez de varios parámetros como edad, temperatura, peso, etc.

Se requiere que el sistema aturridor soporte una carga de trabajo de veinte pollos por ciclo, estos colocados en paralelo para lo cual se aplica el criterio de circuito paralelo con cargas resistivas donde:

El voltaje total es igual al voltaje de la carga, es decir:

$$V_T = V_1 = V_2 = \dots V_n$$

La corriente total es igual a la suma de las corrientes en cada carga, es decir:

$$I_T = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

Entonces se requiere que el circuito soporte una corriente mínima aproximada de 1 (A).

En la Figura 1.3 se muestra el esquema del circuito aturridor correspondiente a la parte de potencia y en la Figura 1.4 se muestra el circuito aturridor correspondiente a la parte de control.

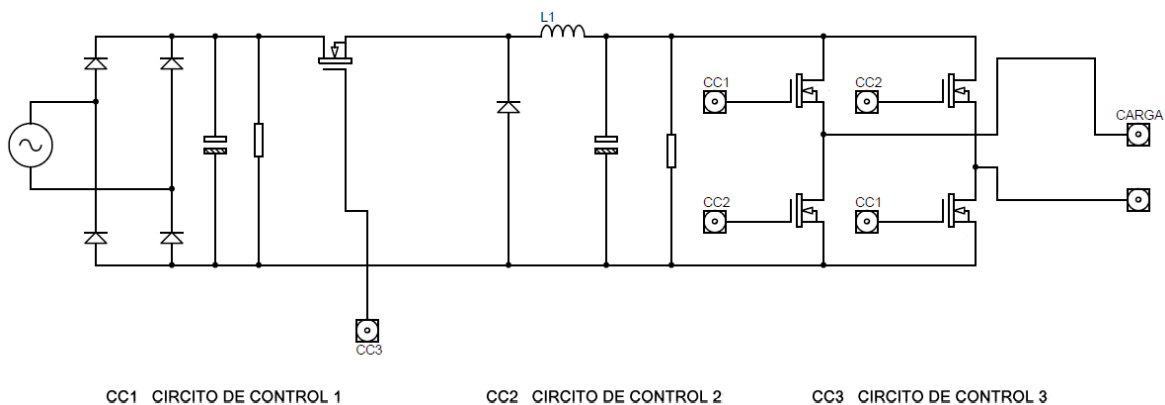


Figura 1.3 Circuito Aturridor - Potencia

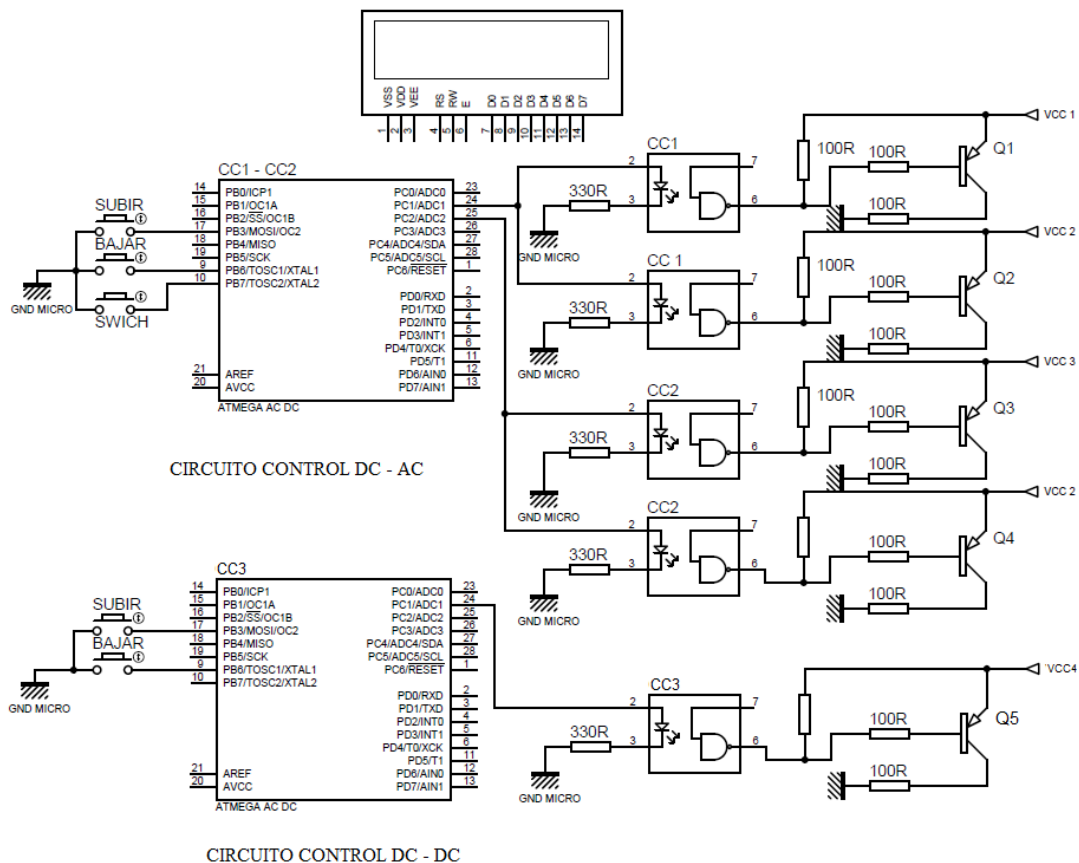


Figura 1.4 Circuito Aturdidor – Control

### 1.5.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS DEL CONVERTOR

El convertor consta de tres etapas básicas:

- Convertor AC – DC (Convertor de voltaje alterno a voltaje continuo)
- Convertor DC – DC (Convertor para variación de voltaje continuo)
- DC Variable – AC (Convertor de voltaje continuo a voltaje alterno)

#### 1.5.3.1 Convertor AC - DC

Se rectifica la onda completa con 4 diodos, en una configuración denominada puente completo. Recibe el nombre de puente rectificador, por estar formado por cuatro diodos conectados en puente y su principal ventaja respecto al rectificador de onda completa con toma media es que no necesita transformador como se observa en la Figura 1.5.

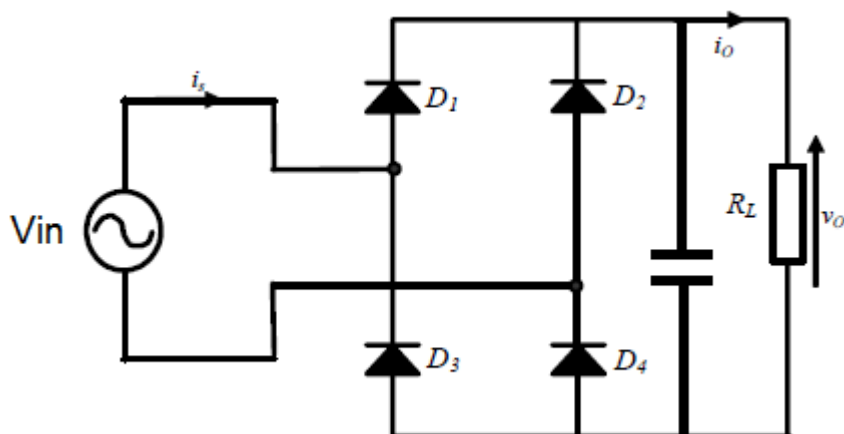


Figura 1.5 Puente rectificador completo con filtro capacitivo.

En este caso, conducen siempre dos diodos simultáneamente. Si el voltaje en la entrada del rectificador es positiva (semiciclo positivo), conducirán  $D_1$  y  $D_4$  mientras que  $D_2$  y  $D_3$  estarán polarizados inversamente y, por tanto, estarán bloqueados (OFF). Si por el contrario, el voltaje es negativo (semiciclo negativo), conducirán  $D_2$  y  $D_3$ . En general, para saber qué diodo puede conducir hay que analizar cuál de los cuatro tiene mayor voltaje en su ánodo y cuál de ellos tiene menos voltaje en su cátodo. La Figura 1.6 muestra las formas de onda del rectificador en puente completo con carga resistiva y filtro capacitivo. [2]

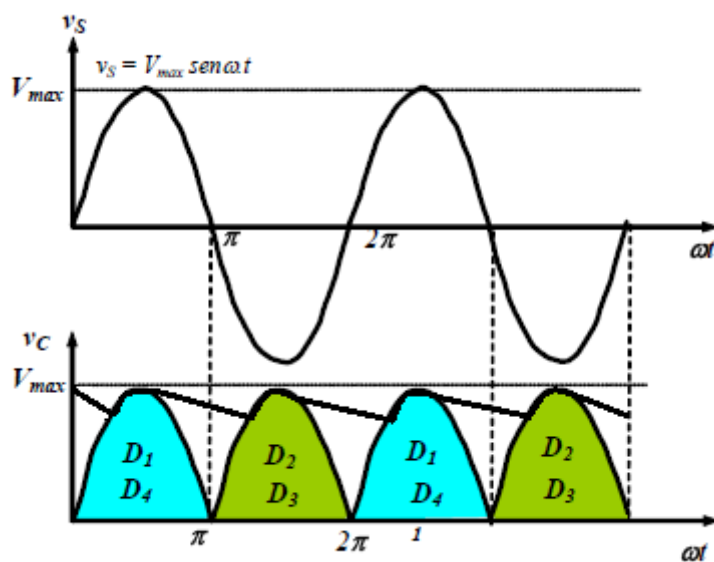


Figura 1.6 Formas de onda Puente rectificador con filtro capacitivo [2]

### 1.5.3.2 Conversor DC – DC

Existen dos métodos para realizar la conversión DC/DC:

- **Convertidores lineales:** Basados en el empleo de un elemento regulador que trabaja en su zona resistiva disipando energía. [3]
- **Convertidores conmutados:** Se basan en el empleo de los elementos semiconductores que trabajan en conmutación (corte/conducción), regulando de esta forma el flujo de potencia a la salida del convertidor. A estos convertidores también se les llama fuentes de alimentación conmutadas y poseen grandes ventajas respecto a los convertidores lineales. [3]

Para esta aplicación se utiliza un convertidor conmutado reductor como se muestra en la Figura 1.7

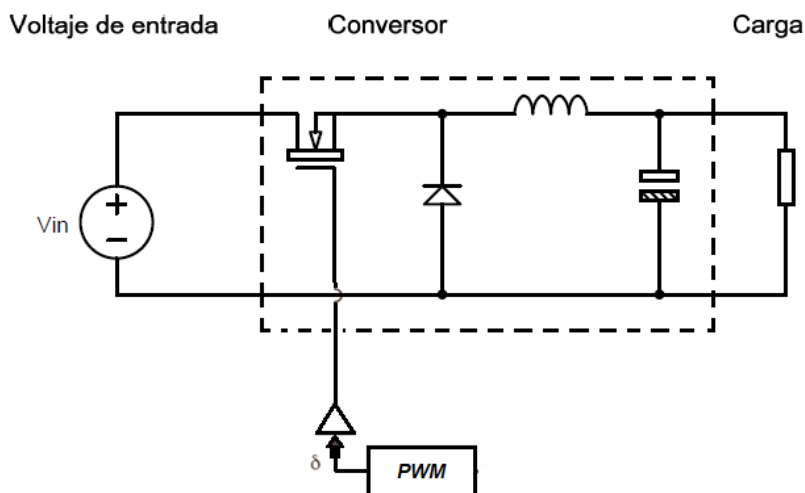


Figura 1.7 Conversor DC – DC reductor [3]

El objetivo de usar esta configuración es producir una salida que sea continua pura.

Una manera de obtener una salida continua es insertar un circuito pasa bajo (L-C) después del interruptor como se observa en la Figura 1.7. El diodo en paralelo proporciona un camino a la corriente de la bobina cuando el interruptor está abierto y se polariza en inversa cuando el interruptor está cerrado. A esta configuración se la denomina convertidor reductor, porque el voltaje de salida es menor que el voltaje de entrada.

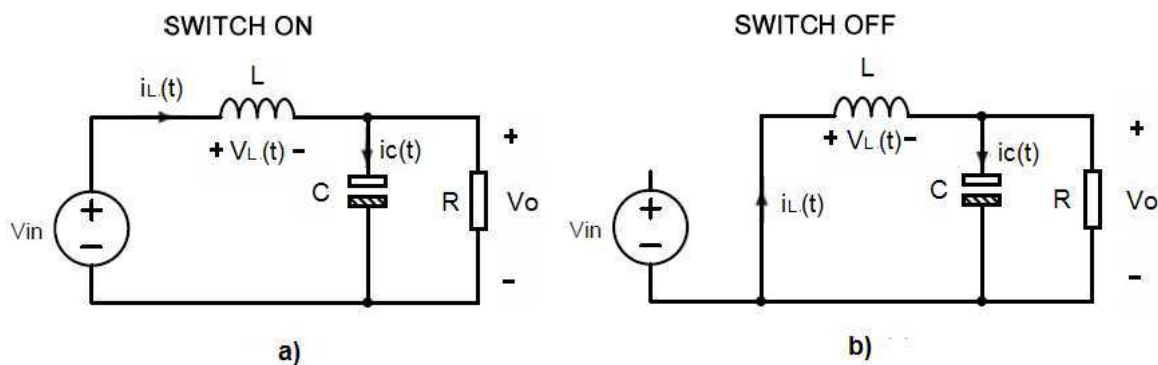


Figura 1.8 a) circuito equivalente cuando el interruptor está cerrado. b) circuito equivalente cuando el interruptor está abierto [3]

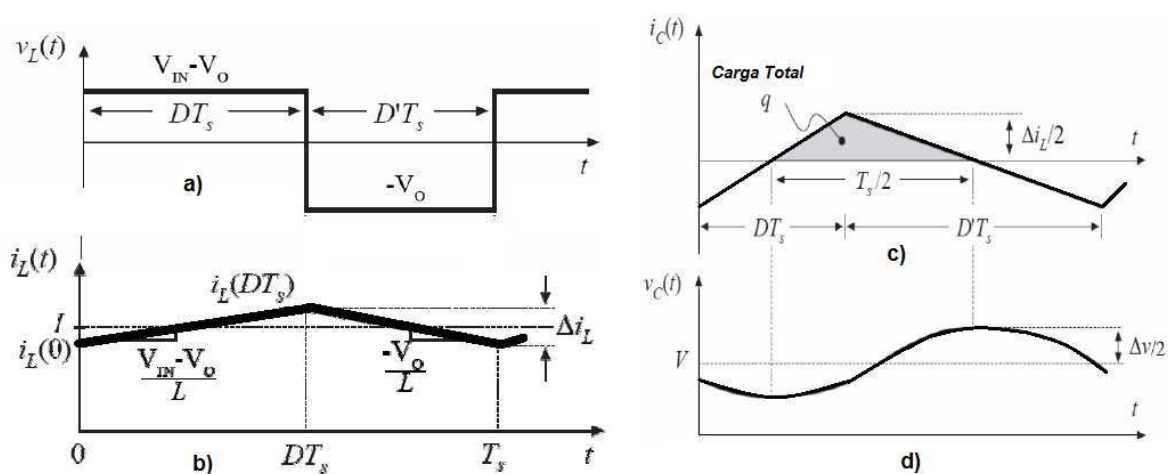


Figura 1.9 a) Voltaje en la bobina. b) Corriente en la bobina. c) Corriente en el capacitor. d) Voltaje de rizado en el capacitor [3]

### 1.5.3.3 Inversor DC – AC

El inversor es el circuito encargado de convertir la corriente continua en corriente alterna.

Para lograr este fin, se utiliza un puente de onda completa totalmente controlado como se muestra en la Figura 1.10. Un puente inversor monofásico entrega como salida de voltaje una onda cuadrada de amplitud  $V_d$  mediante la conmutación de los Mosfets en pares diagonales; sin embargo, si se introduce un desplazamiento de fase de  $120^\circ$  entre la conmutación de cada rama como se muestra en la Figura 1.11, el voltaje de salida  $V_{AB}$  es una onda casi cuadrada con intervalos de cero voltaje de  $120^\circ$  de duración en cada medio ciclo.

Estos intervalos corresponden a las veces en que las terminales  $V_A$  y  $V_B$  están conectadas simultáneamente al suministro de DC y la corriente de carga circula a través del Mosfet y el diodo de marcha libre

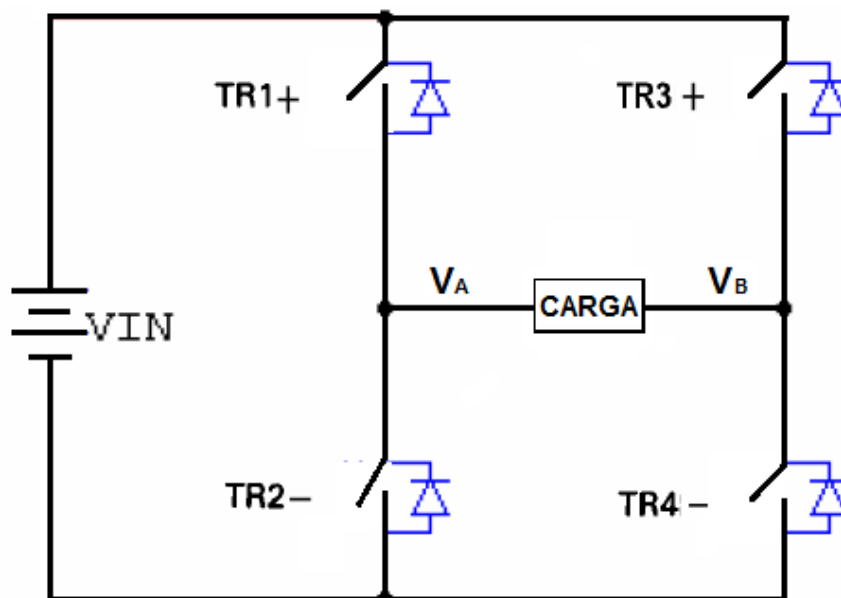


Figura 1.10 Inversor Puente Totalmente Controlado [4]

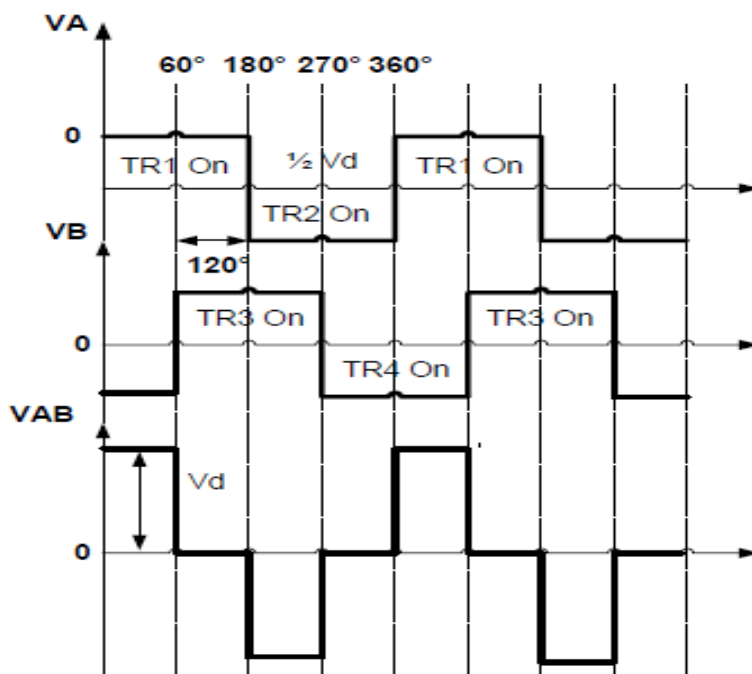


Figura 1.11 Formas de onda para la salida del puente. [4]

La importancia de esta técnica es que el voltaje fundamental de salida puede variarse desde el valor máximo hasta cero mediante el avance de los ángulos de

conducción de TR3 y TR4. Este método general de control de voltaje es llamado Modulación por anchura de pulsos (PWM) y esta técnica en particular se denomina modulación de anchura de un pulso por semiperiodo

En general, el proceso de PWM modifica el contenido armónico del voltaje de salida y puede usarse para minimizar efectos armónicos indeseables en la carga.

#### **1.5.4 PARÁMETROS TÉCNICOS DEL SISTEMA ATURDIDOR.**

Para el diseño e implementación del sistema aturdidor se tomará en cuenta los siguientes parámetros ya explicados anteriormente:

Voltaje de Alimentación	110-120 V, monofásico
Frecuencia de Alimentación	60 Hz
Voltaje de Salida	0 a 110 V variable
Frecuencia de Salida	10 a 400 Hz variable
Corriente	mayor a 1 (A)

#### **1.5.5 PROTECCIONES.**

El sistema debe estar protegido contra fallas en la parte de potencia y en la de control para lo cual se tendrán los siguientes elementos y funciones:

- Fusibles de acción rápida en las líneas de alimentación.- En caso de producirse un corto circuito o fallas en la línea, las corrientes resultantes deberán eliminarse con rapidez, con el fin de proteger los dispositivos semiconductores, conforme aumenta la corriente de falla, el fusible se abre y elimina el problema en unos cuantos milisegundos. [2]
- Redes snubber.- Se considera como un conjunto de componentes que se incorporan a un circuito de potencia, para la protección de dispositivos de conmutación contra las transiciones de encendido y de apagado, asegurando un régimen de trabajo seguro. [5]

## 1.6 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PELADOR DE POLLOS.

### 1.6.1 PELADOR DE POLLOS.

Para la utilización de la máquina peladora existente Figura 1.12, se instalará un nuevo motor trifásico, remplazando el antiguo motor monofásico defectuoso, impermeabilización de la máquina, acoplar un variador de velocidad comercial, cambio de poleas y bandas.



Figura 1.12 Pelador de Pollos

Para los parámetros del variador de velocidad, se debe tener en cuenta los parámetros del motor.

### 1.6.2 CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN DEL MOTOR

- Ubicación del motor.
- Tipo de sistema disponible.
- Voltaje dentro de la empresa.
- Frecuencia.
- Carga a mover por el motor y velocidad de operación.



#### **1.6.2.1 Ubicación del motor**

El motor a seleccionar debe estar en capacidad de trabajar bajo ambientes húmedos, hermético contra el polvo y agua.

#### **1.6.2.2 Tipo de sistema disponible**

En la empresa dispone de sistema bifásico, no dispone de sistema trifásico.

#### **1.6.2.3 Voltaje dentro de la empresa**

Como se menciona en el punto anterior, la empresa dispone de voltaje 220 (v) bifásico.

#### **1.6.2.4 Frecuencia**

Por disponibilidad en el mercado se prefiere un motor de 60 Hz, que son relativamente fáciles de encontrar y adquirir.

#### **1.6.2.5 Carga a mover por el motor y velocidad de operación.**

Este parámetro es fundamental para escoger la potencia correcta del motor, para esta selección se recurre a la Tabla 1.3 y de la ecuación:

$$P = T * Nr$$

Donde:

P = Potencia del motor (watt)

T = Torque (N)

Nr = Velocidad del rotor (RPM)

Clase NEMA	Par de arranque (# de veces el nominal)	Corriente de Arranque	Regulación de Velocidad (%)	Nombre de clase Del motor
A	1.5-1.75	5-7	2-4	Normal
B	1.4-1.6	4.5-5	3.5	De propósito general
C	2-2.5	3.5-5	4-5	De doble jaula alto par
D	2.5-3.0	3-8	5-8 , 8-13	De alto par alta resistencia
F	1.25	2-4	mayor de 5	De doble jaula, bajo par y baja corriente de arranque.

Tabla 1.3 Características motores comerciales tipo jaula de ardilla. [6]

En términos generales, considerando que la carga a controlar es un disco rotatorio de alto torque de arranque, aproximadamente 1.5 veces el torque nominal y una velocidad de operación de 1700 (RPM).

Se considera como base un motor de 2550 (w), el cual será dimensionado con más detalle en el capítulo 2.

En la Figura 1.13 se puede observar el diagrama de bloques correspondiente al pelador de pollos.

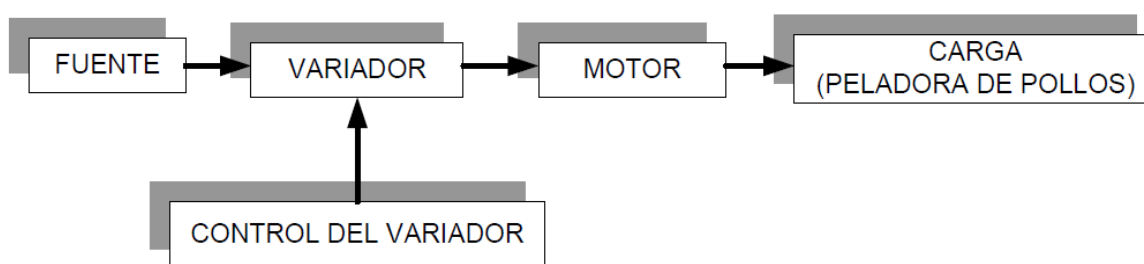


Figura 1.13 Diagrama de Bloques Pelador de Pollos

Con los parámetros del motor y tipo de carga a controlar se puede hacer una aproximación del variador a utilizar, el cual será dimensionado adecuadamente en el siguiente capítulo.

Voltaje de Alimentación	220 V
Frecuencia de Alimentación	60 Hz
Frecuencia de Salida	60 Hz
Fases de entrada	2 fases
Potencia aproximada	2000 w

En el siguiente capítulo se presenta a detalle el diseño de las diferentes etapas de los sistemas requeridos para la modernización de la Procesadora y Distribuidora de Pollos Juanito, utilizando algunos elementos existentes, con el fin de reducir costos en su implementación.

## CAPITULO 2

### DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ATURDIDOR Y PELADOR DE POLLOS

#### 2.1 DIMENSIONAMIENTO DEL CIRCUITO DE POTENCIA PARA EL SISTEMA ATURDIDOR.

Para dimensionar el circuito de potencia se toma como base los datos mostrados en el punto 1.5.4 del capítulo anterior.

Voltaje de Alimentación	110-120 (v), monofásico
Frecuencia de Alimentación	60 Hz
Voltaje de Salida	0 a 110 (v) variable
Frecuencia de Salida	10 a 400 Hz variable
Corriente	mayor a 1 (A)

Para el caso de la corriente, el circuito debe ser diseñado para soportar 10 (A), en argumento que, si se desea usar el sistema para otro tipo de aves, como por ejemplo: pavos, adicionalmente el voltaje de salida baja a 100 (v) aproximadamente, ya que, en el diseño se utiliza un reductor como se demostrará más adelante.

Entonces los parámetros del sistema aturdidor a dimensionar quedan de la siguiente manera:

Voltaje de Alimentación	110 (v) +/- 10%, monofásico
Frecuencia de Alimentación	60 Hz
Voltaje de Salida	0 a 100 (v) variable
Frecuencia de Salida	10 a 400 Hz variable
Corriente máxima	10 (A)

El diseño de la etapa de potencia comprende el dimensionamiento de los diodos, Mosfet, inductores y capacitores que conforman el conversor AC – DC – AC.

El conversor AC – DC – AC consta de tres etapas básicas:

- Conversor AC – DC (Conversor de voltaje alterno a voltaje continuo)
- Conversor DC – DC (Conversor para control de voltaje continuo)
- DC – AC (Inversor de voltaje continuo a voltaje alterno)

Para un correcto dimensionamiento del circuito, éste se analiza por partes.

### 2.1.1 CONVERTOR AC - DC

El diseño del rectificador comprende el dimensionamiento de los diodos que componen el puente, para lo cual se considera que la corriente que entrega el puente es continua de un valor  $I_{CD}$ .

