



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**Sede Santo Domingo**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA E INDUSTRIAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA Y AUTOMATIZACIÓN**

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

**INGENIERO ELECTROMECAÁNICO, MENCIÓN EN AUTOMATIZACIÓN**

**INDUSTRIAL**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PROTOTIPO  
MICROCONTROLADO PARA CONTROL DE PARÁMETROS DE GRUPO  
ELECTRÓGENO FG WILSON MODELO P400E5 Y TRANSFERENCIA  
AUTOMÁTICA CON PANTALLA LCD.**

**Estudiante:**

Fabián Eduardo Maldonado Cabezas

**Director de Trabajo de titulación:**

Ing. Nilo Ortega

Santo Domingo – Ecuador

Mayo, 2016

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PROTOTIPO  
MICROCONTROLADO PARA CONTROL DE PARÁMETROS DE GRUPO  
ELECTRÓGENO FG WILSON MODELO P400E5 Y TRANSFERENCIA  
AUTOMÁTICA CON PANTALLA LCD.**

Ing. Nilo Ortega

**DIRECTOR DE TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

---

**APROBADO**

Ing. Daniel Anzules

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Arturo Falconi

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Ing. Edwin Grijalva

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

Santo Domingo .... de mayo de 2016.

**Autor: MALDONADO CABEZAS FABIAN EDUARDO**

**Institución: UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL**

**Título de Trabajo de titulación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PROTOTIPO MICROCONTROLADO PARA CONTROL DE PARÁMETROS DE GRUPO ELECTRÓGENO FG WILSON MODELO P400E5 Y TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA CON PANTALLA LCD.**

**Fecha: Mayo, 2016**

El contenido del presente trabajo, está bajo la responsabilidad del autor, y no ha sido plagiado.



---

**Fabián Eduardo Maldonado Cabezas**

**CI: 1720618659**

Santo Domingo, 4 de mayo del 2016

Ing. Daniel Anzules

**COORDINADOR DE FACULTAD  
CIENCIAS DE LA INGENIERIA E INDUSTRIAS**

Presente.

De mis consideraciones.-

Mediante la presente tengo a bien informar que el trabajo escrito de titulación realizado por el señor: **FABIÁN EDUARDO MALDONADO CABEZAS**, cuyo título es: “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PROTOTIPO MICROCONTROLADO PARA CONTROL DE PARÁMETROS DE GRUPO ELECTRÓGENO FG WILSON MODELO P400E5 Y TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA CON PANTALLA LCD.**”, ha sido elaborado bajo mi supervisión y revisado en todas sus partes, el mismo que no ha sido plagiado, por lo cual autorizo su respectiva presentación.

Particular que informo para fines pertinentes.

Atentamente.



Ing. Nilo Ortega Soliz.  
**DIRECTOR DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

## **DEDICATORIA**

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando apunto de flaquear me he encontrado, por ello con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

De igual forma, dedico este logro a mi madre que ha sido mi fortaleza en todo momento, brindándome su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos e invitándome a no decaer en cada paso que he dado para lograr alcanzar esta meta importante.

A mi esposa que ha estado junto a mí dándome alientos para seguir adelante, así mismo dedico este logro con mucho amor a mi hijo Andrew por llenar mi vida de alegría diariamente y por ser mi mayor fortaleza para seguir creciendo profesional y personalmente.

*Maldonado Cabeza Fabián Eduardo*

## **AGRADECIMIENTO**

*“La gratitud es la memoria del corazón”*

Agradezco principalmente a Dios por darme vida, salud, fortaleza y por permitirme dar este paso importantísimo en mi vida y lo más importante por permitir que diariamente este alado de mis seres queridos.

A mi madre, por su cariño, comprensión, apoyo incondicional y sobre todo por su ejemplo de lucha y honestidad. Gracias por guiarme por este camino de la educación.

A mis profesores, gracias por su paciencia, tiempo y apoyo, así como por sus conocimientos dictados a lo largo de mis estudios profesionales.

A la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE), por permitirme llegar a esta instancia, ya que fue el medio de estudio para cumplir esta meta trazada y logran un gran avance en mi crecimiento profesional.

Por ustedes y para ustedes.

*Maldonado Cabezas Fabián Eduardo*

**FORMULARIO DE REGISTRO BIBLIOGRÁFICO****PROYECTO DE TITULACIÓN**

<b>DATOS DE CONTACTO</b>	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	<b>1720618659</b>
<b>Apellido y nombres:</b>	<b>Maldonado cabezas Fabián Eduardo</b>
<b>DIRECCIÓN:</b>	<b>Ciudadela liberación popular</b>
<b>EMAIL:</b>	<b>fabian.2.0@hotmail.com</b>
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	<b>022757110</b>
<b>TELÉFONO MOVIL:</b>	<b>0988508838</b>

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	<b>Diseño y construcción de un sistema prototipo microcontrolado para control de parámetros de grupo electrógeno FG WILSON modelo P400E5 y transferencia automática con pantalla lcd.</b>
<b>AUTOR O AUTORES:</b>	<b>Maldonado cabezas Fabián Eduardo</b>
<b>FECHA DE ENTREGA DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:</b>	<b>Mayo del 2016</b>
<b>DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:</b>	<b>Ing. Nilo Ortega</b>
<b>PROGRAMA</b>	<b>PREGRADO <input checked="" type="checkbox"/> POSGRADO <input type="checkbox"/></b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	<b>Ingeniero Electromecánico, mención en Automatización Industrial</b>
<b>RESUMEN:</b>	<b>El presente proyecto de investigación tiene como finalidad buscar una nueva alternativa para la industria en temas de transferencia automática y control de parámetros de grupo electrógeno, además</b>

	<p>de reducir costos en la implementación de este tipo de aplicaciones en la industria, basando este estudio en la utilización de microcontroladores.</p> <p>En este proyecto se utilizó un método experimental puesto que en el medio local la utilización de microcontroladores no es común en grandes aplicaciones como lo es una transferencia automática de energía eléctrica.</p> <p>La utilización de microcontroladores en cualquier aplicación conlleva a la obligación de crear circuitos acondicionadores de señal para su correcto uso, por ello se dio la necesidad de buscar una alternativa para este problema mediante la utilización de Arduino, este dispositivo es una placa electrónica basada en la utilización de un microcontrolador, la cual se compone de circuitos acondicionadores de señal por ello hace fácil utilización de los microcontroladores.</p> <p>Esta investigación da como resultado una nueva alternativa económica, confiable y sobre todo comprobada, para el control de parámetros de grupo electrógeno y transferencia automática de energía eléctrica.</p>
<b>PALABRAS CLAVES:</b>	Microcontroladores, Grupo electrógeno, Transferencia automática.



**ABSTRACT:**

This research project aims to find a new alternative for the industry in the areas of automatic transfer and control parameter of generator set in addition to reducing costs in implementing such applications in industry, basing this study on the use of microcontrollers.

In this project was used an experimental method since in the local environment using microcontrollers is not common in large applications as it is an automatic transfer of electric power.

The use of microcontrollers in any application entails the obligation to create signal conditioning circuits for proper use, so it was necessary to find an alternative to this problem by using Arduino, this device is an electronic board based on the use of a microcontroller, which is composed of signal conditioning circuits therefore makes use of the microcontroller easy.

This research results in a different economic, reliable alternative and above all proven to control backup generator

	parameters and automatic transfer of electrical energy.
<b>KEYWORDS</b>	Microcontrollers, Generator set, Automatic Transfer.

Se autoriza la publicación de este Proyecto de Titulación en el Repositorio Digital de la Institución.



**MALDONADO CABEZAS FABIÁN EDUARDO**

**CI: 1720618659**

**DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN**

Yo, **MALDONADO CABEZAS FABIÁN EDUARDO**, con cédula de identidad número **1720618659** autor del proyecto titulado: **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA PROTOTIPO MICROCONTROLADO PARA CONTROL DE PARÁMETROS DE GRUPO ELECTRÓGENO FG WILSON MODELO P400E5 Y TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA CON PANTALLA LCD**, previo a la obtención del título de Ingeniero Electromecánico, mención en automatización Industrial, en la Universidad Tecnológica Equinoccial.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las Instituciones de Educación Superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Autorizo a la BIBLIOTECA de la Universidad Tecnológica Equinoccial a tener una copia del referido trabajo de graduación con el propósito de generar un Repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Santo Domingo 06 de mayo del 2016



**MALDONADO CABEZAS FABIÁN EDUARDO**

**CI: 1720618659**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

TEMA	PAG.
Portada.....	i
Sustentación y Aprobación de los Integrantes del Tribunal.....	ii
Responsabilidad del Autor.....	iii
Aprobación del Director de Tesis.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Formulario de registro bibliográfico de proyecto de titulación.....	vii
Declaración de autorización.....	xi
Índice.....	xii

### CAPITULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1.	Planteamiento del problema .....	1
1.2.	Justificación .....	2
1.3.	Objetivos de la investigación.....	2
1.3.1.	Objetivo general.....	2
1.3.2.	Objetivos específicos .....	2
1.4.	Hipótesis .....	3
1.5.	Alcance .....	3

## **CAPITULO II**

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

2.1.	Antecedentes .....	5
2.2.	Sistemas de generación de energía eléctrica. ....	6
2.2.1.	Sistemas de generación hidráulicos .....	7
2.2.1.1.	Partes principales de una central hidroeléctrica. ....	7
2.2.2.	Sistemas de generación eólicos.....	10
2.2.2.1.	Partes de un sistema de generación eólica. ....	10
2.2.3.	Sistemas de generación térmicos. ....	13
2.2.3.1.	Partes principales de un sistema de generación térmico. ....	13
2.2.3.2.	Tipos de centrales térmicas .....	16
2.3.	Sistemas de generación de energía de emergencia .....	18
2.3.1.	Generadores eléctricos .....	18
2.3.2.	Sistemas fotovoltaicos solares .....	19
2.3.2.1.	Tipos de Sistemas Fotovoltaicos solares.....	20
2.3.3.	Celdas de combustible .....	23
2.4.	Suministro eléctrico de emergencia .....	24
2.5.	Sistemas de transferencia de energía eléctrica. ....	25
2.5.1.	Condiciones de diseño para una correcta implementación. ....	27
2.5.2.	Tipos de transferencia de energía eléctrica .....	28
2.5.2.1.	Sistema de transferencia manual.....	28
2.5.2.2.	Sistema de transferencia automática de energía eléctrica. ....	41

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**

3.1.	Selección de equipos y dispositivos del sistema.....	60
3.1.1.	Dispositivos de control y supervisión. ....	60
3.1.2.	Dispositivos indicadores y de maniobra. ....	61

3.1.3.	Equipos principales.....	62
3.1.4.	Selección del Tablero de conexionado .....	68
3.2.	Diseño conceptual.....	69
3.2.1.	Señal de pérdida de energía normal.....	70
3.2.2.	Entradas del sistema .....	70
3.2.3.	Salidas del sistema.....	71
3.3.	Diseño del <i>hardware</i> (diagrama de bloques).....	72
3.4.	Diseño y construcción de circuitería del sistema.....	73
3.4.1.	Construcción del Circuito regulador de voltaje. ....	73
3.4.2.	Circuitos acondicionadores de señal de entradas analógicas.....	74
3.4.2.1.	Circuito acondicionador de señal (sensor de temperatura).....	74
3.4.2.2.	Circuito acondicionador de señal (sensor de presión de aceite). ....	76
3.4.3.	Diseño y construcción de circuitería de entradas y salidas del sistema.....	78
3.4.3.1.	Circuitería de entradas (digitales y analógicas). ....	78
3.4.3.2.	Circuitería de salidas .....	80
3.5.	Diseño del sistema de transferencia automática. ....	81
3.6.	Descripción general del programa desarrollado. ....	82
3.7.	Acoplamiento de equipos y dispositivos del sistema. ....	83

## CAPÍTULO IV

### PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

4.1.	Prueba de medición y calibración de sensores .....	85
4.1.1.	Sensor de temperatura.....	85
4.1.2.	Sensor de presión .....	88
4.1.3.	Calibración de sensor de velocidad del motor .....	91
4.1.4.	Calculo de frecuencia .....	92
4.2.	Prueba del sistema de alarmas .....	92
4.3.	Verificación de secuencia del programa (transferencia automática).....	96