Cada elemento del puente conducirá esa corriente la mitad del periodo de línea, y la otra mitad permanecerá desactivada, de manera que el valor de la corriente  $I_{CD}$  se puede calcular de la siguiente manera:

$$V_{RMS} = \left[ \frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} (\sqrt{2}V_i \sin \omega t)^2 dt \right]^{\frac{1}{2}} = \frac{\sqrt{2}V_i}{\sqrt{2}} = V_i \quad \text{Ecuación 1}$$

$$I_{RMS} = \left[ \frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} (I_{CD})^2 dt \right]^{\frac{1}{2}} = \frac{I_{CD}}{\sqrt{2}} \quad \text{Ecuación 2}$$

Para que un diseño sea confiable, se debe sobredimensionar la capacidad de los elementos, usualmente se sobredimensiona al doble referente al voltaje, garantizando que el voltaje pico inverso aplicado no sobrepase el voltaje pico inverso que soporta el elemento, y en lo referente a la corriente RMS por 1.5 del valor de los cálculos, en caso que se presenten picos de corriente.

$$V_{RMS} = 120 \text{ v}$$

$$V_{PICO} = \sqrt{2}V_i = \sqrt{2} * 120 = 169.7 \text{ v}$$

$$V_{DIODO} = 2 * V_{PICO} = 2 * 169.7 = 339.41 \text{ v}$$

$$V_{DIODO} = 400 \text{ v}$$

Tomando como base la corriente nominal de salida 10 (A) se tiene que:

$$I_{RMS} = \frac{10}{\sqrt{2}} = 7.07 \text{ A}$$

$$I_{DIODO} = 1.5 * I_{RMS} = 1.5 * 7.07 = 10.6 \text{ A}$$

$$I_{DIODO} = 10 \text{ A}$$

Para el cálculo del voltaje del capacitor se debe considerar el voltaje  $V_{CD}$  a la salida del puente rectificador, el cual se calcula de la siguiente manera:

$$V_{CD} = \frac{2}{T} \int_0^{\pi} V_m \sin(\omega t) dt = \frac{2V_m}{\pi} = 0.6366 V_m \quad \text{donde} \quad V_m = \sqrt{2} V_i \quad \text{Ecuación 3}$$

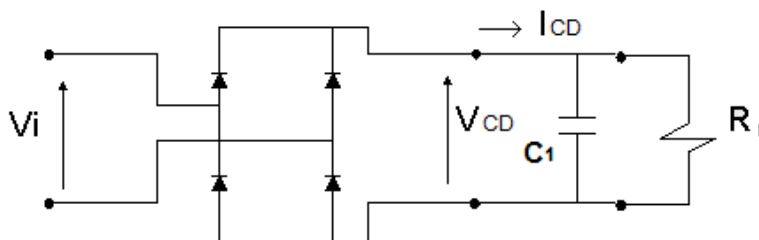


Figura 2.1 Conversor AC – DC con Filtro C. [7]

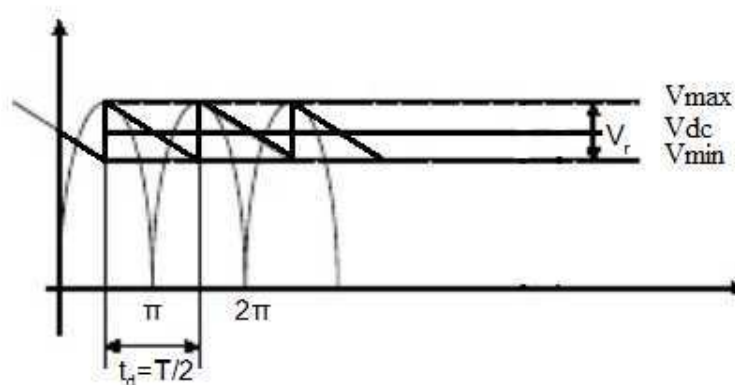


Figura 2.2 Forma de Onda, Conversor AC – DC con Filtro C. [2]

$$V_r = V_{\max} - V_{\min} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$V_{DC} = V_{\max} - \frac{V_r}{2} = 120\sqrt{2} - \frac{1}{2} = 169.2 \text{ (v)}$$

$I_{DC} = 4 \text{ (A)}$  corriente que abastecerá la fuente a full carga.

$$\% \gamma = \frac{V_{RMS}}{V_{DC}}$$

$\% \gamma$  = Porcentaje del factor de rizado

De la Figura 2.2:

$$V_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \left( \frac{V_r}{2} - \frac{V_r}{\pi} t \right)^2 dt}$$

$$V_{RMS} = V_r \sqrt{\frac{1}{\pi} \left( \frac{t}{4} + \frac{t^3}{3\pi^2} - \frac{t^2}{2\pi} \right) \Big|_0^{\pi}}$$

$$V_{RMS} = \frac{V_r}{2\sqrt{3}}$$

$$\% \gamma = \frac{V_{RMS}}{V_{DC}} = \frac{V_r}{2\sqrt{3}V_{DC}} \times 100\%$$

$$\% \gamma = \frac{V_r}{4\sqrt{3}fCV_{DC}} \times 100\%$$

$$R_L = \frac{V_{DC}}{I_{DC}} = \frac{169.2}{4} = 43(\Omega)$$

$R_L$  = Resistencia de la carga.

Se calcula el capacitor para un factor de rizado de  $\% \gamma = 5\%$  en el cual  $V_{DC}$  es constante.

$$C = \frac{V_r}{4\sqrt{3}f\% \gamma V_{DC}} \times 100\% = \frac{1}{4\sqrt{3} \times 60 \times 0.005 \times 43} \times 100\% = 1120(\mu F)$$

El voltaje que va a soportar el capacitor es el  $V_{max} = 120 * \sqrt{2} = 170V$ . En el mercado se encuentra valores normalizados de 220V.

Se instalan 2 capacitores en paralelo de 560 ( $\mu F$ ) cada uno a 220(v).

CANTIDAD	COMPONENTE	VALOR
4	Diodo 6A40	600 (v) / 10 (A)
2	Capacitor	560 uf / 220 (v)
1	Resistencia	40 ( $\Omega$ )

Tabla 2.1 Dispositivos utilizados en el circuito conversor AC - DC

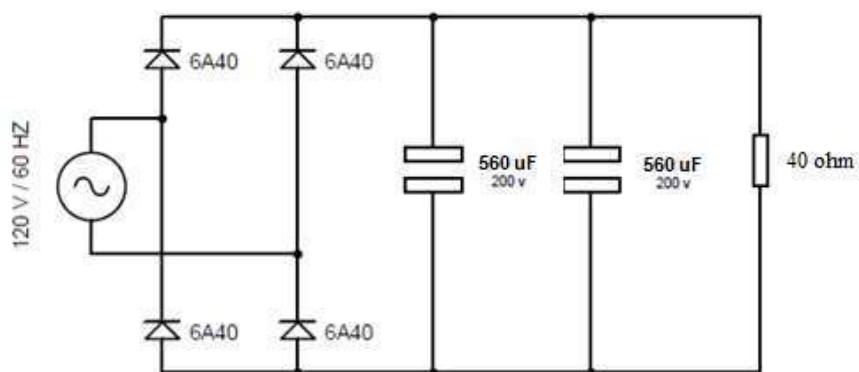


Figura 2.3 Circuito Dimensionado AC - DC

### 2.1.2 CONVERTOR DC - DC

Para esta parte del circuito se considera:

$V_{in} = 170 V \rightarrow$  *Voltaje de entrada*

$f_o = 30 KHz \rightarrow$  *frecuencia de choqueo al Mosfet*

$I_L = 10 A \rightarrow$  *Corriente media por el inductor*

$D = 0.9 \rightarrow$  *Relacion de reduccion*

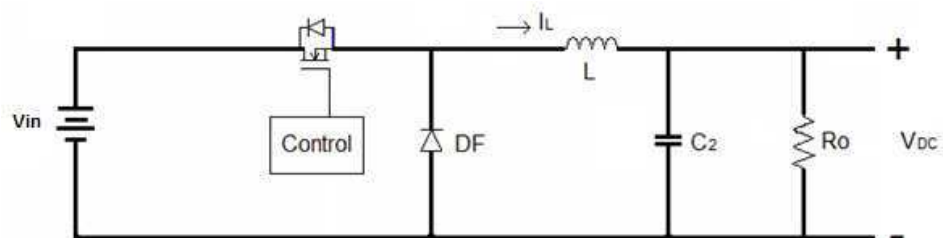


Figura 2.4 Circuito DC - DC



Definiendo la relación de reducción:

$$P_{in} = P_{out} \quad \text{Ecuación 5}$$

$$V_{in} * I_{in} = V_{out} * I_{out} = D \quad \Rightarrow \quad \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{I_{in}}{I_{out}} = D$$

$$V_{out} = V_{DC} = D * V_{in} = 0.9 * 170 = 153 \text{ v}$$

$$V_{DC} = 153 \text{ v}$$

$$I_L = \frac{V_{DC}}{R_o} \Rightarrow R_o = \frac{V_{DC}}{I_L} = \frac{153}{10} = 15.3 \approx 15\Omega$$

$$R_o = 15\Omega$$

Para garantizar conducción continua se calcula el valor de la inductancia mínima requerida:

$$L_{MINIMO} \geq \frac{(1-D)R_o}{2f_o} \quad [3] \quad \text{Ecuación 6}$$

$$L_{MINIMO} \geq \frac{(1-0.9)15}{2 \times 300000 f_o} \geq 30(\mu H)$$

$$L = 2 * L_{MINIMO} = 2 \times 30 = 60 \mu H \quad (\text{Garantiza conducción continua})$$

$$L = 60 \mu H$$

$$\Delta L = \frac{(V_{in} - V_{DC})D}{L f_o} \quad [3] \quad \text{Ecuación 7}$$

$$\Delta I_L = \frac{(V_{in} - V_{DC})D}{L f_o} = \frac{(170 - 153) * 0.9}{0.00006 \times 300000} = 8.5 \text{ A}$$

$$I_{L MAX} = I_L + \frac{\Delta I_L}{2} = 10 + \frac{8.5}{2} = 14.25 \text{ A}$$

$$I_{L MIN} = I_L - \frac{\Delta I_L}{2} = 10 - \frac{8.5}{2} = 5.75 \text{ A}$$

$$I_L = \frac{I_{L MAX} + I_{L MIN}}{2} = \frac{14.25 + 5.75}{2} = 10 \text{ A}$$

Se calcula el capacitor  $C_2$  para un factor de rizado  $\% \gamma$  del 5%.

$$C_2 = \frac{1-D}{8L\% \gamma f_o^2}$$

Ecuación 8

Remplazando datos:

$$C_2 = \frac{1-0.9}{8 \times 0.00006 \times 0.005 \times 30000^2} = 4.7(\mu F)$$

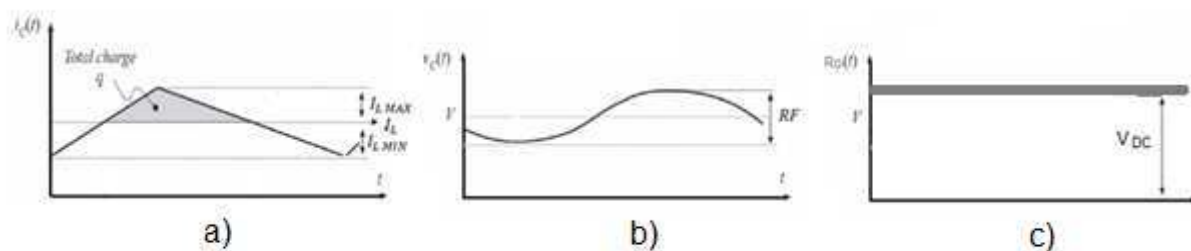


Figura 2.5 Formas de onda: a) corriente del inductor, b) voltaje del capacitor, c) voltaje en la resistencia. [3]

CANTIDAD	COMPONENTE	VALOR
1	Diodo 6A40	600 (v) / 10 (A)
1	Capacitor de	4.7 (uf) / 200 (v)
1	Resistencia de	15 ( $\Omega$ ) / 10 (w)
2	Mosfet IRF740	400(v) / 10 (A)
1	Inductancia	60 ( $\mu$ H)

Tabla 2.2 Dispositivos utilizados en el circuito reductor

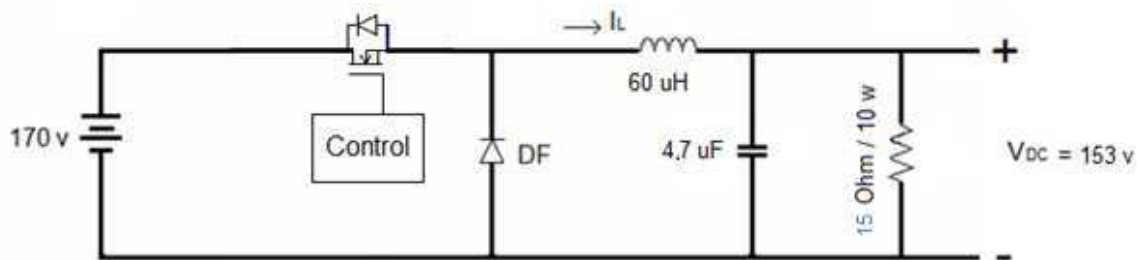


Figura 2.6 Circuito Dimensionado DC - DC

### 2.1.3 INVERSOR DC – AC

*Datos :*

$V_{DC} = 0-153v \rightarrow$  Voltaje de entrada variable

$I_{MAX} = 10A \rightarrow$  Corriente maxima de entrada

$f_{OUT} = 10-400Hz \rightarrow$  Frecuencia de salida variable

$R_{CARGA} = 1K\Omega \rightarrow$  Resistencia de la carga

$$V_{CARGA} = I_{CARGA} \times R_{CARGA} \quad \text{Ecuación 9}$$

$$P_{CARGA} = I_{CARGA} \times V_{CARGA} \quad \text{Ecuación 10}$$

$$V_{RMS} = \left[ \frac{1}{T} \int_a^b (\sqrt{2}V_{in} \sin \omega t)^2 dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{Ecuación 11}$$

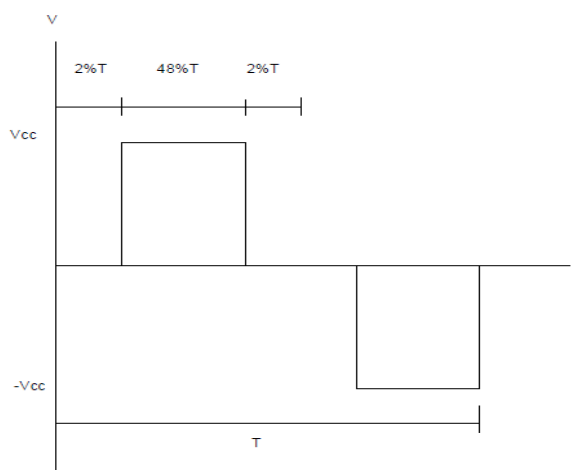


Figura 2.7 Forma de onda a la salida del inversor.

$$V_{RMS} = \left[ \frac{1}{T} \left( \int_{0.2T}^{0.46T} (V_{cc})^2 dt + \int_{0.52T}^{0.98T} (-V_{cc})^2 dt \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{RMS} = \left[ \frac{2}{T} \int_{0.2T}^{0.46T} (V_{cc})^2 dt \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{RMS} = \left[ \frac{2V_{cc}^2}{T} (0.46T - 0.2T) \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{RMS} = \left[ \frac{2V_{cc}^2}{T} (0.44T) \right]^{\frac{1}{2}} = \left[ \frac{0.88V_{cc}^2 T}{T} \right]^{\frac{1}{2}} = \left[ 0.88V_{cc}^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$V_{RMS} = 0.93V_{cc}$$

$$V_{RMS} = V_{CARGA} = 0.931V_{cc}$$

$$V_{CARGA} = 0.931 \times 120 = 111.3(v)$$

$$I_{CARGA} = \frac{V_{CARGA}}{R_{CARGA}} = \frac{111.3(v)}{1000(\Omega)} = 0.1(A)$$

$$P_{CARGA} = 0.1(A) \times 111.3(v) = 11(w)$$

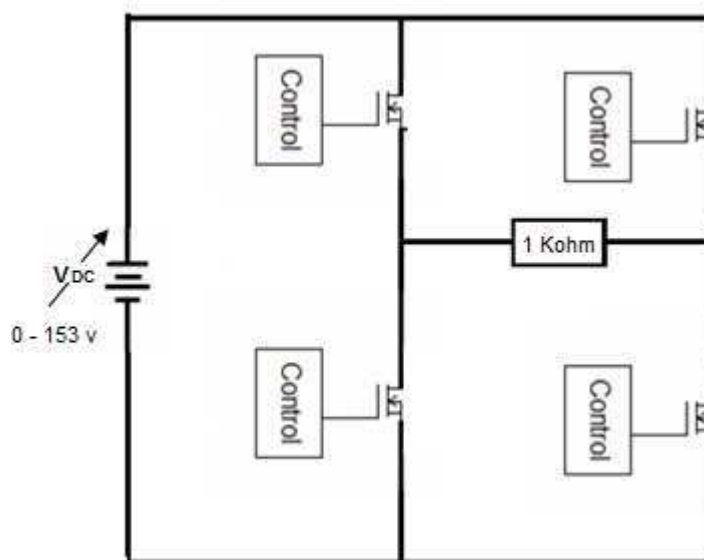


Figura 2.8 Conversor DC – AC

CANTIDAD	COMPONENTE	VALOR
4	Mosfet IRF740	400(v) / 10 (A)

Tabla 2.3 Dispositivos utilizados en el circuito inversor.

## 2.2 DIMENSIONAMIENTO DE LOS DISIPADORES DE CALOR

Para el diseño de los disipadores se tomará en cuenta solo a los Mosfet, ya que los diodos pueden soportar una mayor corriente transitoria y mayor temperatura de juntura.

La disipación de potencia máxima en un semiconductor de estado sólido, está limitada por la temperatura de juntura. El factor importante que asegura que la temperatura de la juntura permanezca constante por debajo del valor máximo permisible es el disipador usado para conducir el calor fuera del dispositivo. [2]

El disipador se escoge de acuerdo a las siguientes características:

- El tamaño del disipador de calor debe ser lo suficientemente grande para cumplir su función.
- El material del disipador es recomendable que sea de aluminio debido a su facilidad de transferencia del calor.

La diferencia de temperaturas entre la juntura y el ambiente en condiciones de estado estacionario está dada por la siguiente ecuación obtenida del circuito térmico de la Figura 2.9.

$$T_J - T_A = P_A (R_{\theta_{JC}} + R_{\theta_{CS}} + R_{\theta_{SA}}) \quad \text{Ecuación 12}$$

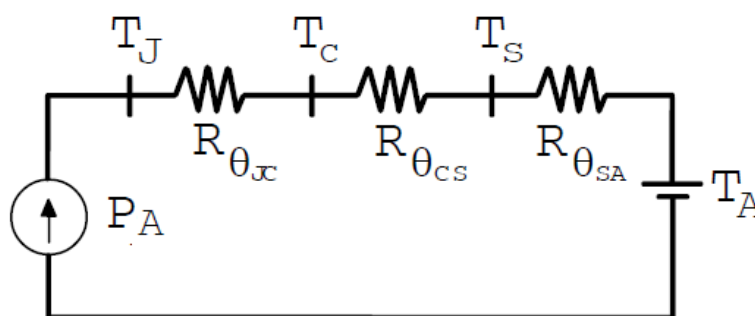


Figura 2.9 Análogo eléctrico de la transferencia de calor. [5]

Donde:

$P_A$ : Representa la potencia de pérdida disipada en cada semiconductor.

$R_{JC}$ : Representa la resistencia térmica entre la juntura y la carcasa del semiconductor.

$R_{CS}$ : Resistencia térmica entre la carcasa del semiconductor y el disipador de calor.

$R_{SA}$ : Resistencia térmica entre el disipador y el ambiente.

$T_J$ : Representa la temperatura de la juntura del semiconductor.

$T_C$ : Representa la temperatura de la de la carcasa.

$T_S$ : Representa la temperatura del disipador.

$T_A$ : Representa la temperatura ambiente.

La resistencia  $R_{SA}$  del semiconductor, sino del tipo de disipador a usar, por tanto es una cantidad que depende del material, el pulimento de su superficie, el tamaño y la diferencia de temperatura entre el disipador y la temperatura ambiente. De la hoja de datos técnicos del MOSFET IRF740 se obtiene los parámetros de acuerdo a lo especificado anteriormente.

$$P_A = 125 \text{ (w)}$$

$$R_{JC} = 1 \text{ (}^\circ\text{C/w)}$$

$$R_{CS} = 0.5 \text{ (}^\circ\text{C/w)}$$

$$I_D = 10 \text{ (A)}$$

$$T_{C \text{ (máx.)}} = 150 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Se asume una temperatura ambiente  $T_A = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$T_S = T_C - P_A \times R_{CS} \quad [5] \quad \text{Ecuación 13}$$

$$T_S = 150(^\circ\text{C}) - 125(^\circ\text{C/w}) \times 0.5(^\circ\text{C/w}) = 87.5(^\circ\text{C})$$

$$\Delta T = T_S - T_A \quad [5] \quad \text{Ecuación 14}$$

$$\Delta T = 87.5(^\circ\text{C}) - 40(^\circ\text{C}) = 47.5(^\circ\text{C})$$

$$R_{SA} = \frac{\Delta T}{P_A} \quad [5] \quad \text{Ecuación 15}$$

$$R_{SA} = \frac{41.28(^{\circ}C)}{125(w)} = 0.33024 \left( \frac{^{\circ}C}{w} \right)$$

$$A = \frac{1}{R_{SA} \sigma} \quad [5]$$

Ecuación 16

$\sigma$  = Conductividad calorífica del aluminio = 0.025

$$A = \frac{1}{0.33024 \times 0.025} = 121.12 (cm^2)$$

De acuerdo a esto, tomando en cuenta que el disipador posee aletas, el disipador seleccionado va a ser más pequeño que el calculado, con un  $A \approx 60 (cm^2)$  como muestra la Figura 2.10

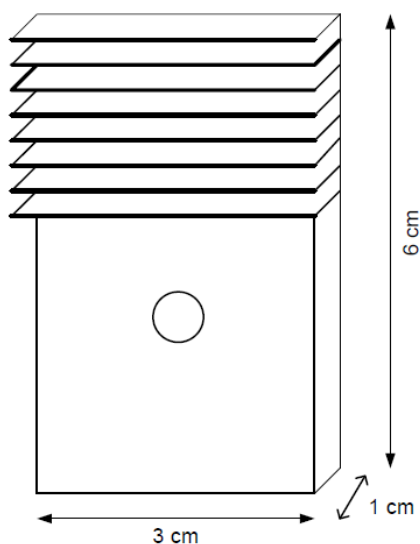


Figura 2.10 Disipador de calor.

### 2.3 CIRCUITO SNUBBER.

Se puede considerar como un conjunto de componentes (pasivos y/o activos) que se incorporan a un circuito de potencia, para la protección de dispositivos de conmutación contra las transiciones de encendido y de apagado, garantizando un régimen de trabajo seguro.

La función principal que desarrollan los circuitos snubber es absorber la energía procedente de los elementos reactivos del circuito durante el proceso de

conmutación controlando parámetros tales como la evolución del voltaje o corriente en el interruptor, o bien limitando los valores máximos de voltaje que ha de soportar. Se incrementa de esta forma la fiabilidad de los semiconductores al reducirse la degradación que sufren debido a los aumentos de potencia disipada y de la temperatura de la unión. Aunque existen distintos tipos de circuitos, en el diseño solamente se utiliza el Snubber de Voltaje RCD, el cual es un tipo de circuito que encuentra un amplio campo de aplicación en la protección de interruptores. Se distinguen dos utilidades en los circuitos RCD (resistencia, capacitor y diodo): [5]

- Control de la pendiente de subida del voltaje en el interruptor durante el transitorio de apagado.
- Enclavamiento del voltaje en el interruptor.

En la Figura 2.11 se observa el esquema de la red snubber a implementar.

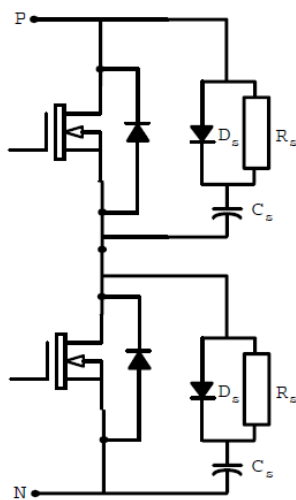


Figura 2.11 Red Snubber RCD. [5]

Los diodos que se encuentran en paralelo con los Mosfet, los protegen contra altos picos de voltaje (manteniendo el flujo de corriente en la misma dirección), los capacitores aseguran un nivel mínimo de voltaje en el dispositivo hasta que la corriente sea cero, garantizando con esto reducir las pérdidas de potencia en la conmutación, y las resistencias limitan el pico de corriente de descarga a través del transistor a un valor seguro.

Para el cálculo del capacitor  $C_S$  se aplica la siguiente ecuación:



$$C_s \geq \frac{I_L t}{2V_{CD}} [5] \quad \text{Ecuación 17}$$

$$C_s \geq \frac{10 * 33.333 \text{ us}}{2 * 200 \text{ v}} \geq 833 \text{ nf}$$

$$C_s = 0.1 \text{ uf}$$

Para el cálculo del capacitor  $R_s$  se aplica la siguiente ecuación:

$$R_s \leq \frac{t_{on}}{2.3C_s} [5] \quad \text{Ecuación 18}$$

$$R_s \leq \frac{3.333 \text{ us}}{2.3 * 0.1 \text{ uf}} = 14.49 \text{ ohm}$$

$$R_s = 10 \text{ ohm}$$

## 2.4 PROTECCIONES DE SOBRECORRIENTE Y CORTOCIRCUITO.

Los circuitos de potencia que utilizan semiconductores requieren una selección cuidadosa de las técnicas de limitación de corriente para garantizar una adecuada protección sin incurrir en un aumento significativo de los costos del equipo.

La protección para condiciones de sobrecargas, generalmente se obtiene con la utilización de "breakers", para esto se realiza el siguiente dimensionamiento:

$$I_{BRAKER} = I_{RMS} * 20\% \quad \text{Ecuación 19}$$

$$I_{Breaker} = \frac{10}{\sqrt{2}} * 20\% = 7.07 \text{ A} * 1.2 = 8.48 \text{ (A)}$$

$$I_{Breaker} = 10 \text{ (A)}$$

Para seleccionar el fusible apropiado para la protección de un semiconductor se toma como base al pico máximo permisible del semiconductor o para nuestro

caso se calcula la corriente nominal del fusible que protegerá a los Mosfet con la ecuación 2:

$$I_{RMS} = \left[ \frac{1}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} (I_{CD})^2 dt \right]^{\frac{1}{2}} = \frac{I_{CD}}{\sqrt{2}}$$

Donde el valor  $I_{CD}$  será un 50% a la corriente nominal de salida del conversor con lo cual se tiene:

$$I_{Fusible} = \frac{10 * 1.5}{\sqrt{2}} = 10.60(A)$$

$$I_{Fusible} = 12(A)$$

En la Figura 2.12 se observa el circuito de potencia ya diseñado.

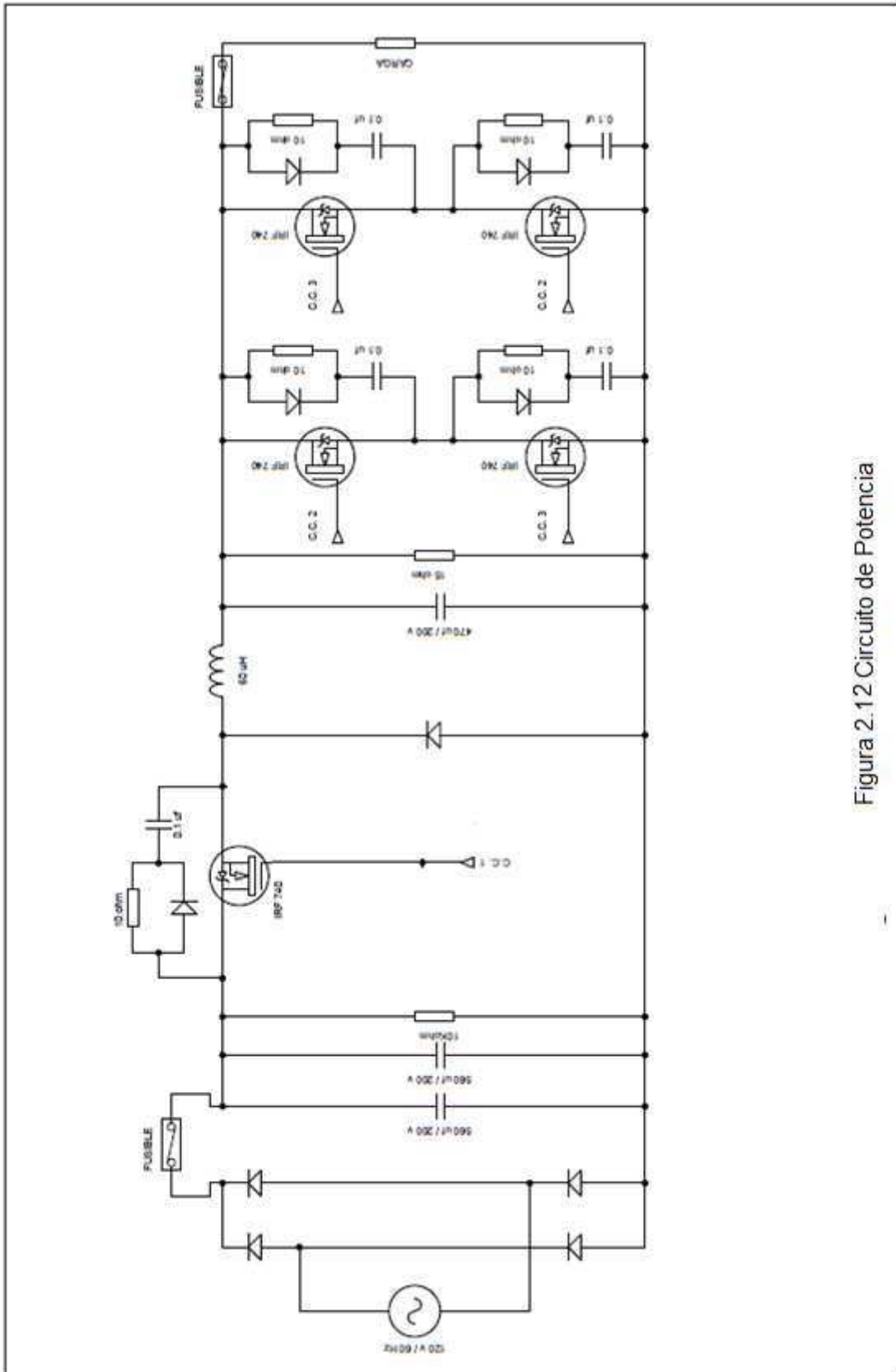


Figura 2.12 Circuito de Potencia

## 2.5 DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL.

Para el control de voltaje y frecuencia se usará la técnica PWM (Modulación por ancho de pulsos).

Para aislar eléctricamente el circuito de control del circuito de potencia se diseña un transformador el cual se dimensionará detalladamente más adelante.

### 2.5.1 ARQUITECTURA DEL PROGRAMA DE CONTROL

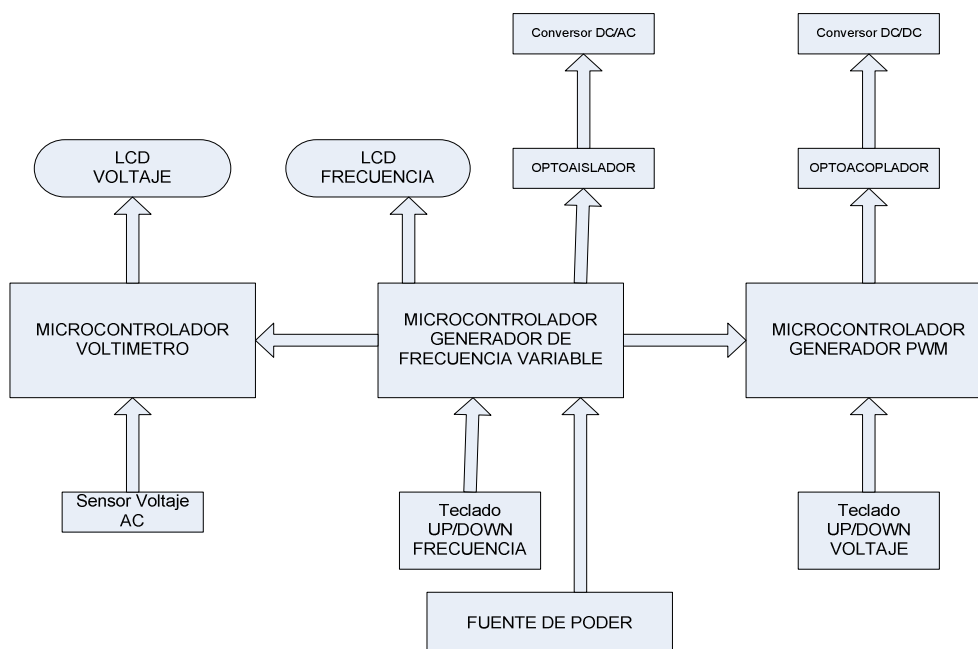


Figura 2.13 Arquitectura del Programa de control.

En la Figura 2.13 describe el control del sistema aturdidor, el cual se detallara en el capítulo 3.

### 2.5.2 TÉCNICA PWM

Es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica, ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

El ciclo de trabajo de una señal periódica es el ancho relativo de su parte positiva en relación con el período. Expresado matemáticamente:

$$\delta = \frac{a}{T}$$

Donde:

$\delta =$  *Ciclo de trabajo*

$a =$  *Tiempo en que la funcion es positiva (ton)*

$T =$  *Periodo de la funcion*

### 2.5.3 GENERACIÓN DE LAS SEÑALES PWM

Para la generación del PWM tanto para el conversor DC – DC y el inversor DC – AC, se utiliza el reloj interno que poseen los microcontroladores ATMEGA48 y PIC16f628A con el fin de reducir el hardware en su implementación.

#### 2.5.3.1 Control Conversor DC – DC.

En este proyecto se genera una señal PWM de periodo constante, pero distinta relación de trabajo y se utilizará para el control del conversor DC-DC reductor.

Para generar el PWM utilizando el Timer, se utiliza una variable que marcará el momento en que se va a disparar la modulación por ancho de pulso. Esta es una variable de 8 bits, lo que da una resolución de 256 valores distintos para la relación de trabajo.

Pasos para generar PWM:

- Primero se define a que frecuencia se desea el PWM, y se calcula el periodo:

$$T_{PWM} = \frac{1}{f_{PWM}} \quad \text{Ecuación 20}$$

Donde:

$T_{PWM} =$  Periodo del PWM

$f_{PWM} =$  Frecuencia del PWM

Para este caso  $f_{PWM} = 30$  (KHz) y cristal de 4 (MHz).

$$T_{PWM} = \frac{1}{30000} = 33.33(us)$$

- Luego con el valor del cristal a utilizar, se obtiene de igual forma el periodo:

$$T_{OSC} = \frac{1}{\text{CRISTAL DEL PIC}} \quad \text{Ecuación 21}$$

$$T_{OSC} = \frac{1}{4(\text{MHz})} = 250(\text{ns})$$

- Ahora PR2 tiene que estar entre 0 y 255, se utiliza el Preescaler 1:1, el cual solo se tomaran tres valores los cuales son 1, 4 ó 16.

$$PR2 = \frac{T_{PWM}}{4 \times T_{OSC} \times T_{MR2} \text{ Pr eescaler}} - 1 \quad \text{Ecuación 22}$$

$$PR2 = \frac{33.33(\text{us})}{4 \times 250(\text{ns}) \times 1} - 1 = 32$$

- Y por último se tiene que saber cuál va a ser la relación de trabajo del PWM, en este caso se va a realizar ciclo de trabajo del 0.1 a 0.9 (10% al 90%).

$$CCPR1L : CCP1CON = \frac{\delta_{PWM}}{T_{OSC} \times T_{MR2} \text{ Pr eescaler}} \quad \text{Ecuación 23}$$

$$CT_{PWM} (10\% - 90\%) = T_{PWM} \times 0.1 T_{PWM} \times 0.9 T_{PWM}$$

$$CT_{PWM} (10\% - 90\%) = 3.33(\text{us}) \text{ a } 29.9(\text{us})$$

$$CCPR1L : CCP1CON = \frac{3.33(\text{us})}{250(\text{us}) \times 1} = 13 : \frac{29.9(\text{us})}{250(\text{ns})} = 120$$

Los cálculos son para un cristal interno de 4 MHz y frecuencia de 30 KHz con relación de trabajo de 0.1 a 0.9.

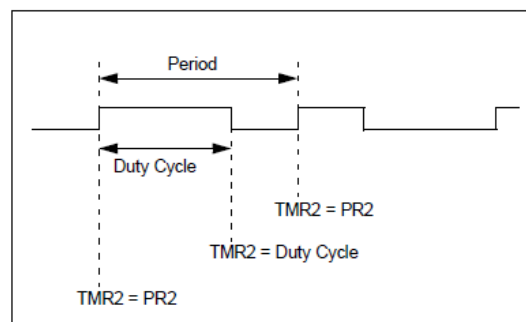


Figura 2.14 Señal PWM de salida. [Datasheet pic 16f628A]

### 2.5.3.2 Control Inversor DC – AC.

Para el puente inversor se utiliza un microcontrolador ATMEGA48, usando su cristal interno de 4 MHz para optimizar espacio.

La señalización del PWM para inversor DC – AC se llevó a cabo mediante una rutina en el microcontrolador. En el código fuente se encuentra la parte de la generación del PWM que consiste en la rutina siguiente:

1. Inicialización de los puertos y Timer 1
2. Especificar frecuencia del cristal interno
3. Determinar y especificar el ciclo de trabajo para la señal PWM

El cálculo del periodo se utiliza la siguiente ecuación:

$$\frac{T}{2} = \frac{1}{2f_{cristal}} \quad \text{Ecuación 24}$$

Es necesario ingresar tiempos muertos, entre la activación de los Mosfets 1-4 y los Mosfet 2-3, para evitar un posible cortocircuito, debido a retardos en el momento de la activación y desactivación de los Mosfet como se muestra en la Figura 2.15.

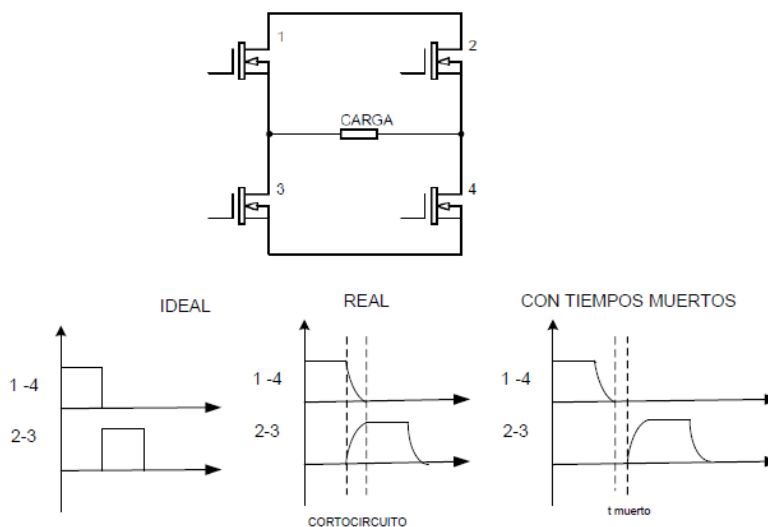


Figura 2.15 Señal PWM de activación para el inversor

El cálculo de los tiempos muertos se utiliza la siguiente ecuación:

$$T_{muerto} = 0.01x \frac{T}{2}$$

Ecuación 25

## 2.5.4 VOLTÍMETRO DIGITAL

El voltímetro digital se encarga de visualizar el nivel de voltaje a la salida del inversor, para este fin se utiliza el ATMEGA48, en la Figura 2.16 se observa el esquema del circuito.

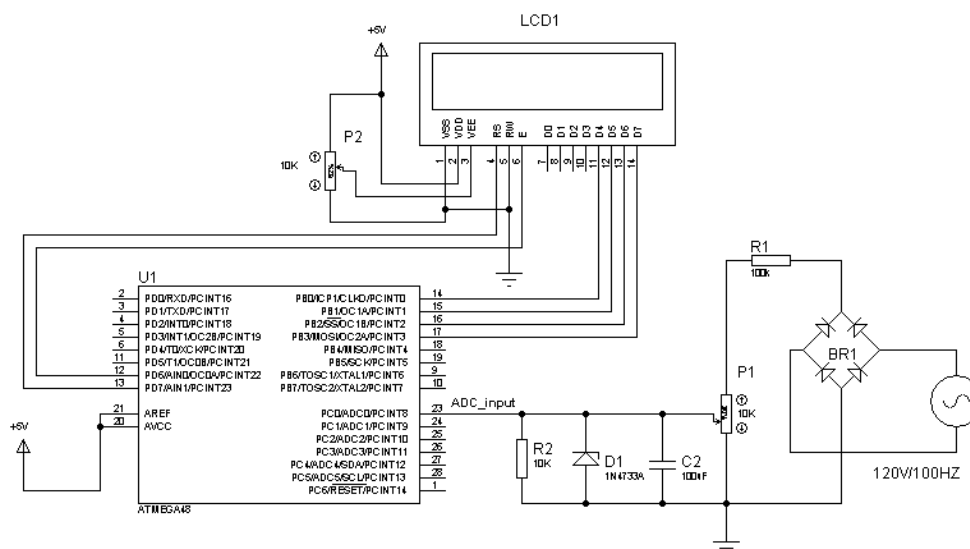


Figura 2.16 Circuito del voltímetro digital.

### 2.5.4.1 Dimensionamiento del Voltímetro Digital

Voltaje de entrada al voltímetro:  $V_{RMS} = 0.96xV_{cc}$

$$V_{RMS Max} = 0.96x125(v) = 120(v)$$

Cálculo del potenciómetro  $P_1$  y la resistencia  $R_1$

$$R_1 = 100(K\Omega)$$

$$\frac{120xP_1}{P_1 + 100(K\Omega)} = 5.1$$

$$120xP_1 = 5.1xP_1 + 510(\Omega)$$

$$P_1 \geq \frac{510000}{114.9} \geq 4.45(K\Omega)$$



$$P_1 = 10(K\Omega)$$

$$I = \frac{120}{104.45K} = 1.15(mA)$$

$$P_{R_1} = i^2 \times R_1 = (1.15mA)^2 \times 100(K\Omega) = 132(mW)$$

$$R_1 = 100(K\Omega) \text{ y } P_{R_1} = \frac{1}{4}(W)$$

$$P_{R_1} = i^2 \times P_1 = (1.15mA)^2 \times 10(K\Omega) = 13.2(mW)$$

$$P_{R_1} = \frac{1}{4}(W)$$

Para el cálculo de capacitor del voltímetro se asume un factor de rizado de  $\gamma = 1\%$  con una resistencia de carga de  $R_L = R_2 = 10(K\Omega)$

Se calcula para la frecuencia baja que es el peor de los casos  $f = 25(Hz)$

$$C \geq \frac{100\%}{4\sqrt{3} \times f \times \gamma \times R_L} \geq \frac{100\%}{4\sqrt{3} \times 25(Hz) \times 1\% \times 10(K\Omega)} \geq 57.73(\mu F)$$

$$C = 100(\mu F) / 16(v)$$

Cálculo del diodo zener  $D_1$ :

El diodo zener  $D_z$  está diseñado para proteger la entrada del ADC (convertidor análogo digital).

$$V_z = 5.1(v) \text{ y } I_{D_z} = 500(mA)$$

Calculo de potenciómetro  $P_2$  para el ajuste de contraste del LCD

$$I_{\text{contraste}} = 500(\mu A)$$

$$P_2 = \frac{5(v)}{500(\mu A)} = 100(K\Omega)$$

$$\text{Potencia} = i^2 \times R = (500\mu A)^2 \times 10(K\Omega) = 2.5(mW)$$

$$P_2 = 10(K\Omega) \text{ y } \frac{1}{4}(W)$$

### 2.5.5 CIRCUITO DE AISLAMIENTO

Para el aislamiento del control y la potencia se ha optado por usar el opto acoplador 6N137 debido a sus características de alta velocidad y frecuencia de operación.

El principal problema de utilizar este opto acoplador es su configuración externa como se observa en la Figura 2.17.

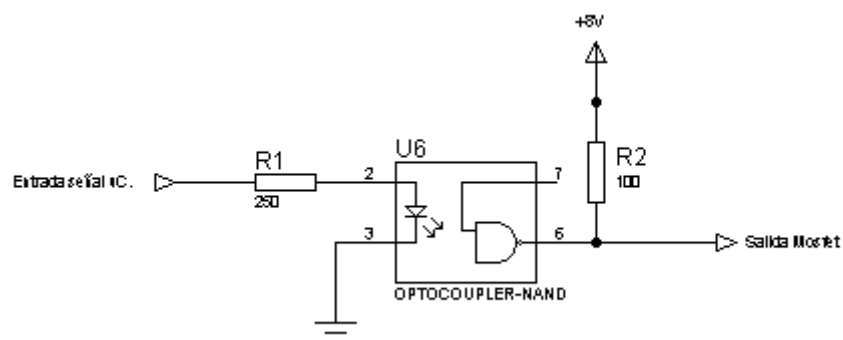


Figura 2.17 Configuración externa 6N137.

Esta configuración tiene un problema, en el momento que se interrumpe la señal PWM del microcontrolador (Pin 2), la señal PWM que va al Mosfet (Pin 6) se desactiva, pero dicho pin queda activado con 1 lógico (5 v) debido al  $V_{cc}$  que alimenta al opto acoplador, lo que deja activado al Mosfet, en el caso del inversor DC – AC quedan los cuatro Mosfet activados lo que produce un corto circuito y en el caso del conversor DC – DC el Mosfet deja de controlar el nivel de voltaje y deja pasar el máximo voltaje.

Para solucionar este problema se opta por dos alternativas:

- Usar una compuerta lógica NOT de alta velocidad a la salida del 6N137 (Pin 6)
- Usar un transistor PNP para invertir la señal a la salida del 6N137 (Pin 6)

Analizando las dos posibilidades se opta por usar un transistor debido al poco espacio que ocupa, adicionalmente para este caso no necesita de otra fuente de alimentación.

En la Figura 2.18 se observa el circuito de aislamiento final.

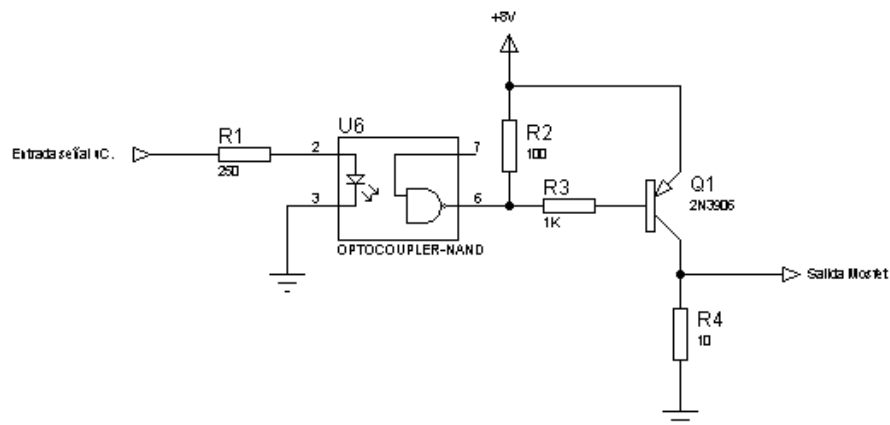


Figura 2.18 Circuito de aislamiento final.

### 2.5.5.1 Dimensionamiento del Opto Acoplador

Calculo de resistencia  $R_1$

$$I_{salida\ uC} = 20(mA)$$

$$R_1 = \frac{V}{I} = \frac{5(v)}{20(mA)} = 250(\Omega)$$

$$P_{R_1} = i^2 \times R_1 = (20mA)^2 \times 250(\Omega) = 100(mW)$$

$$R_1 = 250(\Omega) \text{ y } P_{R_1} = \frac{1}{4}(W)$$

Calculo de resistencia  $R_2$

Resistencia de pull up para la salida de Opto Nand CI 6N137

$$\therefore R_2 = 100\Omega \text{ y } P_{R_2} = \frac{1}{4}W$$

Calculo de resistencia  $R_3$  y  $R_4$

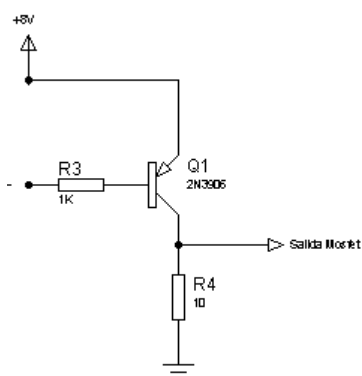


Figura 2.19 Circuito del transistor PNP.

$$V_{cc} = +8(v)$$

$$V_e = 8(v)$$

$$V_b = 8 - 0.6 = 7.4(v)$$

$I_b \geq 5(mA)$  para que  $Q_1$  se sature

$$R_3 \leq \frac{7.4}{5(mA)} \leq 1480(\Omega)$$

$$R_3 = 1(K\Omega)$$

$$P_{R_3} = i^2 x R_3 = (5mA)^2 x 1(K\Omega) = 25(mW)$$

$$R_3 = 1(K\Omega) \text{ y } P_{R_3} = \frac{1}{4}(W)$$

$$hfe = \beta = 40 \text{ (tipico)}$$

$$I_c = I_e$$

$$I_c = \beta x I_b = 7.4(mA) x 40 = 300(mA)$$

Para que  $Q_1$  entre en saturación  $V_c \approx V_e$

$$R_4 \leq \frac{8}{300(mA)} \leq 27(\Omega)$$

$$R_4 = 10(\Omega)$$

$$P_{R_4} = i^2 x R_4 = (300mA)^2 x 10(\Omega) = 0.9(W)$$

$$R_4 = 10(\Omega) \text{ y } P_{R_4} = \frac{1}{4}(W)$$

## 2.6 DIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR.

Un transformador elemental consiste de un núcleo de hierro laminado sobre el cual se envuelve una bobina de alambre aislado (cobre esmaltado). Esta bobina está compuesta de dos bobinas separadas, como se indica en la Figura 2.20

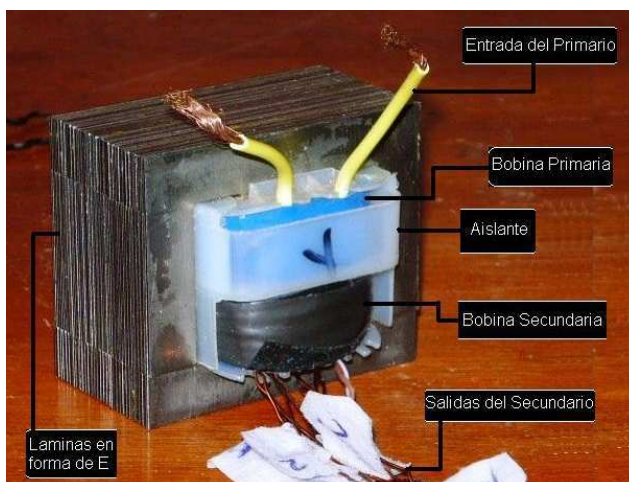


Figura 2.20 Transformador y sus Partes

Como se muestra en la Figura 2.20, una de estas bobinas lleva el nombre de bobina primaria, y está conectada a la entrada de corriente. La segunda bobina, desde la cual se toma la energía, se llama bobina secundaria, y tendrá mayor o menor número de vueltas que el primario, según el caso. El núcleo se compone de placas o láminas de acero de silicio, pues la inversión constante del flujo de la corriente alterna produce contra-corrientes en un núcleo de hierro macizo. Por lo tanto, si se empleara un núcleo de hierro macizo, se produciría un recalentamiento en el transformador. El laminado tiende a quebrar dichas contracorrientes. El voltaje de la línea envía una corriente por el primario, produciéndose de ese modo el campo magnético dentro del núcleo de hierro. Como dicho núcleo también rodea al secundario, el campo magnético, que aumenta y disminuye proporcionalmente a la corriente alterna, atraviesa las espiras del secundario y, por las leyes de inducción magnética, induce un voltaje en este devanado. Si se cierra el circuito del secundario mediante el agregado de una carga, fluirá una corriente en el mismo. El voltaje inducido en el secundario es directamente proporcional al número de vueltas de éste, en comparación con el número de vueltas del primario, a excepción de una ligera pérdida. Por ejemplo, con 50 vueltas en la bobina primaria y 25 vueltas en la bobina secundaria, al aplicarse 110 voltios al primario, se inducirán 55 voltios en el secundario.

El primer pasó que se debe tener en cuenta al diseñar un transformador, son las dimensiones del núcleo y su relación con la potencia aparente.

La Tabla C.1 es usada como guía general. Esto no quiere decir que se deba seguir exactamente, ya que, si se emplea menor cantidad de hierro en el núcleo, deberá compensarse esta situación con un mayor número de vueltas en el primario. Puede observarse en la ecuación, que la relación entre la superficie del núcleo y el número de vueltas, es mantenida de modo que se asegure una densidad magnética prudente en el núcleo.

$$\#Vueltas = \frac{10^9 x V_1}{4.44 x f x A x B_m} \quad [9] \quad \text{Ecuación 26}$$

$V_1$  Voltaje Primario

$f$  Frecuencia

$A$  Área del Núcleo

$B_m$  Densidad del campo magnético (cte. =65000)

4.44 Cuatro veces el factor de forma

Sin embargo, no es buena práctica el usar una cantidad excesiva de hierro o cobre, si han de considerarse las fugas y la eficiencia del transformador.

Para compensar las pérdidas debido a fugas que se producen en el acero o cobre más la regulación, al número de vueltas en el secundario se ha de aumentar un 6%.

La Tabla C.2, muestra la superficie seccional de los alambres de cobre. Si se mueve el punto decimal en la columna de milésimos (mils) circulares tres espacios hacia la izquierda, es posible determinar rápidamente la capacidad de amperaje de cada tamaño. [10]

Ejemplo:

Calcular el número de alambre adecuado para una corriente de 0.5 (A)

***Para 0.5(A) se tiene: 509 mils = 0.509 (A)***

***entonces el número alambre es el #23***

Para determinar la corriente en el primario, se dividirá la clasificación de voltamperios Tabla C.1, para el voltaje en el primario. Como los transformadores

nunca funcionan con una eficacia del cien por ciento, es conveniente agregar un diez por ciento a la corriente calculada.

### 2.6.1 CÁLCULOS PARA EL DIMENSIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR

Datos:

Voltaje de entrada = 110 v (voltaje de la red)

Frecuencia = 60 Hz (frecuencia de la red)

Área =  $A * B = 3 * 2 = 6 \text{ cm}^2 = 0.93 \text{ in}^2$ , núcleo disponible

5 salidas de 7 (v) cada una (a dimensionar)

Cálculos:

$$Area = A * B = 30 * 2 = 60 \text{ cm}^2 = 0.93 \text{ in}^2$$

$$Vol - Amp = 50VA \text{ (Tabla 2.4)}$$

$$I_{\text{primario}} = \frac{50 VA}{110 V} * 1.1 = 0.5 (A)$$

$$\#Vuel\text{tas primario} = \frac{10^8 * 110}{4.44 * 60 * 0.93 * 65000} = 683.06 \text{ vueltas} \approx 680 \text{ vueltas}$$

$$\frac{680 \text{ vueltas}}{110 \text{ voltio}} = 6.1818 \frac{\text{vueltas}}{\text{voltio}}$$

$$\#Vuel\text{tas secundario} = 6.1818 \frac{\text{vueltas}}{\text{voltio}} * 7 \text{ voltios} * 1.06 = 45.87 \text{ vueltas}$$

$$\#Vuel\text{tas secundario} \approx 46 \text{ vueltas}$$

$$Vol - Amp_{\text{secundario}} = 35 \text{ voltios} * 0.5(A) = 17.5 (VA) < 50(VA)$$

$$I_{\text{secundario}} = \frac{17.5 VA}{35 V} * 1.1 = 0.55 (A)$$

Calculo para el número del alambre:

$$\# \text{ Alambre primario} = 0.5 (A) \rightarrow 642 \text{ mils} \rightarrow 0.642(A) \rightarrow \text{alambre \#22 (Tabla 2.5)}$$

# Alambre secundario =  $0.55(A) \rightarrow 509 \text{ mils} \rightarrow 0.509(A)$   
 $\rightarrow$  alambre #23 (Tabla 2.5)

PARÁMETRO	VALOR
Relación de vueltas Primario / Secundario	2.96
No. Devanados Primario	1
No. Devanados Secundario	5
Voltaje de Entrada	110 (v)

Tabla 2.4 Dispositivos y valores utilizados en el circuito conversor AC – DC

## 2.7 IMPLEMENTACIÓN DEL CIRCUITO ATURDIDOR.

### 2.7.1 ETAPA DE CONTROL

Está formado por el transformador diseñado anteriormente, el cual tiene una entrada de 110 ( $V_{AC}$ ) y cinco salidas de 7 ( $V_{AC}$ ) cada una como se observa en la Figura 2.21.

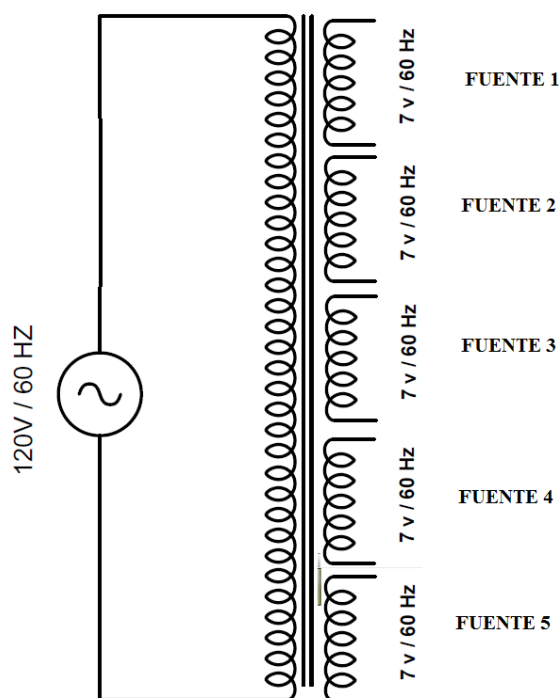


Figura 2.21 Esquema del Transformador



El objetivo de usar el transformador es aislar eléctricamente la parte de potencia del circuito de control

### 2.7.2 AISLAMIENTO CON OPTO ACOPLADORES

El objetivo de usar este circuito es aislar eléctricamente el control de la parte de potencia, en caso de corto circuito en la parte de potencia esta no se reflejara en la parte de control y viceversa.