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones .....	97
5.2.	Recomendaciones .....	98
	Bibliografía.....	99
	Anexos.....	102

### INDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Distribución y Generación de energía eléctrica. ....	6
Figura 2:	Elementos principales de una central hidroeléctrica.....	7
Figura 3:	Aspecto físico de la forma de generación de energía eólica .....	10
Figura 4:	Elementos principales de una central térmica convencionales.....	16
Figura 5:	Elementos principales de una central térmica de ciclo combinado .....	17
Figura 6:	Elementos principales de una central térmica nuclear.....	17
Figura 7:	Principio de generación de un generador eléctrico .....	19
Figura 8:	Constitución de un sistema fotovoltaico solar autónomo .....	20
Figura 9:	Principales dispositivos de un sistema.....	22
Figura 10:	Elementos de un sistema de celdas de combustible.....	23
Figura 11:	Diagrama unifilar básico de suministro de energía de emergencia .....	25
Figura 12:	Etapas de proceso de una transferencia de energía eléctrica .....	26
Figura 13:	Diagrama unifilar de un arreglo básico de un sistema de transferencia eléctrico para grupos electrógenos. ....	27
Figura 14:	Grupo electrógeno FG WILSON P400E5 .....	29
Figura 15:	Apariencia física del motor.....	30
Figura 16:	Conexionado de Baterías de grupo electrógeno.....	31
Figura 17:	Apariencia física del motor de arranque. ....	31
Figura 18:	Aspecto físico de alternador.....	32
Figura 19:	Apariencia física de bancada de grupo electrógeno.....	32
Figura 20:	Pantalla wizard 1.0.....	33

Figura 21: sensor pick up. ....	34
Figura 22: Características del sensor por efecto hall .....	35
Figura 23: Curva característica de sensor de presión de aceite.....	37
Figura 24: Curva característica de sensor de temperatura. ....	38
Figura 25 : Estructura externa de tablero de distribución principal. ....	39
Figura 27: Diagrama de breakers principales con bloqueo mecánico.....	40
Figura 28: diagrama unifilar del arreglo básico de control del módulo de transferencia automática.....	42
Figura 29: Diagrama unifilar de un tablero de transferencia automática.....	45
Figura 30: Relés de control industrial .....	46
Figura 31: Supervisor de fases .....	47
Figura 32: Selector tres posiciones. ....	47
Figura 33: Apariencia física de un selector .....	47
Figura 34: Botera paro- marcha .....	48
Figura 35: Breakers de conmutación de transferencia de energía eléctrica. ....	48
Figura 36: contactores principales con restricción mecánica.....	49
Figura 37: Arquitectura Von Neumann.....	54
Figura 38: Arquitectura Harvard.....	54
Figura 39: Dispositivos de indicadores y de maniobra del sistema. ....	61
Figura 40: Apariencia física de ARDUINO MEGA .....	65
Figura 41: Tablero utilizado en el sistema. ....	68
Figura 42: Circuito regulador de voltaje. ....	73
Figura 43: Apariencia física de circuito regulador de voltaje.....	74
Figura 44: Circuito acondicionador de sensor de temperatura.....	75
Figura 45: Circuito acondicionador de sensor de Presión.....	77
Figura 46: Distribución de pines de la tarjeta. ....	78
Figura 47: Circuitería de entradas digitales y analógicas.....	79
Figura 48: Conexión de salidas a relé y SHIFT LCD .....	80
Figura 50: Gráfica de tendencia para calibración de sensor de temperatura.....	86
Figura 51: Curva de tendencia para calibración.....	89
Figura 52: Visualización de falla en el sistema.....	93



## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tabla característica de sensor de presión de aceite .....	37
Tabla 2: Clases de placas oficiales de ARDUINO .....	57
Tabla 3: Clases de placas no oficiales de ARDUINO .....	58
Tabla 4: Descripción de las Señales del Sistema.....	64
Tabla 5: Ficha técnica de ARDUINO MEGA 2560.....	66
Tabla 6: Valores netos del sistema vs Valores de temperatura reales. ....	86
Tabla 7: Lectura de temperatura del sistema vs Valores de temperatura reales.....	88
Tabla 8: Tabla de valores reales de presión vs valores netos del sistema. ....	89
Tabla 9: tabla de valores reales vs valores netos sometidos a variación de resistencia. ....	90
Tabla 10: tabla de valores de velocidades reales vs medidos (sometidos a una variación de frecuencia). ....	91

## DIAGRAMAS Y ANEXOS

Diagrama 1: Diseño conceptual.....	68
Diagrama 2: Diagrama de bloques .....	72
ANEXO 1: Programación de la placa Arduino en lenguaje cc++.....	103
ANEXO 2: Fotografías del proceso de conexión del tablero.....	110
ANEXO 3: Planos eléctricos y mecánicos .....	114

# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

### 1.1. Planteamiento del problema

En anteriores tiempos no existía este tipo de transferencia de energía, se lo realizaba manualmente utilizando la mano humana, por ello los tiempos de transferencia de energía eran considerables y existían pérdidas relacionadas a la mala práctica o al retraso que existía para la reposición de energía en una planta industrial luego de un corte en el suministro de energía pública.

En la actualidad los sistemas de control de transferencia de energía en el área comercial para monitoreo de parámetros de grupo electrógeno y transferencia automática son muy costosos siendo un valor considerable en un proyecto. Por esto es necesario buscar alternativas de control a través de microcontroladores para dar soluciones económicas en estas áreas en relación con otros sistemas de transferencia automática de una manera sencilla y fácil de implementar.

Sin duda alguna con esta propuesta innovadora se quiere demostrar la diferencia de costos que existe y al mismo tiempo proporcionará confiabilidad como cualquier sistema de transferencia automática comercial o aquellos que están constituidos por PLCs.

Una de las labores más importantes del ingeniero electromecánico en el área de diseño de sistemas eléctricos industriales es la elección de los dispositivos que mejor satisfaga las necesidades del proyecto con el mínimo presupuesto.

Para resolver aplicaciones sencillas se precisan pocos recursos, en cambio, las aplicaciones grandes requieren de numerosos y potentes. Siguiendo esta filosofía los *microchips* construyen diversos modelos de microcontroladores orientados a cubrir de forma óptima las necesidades de cada proyecto.

## **1.2. Justificación**

La aplicación de las tecnologías actuales para resolver los diferentes problemas en la industria en base al criterio técnico y económico, permiten desarrollar este tema, aplicando la tecnología de microcontroladores, para reducir costos y solventar requerimientos industriales en cuanto a temas de transferencia automática y monitoreo de parámetros de energía generada.

Para llevar a cabo un sistema de transferencia automática de energía eléctrica y control de parámetros de grupo electrógeno mediante sistemas prediseñados se requiere de un gasto importante en una industria, por ello es necesario buscar una nueva alternativa para solucionar este inconveniente.

Mediante la aplicación de microcontroladores se pretende reducir gastos en la industria relacionados a este tipo de implementaciones, puesto que el costo para la adquisición de los mismos es mucho menor en relación con otros controladores programables.

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Diseñar un sistema prototipo microcontrolado para control de parámetros de funcionamiento de grupo electrógeno FG WILSON MODELO P400E5 y transferencia automática de energía con visualización de parámetros a través de un *display*.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Analizar los parámetros para supervisión y control tanto de un grupo electrógeno como del sistema de transferencia automática.

- Diseñar el módulo de control de arranque de un grupo electrógeno y supervisión de parámetros operativos como, presión de aceite, temperatura de agua y velocidad.
- Diseñar el módulo de control de transferencia automática a través de salidas de relés.
- Integrar los módulos con microcontroladores diseñando el algoritmo de control para el funcionamiento del sistema incluyendo un *display* para visualización de parámetros.
- Calibrar las señales de los parámetros de temperatura, presión y velocidad obtenidas en el sistema.
- Realizar pruebas de funcionamiento del sistema de transferencia automática y control de parámetros de grupo electrógeno.

#### **1.4. Hipótesis**

¿Con el diseño y construcción de un sistema prototipo microcontrolado para control de parámetros de funcionamiento y transferencia automática de grupo electrógeno se contribuirá en la industria con una nueva alternativa económica y segura para realizar este tipo de implementaciones?

#### **1.5. Alcance**

- En este proyecto se diseñará un sistema prototipo de control de parámetros tales como temperatura, presión y velocidad del motor para grupo electrógeno modelo FG WILSON P400E5 utilizando una placa Arduino de la cual se hablará más adelante, la misma que está constituida por un microcontrolador ADMEGA 2560.
- Se seleccionará los sensores compatibles con este tipo de generador para medición de dichos parámetros.

- Se diseñará circuitos de acondicionamiento para cada uno de estos sensores, los cuales proporcionarán una señal que permita su procesamiento en la placa Arduino.
- El sistema generará una alarma (visual, mensaje en pantalla LCD) de fallos del sistema en relación a la detección de parámetros que se encuentren fuera del rango determinado por el fabricante para este tipo de generador, así como existirá un mensaje en la pantalla LCD cuando ocurra una falla o pérdida en cualquiera de las líneas de alimentación de energía normal (energía de red).
- Se diseñará un sistema prototipo de transferencia automática de energía eléctrica entre dos fuentes, energía de red normal y energía de grupo electrógeno, teniendo en cuenta los tiempos de actuación necesarios de cada uno de los dispositivos que intervienen, para su correcto funcionamiento.

## **CAPITULO II**

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

#### **2.1. Antecedentes**

Desde hace un tiempo atrás se ha maximizado el interés por el estudio de los temas referentes a la confiabilidad que puede proporcionar el sistema de abastecimiento eléctrico de la red normal en plantas industriales y la necesidad de tener como comodín un abastecedor de energía de emergencia, estos dos temas conllevan al interés por el estudio de un tercer tema, la transferencia automática de energía normal a energía de emergencia y viceversa.

Si se da una falla en la alimentación o abastecimiento de energía normal lo más óptimo para los intereses de la industria es tener un abastecedor de energía emergente, pero la transición de energía normal a energía emergente, es necesario hacerlo de manera segura y rápida, lo cual se logra realizándolo automáticamente, de esa manera la industria se favorece ya que se optimiza tiempo y recursos, ya sea humano o material, puesto que no existe una interrupción de energía prolongada.

Un sistema de transferencia automática de energía se instala para garantizar que no haya largas interrupciones en las labores diarias de la industria pero además es necesario que este sistema sea confiable, puesto que la energía se la utiliza para el funcionamiento de diferentes máquinas y equipos de las cuales depende la productividad y la economía de la empresa.

Es importante que una industria cuente con dos alimentadores de energía eléctrica, una correspondiente a la compañía suministradora o alimentador preferente y otra fuente emergente que lo componen los grupos electrógenos para garantizar el suministro de energía eléctrica a la industria interrumpidamente, algunas industrias cuentan con una fuente de energía suministrada por la red, y dos fuentes alternas como son los grupos electrógenos y dependiendo de la carga utilizada al no contar con la energía de la red, estos trabajan coordinadamente.

## 2.2. Sistemas de generación de energía eléctrica.

La generación eléctrica se basa en la transformación de ciertas energías (Cinética, térmica, química, solar, etc.) en energía eléctrica. En el medio para el suministro eléctrico industrial se opta por la energía producida en las centrales eléctricas las cuales aplican una de las transformaciones anotadas anteriormente, en otros países industriales desarrollados se utiliza en una gran proporción la energía nuclear, eólica y térmica, las mismas que en nuestro país no están como prioridad en cuanto a generación de energía se trata.

A continuación muestra un autor en la figura 1 las formas de generación de energía antes mencionadas.



Figura 1: Distribución y Generación de energía eléctrica.

Fuente: Piñeros, 2003, p.1

Para la generación de energía eléctrica se logra mediante un generador, y si bien estos no se diferencian entre sí en la forma de funcionamiento, fluctúan en la manera en que se los acciona.