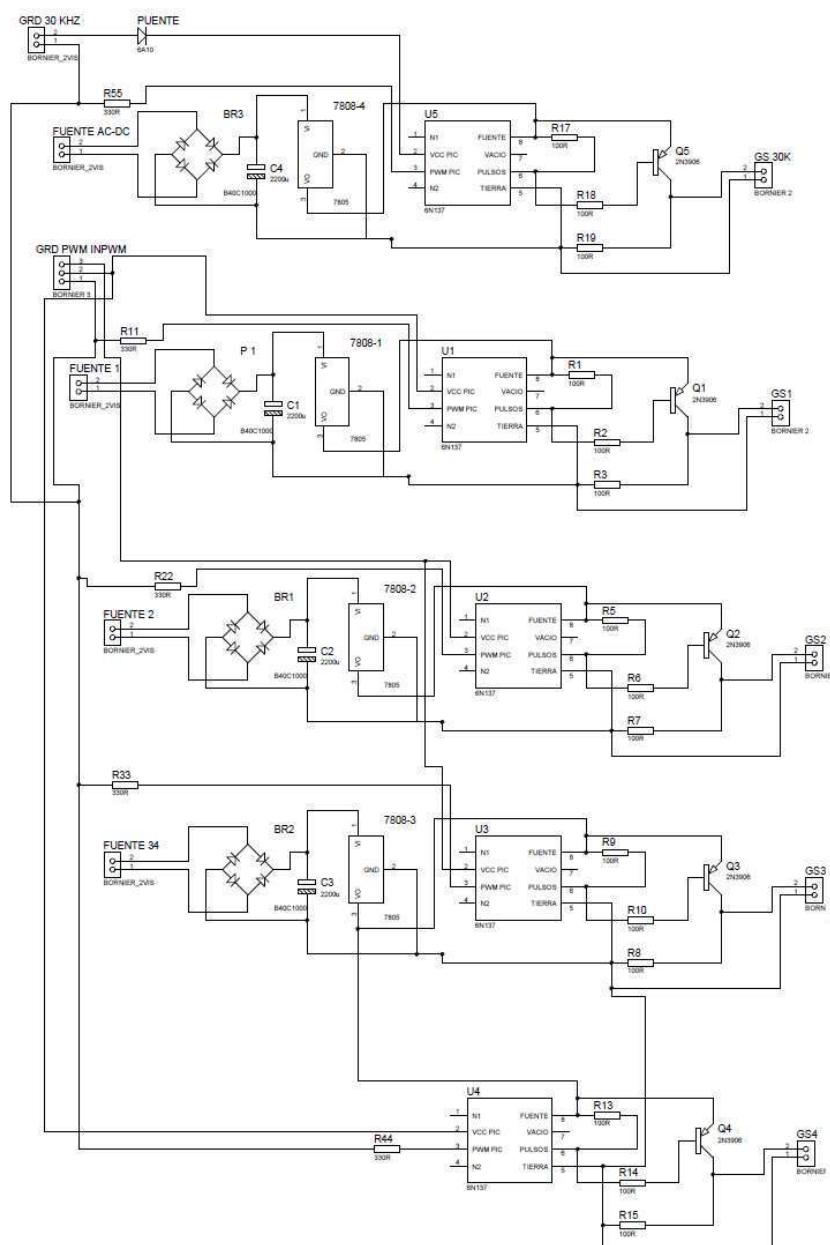


Figura 2.22 Esquema del Aislamiento entre el Control y Potencia

Salida del CI 6N137	Pwm al gate del Mosfet	Estado del transistor
1L	0L	Corte
0L	1L	Saturación

Tabla 2.5 Distribución de pines y funciones del circuito de aislamiento.

### 2.7.3 CONTROL

En las figuras de abajo se puede observar el circuito de control con su HMI (LCD y botones) para setear los parámetros de voltaje y frecuencia, adicionalmente se presenta las tablas con la distribuciones de pines usados de cada circuito y la función que cumple.

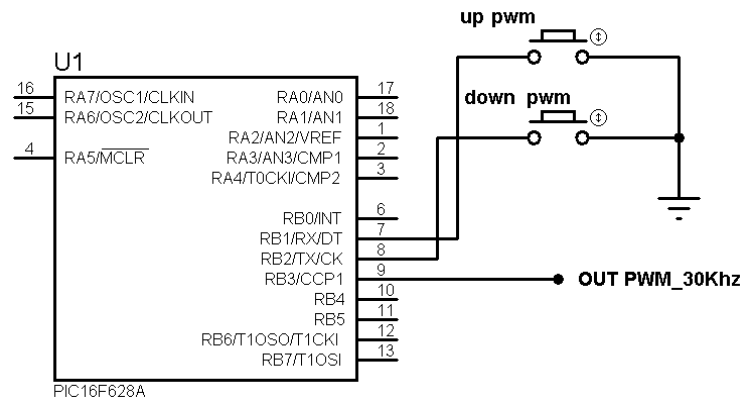


Figura 2.23 Control del convertor DC – DC.

PIN OUT	NOMBRE	I/O	TIPO	VOLTAJE	DESCRIPCIÓN DE LA FUNCIÓN DEL PIN
5	Vcc	I	alimentación	+5V	Pin de alimentación con +5V para el uC.
14	GND	I	alimentación	0V	Pin de alimentación con 0V para el uC.
7	PB.1	I	digital	Activo en bajo	Pin entrada incremento de la relación de trabajo del PWM
8	PB.2	I	digital	Activo en bajo	Pin entrada decremento de la relación de trabajo del PWM
9	PB.3	O	digital	5/0V	Pin de salida del PWM

Tabla 2.6 Distribución de pines y funciones del control del convertor DC – DC.

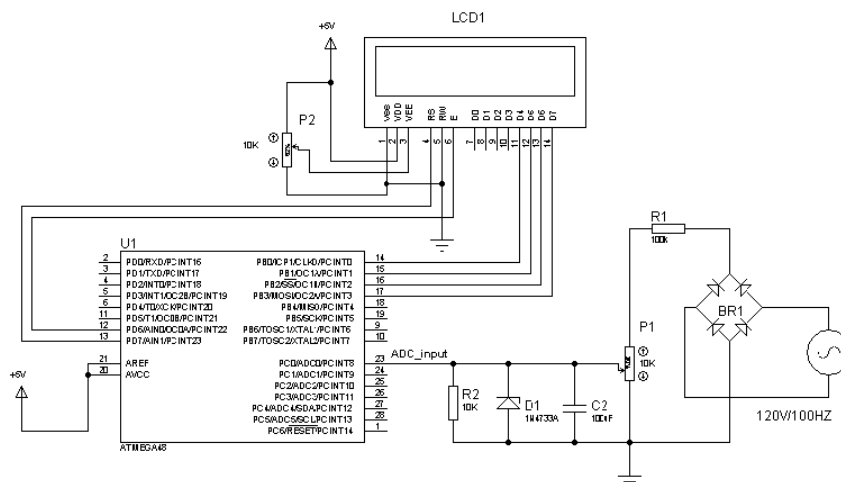


Figura 2.24 Control del voltímetro digital

PIN OUT	NOMBRE	I/O	TIPO	VOLTAJE	DESCRIPCIÓN DE LA FUNCIÓN DEL PIN
7	Vcc	I	alimentación	+5V	Pin de alimentación con +5V para el uC.
8,22	GND	I	alimentación	0V	Pin de alimentación con 0V para el uC.
12	PD.6	O	digital	Pulsos	Pin salida Enable para control del LCD
13	PD.7	O	digital	Pulsos	Pin salida Rs para control del LCD
14	PB.0	O	digital	Pulsos	Pin salida Datos D4 para modulo del LCD
15	PB.1	O	digital	Pulsos	Pin salida Datos D5 para modulo del LCD
16	PB.2	O	digital	Pulsos	Pin salida Datos D6 para modulo del LCD
17	PB.3	O	digital	Pulsos	Pin salida Datos D7 para modulo del LCD
20	AVcc	I	alimentación	+5V	Vcc alimentación analógico
21	Aref	I	alimentación	+5V	Voltaje de referencia para el convertor A/D
23	ADC0	I	analógica	0-5V	Entrada de la señal analógica

Tabla 2.7 Distribución de pines y funciones del control del voltímetro digital

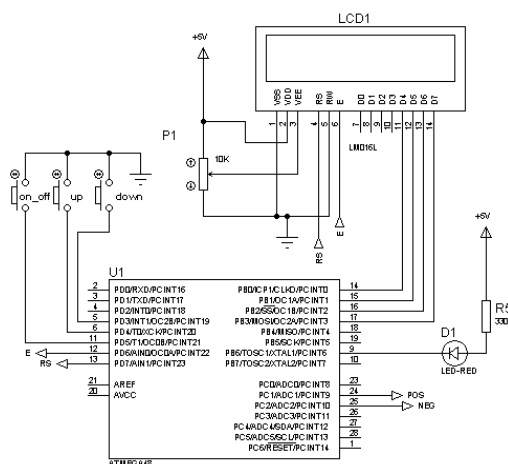


Figura 2.25 Control del inversor DC – AC.

PIN OUT	NOMBRE	I/O	TIPO	VOLTAJE	DESCRIPCIÓN DE LA FUNCIÓN DEL PIN
7	Vcc	I	alimentación	+5V	Pin de alimentación con +5V para el uC.
8,22	GND	I	alimentación	0V	Pin de alimentación con 0V para el uC.
12	PD.6	O	digital	Pulsos	Pin salida Enable para control del LCD
13	PD.7	O	digital	Pulsos	Pin salida Rs para control del LCD
14	PB.0	O	digital	Pulsos	Pin salida Datos D4 para modulo del LCD
15	PB.1	O	digital	Pulsos	Pin salida Datos D5 para modulo del LCD
16	PB.2	O	digital	Pulsos	Pin salida Datos D6 para modulo del LCD
17	PB.3	O	digital	Pulsos	Pin salida Datos D7 para modulo del LCD
24	PC.1	O	digital	Pulsos	Salida de pulso positivo de frecuencia variable
25	PC.2	O	digital	Pulsos	Salida de pulso negativo de frecuencia variable
9	PB.6	O	digital	0L	Enciende diodo led indicador sistema encendido
6	PD.4	I	digital	Activo en bajo	Pin entrada incremento de la frecuencia
5	PD.3	I	digital	Activo en bajo	Pin entrada decremento de la frecuencia
11	PD.5	I	digital	Activo en bajo	Pin entrada ON/OFF generación de frecuencia

Tabla 2.8 Distribución de pines y funciones del control del inversor DC – AC.

## 2.7.4 CONVERTOR AC – DC – DC y DC – AC

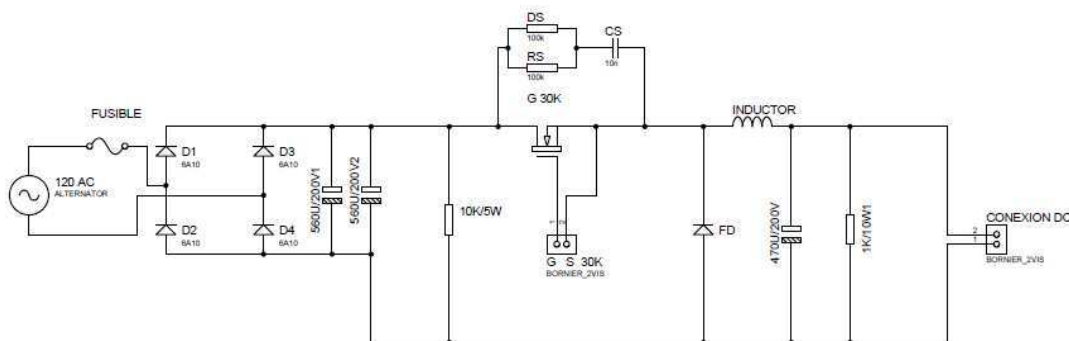


Figura 2.26 Conversor AC – DC – DC.

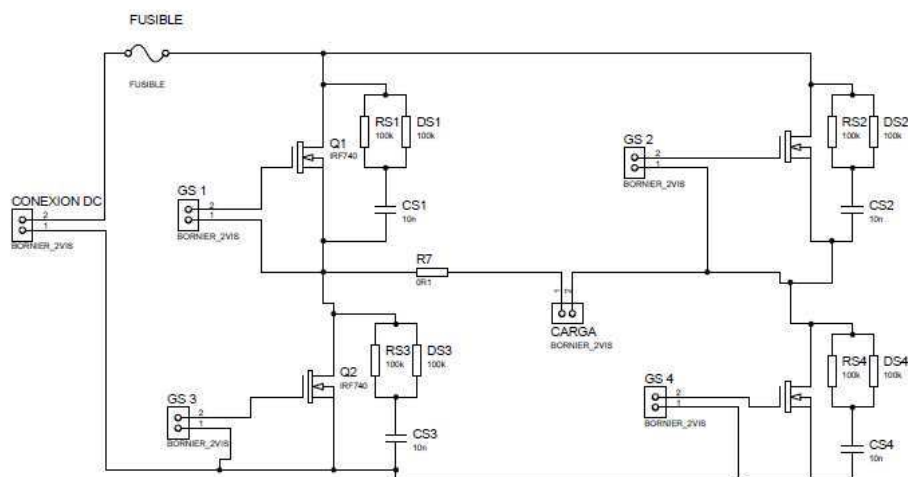


Figura 2.27 Esquema del Inversor DC – AC.

## **2.8 DIMENSIONAMIENTO PARA LA SELECCIÓN DEL VARIADOR DE VELOCIDAD.**

Como se mencionó en el punto 1.6.1 a la máquina peladora existente, se colocara un nuevo motor y un variador de velocidad comercial.

Para una correcta selección del variador de velocidad es necesario analizar los siguientes criterios:

Que hace la máquina:

- ¿Qué tipo de carga controla?
- Curva característica.

Los datos nominales del motor:

- Potencia en kilovatios (Kw) o en caballos de potencia (HP).
- Voltaje nominal en voltios (V).
- Frecuencia nominal en ciclos por segundo (Hz).
- Corriente nominal en amperios (A).
- Velocidad nominal en revoluciones por minuto (rpm).

### **2.8.1 QUE HACE LA CARGA.**

Las cargas son clasificadas dependiendo del comportamiento de su torque en función de la velocidad. Para efectos de selección de motor y de variador de velocidad, la gran mayoría de aplicaciones son consideradas como cargas de torque constante, mientras que sólo las centrifugadoras (bombas y ventiladores) son considerados como torque cuadrático (también definido como "variable" o "parabólico").

El motor controlara una máquina peladora, esta se asemeja a una centrifugadora, con la diferencia que esta tiene tentáculos de nylon de aproximadamente 13 cm. Incrustados en todo el contorno del cilindro y asiento como se puede observar en la Figura 2.28.



Figura 2.28 Máquina peladora de pollos

La ecuación para encontrar su curva característica es:

$$T_L = KW^2 \quad \text{Ecuación 27}$$

Donde:

$T_L = \text{Torque de la carga (N)}$

$K = \text{Constante}$

$W = \text{Velocidad (RPM)}$

Para obtener la curva de carga se tiene  $K= 0.3$  y una velocidad de 0 a 125 (rad/s).

K	W	W <sup>2</sup>	T <sub>L</sub>
0,3	0	0	0
0,3	10	110	33
0,3	21	439	132
0,3	31	987	296
0,3	42	1755	526
0,3	52	2742	822
0,3	63	3948	1184
0,3	73	5373	1612
0,3	84	7018	2106
0,3	94	8883	2665
0,3	105	10966	3290
0,3	115	13269	3981
0,3	126	15791	4737

Tabla 2.9 Curva de carga.

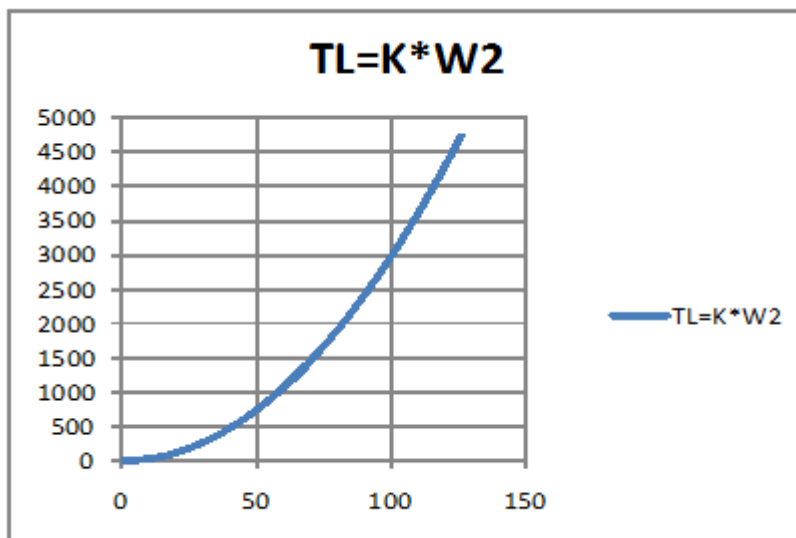


Figura 2.29 Curva de carga

### 2.8.2 DATOS NOMINALES DEL MOTOR.

En el capítulo anterior se hizo una primera aproximación del motor requerido, ahora se dimensionará correctamente en base a los datos antes mencionados.

Voltaje de Alimentación	220 (v)
Frecuencia de Alimentación	60 Hz
Fases de entrada	3 fases

Para saber la potencia del motor, es necesario tomar en cuenta la curva de torque de la carga y del motor, analizarla y escoger la potencia adecuada del motor.

$$P = T * W \rightarrow T = \frac{P}{W} \quad \text{y} \quad T = K * W^2$$

Se considera como base una potencia de 746 w (1 HP) y una velocidad de 0 a 100 (rad/s), se escoge velocidades bajas, para poder analizar las curvas y saber si el motor podrá romper la inercia de arranque.

P	Tm
746	#i DIV/0!
746	71,24
746	35,62
746	23,75
746	17,81
746	14,25
746	11,87
746	10,18
746	8,90

Tabla 2.10 Curva del motor vs Curva de carga.

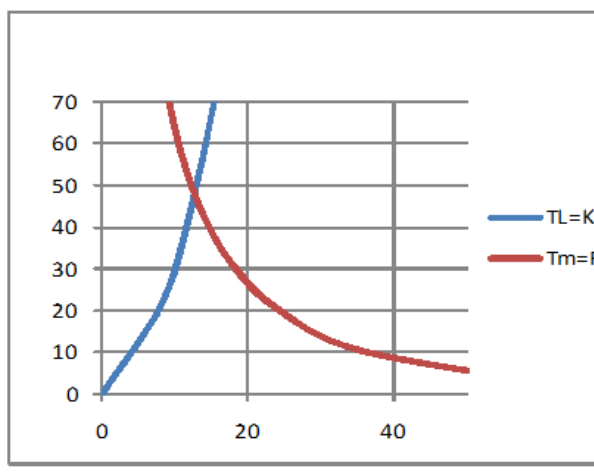


Figura 2.30 Curva del motor vs Curva de carga.

Analizando:

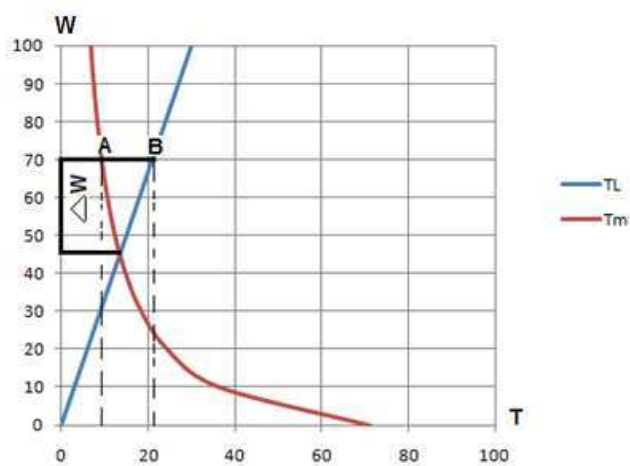


Figura 2.31 Análisis de Curvas



Para este análisis, primero se aumenta un rango de velocidad  $\Delta\omega$  a partir del punto de intersección de las curvas de torque, luego se define los puntos A y B, a partir de esto se analiza:

Si  $T_m(A) > T_L(B)$  El punto es inestable

Si  $T_m(A) < T_L(B)$  El punto es estable

Según el grafico:  $T_m < T_L$ , se concluye que el punto es estable.

Es importante que el torque de la carga sea mayor que del motor, para evitar que este se embale.

Para esta aplicación se selecciona un motor trifásico de tres caballos de fuerza (Horse Power), en la Tabla 2.11 se indican los datos nominales del motor.

PARÁMETROS	VALORES
Marca	Siemens
Modelo	BDO24FGF204
Potencia	3 HP
Fases	3 $\phi$
V. nominal	220 (v)
f. nominal	60 Hz
I. nominal	11.8 A
Velocidad nominal	1150 RPM
fp	0.85

Tabla 2.11 Datos nominales del motor.

## 2.9 SELECCIÓN DEL VARIADOR.

Como se trata de un variador de velocidad con entrada bifásica y salida trifásica, es necesario, sobredimensionarlo del 25% al 50%, dependiendo de la corriente nominal del motor a acoplar con este variador.

Para este caso, es necesario sobredimensionar el variador en un 25%, para cumplir con el requerimiento de corriente nominal del motor, Tabla 2.11.

El variador de velocidad sobredimensionado en un 25% garantiza una corriente de salida superior a la corriente de entrada del motor de 3 (HP).

$$11.8(A) \rightarrow 100\%$$

$$x \rightarrow 25\%$$

$$x = \frac{11.8(A) \times 25}{100} = 2.95(A)$$

$$I_{Salida} = 11.8 + 2.95 = 14.75(A)$$

Según este análisis, se necesita un variador que posea una corriente de salida que rodee los 14.75 (A).

Se selecciona el variador de acuerdo al análisis de los puntos anteriores:

Voltaje de Alimentación	220 (v)
Voltaje de Salida	220 (v)
Corriente de salida	14.75 (A)
Frecuencia de Alimentación	60 Hz
Frecuencia de Salida	1 a 60 Hz
Fases de entrada	2 fases
Fases de salida	3 fases
Potencia	Mayor a 3 HP

En el mercado existen variadores de diferentes marcas, potencias, etc., de todas estas opciones se ha escogido un variador con las características que se describen en la Tabla 2.12.

PARÁMETROS	VALORES
Marca	Siemens
Modelo	G110
Potencia	4 HP
Fases de entrada	2 $\Phi$
Fases de salida	3 $\Phi$
V. de entrada	220 (v)
V. de salida	220 (v)
f. entrada	60 Hz
f. salida	0.5 – 400 Hz
I. de entrada	32 (A)
I. de salida	13.6 (A)

Tabla 2.12 Datos nominales del variador [Datasheet siemens G110]

### 2.9.1 ANÁLISIS PARA REDUCIR LA VELOCIDAD A TRAVÉS DE POLEAS.

Una primera reducción de velocidad se realiza a través de 2 poleas, con el fin de aumentar el torque en la carga y lograr un control fino de velocidad con el variador.

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{D_2}{D_1} \text{ Relacion de velocidades respecto al diametro de las poleas}$$

$$W_1 = 1150(RPM) \rightarrow \text{Dato de placa del motor}$$

$$W_2 = 220(RPM) \rightarrow \text{Velocidad maxima requerida en la carga (tomado de forma experimental)}$$

$$D_1 = 2.5(Pulgadas) \rightarrow \text{Diametro de la polea del motor}$$

$$D_2 = X(Pulgadas) \rightarrow \text{Diametro de la polea de la carga}$$

$$D_2 = \frac{W_1}{W_2} D_1 = \frac{1150}{220} \times 2.5 = 13 \text{ Pulgadas}$$

$$D = 13 \text{ pulgadas}$$

### 2.9.2 ANÁLISIS DE TORQUE EN LA CARGA.

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{W_2}{W_1} \quad \text{relacion de velocidades respecto al Torque}$$

$T_1 \rightarrow$  Torque del motor

$T_2 \rightarrow$  Torque de carga

$W_1 = 1740(RPM) \rightarrow$  Dato de placa del motor

$W_2 = 220(RPM) \rightarrow$  Velocidad maxima en la carga

$$T_2 = \frac{W_1}{W_2} T_1 = \frac{1150}{220} x T_1 = 5.22 T_1$$

$$T_2 = 5.22 T_1$$

### 2.9.3 CONTROL EXTERNO REQUERIDO PARA EL VARIADOR.

Por el ambiente en que se encuentra el variador de velocidad y su manipulación, se implementa el control combinado por botonera y potenciómetro, para evitar su manejo directo (vía Panel de Operación Básica (BOP)).

La botonera será la encargada de iniciar, parar e invertir el giro del motor, a estas acciones, se le suman: reset, control a pasos y la inversión por pulso, pero estas tres últimas solo se pueden usar cuando el control por potenciómetro esta desactivado.

El potenciómetro se encarga de la variación de la velocidad desde una frecuencia inicial hasta una frecuencia final pre-programada por el usuario.

### 2.9.4 CALCULO PARA EL CONTROL DE VELOCIDAD EXTERNO A TRAVÉS DEL POTENCIÓMETRO.

Para este fin el parámetro P1000 del variador debe ser colocado en 2.

$$f_{out} = \frac{1}{2} \left( \frac{U}{U_{max}} \right) f_{max}$$

Ecuación 28

$U \rightarrow$  Voltaje variable (0 a 10 v)

$U_{\max} \rightarrow$  Voltaje maximo (10v)

$f_{\max} \rightarrow$  Frecuencia maxima de operacion

Los valores mostrados, son proporcionados por el variador, a través de sus salidas analógicas, el cálculo es realizado internamente por el mismo.

Ejemplo de cálculo:

$U = 5 \text{ v}$

$U_{\max} = 10 \text{ v}$

$f_{\max} = 60 \text{ Hz}$

$$f_{out} = \frac{1}{2} \left( \frac{5}{10} \right) 60 = 15 \text{ Hz}$$

Este valor es visualizado a través del HMI del variador.

## 2.10 HMI DEL VARIADOR.

El variador seleccionado, tiene la ventaja de tener un HMI incorporado, pre - programado para visualizar los valores de:

- Frecuencia
- Voltaje medio
- Voltaje de salida
- Sentido de giro

Los mismos que son limitados vía programación. La programación se verá en detalle en el capítulo 3.

## 2.11 IMPLEMENTACIÓN DEL VARIADOR.

El variador debe ser conectado respetando el diagrama de la Figura 2.32, donde se puede observar claramente los puntos de entrada de alimentación (L1, L2) y salidas al motor (U, V, W), esto es muy importante tener en cuenta porque si se conecta en forma incorrecta, es decir, las entradas a la salida y viceversa se ocasionarían daños graves e irreparables al variador quedando inservible.

En la Tabla 2.13 se encuentra los materiales a utilizar según recomendación del fabricante:

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Alambre Blindado #12	$\leq 15$ m para 220 (v) $\leq 30$ m para 380 (v)
Botones	16 (v) / 0.5 (A)
Breakers	Inmediato superior al valor de la $I_N$ del motor
Resistencia	$\leq 100$ ( $\Omega$ ) / 30 (Kw),

Tabla 2.13 Datos para la instalación del variador

En el caso de los breakers, la corriente nominal del motor es de 11.8(A), entonces, se debe colocar el breakers inmediato superior, con este argumento se selecciona breakers de 2x15(A).