## 2.2.1. Sistemas de generación hidráulicos

Un autor sostuvo que “El agua es un elemento esencial en el sector energético” (Sanz, 2008, p.14), el agua es la mayor fuente de producción de energía en cuanto fuentes renovables se trata, al ser utilizada como fuente de energía no quiere decir que se desecha, al contrario, luego de su uso se la puede utilizar en riego, en industrias o en usos sanitarios.

La forma de producirse es mediante una turbinas gigantes las cuales están sometidas a una masa de agua que tiene como propósito hacer girar estas turbinas produciendo la energía cinética, mediante transformadores de energía se regula la cantidad de voltaje enviado hacia la estaciones, se requiere que este voltaje sea muy elevado para que no exista muchas pérdidas del mismo.

### 2.2.1.1. Partes principales de una central hidroeléctrica.

A continuación la figura 2 muestra los principales elementos de una central hidroeléctrica.

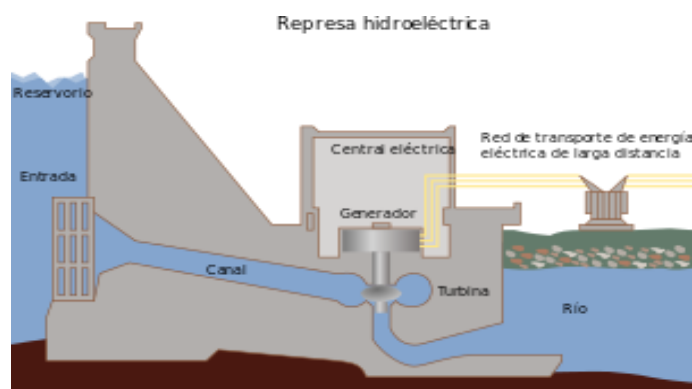


Figura 2: Elementos principales de una central hidroeléctrica.  
Fuente: Sanz, 2008, p.14

- **El agua:** Es el principal recurso natural utilizado para generación de electricidad, generalmente en centrales eléctricas es utilizada el agua de ríos para generar electricidad.
- **Un reservorio o embalse de agua:** Es el encargado de almacenar el agua proveniente de un río para su uso en la central.



- **La represa:** Está diseñada para almacenar todo el flujo de agua que contiene el reservorio para evitar que esta siga su curso y aprovecharla mediante su uso, contiene compuertas que permiten el paso del agua.
- **La turbina:** La turbina gira mediante la energía cinética del agua que fluye, esta turbina está compuesta por un eje el mismo que va conectado al generador de energía.
- **El conducto:** Conecta el reservorio con la turbina y está diseñado en forma inclinada. Aprovechando la gravedad, el agua fluye por el conducto hacia el rotor turbina.
- **El generador:** Está conectado con el eje de la turbina y mediante un motor acoplado realiza el trabajo de generación.
- **Líneas de tensión:** Encargadas de transportar la energía producida en el generador hacia las estaciones de distribución.

### **Ventajas:**

- Una de las ventajas es que esta forma de producir energía no es contaminante para el ecosistema, puesto que el medio es el agua y se la puede reutilizar, porque en el proceso de producción de la electricidad no se alteran las propiedades del agua.
- El agua es controlable, es la mayor ventaja de esta forma de energía renovable para producir electricidad frente a otras del mismo tipo, ya que según los requerimientos de demanda se realiza la variación de dosificación del agua, lo contrario de la energía solar y la eólica.
- Existe una ventaja económica puesto que no es necesario el uso de combustibles fósiles como el carbón, gasolina o el gas natural.

- La vida útil de las plantas hidráulicas tienden a ser mayor a otras plantas, por lo que corresponde menos gasto en la implementación de nuevas centrales.

### **Desventajas:**

- Al colocar una central hidráulica existes muchos desalojos de viviendas aledañas a la ubicación próxima a esta.
- Al aumentar el volumen de agua para crear las represas se está exponiendo a dañar el suelo, puesto que existe una erosión en el lugar que va a estar ubicada esta represa.
- En épocas de sequía la producción de energía eléctrica en estas centrales es baja ya que no existe mayor fluido del agua en los ríos.

### **Costos:**

Al no utilizar combustible este tipo de producción de energía tiene un costo relativamente bajo, esto conlleva a no estar expuestos a la variación o incremento del valor del combustible y que su uso no represente un costo considerable en la producción de electricidad. A continuación se describe generalmente los costos para producir la energía hidroeléctrica.

- La inversión inicial.
- La operación y mantenimiento (O&M).
- Los costos de desmantelamiento.
- El factor de planta.
- La vida económica útil de la inversión.
- El costo del financiamiento del proyecto (tasa de descuento).

El costo de la energía está relacionado con la demanda de consumo de esta, si existe una mayor demanda el valor por unidad de energía se hace relativamente más grande.

## 2.2.2. Sistemas de generación eólicos

Esta energía se obtiene del viento, su funcionamiento se basa en la energía cinética producida por medio de las corrientes y vibraciones del aire.

En la antigüedad el medio para la obtención de esta energía eran los molinos de viento, hoy en día se utilizan los aerogeneradores para este fin, cabe recalcar que es idónea la ubicación de estos dispositivos en sitios donde se produzcan frecuentemente vientos como por ejemplo en zonas costeras, en alturas como montañas etc. Un autor sostuvo que “Lo cierto es que la energía eólica es la fuente de energía que más se está desarrollando en el mundo”. (Ramos, 2004, p.109).

### 2.2.2.1. Partes de un sistema de generación eólica.

Los principales elementos que constituyen estos sistemas se muestran en la siguiente figura:

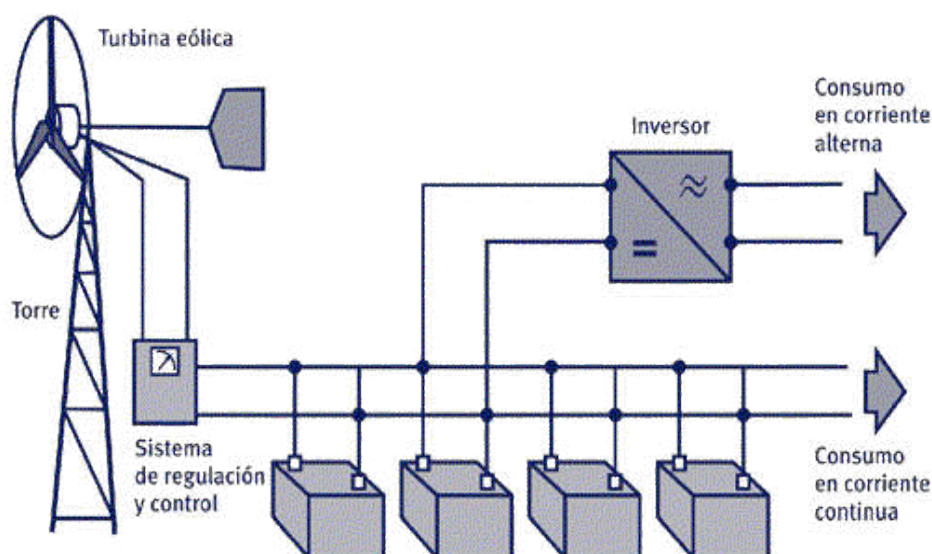


Figura 3: Aspecto físico de la forma de generación de energía eólica  
Fuente: Moreno. C, 2007, p.1

- **Turbina eólica o aerogenerador:** Está compuesta por los elementos localizados encima de la torre, es la base fundamental de este sistema ya que mediante la rotación de la turbina y un arreglo interno del aerogenerador se produce electricidad.
- **Rectificador de corriente alterna/ Continua:** Es necesario este elemento en caso de que el aerogenerador no lo tenga incorporado en su interior, sirve para convertir de corriente alterna a continua.
- **Sistema de regulación y de control:** Este sistema tiene como propósito acoplar el aerogenerador, las baterías y las cargas existentes, son arreglos eléctricos para cumplir con el objetivo de generación eléctrica.
- **Interruptor con un fusible eléctrico:** Es un dispositivo de seguridad encargado de desconectar la turbina y el control de la carga de baterías que puede o no ser parte de la composición del sistema de control.
- **Banco de baterías:** Debe ser capaz de suministrar la energía suficiente a la carga conectada.
- **Inversor de corriente directa en alterna:** Sirve para convertir energía continua en alterna, esto es necesario para proporcionar energía a las cargas las cuales trabajan con corriente alterna, la acumulación de energía se la realiza en las baterías pero dicho almacenamiento la realiza en corriente continua por ello es necesario convertirla para su uso.
- **Torre soportante:** Es una estructura diseñada con el fin de sostener todos los elementos que conforman el aerogenerador.

**Ventajas:**

- El beneficio más importante de esta forma de generación de energía es el de ser una de las más seguras y menos contaminantes.
- Tiene un impacto menos dañino para el suelo, su entorno no está expuesto a la erosión ni es contaminante para los seres vivos que habitan cerca de este sistema.
- En esta forma de generación no se necesita agua para llevarla a cabo, por lo que este recurso de la naturaleza se mantiene inalterado, esto quiere decir que no es contaminado.

**Desventajas:**

- Su funcionamiento depende de las condiciones climáticas, esto relaciona al uso aleatorio de esta energía puesto que las condiciones climáticas varían dependiendo del tiempo.
- El viento proporciona una densidad muy baja por ello para generar energía de esta manera es necesario la utilización de grandes espacios de tierra para su montaje.
- Una de las desventajas más importantes es que la demanda máxima de consumo es en la mañana, lo cual es contrario a la máxima generación que puede producir en este tipo de generación lo cual es en la noche.

**Costos:**

Para cálculos de costo por unidad de energía producida es necesario tener en cuenta varios factores que suman gastos como son:

- La energía total que se producirá, esto se mide anualmente.
- La vida útil de la instalación, tiene una vida útil de aproximadamente 20 años.
- El costo financiero.

- Costo de operación y mantenimiento, este costo tiene un porcentaje equivalente al 1 a 3% de la inversión inicial.

### **2.2.3. Sistemas de generación térmicos.**

Esta energía es producida por las centrales térmicas, las cuales tienen como característica principal la transformación de energía térmica en mecánica y a su vez mediante la rotación de una turbina produce electricidad por la ley de Faraday.

La energía mecánica que necesitan las turbinas para su movimiento es proveniente de la energía térmica contenida en el vapor de agua a presión, el mismo que se forma del calentamiento del agua en una gran caldera. Los combustibles utilizados para producir vapor pueden ser de petróleo (fuel), de gas natural o de carbón.

El proceso generalmente es el siguiente: se utiliza uno de los combustibles apuntados anteriormente para calentar el agua. Luego, el vapor de agua producido se bombea a alta presión para que alcance una temperatura de 600 °C. A continuación, entra en una turbina a través de un sistema de tuberías, hace girar la turbina y produce energía mecánica, la cual se transforma en energía eléctrica por medio de un generador que está acoplado a la turbina.

#### **2.2.3.1. Partes principales de un sistema de generación térmico.**

- **Turbogenerador:** Está diseñado para transformar la energía mecánica en energía eléctrica, está acoplado a las turbinas, las mismas que por su rotación hacen que se produzca energía mecánica lo cual requiere el turbo generador para empezar su trabajo.
- **Generador de vapor:** También llamada caldera, tiene la función de producir vapor por medio del calentamiento del agua, su trabajo o funcionamiento depende de uno de los combustibles citados anteriormente.

- **Torre de enfriamiento:** Son dispositivos de enfriamiento artificial de agua, también llamados como intercambiadores de calor entre un circuito cerrado de agua y aire atmosféricos.
- **Bombas:** Utilizadas para suministrar los líquidos necesarios para la producción de vapor, entre esos tenemos al combustible, agua para la caldera, aceite para lubricación de equipos de caldera.
- **Sistema de calentamiento de agua:** Para mejor rendimiento de la caldera es necesario que el agua entre a altas temperaturas, por ello existe un sistema para lograr el calentamiento de agua lo cual se lo realiza por medio del mismo vapor producido en dicha caldera.
- **Tanques:** Tienen diferentes usos entre los cuales están: el almacenamiento de condensado, servicio diario de aceite, lubricación de equipos, almacenamiento de agua evaporada, almacenamiento de combustible, etc.
- **Compresores de aire:** El aire comprimido en estos tipos de sistemas es utilizado más en instrumentos, control de estos sopladores de las calderas.
- **Tuberías y aislamientos:** Es el medio para transportar agua, aire, vapor, combustibles, en si todos los fluidos que requiere una caldera para su funcionamiento.