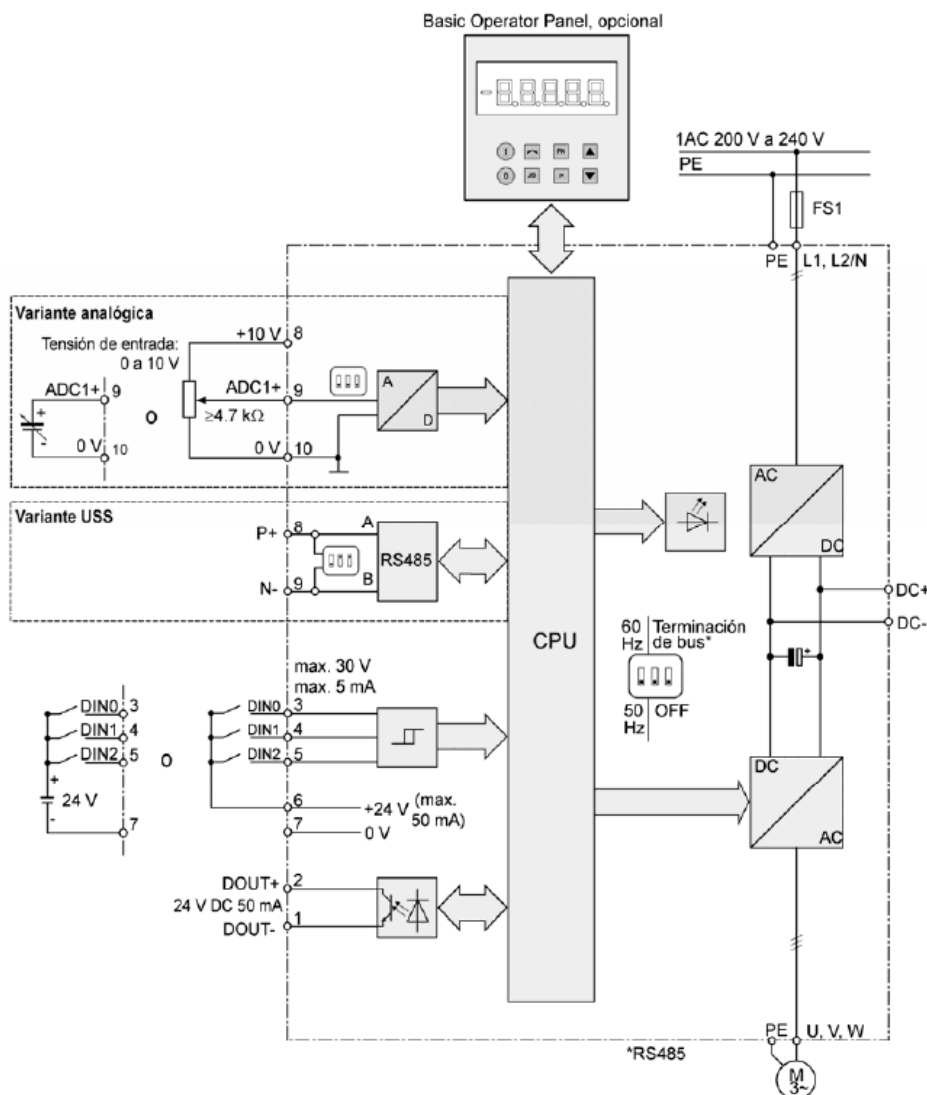


Figura 2.32 Diagrama de conexión [Datasheet Siemens G110]

## 2.12 IMPLEMENTACIÓN DE LA BOTONERA Y CONTROL DE VELOCIDAD EXTERNO A TRAVÉS DE POTENCIÓMETRO.

Con la ayuda del manual, se hace el control externo del variador siguiendo el diagrama del manual del operador, tanto para la botonera como para el control de velocidad externo.

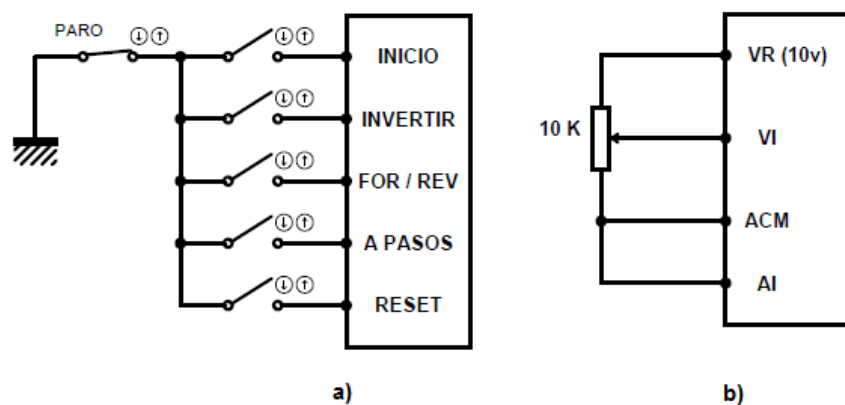


Figura 2.33 Diagrama de conexión a) botonera externa, b) control de velocidad



Figura 2.34 Variador Implementado

La configuración y programación del variador se indica en el capítulo 3.

### 2.13 MONTAJE DEL MOTOR.

Se procede a retirar el motor antiguo como se muestra en la Figura 2.35 (a) y colocar el nuevo motor, Figura 2.35 (b).





a)



b)

Figura 2.35 a) Motor bifásico dañado, b) Motor trifásico remplazado

## CAPITULO 3

### DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL

#### 3.1 INTRODUCCIÓN

El presente capítulo describe los requerimientos en cuanto a software para alcanzar los objetivos planteados. El software de diseño y ruteado utilizado es Proteus 7.7, herramienta útil para el desarrollo de aplicaciones analógicas y digitales.

Para la programación de los microcontroladores se utiliza dos lenguajes de alto nivel como son el Micro Code Studio y Bascom AVR.

#### 3.2 ARQUITECTURA DEL PROGRAMA DE CONTROL

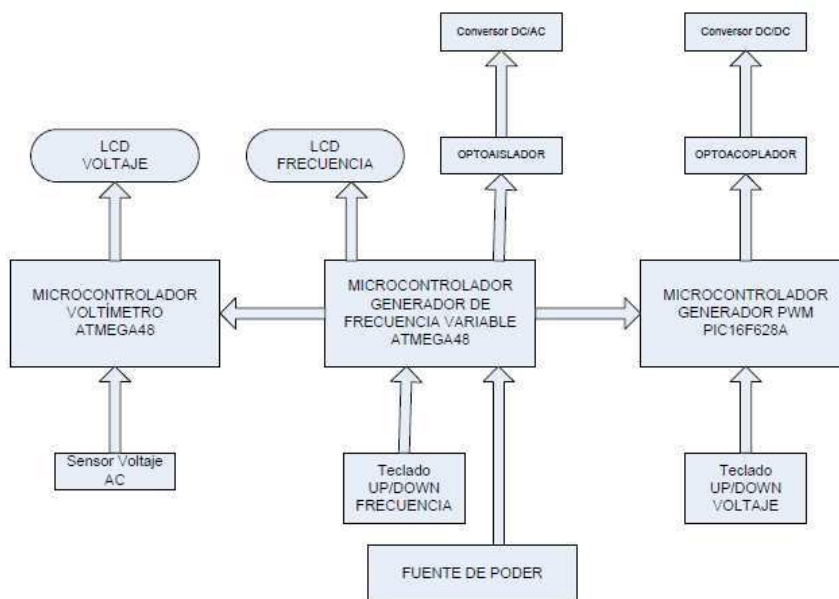


Figura 3.1 Arquitectura del programa de control.

El programa de control se basa en la arquitectura dada en la Figura 3.1, en el cual los microprocesadores son el nexo entre los distintos módulos controlados.

A continuación se explica el desarrollo de los programas que realizan los microprocesadores.

### 3.2.1 DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL DEL CONVERTOR DC–DC

El control del convertor DC – DC, es el encargado de la variación del voltaje DC de 0 a 150 (v) aproximadamente, a través de una señal PWM enviada por el módulo CCP del pic, con una frecuencia de operación de 30 KHz y una relación de trabajo de 0.1 a 0.9. Esta relación de trabajo es controlada externamente por hardware (botones).

El programa hace una serie de comparaciones siempre respetando los límites tanto superior como inferior de la relación de trabajo que son: 0.1 a 0.9.

El último valor seteado de voltaje es guardado en la memoria permanente del microcontrolador EEPROM cuando el sistema es apagado.

El diagrama de flujo de la Figura 3.2, explica la lógica de programación que se usa para el pic16f628A.

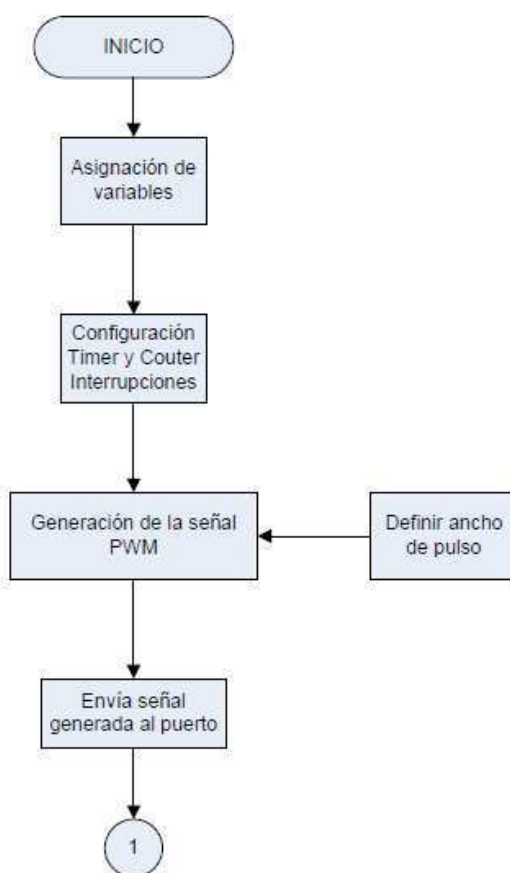


Figura 3.2 Diagrama de flujo para control del Convertor DC – DC.

### **3.2.2 DESARROLLO DEL PROGRAMA DE CONTROL DEL INVERSOR DC – AC**

El control del inversor DC – AC, es el encargado de generar la frecuencia variable de 10 a 400 (Hz), a través de rutinas explicadas de forma estructurada en la Figura 3.3.

En esta parte con la ayuda del timer1 se aplica el tiempo muerto indicado en el punto 2.5.3.2, para evitar un posible cortocircuito, debido al tiempo de recuperación lento que tienen los elementos.

El último valor seteado de frecuencia es guardado en la memoria permanente del microcontrolador EEPROM cuando el sistema es apagado.

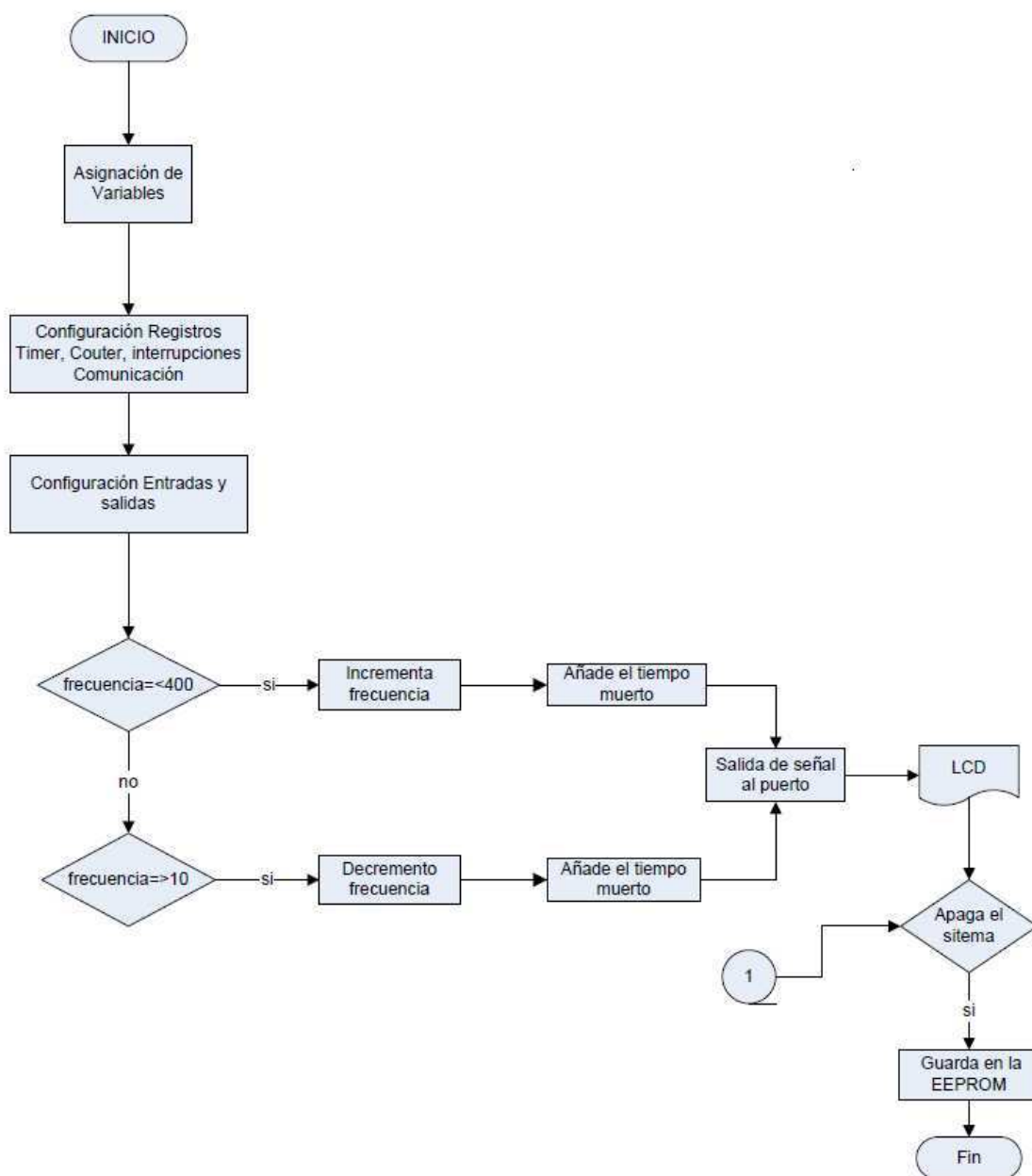


Figura 3.3 Diagrama de flujo para control del Inversor DC – AC.

### 3.2.3 DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA EL VOLTÍMETRO DIGITAL

El programa para el voltímetro digital se encarga de interpretar las muestras tomadas del voltaje de salida debidamente acondicionada por hardware.

Los valores interpretados por el ATMEGA48 con la ayuda del módulo ADC del microprocesador, son visualizados en un LCD 16 x 2, este valor no se guarda en la memoria EEPROM del microcontrolador, ya que es irrelevante.

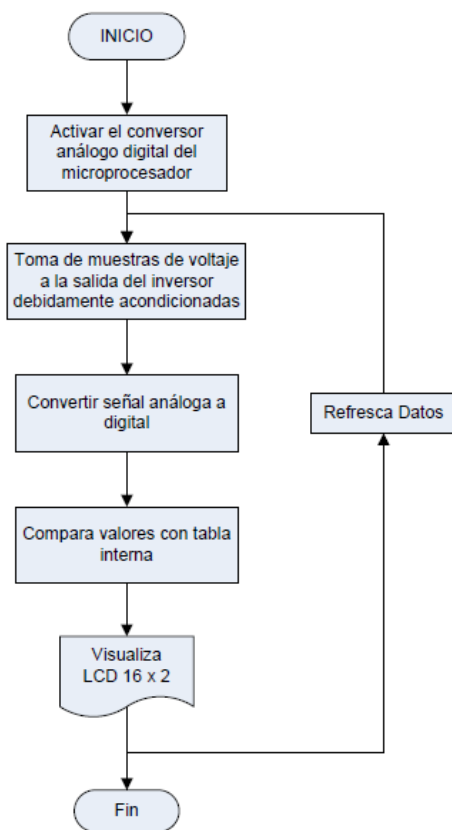


Figura 3.4 Diagrama de flujo para control del voltímetro digital

### 3.2.4 RUTINA PARA PROGRAMAR EL VARIADOR DE VELOCIDAD.

Para controlar el variador de velocidad como se menciona en el punto 2.9.3, se utiliza una rutina la cual se explica de forma grafica a través del diagrama de flujo de la Figura 3.5.

Antes de poner en marcha el variador, es importante verificar que los datos nominales del motor han sido ingresados correctamente, para garantizar que en el momento de una anomalía en el funcionamiento, las protecciones incorporadas en el variador actúen.

#### 3.2.4.1 Rutina para la botonera externa

Cuando las entradas ADC del variador (pines 3, 4, 5) son activadas, el control BOP (Programación de Operación Básica) es desactivado para evitar errores en su manipulación. El variador interpreta las señales ingresadas como 1 y 0 lógico.

### 3.2.4.2 Rutina para el potenciómetro

Cuando la entrada ADC del variador (pin 9) es activada, el variador interpreta la señal analógica de 0 a 10v como digital (0 a 255), para tener una variación fina de velocidad, desde el valor mínimo hasta el máximo valor de frecuencia seleccionado previamente.

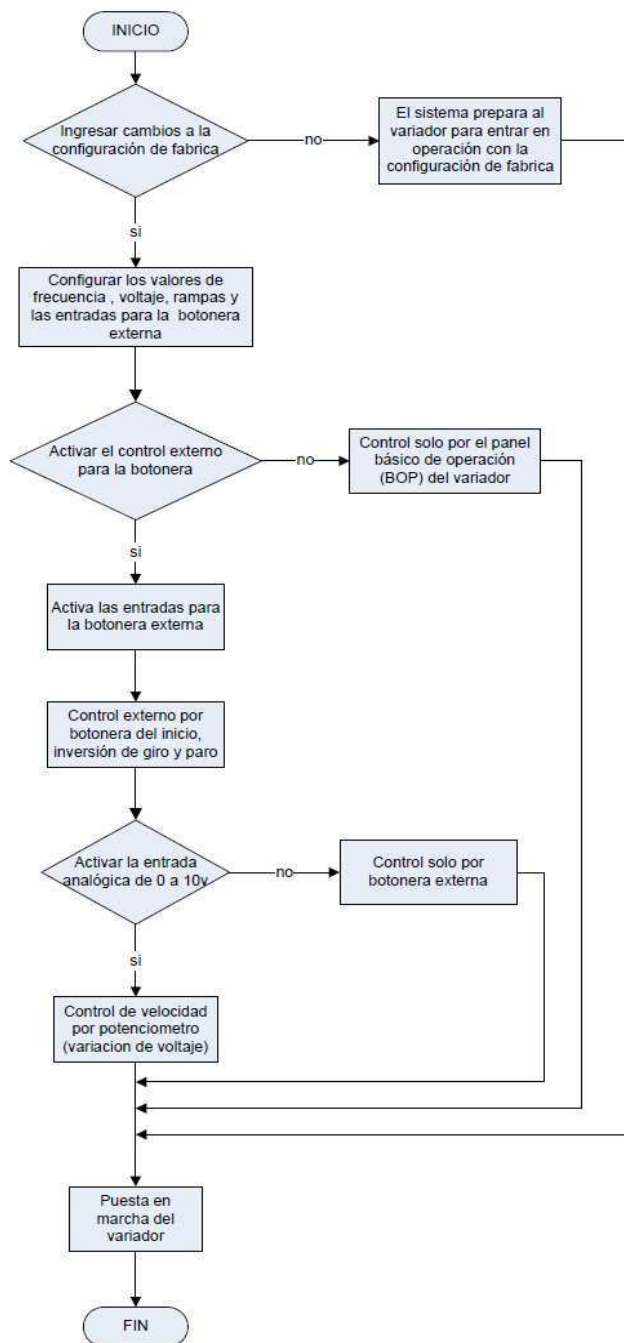


Figura 3.5 Diagrama de flujo del control del variador.

### 3.3 PROGRAMACIÓN DEL VARIADOR

Como se manifestó en el punto 2.9.3, se procede a la programación del variador seleccionado cuyos datos nominales se encuentran en la Tabla 2.12.

El valor del parámetro P0010 debe estar en 1, para que este permita cambios en su configuración inicial (Fabrica).

#### 3.3.1 INGRESO DE DATOS DE PLACA DEL MOTOR.

P0310 = 60 (Frecuencia nominal del motor)

P0304 = 220 (Voltaje nominal del motor)

P0305 = 11.8 (Corriente nominal del motor)

P0307 = 4 (Potencia del motor HP)

P0311 = 1150 (RPM nominal del motor)

#### 3.3.2 LIMITACIÓN DE LA FRECUENCIA DE OPERACIÓN

P0310 = 60 (Frecuencia principal)

P1082 = 60 (Máxima frecuencia de operación)

P1080 = 25 (Mínima frecuencia de operación)

#### 3.3.3 BOTONERA EXTERNA.

P0727 = 3 (Control a 3 hilos)

P0701 = 1 (Iniciar)

P0702 = 2 (Parar)

P0703 = 12 (Selección de sentido de giro)

#### 3.3.4 RAMPAS DE ARRANQUE Y FRENO.

P1120 = 10 (Rampa de arranque)

P1121 = 10 (Rampa de freno)



### 3.3.5 CONTROL DE VELOCIDAD EXTERNA CON POTENCIÓMETRO.

P0757 = 0 (Valor escalado de la ADC en X)

P0758 = 0.0% (Valor escalado de la ADC en Y)

P0759 = 10 (Valor máximo de voltaje DC)

P0761 = 0 (Ancho de banda muerta)

Los parámetros que se han ingresado al variador permiten tener control a través de la botonera externa y potenciómetro, con rampas de aceleración y freno de 10 segundos cada una, frecuencia mínima de 25 Hz y máxima de 60 Hz, esto quiere decir, al momento de iniciar el sistema, el variador llega a 25 Hz en 10 segundos si el potenciómetro se encuentra en su mínimo valor.

Los parámetros ingresados son exclusivos para la aplicación mencionada en el punto 2.9.3.

## CAPITULO 4

### PRUEBAS Y RESULTADOS

#### 4.1 INSTALACIÓN DEL ATURDIDOR Y PELADOR DE POLLOS

Una vez diseñado, programado y armado el circuito como se mostró en los capítulos anteriores, se procede a instalar y probar el sistema aturdidor y el pelador de pollos.



a)



b)

Figura 4.1 a) Sistema aturdidor instalado, b) Variador instalado con sus protecciones.

## 4.2 PRUEBAS EXPERIMENTALES

Para las pruebas se ha procedido por partes, esto es: hacer las pruebas tanto al circuito de control como al de potencia, para el aturridor y el pelador de pollos.

### 4.2.1 PRUEBAS DEL CIRCUITO DE CONTROL

El software de control del aturridor está diseñado para generar señales PWM de relación de trabajo variable ( $\delta$ ) entre 0.1 y 0.9 a 30 KHz para el convertor DC – DC; para el inversor DC – AC una frecuencia variable de 10 a 400 Hz como se mencionó en la parte de diseño correspondiente, en la Figura 4.2 se muestran las formas de onda tomadas por el osciloscopio Tektronix Modelo TDS - 1002 que controlarán el circuito de potencia, para la parte del convertor y del inversor.

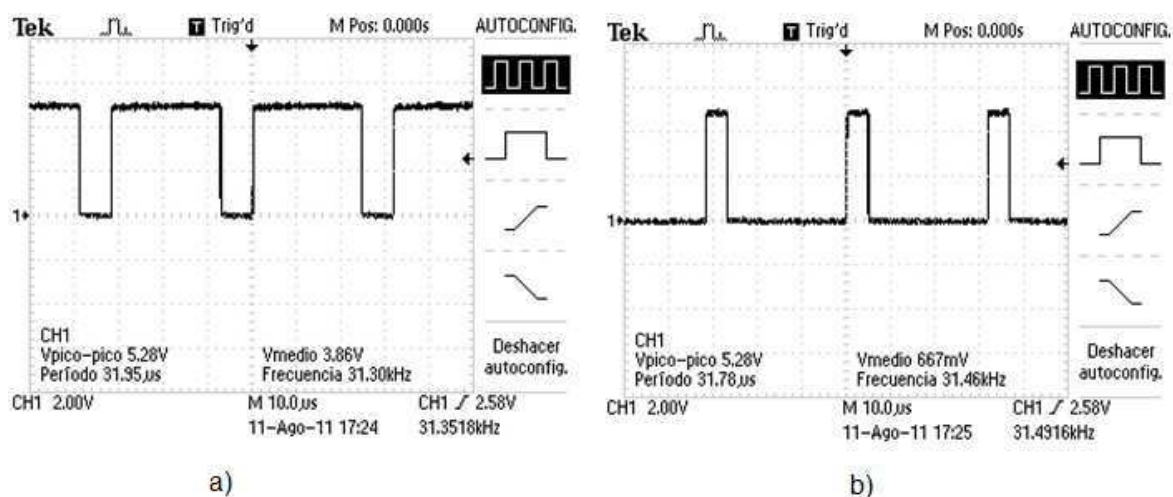
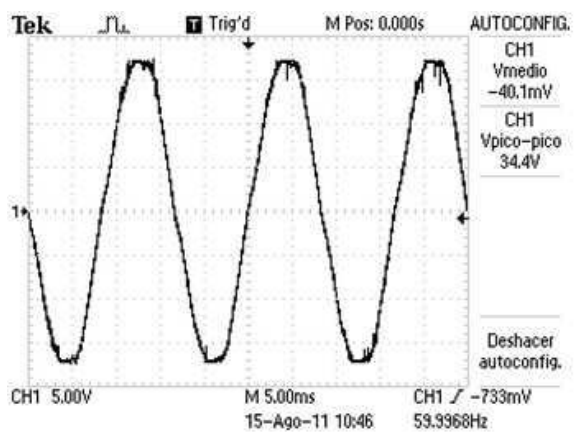
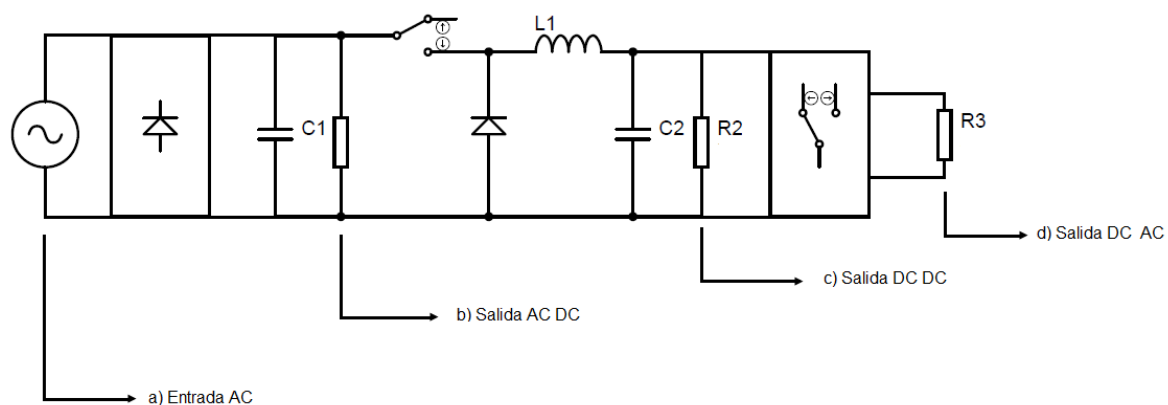


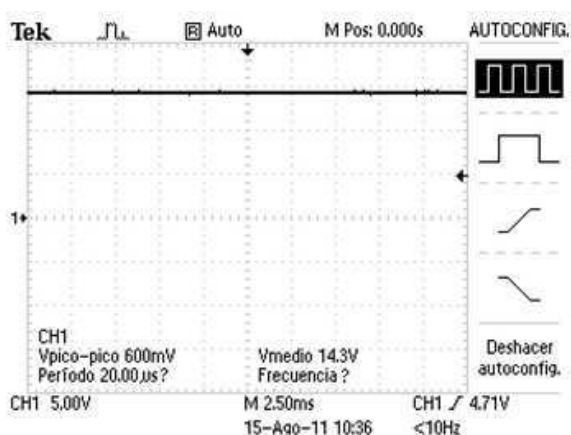
Figura 4.2 a) señal de control para el convertor, b) Señal de control para el inversor

### 4.2.2 PRUEBAS DEL CIRCUITO DE POTENCIA

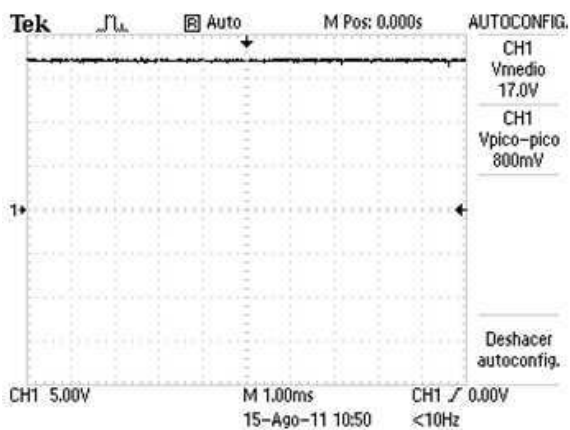
Para el circuito de potencia, se verifican las señales en las diferentes etapas del convertor AC – DC, DC – DC, DC – AC, comprobando que los niveles de voltaje y frecuencia sean acordes al diseño realizado como se muestra en la Figura 4.3 donde se muestran las formas de onda tomadas por el osciloscopio mencionado anteriormente.