#### **Ventajas:**

- Tiene mucho poder para producir energía.
- El valor por unidad de la energía es relativamente rentable.
- Las cenizas producidas durante la combustión pueden usarse en la construcción.

**Desventajas:**

- La combustión que es producida por los gases, provocan contaminación en la atmósfera.
- Para llevar a cabo la refrigeración se requiere la utilización de agua, misma que luego de ese proceso queda contaminada y es imposible su uso.
- Cuando se realiza la limpieza de la central quedan muchos residuos contaminantes.
- Se utiliza combustibles fósiles, los cuales no son renovables.

**Costos:**

Estos tipos de sistemas presentan un alto costo de inversión, pero para su operación es lo contrario ya que su costo es relativamente bajo, los costos presentes generalmente en estos sistemas son:

- **Costo de inversión:** Intervienen los costos de: exploración, perforación y construcción de la planta.
- **Costo de operación:** Intervienen los costos fijos y variables relacionados a la producción de electricidad entre ellos están: costos de operación del personal, equipos de operación y manejo de la planta.
- **Costo de Mantenimiento:** Toda máquina o equipo necesita un mantenimiento rutinario, eso lleva a generar un costo por mano de obra, materiales y equipos utilizados en este mantenimiento.
- **Costos nivelados de generación:** Se toma en cuenta todos los costos de inversión entre los cuales están los de operación y mano de obra, todo lo que influye para generación de electricidad, el combustible, mantenimiento, recursos utilizados, etc.



### 2.2.3.2. Tipos de centrales térmicas

Existen 3 tipos de centrales térmicas, las cuales se explican a continuación.

**Centrales térmicas convencionales:** Las centrales térmicas convierten la energía química proveniente de los combustibles fósiles en energía eléctrica. Al realizarse este fenómeno se produce combustión la misma que genera vapor de agua a altas temperaturas, esta energía cinética tiene como objetivo mover las turbinas las cuales están acopladas a un alternador para poder generar electricidad. La figura 4 muestra los principales componentes de este tipo de centrales.

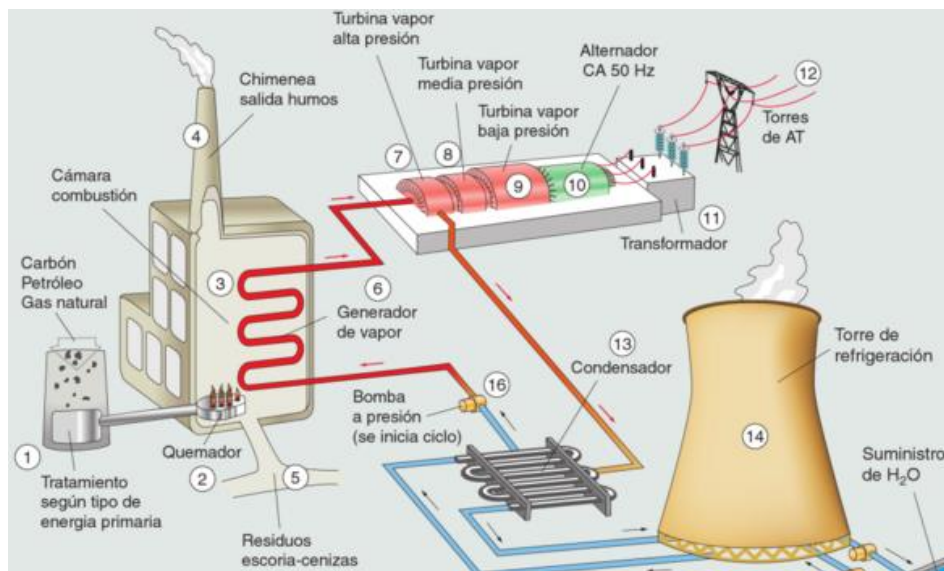


Figura 4: Elementos principales de una central térmica convencional.  
Fuente: Santamaría. G, Castejón. A, 2009, p35

**Centrales térmicas de ciclo combinado:** Un autor sostuvo que “Una central térmica de ciclo combinado convierte la energía química de combustión del gas natural, gasóleo o incluso carbón gasificado en electricidad”. Utiliza dos turbinas la de gas que esta acoplada a un alternador y la otra de vapor, la cual trabaja con los gases producidos por la combustión de la primera turbina, las dos turbinas nombradas producen electricidad. (Santamaría. G, Castejón. A, 2009, p35).

Existen algunos elementos importantes en esta central térmica los cuales muestra la figura siguiente.

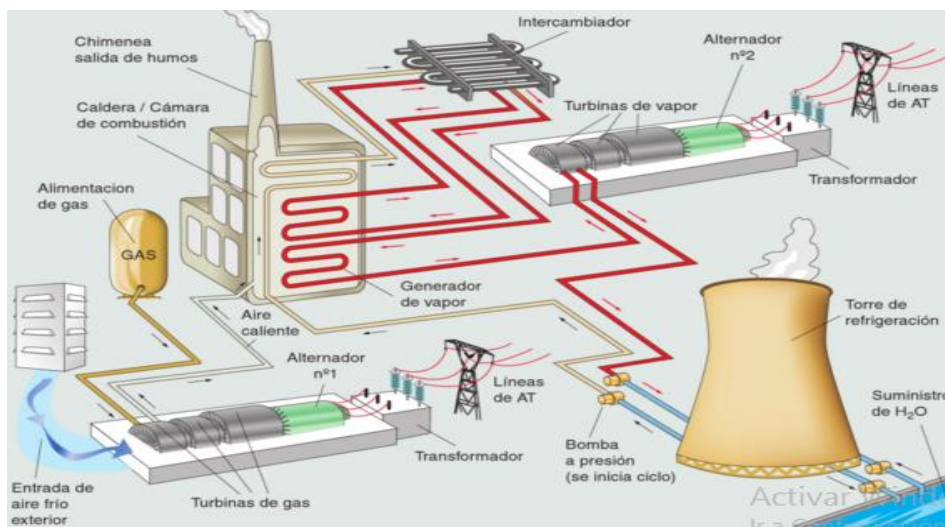


Figura 5: Elementos principales de una central térmica de ciclo combinado  
Fuente: Santamaría, G, Castejón, A, 2009, p36

**Centrales térmicas nucleares:** Son aquellas que utilizan el proceso fusión nuclear en un reactor que consta en la liberación de energía, la cual produce vapor de agua que igual a las anteriores centrales posee una turbina que está expuesta a la energía cinética producida por este vapor y está acoplada a un alternador para producir electricidad. Muestra la figura 6 La fisionomía de una central térmica nuclear.

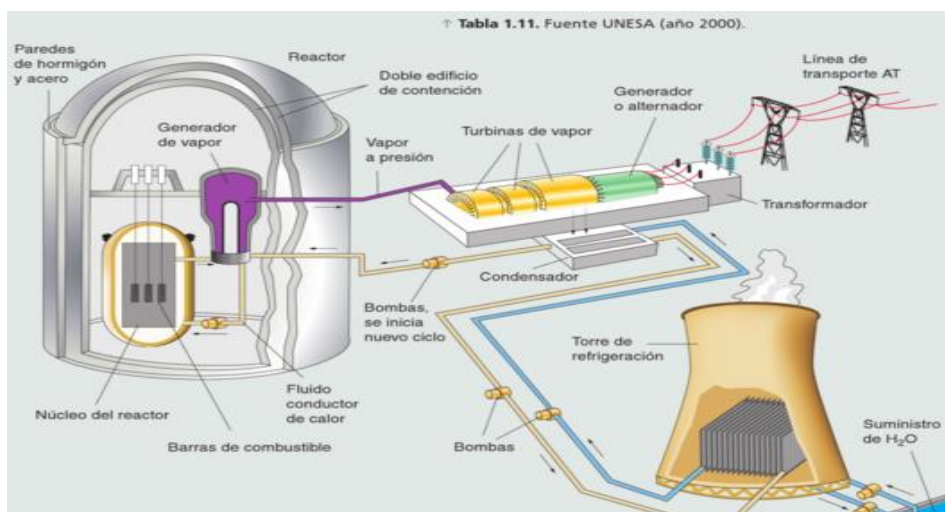


Figura 6: Elementos principales de una central térmica nuclear.  
Fuente: Santamaría. Fuente, Castejón, A, 2009, p37

### **2.3. Sistemas de generación de energía de emergencia**

Los sistemas de generación de emergencia están caracterizados por formarse de equipos y circuitos encargados de generar, regular, suministrar y alimentar la energía eléctrica a instalaciones industriales o residenciales cuando exista ausencia de energía normal de la red.

Moreira (2012, p.21) sostuvo que “Estos sistemas deben suministrar energía necesaria para los sistemas críticos, los cuales son necesarios e indispensables para proteger la vida humana, la operación y la seguridad de las instalaciones en caso de pérdida de energía eléctrica”.

En esta época las plantas de generación eléctrica de emergencia son cada día más indispensables en la industria puesto que ayudan a restablecer la energía y dotar de un suministro eléctrico continuo cuando existan fallas en la red normal.

Existen una gran variedad de sistemas de energía eléctrica de emergencia y entre los más conocidos se apuntan:

- Generadores Eléctricos.
- Sistemas fotovoltaicos solares.
- Celdas de combustible.

#### **2.3.1. Generadores eléctricos**

Es un dispositivo de abastecimiento de energía eléctrica, esto realiza por medio de un campo magnético, el cual tienen como objetivo lograr el giro de un componente que tiene incorporado, llamado rotor, este campo es producido por conductores eléctricos energizados ubicados en el estator (parte fija del motor). Al producirse el giro entre los conductores y el campo da paso a una fuerza electromotriz según la ley de Faraday.

Para entender de mejor manera el principio de elaboración de un generador eléctrico se presenta la siguiente figura.

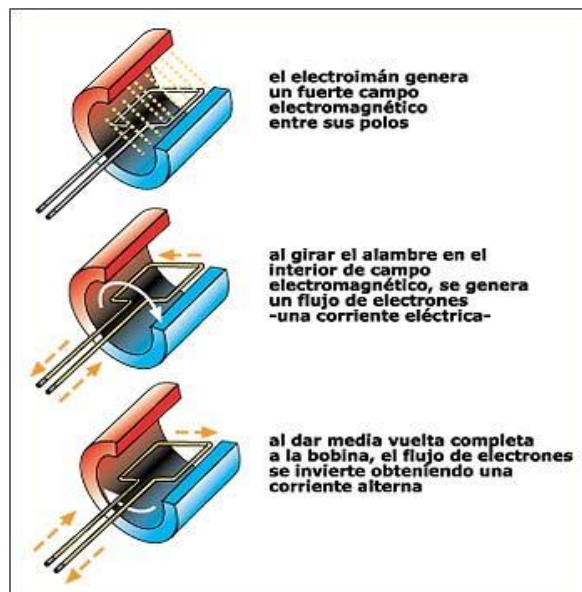


Figura 7: Principio de generación de un generador eléctrico  
Fuente: Larco. R, 2011, p 24)

### 2.3.2. Sistemas fotovoltaicos solares

Un sistema fotovoltaico es la unión de dispositivos que tienen como objetivo convertir la energía solar en energía eléctrica, estos sistemas además tienen la capacidad de almacenar energía para cuando sea necesario proveer de ella a un circuito o en cualquier otra aplicación necesaria, estos sistemas son requeridos principalmente en lugares donde no existe el suministro de energía eléctrica, lugares aislados como en las zonas rurales o en dispositivos electrónicos pequeños que trabajan sin baterías inalámbricas, puede ser en calculadoras, relojes, etc. Las principales partes que constituyen a un sistema fotovoltaico son:

- **Generador fotovoltaico:** Son los encargados de transformar la radiación solar en corriente directa.
- **Baterías:** Tienen como función proveer electricidad cuando exista una corriente de energía en la red pública.

- **Controladores de carga:** Controlan la carga y descarga de las baterías.
- **El inversor:** Un autor sostuvo que “El inversor es un convertidor electroestático que por medio del uso de componentes electrónicos de potencia convierten la corriente directa en corriente alterna” (Cosme. G, 2007, p.4).

### 2.3.2.1. Tipos de Sistemas Fotovoltaicos solares

- Sistemas fotovoltaicos solares Autónomos.
- Sistemas fotovoltaicos solares Interconectados.

**Sistemas fotovoltaicos solares Autónomos:** Los sistemas fotovoltaicos autónomos son aquellos que no están conectados con otros sistemas de generación, trabajan de manera independiente y no están conectados a ningún tipo de red.

Santamaría, Castejón (2010, p.128), afirmaron que “Los sistemas fotovoltaicos autónomos más numerosos son generalmente de poca potencia”, esto se da porque estos sistemas tienen la particularidad de estar conformados por solamente un módulo, existen sistemas de potencia muy pequeñas hasta sistemas de potencia máxima igual a 10 k. Los sistemas solares autónomos están contruidos por los dispositivos que a continuación muestra en la figura.

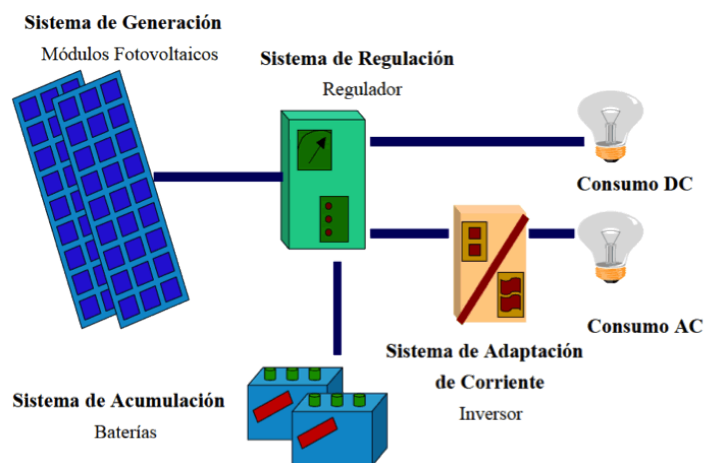


Figura 8: Constitución de un sistema fotovoltaico solar autónomo  
Fuente: Abella. M, 2014, p

**Ventajas:**

- Energía limpia.
- Suministra energía a la carga independientemente.
- Se recarga de una fuente inagotable de energía (el sol).
- Los costos tienden a bajar con el tiempo.
- Sirven como suministro de energía en lugares donde la energía convencional no está disponible.

**Desventajas:**

- Altos costo de inversión inicial.
- Corto lapso de vida útil.
- Costosa para lugares con energía convencional disponible

**Aplicaciones:**

- En redes de Telecomunicaciones.
- Trabajos remotos.
- Como suministro de energía eléctrica en zonas rurales.
- En calculadoras y relojes de mano.
- Satélites Espaciales, etc.

**Sistemas fotovoltaicos solares Interconectados:** Al contrario de los otros sistemas, estos sistemas están conectados con otros generadores (red eléctrica pública), es decir interactúan con esta red para lograr el objetivo de proporcionar el suministro de energía eléctrica. En el período nocturno o cuando existe una baja irradiación solar estos sistemas dejan de operar cuando pasa al suministro de energía pública.

Estos sistemas no contienen baterías, ni acumuladores de energía, por ello no pueden trabajar como sistemas de respaldo en caso de un corte de energía de la red pública. A continuación la figura 9 representa los principales dispositivos que conforman un sistema fotovoltaico solar interconectado.

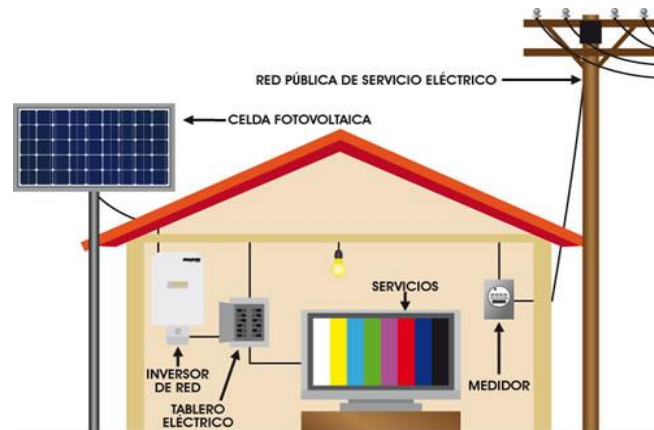


Figura 9: Principales dispositivos de un sistema  
Fuente: FUNCOSA, 2012.

### **Ventajas:**

Estos sistemas producen múltiples beneficios entre los cuales están:

- Ayudan a la red pública a suministrar energía eléctrica.
- Inversión inicial baja.
- Económico costo de mantenimiento.
- Vida útil (mínimo de 25 años).
- No requieren baterías de almacenamiento.
- No produce emisiones contaminantes.

### **Desventajas:**

- No cuentan con energía independiente.
- No pueden ser ubicados en lugares donde no exista suministro de energía convencional.
- No proporcionan suministro de energía en la noche o en días nublados.

### Aplicaciones:

- Ciudades y centros urbanos.
- Uso residencial.
- Uso comercial.
- Uso industrial.

### 2.3.3. Celdas de combustible

Son dispositivos encargados de transformar la energía química en energía eléctrica, como su nombre lo indica necesitan combustible para su trabajo, el hidrógeno es el encargado de realizar ese trabajo.

Un autor sostuvo que “Una celda de combustible consiste en dos electrodos separados por un electrolito. En el ánodo se ioniza el hidrógeno, perdiendo un electrón, el cual pasa por un circuito y genera energía eléctrica. Por otro lado el hidrógeno llega al otro electrodo pasando por el electrolito y se combina con el oxígeno del aire lo que genera agua de residuo sin utilizar ningún tipo de combustión” (Ried. E, [nd], p1).

La figura 10 que se presenta a continuación muestra los principales componentes de un sistema de celdas de combustible.

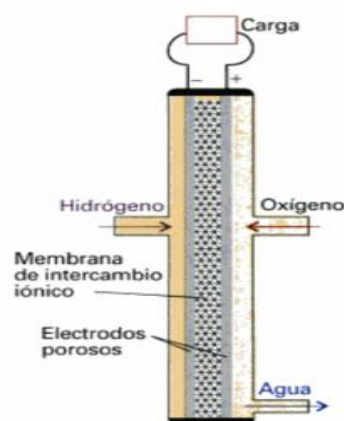


Figura 10: Elementos de un sistema de celdas de combustible  
Fuente: Atkins. P, Julio. P, 2006, p.148



Estos sistemas son totalmente ecológicos no producen combustión ni contaminación alguna, por ello estos sistemas son amigables con el ambiente.

**Ventajas:**

- No requieren de mayor mantenimiento
- Son instaladas cerca del punto de utilización, por ello no se incrementa el costo de transmisión de energía.
- No producen ruido.
- No requieren de mayor espacio para su implementación.
- Son muy eficientes en temas de conversión.

**Desventajas:**

- Su vida útil es baja.
- Tiene un alto costo inicial para su implantación.
- Necesita ser cargado de hidrógeno para su funcionamiento.

**Aplicaciones:**

- Uso doméstico.
- Vehículos.
- Plantas de generación eléctricas
- Aplicaciones especiales.

**2.4. Suministro eléctrico de emergencia**

Es una fuente de abastecimiento independiente de energía eléctrica, la cual entra en funcionamiento cuando ocurre una falla o se apaga la energía suministrada por la red pública denominada red normal.

Este suministro está determinado para proporcionar energía a equipos, máquinas, aparatos delicados o bien a una industria completa, de una u otra manera este suministro en la industria es indispensable por la necesidad de que equipos y maquinaria trabajen fluidamente sin perturbaciones ni cortes de energía por tiempos prolongados.

La figura que se presenta a continuación muestra un diagrama unifilar básico de suministro de energía de emergencia.

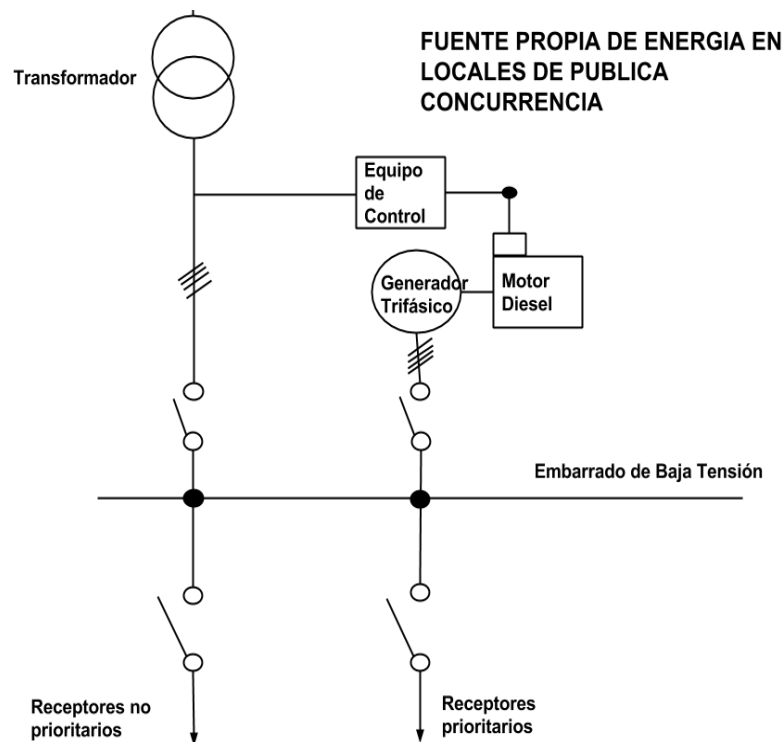


Figura 11: Diagrama unifilar básico de suministro de energía de emergencia  
Fuente: Automatis. I [n.d], p1

## 2.5. Sistemas de transferencia de energía eléctrica.

En las distintas actividades industriales y su variedad de procesos productivos es necesario optimizar los medios y recursos, porque mediante ellos se reflejan los estándares de calidad y rendimiento de la industria. Por ello es un requisito fundamental de cualquier empresa mantener maquinaria, equipos y hasta procesos completos estén trabajando sin ininterrupciones, sin cortes prolongados de energía eléctrica.

Para ello existen unidades que cumplen a cabalidad esta carencia de energía eléctrica entre los más usados se apuntan los grupos electrógenos generadores, a vapor o termoeléctricos, estas unidades trabajan como “Stand-by”, trabajan solamente cuando existe ausencia de energía de red por parte de las empresas eléctricas. En nuestro medio los grupos electrógenos son la primera opción al momento de seleccionar una de estas unidades para este tipo de trabajos en la industria, puesto que son más económicos y más fáciles de implementar que los generadores a vapor o termodinámicos.

Un autor sostuvo que “La transferencia de energía hacia la carga, ya sea desde la red de alimentación normal (fuente normal) o desde un grupo electrógeno (fuente de reserva), es un proceso con el que se suplanta los cortes de fluido eléctrico evitando demoras prolongadas en cualquier actividad productiva”. (Albuja. E, Ballagan. J, 2001, p.2).

La siguiente figura (figura 12: Muestra las etapas de proceso de una transferencia de energía eléctrica para mayor comprensión de los sistemas de transferencia de energía.