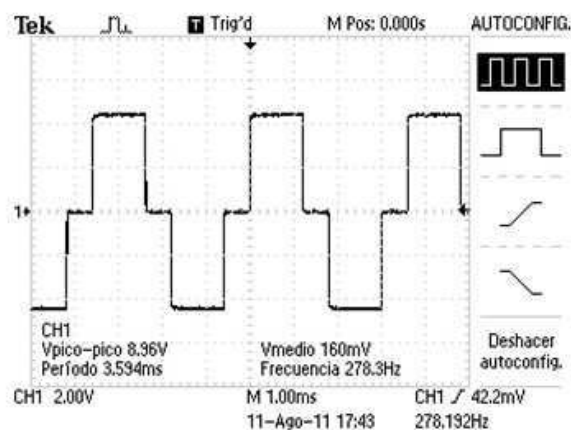
a)



b)



c)



d)

Figura 4.3 formas de onda a) Entrada AC, b) Salida del convertor AC – DC, c) Salida del convertor DC – DC, d) Salida del inversor DC – AC.

#### 4.2.3 PRUEBAS DEL SISTEMA ATURDIDOR IMPLEMENTADO.

Para realizar las pruebas se tomó como base aves de seis semanas de edad promedio, las pruebas se realizaron en forma individual, es decir, ave por ave y los resultados se muestran en la siguiente Tabla:

<b>VOLTAJE</b> <b>(v)</b>	<b>FRECUENCIA</b> <b>(Hz)</b>	<b>RESULTADO</b>
25	100	Nada
	200	Nada
	300	Nada
	350	Nada
	400	Nada
50	100	Nada
	200	Ligeras Sacudidas
	300	Ligeras Sacudidas
	350	Medianas Sacudidas
	400	Medianas Sacudidas
90	100	Adormecimiento Parcial
	200	Adormecimiento Parcial
	300	Adormecimiento Parcial

	350	Adormecimiento Total
	400	Adormecimiento Total
100	100	Sacudidas con Quemaduras Leves
	200	Sacudidas con Quemaduras Leves
	300	Sacudidas Fuertes con Quemaduras
	350	Muerte por Electrocuci3n con Quemaduras
	400	Muerte por Electrocuci3n con Quemaduras

Tabla 4.1 Pruebas del sistema aturridor.

El an3lisis de esta tabla se encuentra en el punto 4.3.1.

#### 4.2.4 FOTOS DEL PROCESO PARA ATURDIR LOS POLLOS.

En las Figuras que se presentan a continuaci3n, se muestra en forma sistem3tica el proceso para aturdir las aves.

En la Figura 4.4 se observa cuando las aves son colocadas en los conos para ser aturridas.



Figura 4.4 Distribuci3n de los pollos para ser aturridos.



En la Figura 4.5 se observa el proceso de aturdimiento, con un cuchillo adaptado para este fin, en esta parte, el momento en que el cuchillo hace contacto con el pollo, este recibe un voltaje de 75 (v) con una frecuencia de 350 (Hz), produciendo al ave una taquicardia, inmediatamente después se procede a cortar la vena yugular para su correcto desangre.



Figura 4.5 Aturdimiento de las aves.

En la Figura 4.6 se observa el desangre de los pollos, luego de ser aturdidos.



Figura 4.6 Desangre de los pollos.

#### 4.2.5 PRUEBAS DEL PELADOR DE POLLOS IMPLEMENTADO.

Para realizar las pruebas, se tomó como base las indicaciones del propietario de la procesadora, el cual sabe por la experiencia que da la práctica el tiempo de arranque, la velocidad, tiempo de frenado que se necesita para pelar las aves sin desgarrar su piel.

Para estas pruebas se colocó un promedio de 20 aves de 10 libras cada una en el tambor del pelador.

<b>ARRANQUE (s)</b>	<b>VELOCIDAD (RPM)</b>	<b>FRENADO (s)</b>	<b>RESULTADO</b>
30	37	10	Pelado Parcial con Ligeros Golpes en la Piel
25	50	10	Pelado parcial con Leves Golpes en la Piel
10	110	10	Pelado Optimo
15	147	10	Pelado con Desgarre Parcial de Piel
10	184	10	Desmembramiento
5	220	10	Desmembramiento

Tabla 4.2 Pruebas del pelador de pollos.

El análisis de esta tabla se encuentra en el punto 4.3.2.

#### 4.2.6 FOTOS DEL PROCESO DEL PELADO DE LOS POLLOS.

En las Figuras que se presentan a continuación, se muestra en forma sistemática el proceso para pelar los pollos.

En la Figura 4.7 se observa cuando las aves son colocadas en el tambor de la peladora de pollos.



En esta parte, se inicia con una velocidad de 60 RPM aproximadamente, una vez colocado todos los pollos en el tambor, la velocidad se aumenta a 110 RPM aproximadamente (la velocidad final varía de acuerdo a la cantidad de pollos en el tambor del pelador) para obtener un pelado óptimo.



Figura 4.7 Inicio del proceso del pelado de pollos.

En la Figura 4.8 se observa los pollos ya pelados.



Figura 4.8 Proceso finalizado.

### 4.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 4.3.1 ANÁLISIS DEL SISTEMA ATURDIDOR.

Tanto el circuito de control como el de potencia se comportan según lo esperado, es decir se tiene el control de voltaje y frecuencia.

A bajo y medio voltaje (0 – 50 v) a diferentes frecuencias no se tiene una acción efectiva del sistema aturdidor, debido a la baja corriente que recibe el ave.

A voltaje medio – alto (75 – 90 v) y una frecuencia entre 350 – 400 Hz, se obtuvo el resultado esperado, un estado de inconsciencia del ave sin las quemaduras ni fracturas que se producen cuando el ave es electrocutada a 120 v y 60 Hz sin ningún tipo de control, es decir, conectado directamente a la red.

A voltaje alto (100 v) y varias frecuencias, se observan sacudidas fuertes del ave debido a que se está electrocutando, hasta llegar a la muerte, sin lograr el objetivo de aturdirlos, el momento de pelarla se notan manchas de color morado oscuro que es una quemadura eléctrica interna debida al exceso de voltaje.

Según lo expuesto, se concluye que el rango de voltaje ideal para aturdir los pollos está entre los valores de 75 a 90 (v), con una frecuencia entre los 350 y 400 (Hz).

No se puede determinar un valor fijo de voltaje y frecuencia debido a varios factores como: resistencia del pollo, edad, estado anímico, etc.

#### **4.3.2 ANÁLISIS DEL PELADOR DE POLLOS.**

Como se mencionó anteriormente, para realizar las pruebas, se tomó como base las indicaciones del propietario de la procesadora, tomando como inicio una rampa de arranque de 30 segundos, esto quiere decir, que en ese tiempo la máquina arranca y se estabiliza a la velocidad de 37 RPM por un tiempo aproximado de 60 segundos y luego aplica una rampa de frenado de 10 segundos, el pelado es lento y la piel del ave se golpea, por consecuencia se decide elevar la velocidad a 74 RPM y reducir la rampa de arranque a 25 s, sin tener una diferencia significativa a la anterior.

Con una rampa de arranque de 10 segundos, una velocidad de 110 RPM por 30 segundos aproximadamente y una rampa de frenado de 10 segundos, se obtiene el pelado del ave sin golpes ni desmembramiento es decir óptimo, cabe aclarar que el pelado no es perfecto, siempre quedan plumas minúsculas las cuales son retiradas manualmente.

Otro factor condicionante es la temperatura del agua, con una temperatura promedio de 50°C, el pelado a 110 RPM con las rampas indicadas se cumple, si

esta temperatura fuese mayor o menor se tendrá que ajustar la velocidad, para esto se acondicionó un potenciómetro el cual sirve para este fin.

Con rampas y velocidades mayores a la mencionada, se obtiene un buen pelado pero con desmembramiento, generalmente de las alas, lo que produce una pérdida total del producto.

Se concluye que las rampas ideales para el inicio y frenado deben ser de 10 segundos, para evitar que los pollos se desplacen a las paredes del pelador y se atasquen en las hendiduras.

La velocidad a emplearse del pelador depende mucho de la temperatura del agua donde los pollos fueron escaldados previamente, la cantidad de aves ingresadas al pelador y finalmente el tiempo de pelado varía entre 30 a 60 segundos dependiendo de la madurez de las aves.

#### 4.3.3 CUADRO COMPARATIVO.

En este punto se compara el pelador de pollos implementado con otro existente sin control de velocidad.

	<b>PELADOR IMPLEMENTADO</b>	<b>PELADOR NORMAL</b>
<b>Calidad de pelado</b>	Muy Bueno	Regular
<b>Tiempo *</b>	60 a 90 segundos	120 segundos
<b>Capacidad</b>	20 pollos	20 pollos
<b>Costo*</b>	\$2.000,00	\$1.800,00

Tabla 4.3 Cuadro comparativo pelador de pollos.

\* El tiempo de pelado varía de acuerdo a la temperatura del agua emplea.

\*El costo se refiere a una máquina nueva.

A simple vista, el pelador más conveniente en su precio, es el pelador normal, pero haciendo un análisis profundo, tanto en rendimiento, consumo de energía,

capacidad de producción y tiempo que emplea para el mismo, el pelador implementado es el económico.

#### 4.3.4 COSTOS DEL PROYECTO.

Para tener una referencia de cuánto puede costar el sistema aturdidor y el pelador de pollos, en la Tabla 4.4 se muestran todos los elementos para su construcción tales como: componentes eléctricos y electrónicos, el costo de mano de obra respecto a la manufacturación en función de horas efectivas de trabajo invertidas en el desarrollo de este proyecto.

Descripción	Cantidad	Precio USD	Total
IRF740	5	\$ 1,30	\$ 6,50
6N137	4	\$ 1,50	\$ 6,00
Variador de velocidad	1	\$ 400,00	\$ 400,00
Circuito Impreso	3	\$ 15,00	\$ 45,00
Transformador	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Motor 3HP / 3 fases	1	\$ 301,00	\$ 301,00
Fusibles	10	\$ 0,10	\$ 1,00
LCD 16 x 2	2	\$ 8,00	\$ 16,00
Atmega48	1	\$ 8,00	\$ 8,00
Atmega8	1	\$ 8,00	\$ 8,00
Pic 16f628A	1	\$ 8,00	\$ 8,00
Resistencias varias	30	\$ 0,02	\$ 0,60
Resistencias Potencia	5	\$ 0,80	\$ 4,00
Capacitores varios	20	\$ 0,35	\$ 7,00
Tablero	1	\$ 60,00	\$ 60,00
Disipadores	6	\$ 0,50	\$ 3,00
Baquelitas	4	\$ 3,00	\$ 12,00
Caja de proyectos	1	\$ 15,00	\$ 35,00
<b>Subtotal1</b>			<b>\$ 931,10</b>

Para el análisis del costo de mano de obra, se analiza:

El tiempo efectivo total empleado entre el diseño e implementación:

Descripción	Cantidad	Precio USD	Total
100	Horas efectivas de trabajo	\$ 10,00	\$ 1.000,00
<b>Subtotal 2</b>			<b>\$ 1.000,00</b>
<b>Total = Subtotal 1 + Subtotal 2 = \$ 1.931,10</b>			

Tabla 4.4 Listado de elementos y mano de obra.

## CAPITULO 5

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

- Se diseñó y construyó un sistema aturridor de pollos de voltaje y frecuencia variable que cumple con las características técnicas trazadas al inicio de la investigación.
- Luego de haber realizado las pruebas con el sistema aturridor se comprobó que los cálculos teóricos satisfacen las condiciones de la fase experimental.
- Los tiempos de conmutación ( $T_{on}$  y  $T_{off}$ ) de los Mosfet están dentro de las recomendaciones del fabricante, disminuyendo así las pérdidas de potencia en forma de calor por conmutación y obteniendo finalmente un sistema aturridor de alta eficiencia.
- El aturrido eléctrico, es el método más común empleado por la industria avícola para conseguir aves inconscientes de forma inmediata antes de proceder al sacrificio. Las aves son aturridas eléctricamente mediante el paso de corriente a través del encéfalo, que a su vez se consigue mediante el paso de la corriente a través del cuerpo entero del ave, entre el electrodo de salida de equipo aturridor diseñado y los conos de la cadena de sacrificio conectado a tierra.
- Para proteger la calidad de la carne, es necesario que circule a través de cada ave una cantidad de corriente eléctrica de aproximadamente 15mA, con un rango de voltaje entre los 75 a 90 (v) y una frecuencia entre los 350 y 400 (Hz) en un tiempo de 4 segundos aproximadamente, para asegurar un aturrido efectivo, caso contrario se incurre en estrés y lesiones que ocasionan daños en los animales tales como: puntas de alas rojas, bases de las plumas rojas, hemorragias en las venas de las alas y dorso, fracturas óseas, hemorragias en pechuga y/o muslos, etc.

- La máquina peladora de pollos, puede ser una importante fuente de magulladuras en el cuerpo de las aves, así como rotura de alas, especialmente si los dedos de goma de los extractores están gastados o no están en la posición correcta. La temperatura normal de escaldado viene a ser de 50-52 °C, durante unos 2-2,5 minutos para las canales de consumo en fresco; si se han de congelar, conviene utilizar 52-55 °C. Las temperaturas superiores a 56 °C dañan la epidermis, lo cual se agrava en la peladora, incluso si ésta funciona correctamente. La piel sobre escaldada produce un fluido seroso, que expuesto al aire se solidifica gradualmente, después del oreo la superficie afectada toma un color oscuro (pardo) irreversible. En casos extremos se produce la desnaturalización térmica de las proteínas, con lo cual piel y músculos parecen cocidos, de color más blanco, consistencia friable, y tacto resbaloso. Por el contrario, las temperaturas de escaldado demasiado bajas impiden un desplumado completo. El agua de las piletas debe renovarse continuamente. Se recomienda que la temperatura del agua del escaldado sea de 52° a 56° C y que el pasaje del ave por este equipo deba ser de aproximadamente 30 segundos.
- Después de haber realizado pruebas con un número de 20 pollos de aproximadamente 6 libras, se pudo constatar la resistencia y la rigidez de los diversos componentes eléctricos, electrónicos y mecánicos de la máquina peladora repotenciada. Por consiguiente todas las piezas presentan una alta resistencia a los esfuerzos eléctricos y mecánicos a las que están sometidas por lo que el cliente queda muy satisfecho por el resultado obtenido.
- El costo de la inversión para repotenciar la máquina peladora de pollos hace que sea factible su construcción en el país, en oposición a las máquinas importadas que tienen un costo muy elevado. Esta máquina beneficia a pequeños y medianos productores, debido a que aumentará y facilitará la producción en zonas donde actualmente este procedimiento se realiza a mano.

## 5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio zootécnico para obtener datos más confiables acerca de la fuerza necesaria para desprender las plumas en las aves.
- El proceso de escalado debería ser estudiado para obtener las temperaturas adecuadas y así facilitar el proceso de desplumado óptimo.
- Para el diseño de la inductancia del convertidor DC/DC del equipo aturridor es necesario utilizar núcleo de ferrita para evitar la saturación del mismo y obtener mayores niveles de corriente, disminuir el ruido en la bobina producido por los 30Khz de frecuencia de trabajo del PWM.
- Es recomendable apoyar proyectos como éste, para producir tecnología de punta en el país, desarrollar soluciones técnicas en muchos aspectos en la microindustria, y aumentar la producción Nacional.
- Tratar por parte de la E.P.N. en lo posible de establecer las relaciones necesarias con la industria local, de tal forma que los trabajos de tesis sean enfocados a solucionar sus problemas y, por consiguiente, con su respaldo económico. Solo de esta forma se puede realizar proyectos de verdadero valor práctico y acorde con la capacidad e ingenio de los estudiantes.
- En la procesadora, no se encuentra instalado el sistema mecánico para aturdir los 20 pollos, el sistema aturridor está diseñado para soportar esta carga de trabajo, para que en un futuro se acondicione dicho sistema mecánico. Las pruebas se realizó con grupos de pollos y de manera individual es decir ave por ave.

### 5.2.1 RECOMENDACIONES DE INSTALACIÓN

#### 5.2.1.1 Cableado

- En los cables de control, utilizar cable trenzado y blindado para los circuitos de consigna.

- Debe haber una separación física entre los circuitos de potencia y los circuitos de señales de bajo nivel (control).
- La tierra debe ser de buena calidad y con conexiones de baja impedancia.
- Cables con la menor longitud posible.
- El variador debe estar lo más cerca posible del motor.
- Cuidar que los cables de potencia estén lejos de cables de antenas de televisión, radio, televisión por cable o de redes informáticas.

#### **5.2.1.2 Gabinete**

- Metálico o al menos en una bandeja metálica conectada a la barra de tierra. En los manuales de uso de los variadores se hacen las recomendaciones en cuanto al tamaño.

#### **5.2.1.3 Ventilación**

- Debe estar de acuerdo al calor disipado por el equipo a potencia nominal. Se proveen, como opcionales, ventiladores adicionales y kits de montaje de ventilación que garantizan una protección IP 4 sin perder la posibilidad de una buena disipación.

#### **5.2.1.4 Puesta a tierra**

- La tierra debe ser de buena calidad y con conexiones de baja impedancia. Se deberá realizar la conexión a tierra de todas las masas de la instalación. El sistema de puesta a tierra deberá tener una resistencia de un valor tal que asegure una tensión de contacto menor o igual a 1.5V en forma permanente.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Ministerio De Agricultura, Pesca y Alimentación, “Guía De Mejores Técnicas Disponibles En España Del Sector Matadero Y Transformados De Pollo Y Gallina”, 2009.
- [2] Muhammad, R., “Electrónica De Potencia”, Segunda Edición, Prentice Hall, 1995.
- [3] Blades, M., Carrasco, A., “Convertidores DC – DC”, Escuela Politécnica Superior de Elche, 2001.
- [4] Mohan, N., “Power Electronics”, Segunda Edición, John Wiley & Sons, 1992.
- [5] Torres, C., Murillo, D., “Diseño Y Construcción De Un Inversor Trifásico”, Universidad Tecnológica de Pereira, No. 40, Diciembre 2008.
- [6] Fitzgerald, K., “Máquinas Eléctricas”, Sexta Edición, McGraw-Hill, 2002.
- [7] HART, D., “Electrónica De Potencia”, Primera Edición en español, Prentice Hall, 2001.
- [8] Millman, J., “Dispositivos y Circuitos Electrónicos”, Segunda Edición, Editorial Pirámide, 1978.
- [9] Cabrera, R., “Construya Su Propio Transformador”, Mecánica Popular, Vol. 6, No. 4, Marzo 1950.
- [10] Cabrera, R., “Construya Su Propio Transformador”, Mecánica Popular, Vol. 6, No. 5, Abril 1950.

## **ANEXOS**

## ANEXO A

### MANUAL DEL USUARIO DEL SISTEMA ATURDIDOR

#### A-1 REQUERIMIENTOS PARA LA ALIMENTACIÓN

Voltaje de entrada: 120 v

Frecuencia de entrada: 60 Hz

#### A-2 SALIDA

Voltaje de salida: 0 – 100v

Frecuencia de salida: 10 – 400 Hz

#### A-3 CONEXIONES Y CONTROLES

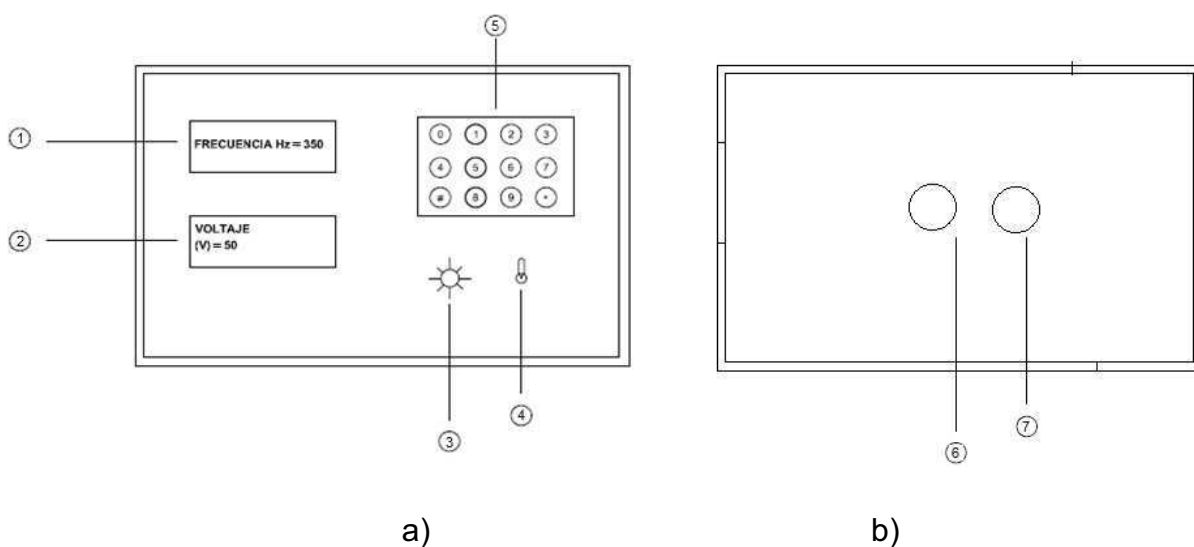


Figura A.1 a) Parte superior, b) Parte inferior

- 1) Indicador LCD del valor de frecuencia
- 2) Indicador LCD del valor de voltaje
- 3) Indicador visual (Luz led) cuando el sistema esta encendido
- 4) Selector para Encender / Apagar el sistema
- 5) Teclado

6 Alimentación de entrada

7 Salida

## A-4 OPERACIÓN

### A-4.1 ANTES DE INICIAR

Verificar que las conexiones de entrada (6) y salida (7) se encuentran debidamente instaladas.

El valor de frecuencia debe ser seteado con el valor deseado, desde los 10 Hz hasta los 400 Hz, con las teclas 4 (para descender) y 5 (para ascender).



Figura A.2 Teclado (5)

El valor de frecuencia seleccionado es visualizado en la pantalla (1) respectiva con la leyenda: **Frec: 390 Hz.**

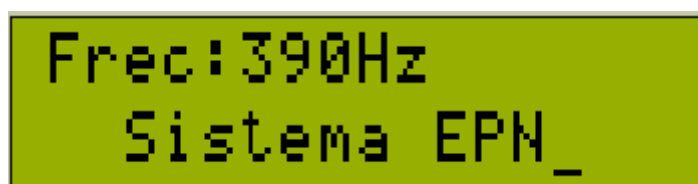


Figura A.3 Indicador LCD (1)

El sistema tiene retención de memoria, esto quiere decir, al apagar y luego volver a encenderlo los valores quedan memorizados, en el último valor seteado de frecuencia.

### A-4.2 INICIO

Una vez seteado el valor de frecuencia deseado, colocar el interruptor en la posición ON, una luz (led) color rojo se encenderá indicando que el sistema esta activado.



Figura A.4 Selector para Encender / Apagar el sistema (4)

Ya activado el sistema, el valor de voltaje puede ser variado desde los 0 (v) hasta los 100 (v) aproximadamente con las teclas 6 (para descender) y 7 (para ascender).



Figura A.5 Teclado (5)

El valor de voltaje seleccionado es visualizado en la pantalla (2) respectiva con la leyenda: **Voltaje = 61.62 (v).**

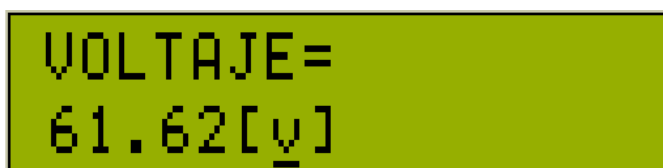


Figura A.6 Indicador LCD (2)

El sistema tiene retención de memoria, esto quiere decir, al apagar y luego volver a encenderlo, los valores quedan memorizados, en el último valor seteado de voltaje.

### A-4.3 APAGAR

Para apagar el sistema, basta con mover el interruptor (4) a la posición OFF, no es necesario desconectar el sistema de la fuente de alimentación, pero se recomienda hacerlo para ahorrar energía.