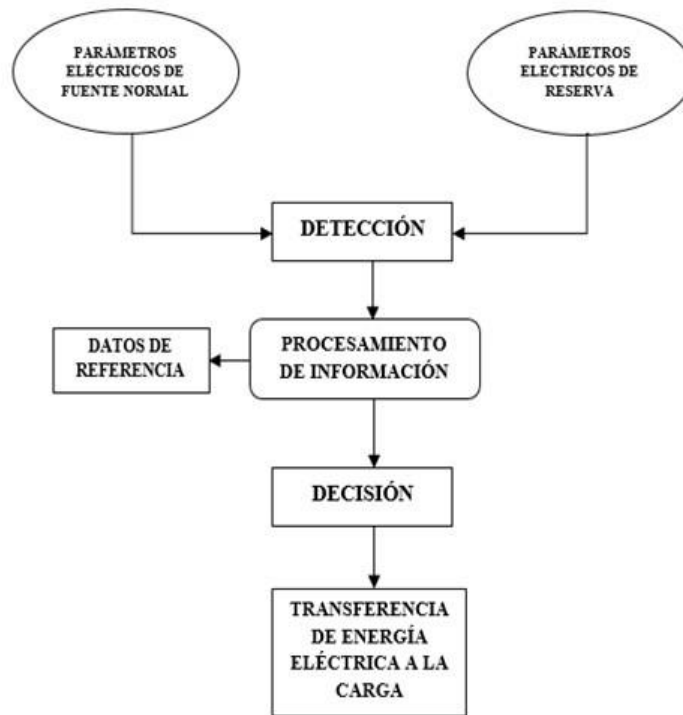


Figura 12: Etapas de proceso de una transferencia de energía eléctrica  
Fuente: Albuja. E, Ballagan. J, 2001, p.2

Los sistemas de transferencia se basan en la selección de dos o más fuentes de energía eléctrica destinadas para la alimentación o abastecimiento cuando sea requerido o necesario, estas dos fuentes de energía comúnmente son la energía normal (energía de red), y la otra o las otras son las fuentes de energía de emergencia.

Estos sistemas están conformados por interruptores de transferencia y potencia, interruptores electrónicos, así como *breakers* de control, fusibles, señalética, dispositivos de control etc.

A continuación se presenta la figura 13, la cual muestra los dispositivos que intervienen en un sistema de transferencia de energía mediante un diagrama unifilar de arreglo básico de este tipo de sistema.

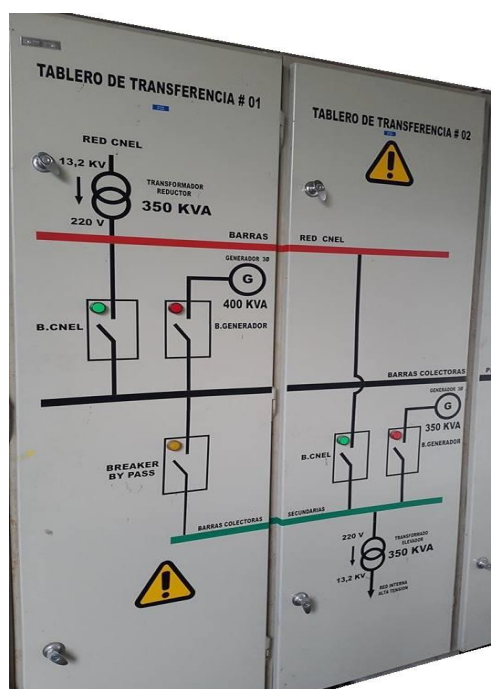


Figura 13: Diagrama unifilar de un arreglo básico de un sistema de transferencia eléctrico para grupos electrógenos.

### 2.5.1. Condiciones de diseño para una correcta implementación.

Si se implementa un sistema de emergencia en una planta industrial es para asegurar que no existan cortes prolongados de energía eléctrica por existencia de fallas o sobrecargas que

existan en la red, por lo tanto es necesario tener en cuenta ciertos factores para el montaje de estas unidades de emergencia para no tener contratiempos debido a la mala implementación de estos entre los cuales se citan los siguientes:

- Ubicación correcta del tablero de transferencia de energía eléctrica junto con sus dispositivos que lo componen.
- Determinar el modo de transferencia que se realizará teniendo en cuenta los requerimientos principales de la planta en cuanto a la disponibilidad de tiempos de cortes de energía.
- Selección correcta de sistema dependiendo la carga y el proceso al cual se abastecerá.
- La selección adecuada de los dispositivos de protección de sobre corriente.
- Determinar los tiempos adecuados para que interactúen las fuentes existentes (fuente de energía normal-fuente de energía de emergencia).

Si se toman en cuenta estas consideraciones para implementar un sistema de emergencia en la industria no se estará exponiendo a pérdidas de recursos materiales ni humanas, debido a que si falla este sistema de emergencia la planta industrial estará expuesta a cortes prolongados de energía cuando exista una falla en la red pública o un corte de energía de cualquier tipo, además podrían existir pérdidas humanas al manipular un sistema de emergencia que trabajara de forma incorrecta.

## **2.5.2. Tipos de transferencia de energía eléctrica**

### **2.5.2.1. Sistema de transferencia manual**

Un sistema de transferencia manual es el conjunto de dispositivos eléctricos que tienen como finalidad realizar la conmutación de energía entre dos o más fuentes, generalmente el cambio es de una fuente de energía normal (energía de red pública) a otra de fuente energía de emergencia (energía de generador) o viceversa.

Para la realización de este cambio es necesario la manipulación humana, dado que el sistema de transferencia manual solamente está conformado en su mayoría por una parte de control y otra de monitoreo, ya que no existen dispositivos de control para realizar cualquier acción en el sistema automáticamente.

A continuación se describe la conformación de un sistema de transferencia manual de energía eléctrica.

- Grupo electrógeno.
- Tablero de distribución principal.
- Disyuntores principales.

**Grupo electrógeno:** Un autor sostuvo que “Grupo electrógeno es una alternativa energética en caso de emergencias, en industrias o residencias, cuando la red principal de abastecimiento eléctrico no está disponible”. (Anónimo, 2015, p.1).

Muestra la figura 14 la apariencia física de un grupo electrógeno FG WILSON P400E5, al mismo que va dirigido este objeto de estudio.



Figura 14: Grupo electrógeno FG WILSON P400E5

Las partes de un grupo electrógeno son:

- Motor.
  - Sistema eléctrico del motor.
  - Sistema de refrigeración del motor.
  - Alternador.
  - Depósito de combustible y bancada.
  - Aislamiento de la vibración.
  - Sistema de control.
- 
- **Motor.** Es la fuente de energía mecánica, para que el alternador funcione de manera correcta, existen dos tipos de motores de gasolina y de diésel, el segundo motor citado es el más utilizado en la industria por sus ventajas, dentro de estas ventajas están las económicas, las mecánicas y las más importantes que son las ecológicas, para conocimiento físico de la apariencia física del motor se presenta a continuación la figura 15.



Figura 15: Apariencia física del motor.

- **Sistema eléctrico del motor:** Este sistema trabaja bien a 12VDC o a 24VDC, el negativo va conectado a masa. Este sistema está compuesto por un motor de arranque, baterías y los sensores respectivos que indican alarmas, la cual indica fallas ocurrentes en el motor.

Las baterías son de 12 VDC y están conectadas en serie, como muestra la figura 16, sumadas estas se obtiene el voltaje de 24VDC el mismo voltaje que es suministrado para el funcionamiento de todo el sistema de control.



Figura 16: Conexión de Baterías de grupo electrógeno.

Como se indicó en el texto anterior el motor de arranque también conforma el sistema eléctrico de control, el mismo que es el encargado de dar el arranque inicial al encendido del grupo electrógeno. Muestra en la figura 17 la apariencia física del motor de arranque.



Figura 17: Apariencia física del motor de arranque.

- **Sistema de refrigeración del motor:** Este sistema se lo realiza por medio de agua o en otros casos de aceite, también hay ocasiones que el enfriamiento está dado por aire en algunos motores. El sistema de refrigeración por agua/aceite consta de un radiador, un ventilador interior para enfriar sus propios componentes.



- **Alternador:** No es más que una máquina eléctrica que tiene la capacidad de transformar la energía mecánica en eléctrica. El principio de inducción electromagnética es en lo que se basa el alternador para producir un voltaje corriente alterna, esto es capaz mediante conductores eléctricos, los cuales están sometidos a un campo magnético que varía para crear dicha tensión.

El alternador apantallado produce la energía eléctrica, este alternador es autoexcitado, autorregulado protegido contra salpicaduras. Este alternador se encuentra acoplado con precisión al motor. A continuación se presenta en la figura 18 el aspecto físico de un alternador de grupo electrógeno FG WILSON P400E5.



Figura 18: Aspecto físico de alternador.

- **Depósito de combustible y bancada:** La bancada de acero es la encargada de alojar al motor y alternador, esta bancada tiene adicionalmente el depósito de combustible como se indica la figura 19 la misma que muestra la forma y aspecto físico de la bancada y depósito de combustible.



Figura 19: Apariencia física de bancada de grupo electrógeno.

- **Aislamiento de la vibración:** El grupo electrógeno está dotado de tacos anti vibrantes, diseñados para reducir las vibraciones transmitidas por el grupo motor alternador. Los aisladores están colocados entre la base del motor, del alternador, del cuadro de mando y la bancada.
- **Sistema de control:** Los paneles de control evalúan los parámetros de la energía generada con el fin de que la potencia de salida esté en las mejores condiciones para alimentar las cargas eléctricas de los usuarios, así como el estado en que se encuentran los sensores designados para monitoreo de temperatura, presión de aceite, velocidad y frecuencia, en este tipo de grupo electrógeno (FG WILSON MODELO P400E5) es utilizada el panel de control *Wizard 1.0* como presenta la figura 20 a continuación.



Figura 20: Pantalla *wizard 1.0*.

- **Sensores:** Son dispositivos que tienen la cualidad de transformar diferentes tipos de magnitudes en magnitudes eléctricas, estas magnitudes pueden ser físicas, químicas, caloríficas, etc. Dado que los dispositivos eléctricos solo interpretan magnitudes de tipo eléctricas estos sensores acondicionan la señales para estos dispositivos puedan detectar y monitorear.

De los tipos de sensores diseñados para medir las diferentes variables físicas pueden se puede obtener algunos como: Señal Resistiva (RTD), señal de tensión eléctrica (Sensor *pink-up*) y de corriente (efecto hall).

**a) Sensores magnéticos:** Un autor sostuvo que “Los sensores magnéticos de posición funcionan basándose en la variación del campo magnético creado por un imán y la corriente inducida en una pequeña bobina, llamada *pick-up* “. (Larco, 2008, pag.17).

Los sensores magnéticos tienen la cualidad de trabajar en función del campo magnético basándose en la variación de este, trabajando con un imán y una pequeña bobina la cual proporciona una corriente inducida, a esta corriente se la conoce *pick-up*. La rueda giratoria del motor está conformada por unos dientes los cuales se encuentran separados entre sí a una distancia de rango (0.8mm a 1.8mm).

Este sensor trabaja colocándolo cerca de esta rueda a una adecuada medida ya que este sensor debe ser capaz de censar cada vez que por su lado pasen los dientes de la rueda y arrojando el por su salida de señal 12vdc o 24vdc dependiendo el voltaje de funcionamiento del sensor, así mismo cuando por el sensor detecte la separación entre dientes su contacto no arroje dicho voltaje.

Cabe recalcar que la acción o detección que realiza este sensor magnético solo la lleva a cabo cuando se encuentra cerca de algún tipo de metal y la apariencia física de este sensor se muestra en la siguiente figura (figura 21).



Figura 21: sensor *pick up*.

**b) Sensores por efecto hall:** Este sensor tiene la misma propiedad que el sensor anterior cuando circula una corriente eléctrica por la placa la misma que cuando está situada dentro de un campo magnético perpendicular a la dirección de la corriente, como muestra la figura siguiente (figura 22), a este campo se lo llama campo Hall.