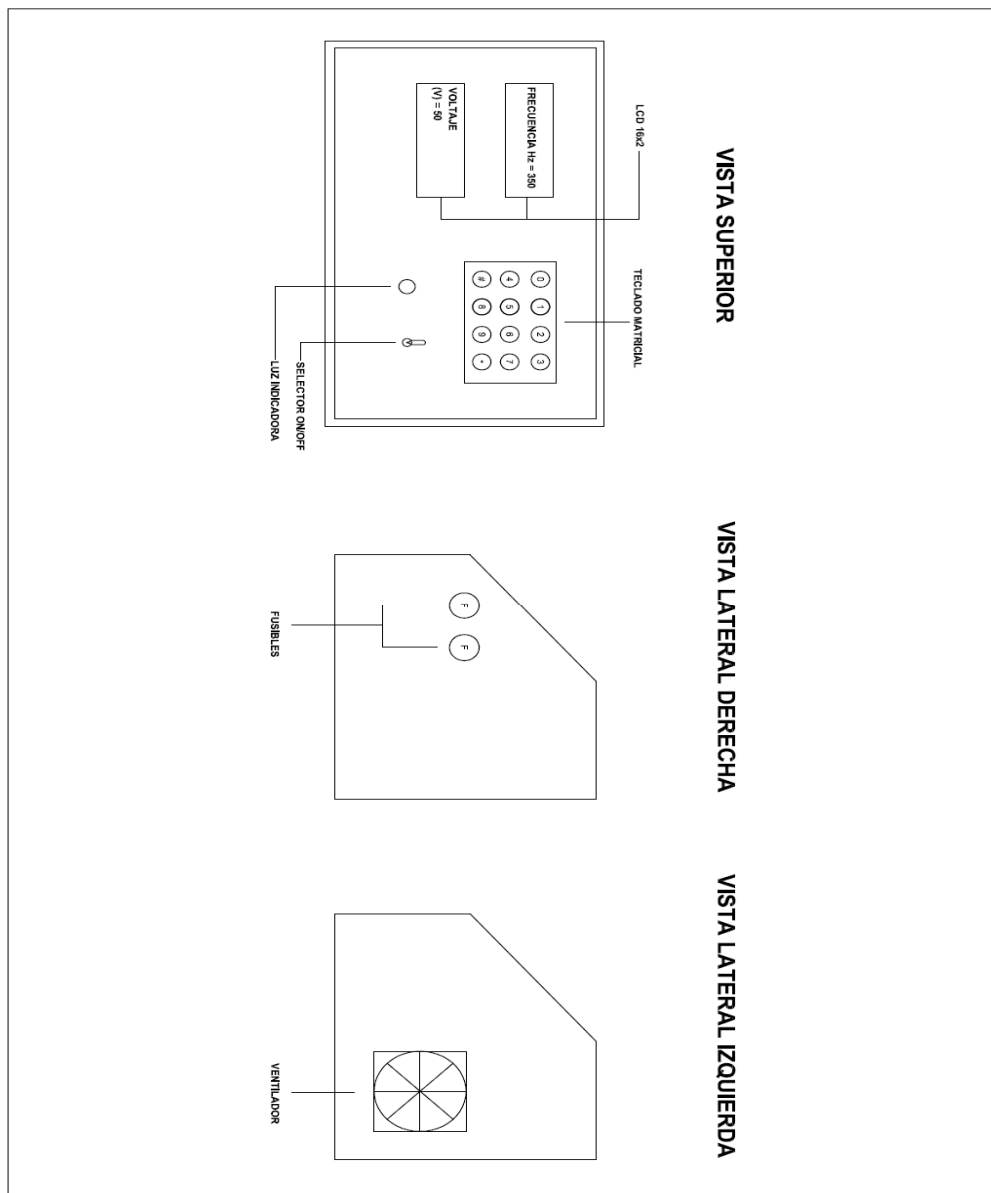


Figura A.7 Diagrama del sistema aturdidor

# ANEXO B

## SIMULACIONES Y PLACAS REALIZADAS

### B-1 SIMULACIONES

#### B-1.1 PWM A 30 KHz PARA CONVERTOR DC – DC

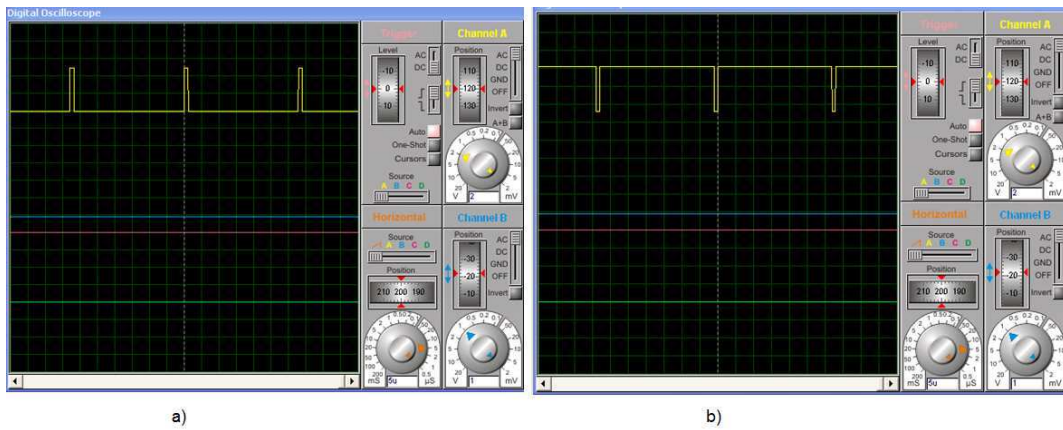


Figura B.1 a) PWM a 30 KHz con  $\delta=0.1$ , b) PWM a 30 KHz con  $\delta=0.9$

#### B-1.2 SALIDA INVERSOR DC – AC

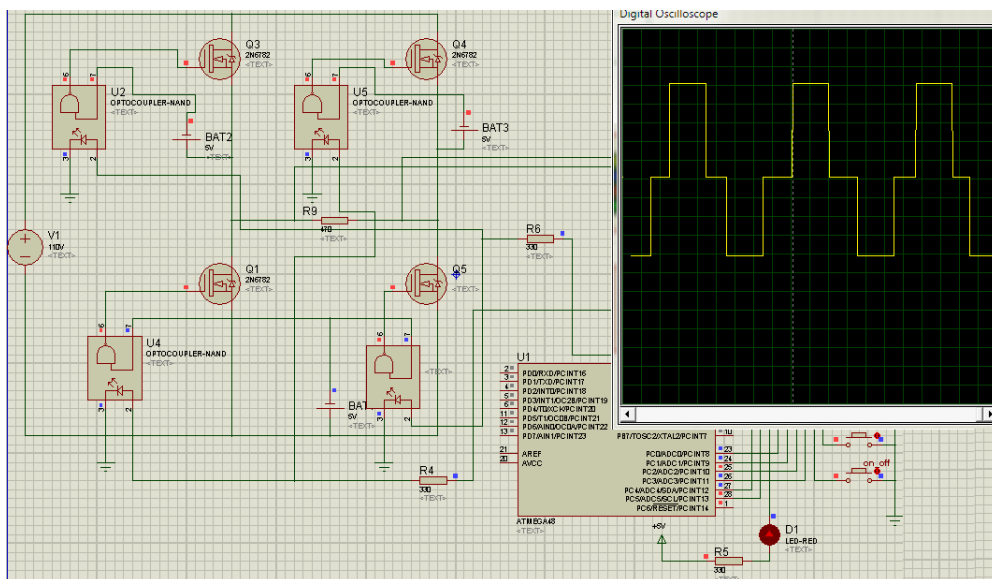


Figura B.2 Salida Inversor DC – AC

### B-1.3 VOLTÍMETRO DIGITAL

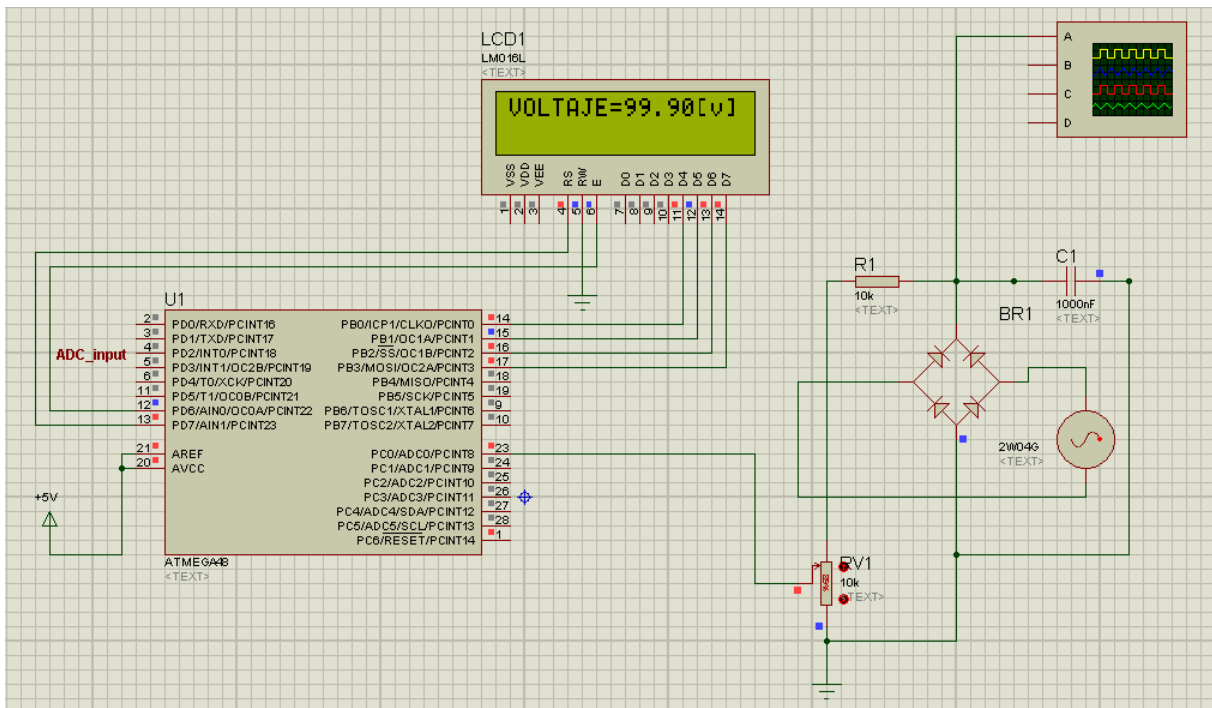


Figura B.3 Voltímetro digital

## B-2 ESQUEMÁTICO

### B-2.1 ESQUEMÁTICO CONVERTOR AC – DC - DC

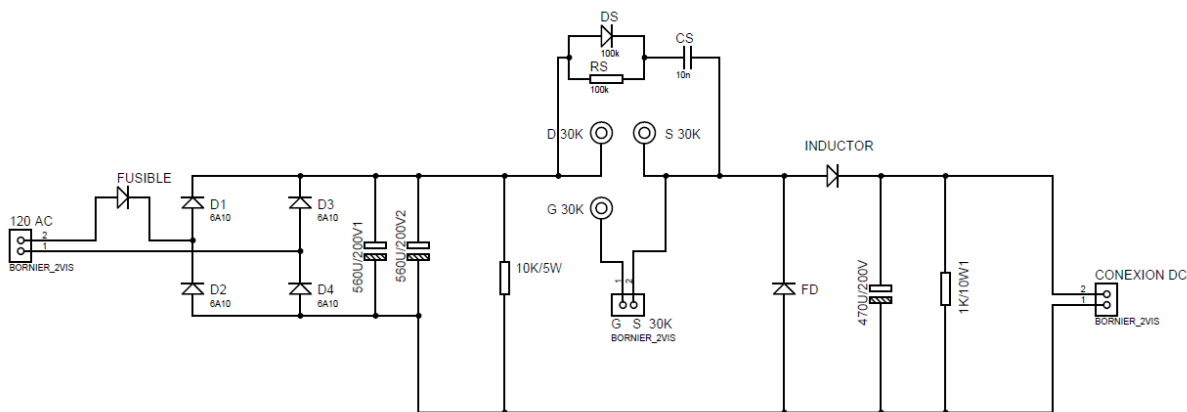


Figura B.4 Conversor AC – DC - DC



### B-2.2 ESQUEMÁTICO INVERSOR DC - AC

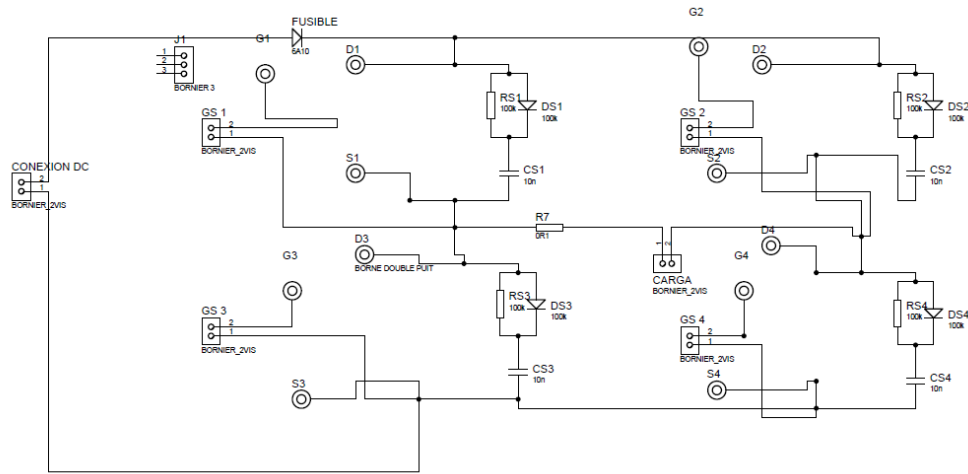


Figura B.5 Conversor AC – DC - DC

### B-2.3 ESQUEMÁTICO DEL CIRCUITO DE AISLAMIENTO

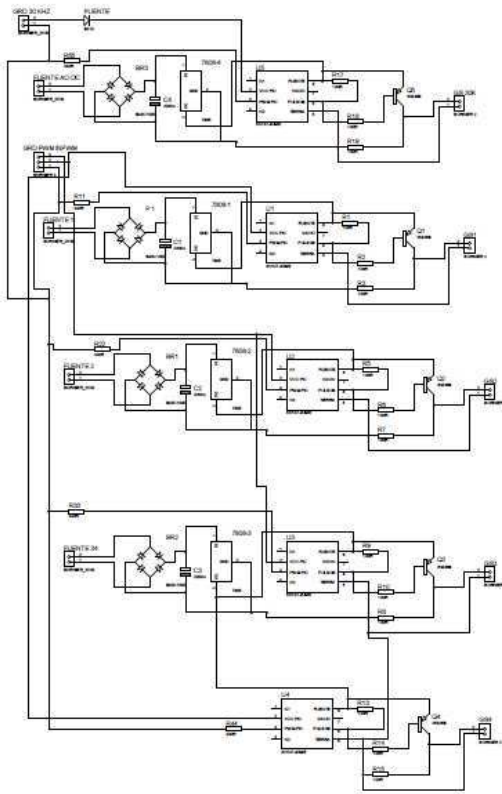


Figura B.6 Circuito de aislamiento

## B-2.4 ESQUEMÁTICO DEL CIRCUITO DE CONTROL

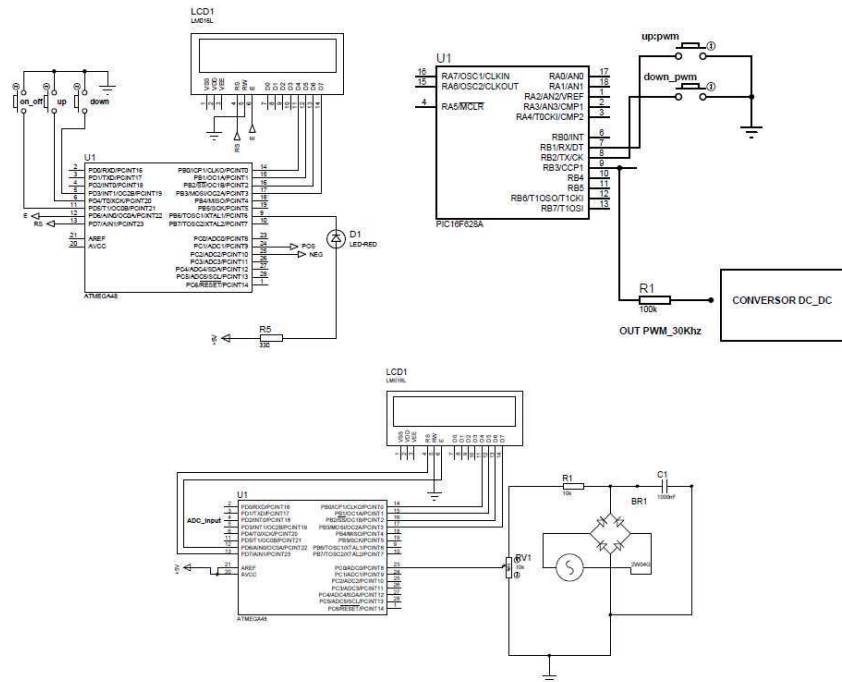


Figura B.7 Circuito de control

## B-3 CIRCUITOS IMPRESOS

### B-3.1 CONVERTOR AC – DC - DC

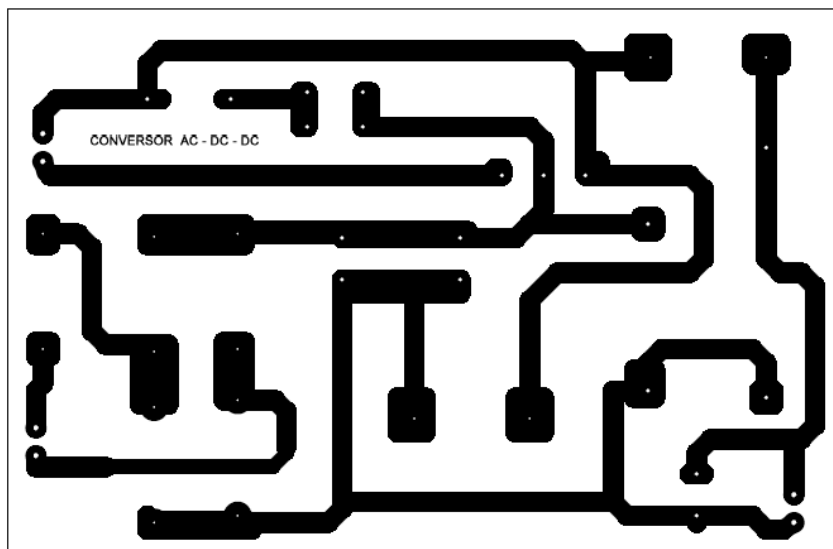


Figura B.8 Conversor AC – DC - DC

### B-3.2 INVERSOR DC - AC

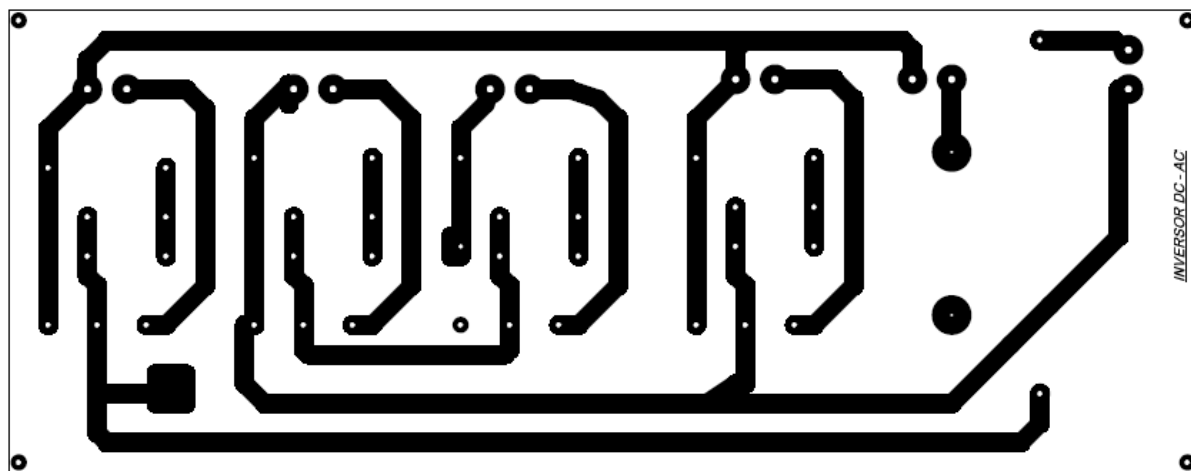


Figura B.9 Inversor DC - AC

### B-3.3 CIRCUITO DE AISLAMIENTO

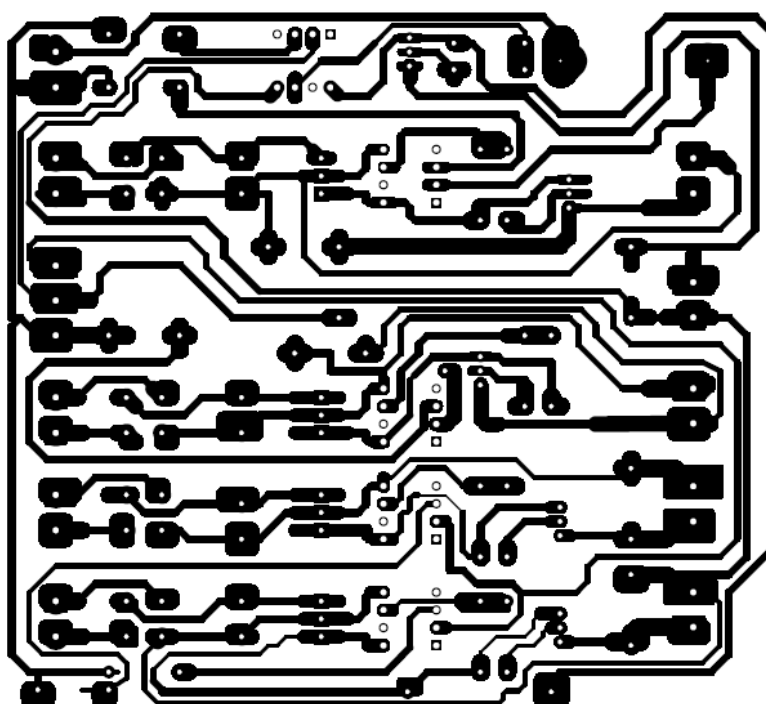


Figura B.10 Circuito de aislamiento

### B-3.4 CIRCUITO DE CONTROL

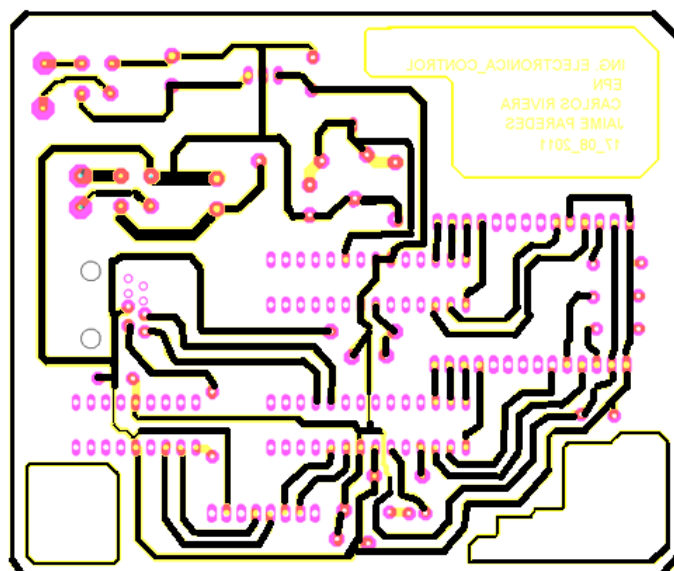


Figura B.11 Circuito de control

### B-4 PLANO DE POSICIÓN

#### B-4.1 CIRCUITOS DENTRO DE LA CAJA

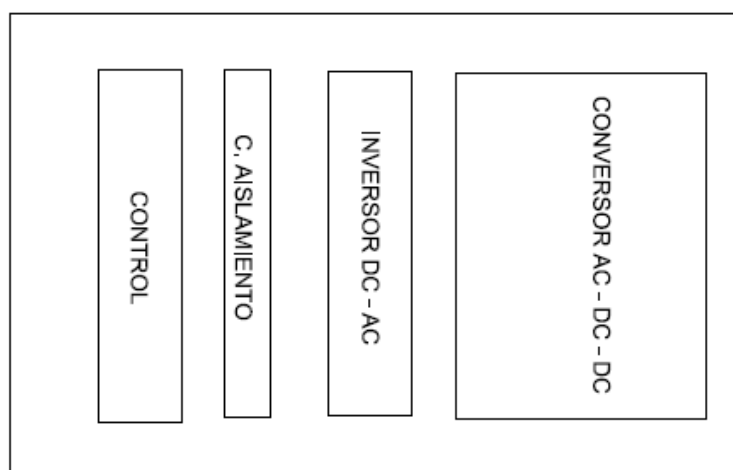


Figura B.12 Circuitos dentro de la caja

## B-4.2 SISTEMAS DENTRO DE LA EMPRESA

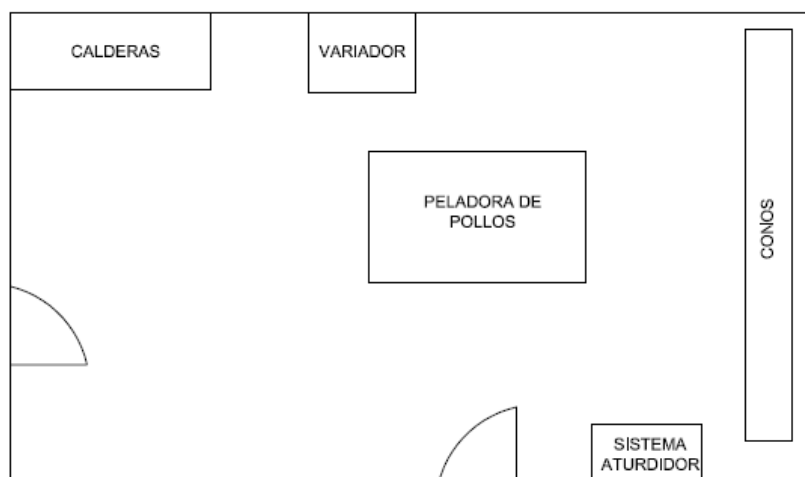


Figura B.13 Posición de los sistemas dentro de la empresa

## B-5 LISTA DE ELEMENTOS

Item	Descripción	Cantidad
1	IRF740	5
2	6N137	4
3	Variador de velocidad	1
4	Transformador	1
5	Motor 2HP / 3 fases	1
6	Fusibles 10A	3
7	LCD 16 x 2	2
8	Atmega48	1
9	Atmega8	1
10	Pic 16f628A	1
11	Resistencias varias	30
12	Capacitores varios	10
13	Baquelitas	4
14	Disipadores	6

Tabla B.14 Lista de elementos

## ANEXO C

### TABLAS

<b>NORMAS PARA EL NÚCLEO DE UN TRANSFORMADOR COMÚN</b>			
<b>Salida</b>	<b>Área Seleccionada En Pulgadas Cuadradas</b>		
<b>(VA)</b>	<b>25 Hz</b>	<b>50 Hz</b>	<b>60 Hz</b>
5	0.6	0.3	0.25
10	0.8	0.4	0.3
20	1.2	0.6	0.5
25	1.4	0.7	0.6
50	2.5	1.25	1.0
75	3.5	1.75	1.5
100	4.2	2.1	1.8
125	4.6	2.3	2.18
150	5.0	2.5	2.2
200	5.6	2.8	2.4
250	6.0	3.0	2.6
300	6.6	3.3	2.8
400	7.0	3.5	3.0
500	7.6	3.8	3.4
750	8.8	4.4	4.0
Lámina de acero al silicio			

Tabla C.1 Normas para el Núcleo

<b>TABLA DEL ALAMBRE</b>		
<b>Número</b>	<b>Área seccional en mils circulares</b>	<b>Vueltas por pulgada cuadrada</b>
9	13090	72
10	10380	90
11	8230	112
12	6530	140
13	5178	177
14	4107	220
15	3257	276
16	2583	346
17	2048	428
18	1624	534
19	1288	665
20	1022	835
21	810	1042
22	642	1310
23	509	1600
24	404	1980
25	320	2470
26	254	3090
27	202	3870

28	160	4830
29	126.7	5920
30	100.5	7430
Las vueltas por pulgada cuadrada han sido calculadas de cada diámetro, expresado en mils, y son bastantes exactas para calcular el tamaño de las bobinas terminadas.		

Tabla C.2 Tabla del Alambre.



## ANEXO D

## DATASHEET

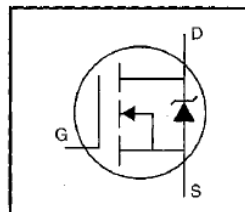
**International**  
**IR Rectifier**

PD-9.375H

IRF740

HEXFET® Power MOSFET

- Dynamic dv/dt Rating
- Repetitive Avalanche Rated
- Fast Switching
- Ease of Paralleling
- Simple Drive Requirements



$$V_{DSS} = 400V$$

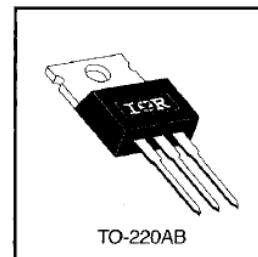
$$R_{DS(on)} = 0.55\Omega$$

$$I_D = 10A$$

**Description**

Third Generation HEXFETs from International Rectifier provide the designer with the best combination of fast switching, ruggedized device design, low on-resistance and cost-effectiveness.

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

**Absolute Maximum Ratings**


	Parameter	Max.	Units
$I_D @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10 V$	10	A
$I_D @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Drain Current, $V_{GS} @ 10 V$	6.3	
$I_{DM}$	Pulsed Drain Current ①	40	
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Power Dissipation	125	W
	Linear Derating Factor	1.0	W/°C
$V_{GS}$	Gate-to-Source Voltage	$\pm 20$	V
$E_{AS}$	Single Pulse Avalanche Energy ②	520	mJ
$I_{AR}$	Avalanche Current ①	10	A
$E_{AR}$	Repetitive Avalanche Energy ①	13	mJ
dv/dt	Peak Diode Recovery dv/dt ③	4.0	V/ns
$T_J$	Operating Junction and Storage Temperature Range	-55 to +150	°C
$T_{STG}$			
	Mounting Torque, 6-32 or M3 screw	10 lbf•in (1.1 N•m)	

**Thermal Resistance**

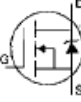
	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case	—	—	1.0	°C/W
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, Flat, Greased Surface	—	0.50	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient	—	—	62	

## IRF740

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

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
$V_{(BR)DSS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	400	—	—	V	$V_{GS}=0V, I_D=250\mu A$
$\Delta V_{(BR)DSS}/\Delta T_J$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.49	—	V/ $^\circ\text{C}$	Reference to $25^\circ\text{C}, I_D=1\text{mA}$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	0.55	$\Omega$	$V_{GS}=10V, I_D=6.0A$ ④
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	2.0	—	4.0	V	$V_{DS}=V_{GS}, I_D=250\mu A$
$g_{fs}$	Forward Transconductance	5.8	—	—	S	$V_{DS}=50V, I_D=6.0A$ ④
$I_{DSS}$	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25	$\mu A$	$V_{DS}=400V, V_{GS}=0V$
		—	—	250	$\mu A$	$V_{DS}=320V, V_{GS}=0V, T_J=125^\circ\text{C}$
$I_{GSS}$	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{GS}=20V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100	nA	$V_{GS}=-20V$
$Q_g$	Total Gate Charge	—	—	63	nC	$I_D=10A$
$Q_{gs}$	Gate-to-Source Charge	—	—	9.0	nC	$V_{DS}=320V$
$Q_{gd}$	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	32	nC	$V_{GS}=10V$ See Fig. 6 and 13 ④
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	14	—	ns	$V_{DD}=200V$ $I_D=10A$ $R_G=9.1\Omega$ $R_D=20\Omega$ See Figure 10 ④
$t_r$	Rise Time	—	27	—		
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	50	—		
$t_f$	Fall Time	—	24	—		
$L_D$	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	nH	Between lead, 6 mm (0.25in.) from package and center of die contact 
$L_S$	Internal Source Inductance	—	7.5	—		
$C_{iss}$	Input Capacitance	—	1400	—	pF	$V_{GS}=0V$ $V_{DS}=25V$ $f=1.0\text{MHz}$ See Figure 5
$C_{oss}$	Output Capacitance	—	330	—		
$C_{rss}$	Reverse Transfer Capacitance	—	120	—		

## Source-Drain Ratings and Characteristics

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Test Conditions
$I_S$	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	10	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode. 
$I_{SM}$	Pulsed Source Current (Body Diode) ①	—	—	40		
$V_{SD}$	Diode Forward Voltage	—	—	2.0	V	$T_J=25^\circ\text{C}, I_S=10A, V_{GS}=0V$ ④
$t_{rr}$	Reverse Recovery Time	—	370	790	ns	$T_J=25^\circ\text{C}, I_F=10A$
$Q_{rr}$	Reverse Recovery Charge	—	3.8	8.2	$\mu C$	$di/dt=100A/\mu s$ ④
$t_{on}$	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_S+L_D$ )				

## Notes:

- ① Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature (See Figure 11)
- ②  $V_{DD}=50V$ , starting  $T_J=25^\circ\text{C}$ ,  $L=9.1\text{mH}$ ,  $R_G=25\Omega$ ,  $I_{AS}=10A$  (See Figure 12)
- ③  $I_{SD}\leq 10A$ ,  $di/dt\leq 120A/\mu s$ ,  $V_{DD}\leq V_{(BR)DSS}$ ,  $T_J\leq 150^\circ\text{C}$
- ④ Pulse width  $\leq 300\mu s$ ; duty cycle  $\leq 2\%$ .