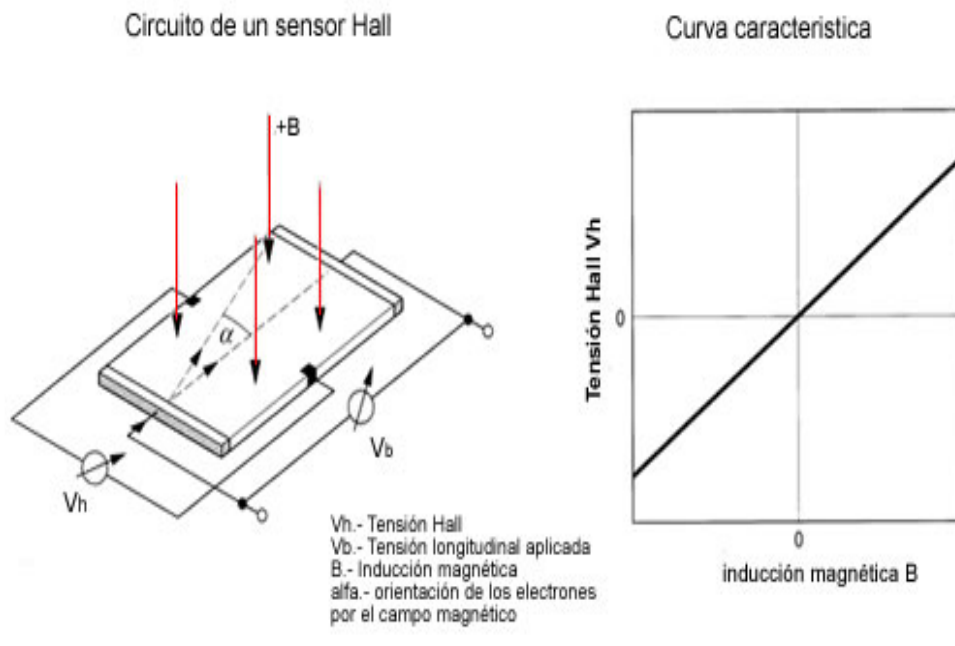


Figura 22: Características del sensor por efecto *hall*  
Fuente: Meganeboy, 2014, p1

El campo Hall es el resultado de las fuerzas ejercidas por este campo magnético sobre las partículas de la corriente eléctrica, las mismas que pueden ser positivas o negativas. Este acontecimiento tiene dos características: la primera es que en el campo creado se acumulan cargas, esto hace que del otro lado de la placa arroje una carga opuesta, lo cual quiere decir que existirá una diferencia de potencial. La segunda característica es que la carga positiva tendrá un potencial superior a la negativa. La medida del potencial permite, por tanto, determinar si se trata de un campo positivo o negativo.

La utilización de este tipo de sensor hace que para la obtención de RPM o de proximidad sea más fácil, directa y económica sobre todo, puesto que el sensor por componerse de un material semiconductor lleva una parte electrónica.

c) **Sensor de presión de aceite:** Para la visualización de presión en el motor en un grupo electrógeno utilizan visualizadores como puede ser un indicado de presión, un foco para indicar la presión condicionando el encendido del mismo, pantallas LCD y una infinidad de visualidades, el modo de visualización cambia en cada sistema pero todos realizan el mismo trabajo detectar o indicar que la presión de aceite en el sistema de lubricación de la máquina sea la adecuada para el trabajo normal de la misma.

Es necesario mantener cierta presión de aceite en el sistema de lubricación puesto que si existe una baja presión en este sistema puede ocasionar desgastes en las partes en movimiento de la máquina.

La presión mínima de trabajo establecida por el fabricante del generador FG WILSON es 0.8 Bar (+- 0.3 Bar). Si el indicador de presión arroja valores menores a esta cantidad, actuará un interruptor de presión el cual está formado por contactos eléctricos, los mismos que pueden ser utilizados para la desconexión o apagado del grupo electrógeno.

La presión que debe presentarse para que el sensor de presión de una alarma y proceda al apagado del grupo electrógeno es de 0.8 bar (+/-0.3bar). Si la luz indicadora permanece encendida o el indicador no registra presión después de varios segundos de arrancado el motor, se apagará inmediatamente. Esta acción se la realiza por que el aceite presenta presión luego de que este sea bombeado para ello se requiere un tiempo prudente.

Datos del sensor de presión de aceite ((VDO-S-003B-H) de generador FG WILSON.

- Sensor de presión del aceite de VDO.
- Alcance de la prueba: 0-8 Bar.
- Posición de la alarma: 0.8+-0.3Bar.
- Tamaño del hilo 3/8".

La tabla 1 y su curva característica (figura 23) indica la los valores de resistencia que arroja el sensor cuando se encuentra sometido a una presión determinada.

Tabla 1: Tabla característica de sensor de presión de aceite

Presión (Bar)	0	1,72	3,45	5,17	6,89	8,62
Resistencia ( $\Omega$ )	226 $\pm$ 20	164 $\pm$ 20	147 $\pm$ 20	83 $\pm$ 10	57 $\pm$ 10	34 $\pm$ 5

Fuente: Generador FG WILSON (Partes de generador) de JACK POWER, 2015

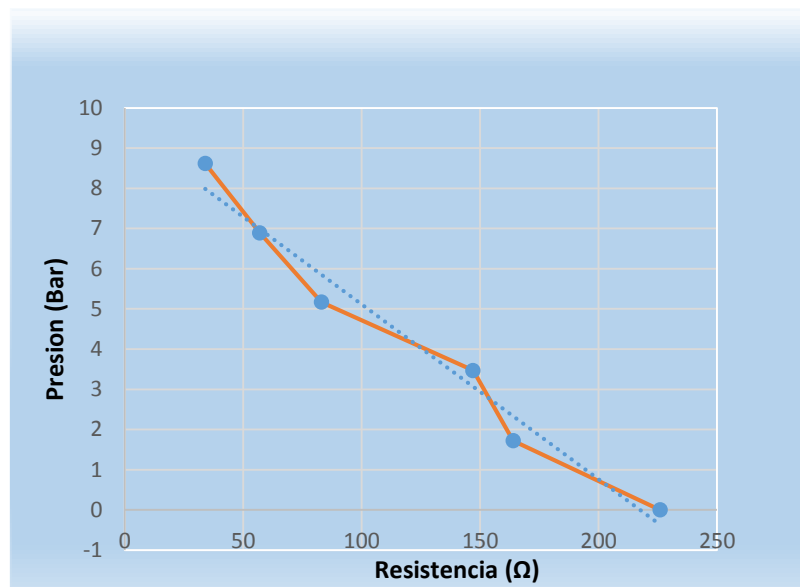


Figura 23: Curva característica de sensor de presión de aceite.

- **Sensor de temperatura:** Para la medición de temperatura del líquido refrigerante se utiliza un sensor conformado por una resistencia de tipo NTC, la cual funciona en forma contraria a la normal. El modo de funcionamiento de este sensor es el siguiente:
  - Cuando el sensor se encuentra expuesto a bajos valores de temperatura ofrece una resistencia alta.
  - Cuando el sensor está expuesto a valores altos de temperatura el sensor arroja bajos valores resistivos.

Este sensor se encuentra adaptado en el circuito del líquido refrigerante, para poder determinar la temperatura del motor y así controlar la temperatura de trabajo del mismo a la estándar determinada por el fabricante. El margen de temperatura del refrigerante adecuado para el trabajo normal del grupo electrógeno es de 20 °C a 105°C.

El fabricante de este sensor es el encargado de proporcionar la tabla característica de temperatura vs la resistencia que arroja este sensor cuando está sometido a esta determinada temperatura.

La figura 24 que se muestra sigüientemente muestra el modo de comportamiento del sensor cuando está expuesto a una determinada.

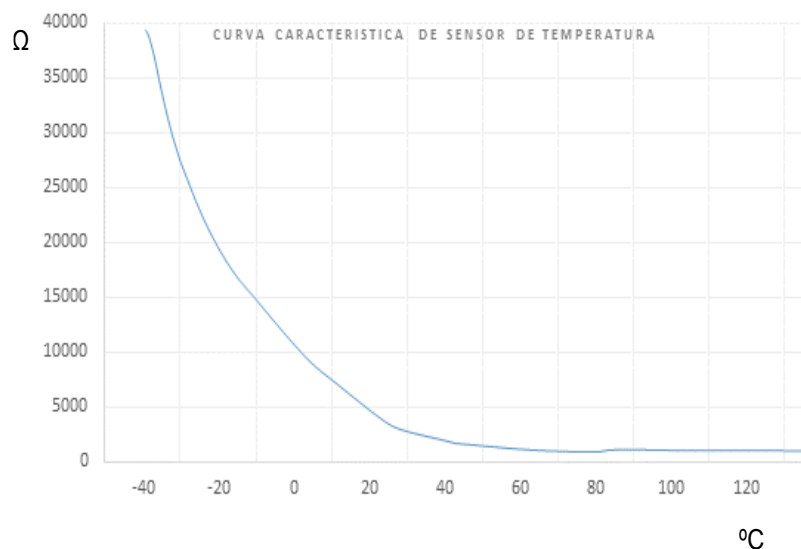


Figura 24: Curva característica de sensor de temperatura.

**Tablero de distribución principal:** Este tablero está diseñado para acaparar todos los dispositivos utilizados para la transferencia o conmutación manual como lo son los *breakers* de conmutación los disyuntores principales. Además estos tableros alojan los respectivos dispositivos de medida puede ser de voltaje, amperaje, frecuencia etc.

Es necesario que los tableros de distribución principal se encuentren conectados a la estructura a tierra para la protección total de la estructura, así como también debe tener la respectiva señalización respectiva como la de peligro, precaución etc.

A continuación muestran las siguientes figuras la apariencia física externa y los dispositivos de medición existentes en un tablero de distribución principal.



*Figura 25 : Estructura externa de tablero de distribución principal.*



*Figura 26: Señalética de un tablero de distribución principal.*

**Disyuntores principales:** Son los encargados de conectar y desconectar las cargas de reserva y de la energía normal, para realizar la transferencia o conmutación de fuentes se debe tomar las precauciones necesarias para que si una fuente está trabajando sea la fuente de energía normal o de emergencia la otra no se active por ningún motivo.



Como se aprecia en la siguiente figura (figura 27), existe un bloqueo entre el *breaker* de la energía normal con respecto al de la energía de emergencia.

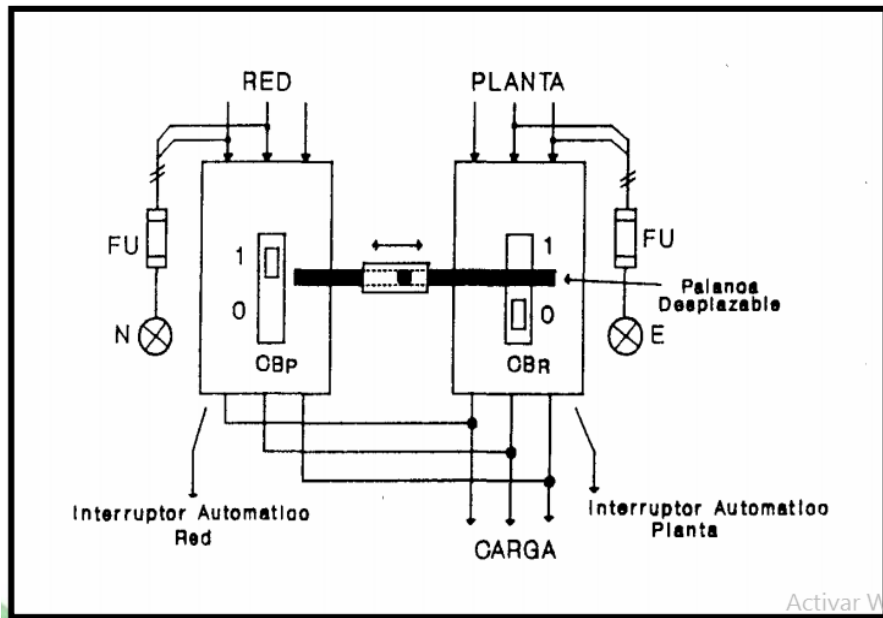


Figura 27: Diagrama de breakers principales con bloqueo mecánico  
Fuente: <http://docplayer.es/9678846-Universidad-politecnica-salesiana>.

### Ventajas del sistema de transferencia manual de energía.

- Costo inicial bajo.
- No ocupa grandes espacios para su implementación.
- No está expuesto a tener fallas en la operación por su constitución sencilla y su bloque mecánico.
- No necesita un mayor mantenimiento en los dispositivos que la conforman.
- De fácil operación.

### Desventajas del sistema de transferencia manual de energía.

- No se puede ejecutar tareas específicas.
- No existe monitoreo ni visualización de los parámetros de grupo electrógeno

- Se requiere de la intervención humana para realizar la transferencia por lo que está inmerso a una falla operativa y a la necesidad de contar con más personal operativo, lo cual es un gasto representativo para la industria.
- El tiempo de reposición de energía es lento ya que se lo realiza manualmente, y conlleva a grandes pérdidas en una industria puesto que existen demoras mayores en los procesos.