ELECTRONICS, INC.  
44 FARRAND STREET  
BLOOMFIELD, NJ 07003  
(973) 748-5089

## NTE3087 Optoisolator High Speed, Open Collector, NAND Gate Output

### Description:

The NTE3087 is an optoisolator which combines a GaAsP LED as the emitter and an integrated high gain multi-stage high speed photodetector. The output of the detector circuit is an open collector, Schottky clamped transistor capable of sinking 50mA. The open collector output provides capability for bussing, ORing and strobing. The NTE3087 is packaged in a plastic 8-pin mini-DIP.

### Features:

- LSTTL/TTL Compatible: 5V Supply
- Ultra High Speed
- Guaranteed Performance Over Temperature
- High Isolation Voltage: 2500V<sub>rms</sub>

### Absolute Maximum Ratings: (T<sub>A</sub> = 0°C to +70°C unless otherwise specified)

Input Forward Current (Note 2), I <sub>F</sub> .....	20mA
Pulse Forward Current (Note 3), I <sub>FP</sub> .....	40mA
Reverse Voltage, V <sub>R</sub> .....	5V
Output Current, I <sub>O</sub> .....	50mA
Output Voltage, V <sub>O</sub> .....	7V
Supply Voltage (1 minute max), V <sub>CC</sub> .....	7V
Enable Input Voltage (Not to Exceed V <sub>CC</sub> by More than 500mV), V <sub>EH</sub> .....	5.5V
Output Collector Power Dissipation, P <sub>O</sub> .....	85mW
Operating Temperature Range, T <sub>opr</sub> .....	0° to +70°C
Storage Temperature Range, T <sub>stg</sub> .....	-55° to +125°C
Isolation Voltage (Note 3), BV <sub>s</sub> .....	2500V <sub>rms</sub>

Note 1. Device considered a two-terminal device: Pin1, 2, 3, and 4 are shorted together, and Pin5, 6, 7, and 8 are shorted together.

Note 2. 50% Duty Cycle, 1ms Pulse Width.

Note 3. R.H. = 40 to 60%, AC/1min.

### Recommended Operating Conditions:

Parameter	Symbol	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Input Current, Low Level (Each Channel)	I <sub>FL</sub>		0	-	250	μA
Input Current, High Level (Each Channel)	I <sub>FH</sub>		6.3	-	15.0	mA
Enable Voltage, Low Level (Output High)	V <sub>EL</sub>		0	-	0.8	V
Enable Voltage, High Level	V <sub>EH</sub>		2.0	-	V <sub>CC</sub>	V
Operating Temperature	T <sub>A</sub>		0	-	70	°C
Fan Out (TTL Load)	N		-	-	8	

② V<sub>DD</sub>=50V, starting T<sub>J</sub>=25°C, L=9.1mH  
R<sub>G</sub>=25Ω, I<sub>AS</sub>=10A (See Figure 12)

④ Pulse width ≤ 300 μs; duty cycle ≤ 2%.

# PIC16F627A/628A/648A

## 1.0 GENERAL DESCRIPTION

The PIC16F627A/628A/648A are 18-Pin Flash-based members of the versatile PIC16CXX family of low cost, high performance, CMOS, fully-static, 8-bit microcontrollers.

All PICmicro® microcontrollers employ an advanced RISC architecture. The PIC16F627A/628A/648A have enhanced core features, eight-level deep stack, and multiple internal and external interrupt sources. The separate instruction and data buses of the Harvard architecture allow a 14-bit wide instruction word with the separate 8-bit wide data. The two-stage instruction pipeline allows all instructions to execute in a single-cycle, except for program branches (which require two cycles). A total of 35 instructions (reduced instruction set) are available, complemented by a large register set.

PIC16F627A/628A/648A microcontrollers typically achieve a 2:1 code compression and a 4:1 speed improvement over other 8-bit microcontrollers in their class.

PIC16F627A/628A/648A devices have integrated features to reduce external components, thus reducing system cost, enhancing system reliability and reducing power consumption.

The PIC16F627A/628A/648A has 8 oscillator configurations. The single-pin RC oscillator provides a low cost solution. The LP oscillator minimizes power consumption, XT is a standard crystal, and INTOSC is a self-contained precision two-speed internal oscillator. The

HS is for High-Speed crystals. The EC mode is for an external clock source.

The Sleep (Power-down) mode offers power savings. Users can wake-up the chip from Sleep through several external interrupts, internal interrupts and Resets.

A highly reliable Watchdog Timer with its own on-chip RC oscillator provides protection against software lock-up.

Table 1-1 shows the features of the PIC16F627A/628A/648A mid-range microcontroller families.

A simplified block diagram of the PIC16F627A/628A/648A is shown in Figure 3-1.

The PIC16F627A/628A/648A series fits in applications ranging from battery chargers to low power remote sensors. The Flash technology makes customizing application programs (detection levels, pulse generation, timers, etc.) extremely fast and convenient. The small footprint packages makes this microcontroller series ideal for all applications with space limitations. Low cost, low power, high performance, ease of use and I/O flexibility make the PIC16F627A/628A/648A very versatile.

### 1.1 Development Support

The PIC16F627A/628A/648A family is supported by a full-featured macro assembler, a software simulator, an in-circuit emulator, a low cost in-circuit debugger, a low cost development programmer and a full-featured programmer. A Third Party "C" compiler support tool is also available.

TABLE 1-1: PIC16F627A/628A/648A FAMILY OF DEVICES

		PIC16F627A	PIC16F628A	PIC16F648A	PIC16LF627A	PIC16LF628A	PIC16LF648A
<b>Clock</b>	Maximum Frequency of Operation (MHz)	20	20	20	4	4	4
	<b>Memory</b>						
	Flash Program Memory (words)	1024	2048	4096	1024	2048	4096
	RAM Data Memory (bytes)	224	224	256	224	224	256
	EEPROM Data Memory (bytes)	128	128	256	128	128	256
<b>Peripherals</b>	Timer module(s)	TMR0, TMR1, TMR2	TMR0, TMR1, TMR2	TMR0, TMR1, TMR2	TMR0, TMR1, TMR2	TMR0, TMR1, TMR2	TMR0, TMR1, TMR2
	Comparator(s)	2	2	2	2	2	2
	Capture/Compare/PWM modules	1	1	1	1	1	1
	Serial Communications	USART	USART	USART	USART	USART	USART
	Internal Voltage Reference	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<b>Features</b>	Interrupt Sources	10	10	10	10	10	10
	I/O Pins	16	16	16	16	16	16
	Voltage Range (Volts)	3.0-5.5	3.0-5.5	3.0-5.5	2.0-5.5	2.0-5.5	2.0-5.5
	Brown-out Reset	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
	Packages	18-pin DIP, SOIC, 20-pin SSOP, 28-pin QFN	18-pin DIP, SOIC, 20-pin SSOP, 28-pin QFN	18-pin DIP, SOIC, 20-pin SSOP, 28-pin QFN	18-pin DIP, SOIC, 20-pin SSOP, 28-pin QFN	18-pin DIP, SOIC, 20-pin SSOP, 28-pin QFN	18-pin DIP, SOIC, 20-pin SSOP, 28-pin QFN

All PICmicro® Family devices have Power-on Reset, selectable Watchdog Timer, selectable Code Protect and high I/O current capability.  
All PIC16F627A/628A/648A Family devices use serial programming with clock pin RB6 and data pin RB7.

# PIC16F627A/628A/648A

## 9.3 PWM Mode

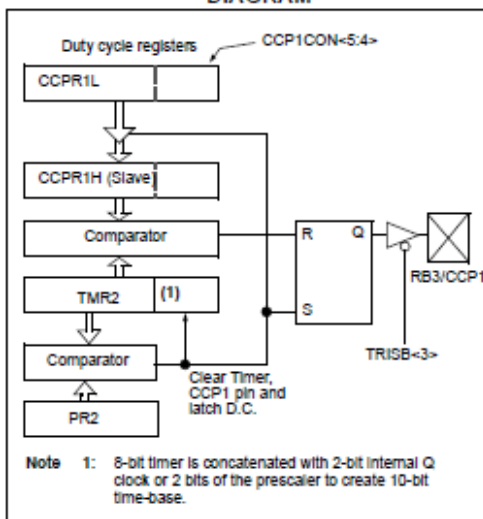
In Pulse Width Modulation (PWM) mode, the CCP1 pin produces up to a 10-bit resolution PWM output. Since the CCP1 pin is multiplexed with the PORTB data latch, the TRISB<3> bit must be cleared to make the CCP1 pin an output.

**Note:** Clearing the CCP1CON register will force the CCP1 PWM output latch to the default low level. This is not the PORTB I/O data latch.

Figure 9-3 shows a simplified block diagram of the CCP module in PWM mode.

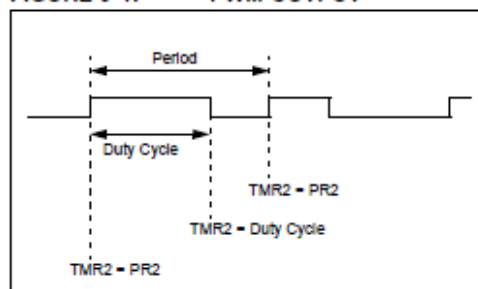
For a step by step procedure on how to set up the CCP module for PWM operation, see Section 9.3.3 "Set-Up for PWM Operation".

FIGURE 9-3: SIMPLIFIED PWM BLOCK DIAGRAM



A PWM output (Figure 9-4) has a time base (period) and a time that the output stays high (duty cycle). The frequency of the PWM is the inverse of the period (frequency = 1/period).

FIGURE 9-4: PWM OUTPUT



### 9.3.1 PWM PERIOD

The PWM period is specified by writing to the PR2 register. The PWM period can be calculated using the following formula:

$$\text{PWM period} = [(PR2) + 1] \cdot 4 \cdot T_{osc} \cdot \text{TMR2 prescale value}$$

PWM frequency is defined as  $1 / [\text{PWM period}]$ .

When TMR2 is equal to PR2, the following three events occur on the next increment cycle:

- TMR2 is cleared
- The CCP1 pin is set (exception: if PWM duty cycle = 0%, the CCP1 pin will not be set)
- The PWM duty cycle is latched from CCPR1L into CCPR1H

**Note:** The Timer2 postscaler (see Section 8.0) is not used in the determination of the PWM frequency. The postscaler could be used to have a servo update rate at a different frequency than the PWM output.

## PIC16F627A/628A/648A

### 13.0 DATA EEPROM MEMORY

The EEPROM data memory is readable and writable during normal operation (full VDD range). This memory is not directly mapped in the register file space. Instead it is indirectly addressed through the Special Function Registers (SFRs). There are four SFRs used to read and write this memory. These registers are:

- EECON1
- EECON2 (Not a physically implemented register)
- EEDATA
- EEADR

EEDATA holds the 8-bit data for read/write, and EEADR holds the address of the EEPROM location being accessed. PIC16F627A/628A devices have 128 bytes of data EEPROM with an address range from 0h to 7Fh. PIC16F648A device has 256 bytes of data EEPROM with an address range from 0h to FFh.

The EEPROM data memory allows byte read and write. A byte write automatically erases the location and writes the new data (erase before write). The EEPROM data memory is rated for high erase/write cycles. The write time is controlled by an on-chip timer. The write-time will vary with voltage and temperature as well as from chip to chip. Please refer to AC specifications for exact limits.

When the device is code protected, the CPU can continue to read and write the data EEPROM memory. A device programmer can no longer access this memory.

Additional information on the data EEPROM is available in the *PICmicro® Mid-Range Reference Manual* (DS33023).

#### REGISTER 13-1: EEDATA REGISTER (ADDRESS: 9Ah)

R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
EEDAT7	EEDAT6	EEDAT5	EEDAT4	EEDAT3	EEDAT2	EEDAT1	EEDAT0
							bit 0

bit 7-0 **EEDATn**: Byte value to write to or read from Data EEPROM memory location.

#### Legend:

R = Readable bit      W = Writable bit      U = Unimplemented bit, read as '0'  
 -n = Value at POR      '1' = Bit is set      '0' = Bit is cleared      x = Bit is unknown

#### REGISTER 13-2: EEADR REGISTER (ADDRESS: 9Bh)

R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x	R/W-x
EADR7	EADR6	EADR5	EADR4	EADR3	EADR2	EADR1	EADR0
							bit 0

bit 7 **PIC16F627A/628A - Unimplemented Address: Must be set to '0'**  
**PIC16F648A - EEADR**: Set to '1' specifies top 128 locations (128-256) of EEPROM Read/Write Operation

bit 6-0 **EEADR**: Specifies one of 128 locations of EEPROM Read/Write Operation

#### Legend:

R = Readable bit      W = Writable bit      U = Unimplemented bit, read as '0'  
 -n = Value at POR      '1' = Bit is set      '0' = Bit is cleared      x = Bit is unknown

## ATmega48/88/168

### ATmega88

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12 <sup>(3)</sup>	1.8 - 5.5	ATmega88V-12AI ATmega88V-12PI ATmega88V-12MI ATmega88V-12AJ <sup>(2)</sup> ATmega88V-12PJ <sup>(2)</sup> ATmega88V-12MJ <sup>(2)</sup>	32A 28P3 32M1-A 32A 28P3 32M1-A	Industrial (-40°C to 85°C)
24 <sup>(3)</sup>	2.7 - 5.5	ATmega88-24AI ATmega88-24PI ATmega88-24MI ATmega88-24AJ <sup>(2)</sup> ATmega88-24PJ <sup>(2)</sup> ATmega88-24MJ <sup>(2)</sup>	32A 28P3 32M1-A 32A 28P3 32M1-A	Industrial (-40°C to 85°C)

- Note:
1. This device can also be supplied in wafer form. Please contact your local Atmel sales office for detailed ordering information and minimum quantities.
  2. Pb-free packaging alternative
  3. See Figure 131 on page 293 and Figure 132 on page 293.

Package Type	
32A	32-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Quad Flat Package (TQFP)
28P3	28-lead, 0.300" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
32M1-A	32-pad, 5 x 5 x 1.0 body, Lead Pitch 0.50 mm Micro Lead Frame Package (MLF)





## Errata ATmega48

### Rev A

The revision letter in this section refers to the revision of the ATmega48 device.

- Wrong values read after Erase Only operation
- Watchdog Timer Interrupt disabled
- Start-up time with Crystal Oscillator is higher than expected
- High Power Consumption in Power-down with External Clock
- Asynchronous Oscillator does not stop in Power-down

#### 1. Wrong values read after Erase Only operation

At supply voltages below 2.7 V, an EEPROM location that is erased by the Erase Only operation may read as programmed (0x00).

##### Problem Fix/Workaround

If it is necessary to read an EEPROM location after Erase Only, use an Atomic Write operation with 0xFF as data in order to erase a location. In any case, the Write Only operation can be used as intended. Thus no special considerations are needed as long as the erased location is not read before it is programmed.

#### 2. Watchdog Timer Interrupt disabled

If the watchdog timer interrupt flag is not cleared before a new timeout occurs, the watchdog will be disabled, and the interrupt flag will automatically be cleared. This is only applicable in interrupt only mode. If the Watchdog is configured to reset the device in the watchdog time-out following an interrupt, the device works correctly.

##### Problem fix / Workaround

Make sure there is enough time to always service the first timeout event before a new watchdog timeout occurs. This is done by selecting a long enough time-out period.

#### 3. Start-up time with Crystal Oscillator is higher than expected

The clock counting part of the start-up time is about 2 times higher than expected for all start-up periods when running on an external Crystal. This applies only when waking up by reset. Wake-up from power down is not affected. For most settings, the clock counting parts is a small fraction of the overall start-up time, and thus, the problem can be ignored. The exception is when using a very low frequency crystal like for instance a 32 kHz clock crystal.

##### Problem fix / Workaround

No known workaround.

#### 4. High Power Consumption in Power-down with External Clock

The power consumption in power down with an active external clock is about 10 times higher than when using internal RC or external oscillators.

##### Problem fix / Workaround

Stop the external clock when the device is in power down.

#### 5. Asynchronous Oscillator does not stop in Power-down

The Asynchronous oscillator does not stop when entering power down mode. This leads to higher power consumption than expected.

##### Problem fix / Workaround

Manually disable the asynchronous timer before entering power down.



## SIEMENS G110

Edición 11/04

2 Instalación eléctrica

## 2 Instalación eléctrica

### 2.1 Datos técnicos

1 AC 200 - 240 V ± 10 %, 47 - 63 Hz

Referencia 6SL3211-	0AB 0KB	11-2xy0*	12-5xy0*	13xy0*	15xy0*	17xy0*	21-1xy0*	21-5xy0*	22-2xy0*	23-0xy0*
Tamaño constructivo		A					B		C	
Potencia nominal	kW hp	0,12 0,16	0,25 0,33	0,37 0,5	0,55 0,75	0,75 1,0	1,1 1,5	1,5 2,0	2,2 3,0	3,0 4,0
Corriente de salida (temp. ambiente ad.)	A	0,9 (50 °C)	1,7 (50 °C)	2,3 (50 °C)	3,2 (50 °C)	3,9 (40 °C)	6,0 (50 °C)	7,8 (40 °C)	11,0 (50 °C)	13,6 (40 °C)
Corriente de entrada (230 V)	A	2,3	4,5	6,2	7,7	10,0	14,7	19,7	27,2	32,0
Fusible recomendado	A 3NA	10 3803	10 3803	10 3803	10 3803	16 3805	20 3807	25 3810	35 3814	50 3820
Cable de entrada	mm <sup>2</sup> AWG	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,5 - 2,5 14 - 12	2,5 - 6,0 12 - 10	2,5 - 6,0 12 - 10	4,0 - 10 11 - 8	6,0 - 10 10 - 8
Cable de salida	mm <sup>2</sup> AWG	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,0 - 2,5 16 - 12	1,5 - 6,0 14 - 10	1,5 - 6,0 14 - 10	2,5 - 10 12 - 8	2,5 - 10 12 - 8
Para de apriete conexiones de potencia	Nm (lbf.in)	0,96 (8.50)					1,50 (13.30)		2,25 (19.91)	

\*→La última cifra de la referencia depende de cambios en el software y hardware

x = A/B → Con filtro integrado  
x = U → Sin filtro

y = A → Variante analógica  
y = B → Variante USS

### 2.2 Conexiones de red y del motor

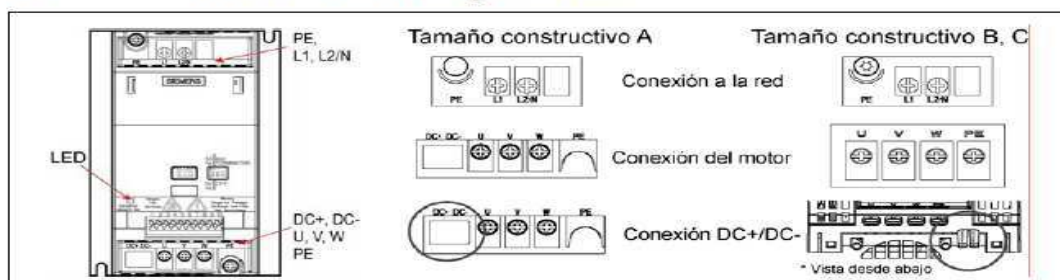


Figura 2-1 Bornes de red y del motor

### 2.3 Bornes

Borne	Significado	Funciones	
1	DOUT-	Salida digital (-)	
2	DOUT+	Salida digital (+)	
3	DIN0	Entrada digital 0	
4	DIN1	Entrada digital 1	
5	DIN2	Entrada digital 2	
6	-	Salida +24 V / máx. 50 mA	
7	-	Salida 0 V	
Variante		Analógica	USS
8	-	Salida +10 V	RS485 P+
9	ADC1	Entrada analógica	RS485 N-
10	-	Salida 0 V	

### 2.4 Esquema de bloques

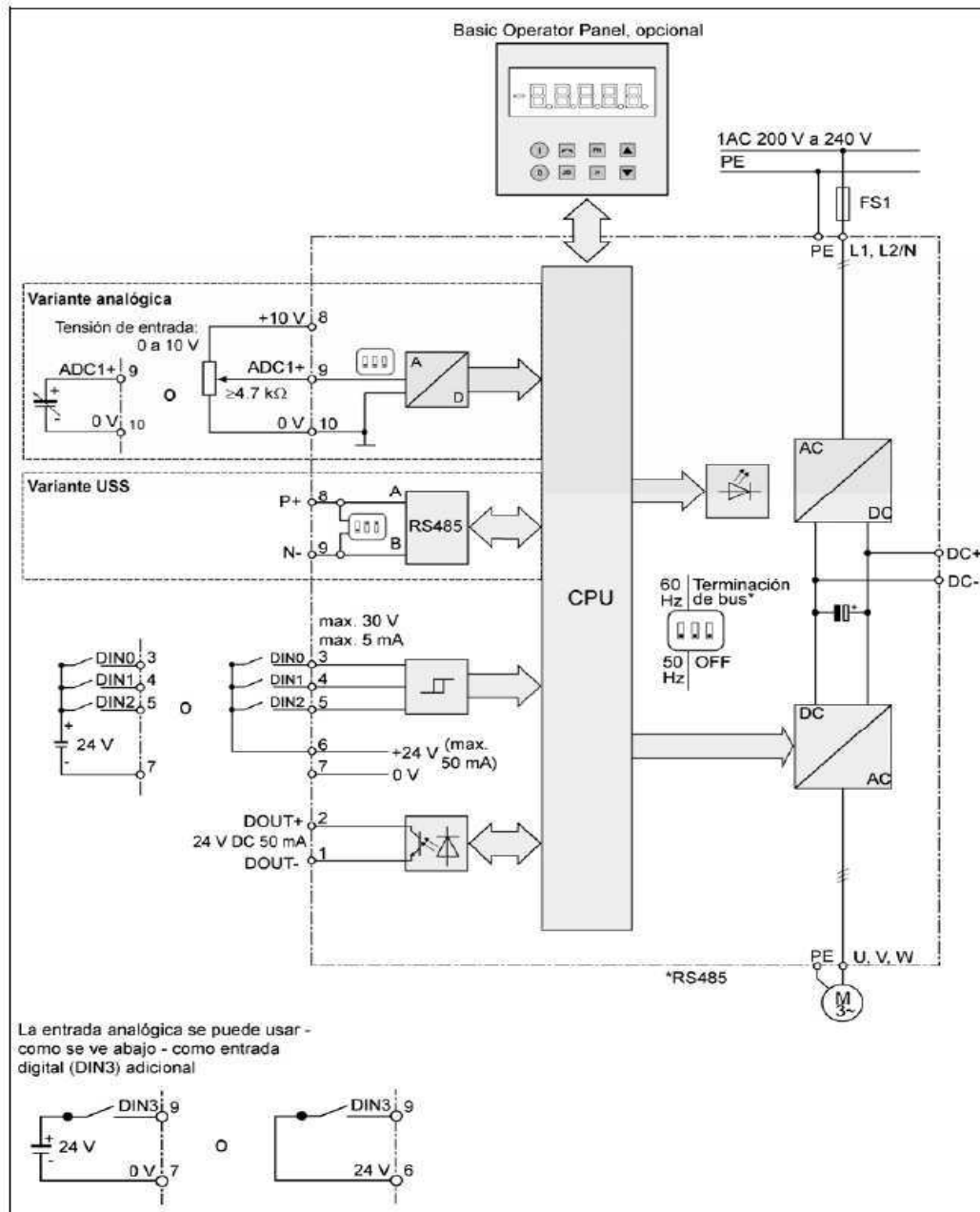


Figura 2-2 Esquema de bloques del convertidor

### 3 Ajuste de fábrica

El convertidor SINAMICS G110 sale de fábrica ajustado para poder funcionar sin necesidad de parametrizaciones adicionales. Los parámetros (P0304, P0305, P0307, P0310) se han ajustado para un motor de Siemens de 4 polos 1LA7 y hay que cotejarlos con los datos asignados del motor a conectar (véase la placa de características).

#### Otros ajuste de fábrica

Fuente de órdenes	P0700 véase sección 3.1/3.2
Fuente de consignas	P1000 véase sección 3.1/3.2
Refrigeración del motor	P0335 = 0 (Autoventilado)
Factor sobrecarga motor	P0640 = 150%
Frecuencia mínima	P1080 = 0 Hz
Frecuencia máx.	P1082 = 50 Hz
Tiempo de aceleración	P1120 = 10 s
Tiempo de deceleración	P1121 = 10 s
Modo de control	P1300 = 0 (V/f con caracterist. Lineal)

#### 3.1 Ajustes de fábrica específicos para la variante analógica

Entrada / Salida	Bornes	Parámetro	Ajuste por defecto
Fuente de órdenes	3, 4, 5	P0700 = 2	Entrada digital
Fuente de consignas	9	P1000 = 2	Entrada analógica
Entrada digital 0	3	P0701 = 1	ON / OFF1 (I/O)
Entrada digital 1	4	P0702 = 12	Inversión (↕)
Entrada digital 2	5	P0703 = 9	Acuse de fallo (Ack)
Tipos de control via bornes	-	P0727 = 0	Control Siemens estándar

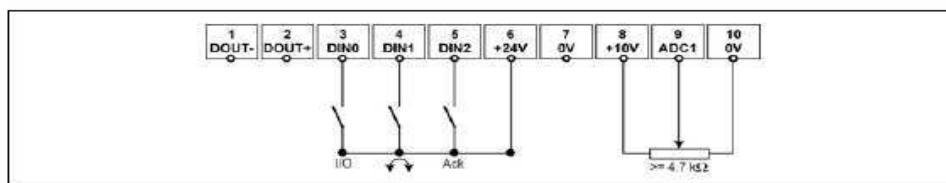


Figura 3-1 Conexiones de la variante analógica

### 4.3.4 Control 3-hilos (P0727=3)

#### Aspectos generales

Para esta función son tres las señales correspondientes:

1. OFF1/HOLD – al abrir el contacto correspondiente a esta señal se produce una orden OFF1 y el accionamiento desacelera hasta 0 HZ (contacto normalmente cerrado).
2. ON\_PULSE – pone el accionamiento en marcha en sentido de giro horario.
3. REV – ocasiona la inversión del sentido de giro (en sentido antihorario).

#### Función

La descripción a continuación se refiere a la Figura 4-5 (abajo).

La señal OFF1/HOLD opera con lógica negativa: el contacto tiene que permanecer cerrado para poder poner el motor en marcha.

Un flanco positivo (cierre breve del contacto) de la señal ON\_PULSE pone el accionamiento en marcha.

El sentido de giro se puede determinar y cambiar vía señal REV (inversión).

Abrir o cerrar el contacto de la señal ON\_PULSE mientras el accionamiento está en funcionamiento no tiene ningún efecto.

Solo al activar la señal OFF1/HOLD se para el accionamiento.

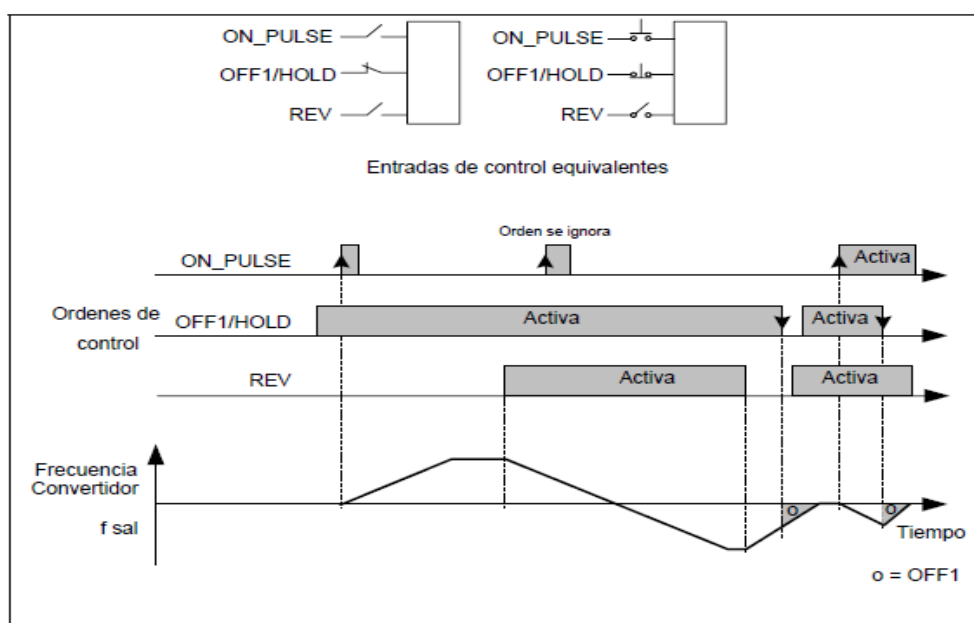


Figura 4-5 Control 3-hilos vía ON\_PULSE, OFF1/HOLD y REV

## 4.4 Funciones: OFF y frenado