#### **Aplicaciones del sistema de transferencia manual de energía.**

- En lugares que no requieran de una respuesta rápida de actuación o reposición de energía.
- En edificios pequeños, casas, oficinas, etc.
- En plantas industriales sencillas de procesos no delicados.
- En empresas de poca producción.

#### **2.5.2.2. Sistema de transferencia automática de energía eléctrica.**

En la industria en general se realizan diferentes actividades o procesos productivos, en los cuales es de vital importancia la optimización de los medios y recursos para lograr un elevado rendimiento con los mejores estándares de calidad.

Teniendo claro esta idea, en la industria es de prioridad mantener procesos y equipos relacionados a estos operando sin interrupciones ni pasatiempos, para suplir esta necesidad se crearon módulos de transferencia automática que garanticen el fluido continuo de energía eléctrica cuando existan cortes, ya sea por mantenimiento o inesperadamente de las empresas eléctricas.

Estos módulos trabajan de manera que detectan las condiciones en que se encuentra el suministro de energía normal de la red mediante un supervisor de fases, además en este módulo existen circuitos acondicionadores de señales para la obtención de información de los distintos parámetros como son temperatura, presión, velocidad, frecuencia, estos parámetros sirven para que este módulo realice un procesamiento de la información de estas

variables para luego utilizar esas variables y compararlos con los datos de referencia, esta comparación permite a este módulo decidir si realiza o no la transferencia de energía normal a la de reserva, esta transferencia consiste en hacer arrancar primeramente el generador para luego realizar el cambio de alimentación, aquí intervienen los equipos de potencia hasta que nuevamente el módulo detecte la presencia de energía de red.

A continuación se presenta en la figura 28 el diagrama unifilar del arreglo básico de control del módulo de transferencia automática para comprender de mejor manera la forma de trabajo de este tipo de transferencia.

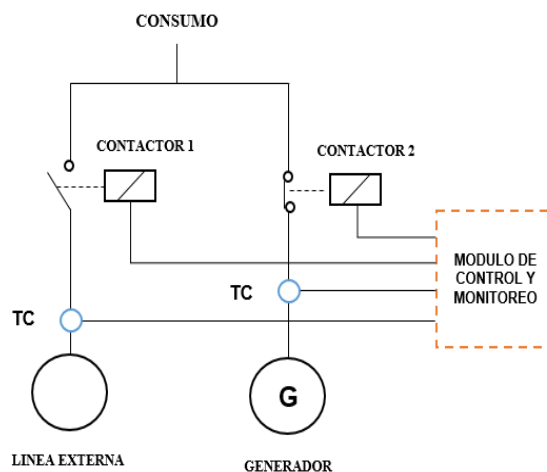


Figura 28: diagrama unifilar del arreglo básico de control del módulo de transferencia automática  
Fuente: <http://www.consorciodedeingenieria.com/tableros-electricos-peru.html>.

### Acciones cronológicas ante una falla en la red pública

- **Comportamiento frente a una falla de energía externa:** Existen supervisores encargados de monitorear de manera permanente las tres líneas de alimentación de carga de la energía de red.
- **Arranque de motor:** Se pone en arranque el motor una vez que el supervisor de fases realiza la detección de una falla o un corte de energía, esta acción lo hace mediante un contacto conmutable que forma parte del supervisor de fases.

- **Transferencia de cargas:** Yambay (2012, p.41, 42) sostuvo que “Una vez superado el tiempo de precalentamiento, inicia la transferencia, habiendo anteriormente desconectado ya el contactor de red, procede a conectar el contactor del grupo electrógeno”.
- **Espera de normalización de red externa:** Terminando de realizar la rutina de transferencia automática de energía, existe un monitoreo permanente de la energía de red, esto se lo hace para realizar reposición de la energía normal automáticamente.
- **Reconexión a red externa:** Luego que el supervisor de fases detecta el retorno de la red pública, el módulo espera un tiempo definido para monitoreo de la red automática, si dentro de este período la energía externa se mantiene con normalidad se realiza la reconexión de esta hacia la carga.
- **Finalización de maniobra de reconexión a red externa:** Es necesario esperar un tiempo determinado para la desconexión o apagado del grupo electrógeno para no exponer al grupo electrógeno a bajas temperaturas al momento del apagado debido a que se encuentre sometido a carga.

### **Ventajas del sistema de transferencia automático de energía.**

Los sistemas de transferencia automáticos de energía ofrecen un sin número de ventajas por ejemplo: por su confiabilidad, seguridad y rápida respuesta ante una falla de alimentación de la red normal, están diseñados para solventar la necesidad de la industria en el tema de autoabastecimiento de energía continua sin interrupciones. Un autor sostuvo que “Las ventajas del sistema automático de energía son superiores a cualquier otro tipo de sistema” (Albuja, 2001, p.7). Este sistema en relación al sistema de modo manual ofrece un sinnúmero de ventajas entre ellas se apunta las siguientes:

- Se le puede ejecutar tareas específicas.
- Permite la evaluación de los parámetros del grupo electrógeno.
- Se puede procesar información.
- No requiere de la intervención humana para realizar la transferencia.

- El tiempo de reposición de energía es rápido (Respuesta rápida).
- Se puede visualizar con facilidad el estado del sistema.

Aunque el costo es bastante elevado hablando de la implementación de un módulo de transferencia automática de energía los beneficios o ventajas que se obtienen con el mismo en comparación con este gasto inicial es totalmente recuperable, ya que no es necesario el gasto permanente de la mano de obra para la supervisión y operación de los tableros de transferencia, además el tener este sistema ayuda a ser eficientes en esta actividad y por consecuente mejora la productividad de toda la industria.

Viéndolo desde cualquier punto de vista el proveerse de un sistema de transferencia automática en la industria y en lugares que requieran un abastecimiento ininterrumpido de energía es totalmente necesario. Un sistema de transferencia automática además de componerse de uno o varios grupos electrógenos está compuesto por un tablero o gabinete de control o mando y fuerza del cual se habla a continuación.

#### **Desventajas del sistema de transferencia automático de energía.**

- Costo inicial de implementación es relativamente alto.
- Es indispensable realizar un mantenimiento rutinario.
- Está expuesto a fallos en la operación.
- Complicado al revisar alguna falla de operación.
- Ocupa un determinado espacio en el lugar de su implementación.
- Con el tiempo se requiere de nuevos gastos relacionados a la reposición de dispositivos del sistema.

#### **Aplicaciones del sistema de transferencia automático de energía.**

- En plantas industriales de procesos continuos.
- Hospitales, clínicas, sitios de operación delicados donde no puede existir por ningún motivo cortes de suministro eléctrico.

- Para procesos que requieran una reposición rápida del suministro eléctrico.
- En empresas con grandes procesos.
- En lugares que requieran de monitoreo del sistema como voltajes de red y parámetros de grupo electrógeno.

### Tableros de transferencia automática de energía.

Es denominado tablero de transferencia automática al gabinete ya sea metálico o plástico en el cual se encuentran todos los dispositivos ya sean (eléctricos, electrónicos y mecánicos), los cuales están destinados con la finalidad de realizar la conmutación automática de la fuente de energía normal (energía de red) con la o las fuentes de energía de reserva, estas conectadas a la salida hacia la carga. En la siguiente figura se cita un arreglo básico de un sistema de transferencia automático conectado a carga, compuesto por un generador y una red externa de energía.

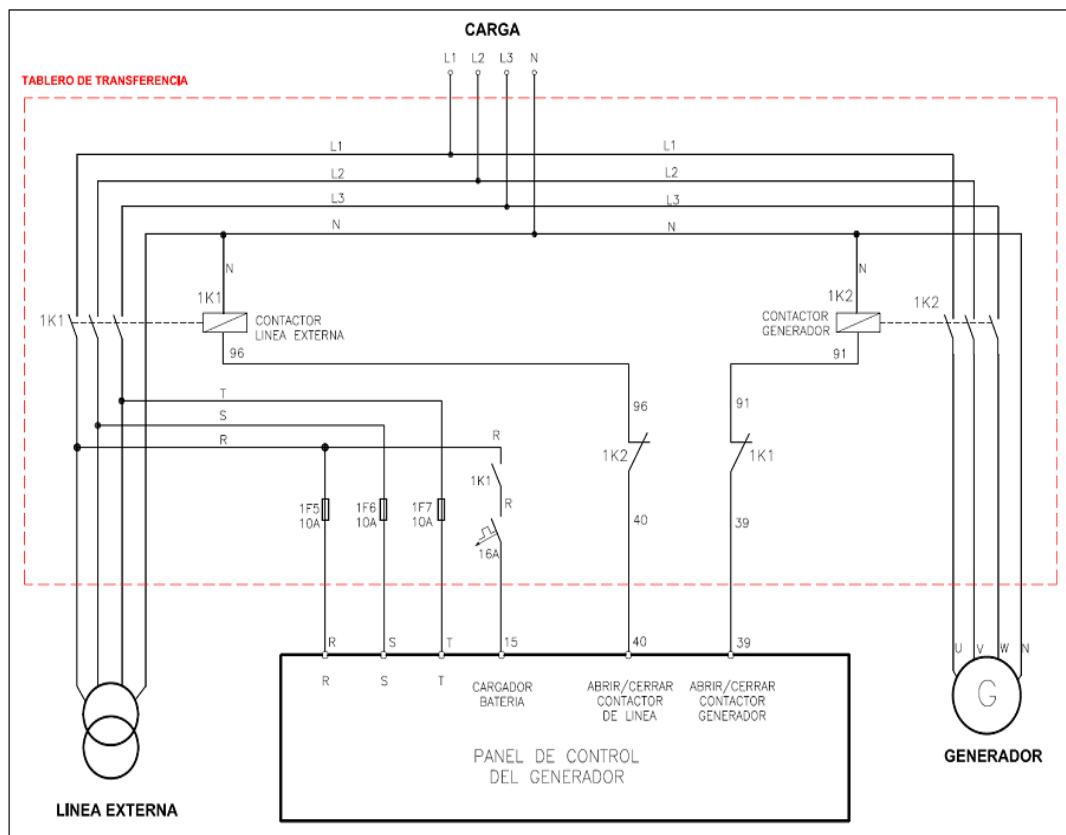


Figura 29: Diagrama unifilar de un tablero de transferencia automática  
Fuente: Cram, 2013, p1

La conmutación automática se la realiza cuando la energía de la red pública falla ya sea por falta de una línea o por ausencia total de todas las líneas aquí actúan los supervisores de fases, los cuales están diseñados para verificar que las fases se encuentren con un rango de voltaje predefinido a necesidad del usuario o también este actúa cuando en el monitoreo que realiza encuentra que existe la ausencia de una o todas las líneas de alimentación.

La transferencia automática de energía se realiza de manera segura puesto que en el monitoreo que realiza el módulo de los parámetros y variables del sistema verifica que todos estén dentro del rango idóneo programado antes por el usuario, además para realizar las transiciones de energía normal a energía de emergencia o viceversa, el módulo se encarga de realizar estos cambios en tiempos estándares para que no exista ningún inconveniente en este proceso. Este tablero o gabinete se forma de tres partes principales que son:

- Parte de Control y maniobra.
- Parte de fuerza.
- Dispositivos de programación.

**Parte de control y maniobra:** Está conformada por todos los dispositivos encargados de condicionar al sistema como son:

- **Relés de control:** Utilizados en el control para condicionamiento de arranque o accionamiento de dispositivos de fuerza. En la figura 30 se puede apreciar la apariencia física de un relé.



Figura 30: Relés de control industrial  
Fuente: Rodríguez. J, Cerda. L, Sánchez. R, 2014, p221.

- **Supervisor de fases:** Realiza el trabajo de monitoreo de la energía externa o energía normal y su forma física se muestra a continuación en la figura 31.



Figura 31: Supervisor de fases.

- **Selectores:** Son elementos o dispositivos de maniobra que permiten dar una señal permanente a los dispositivos de programación para elegir el modo de trabajo del sistema o quizá la activación o no de un dispositivo de control o fuerza según el diseño realizado, las figuras 32 y 33 muestran la apariencia física de un selector.



Figura 32: Selector tres posiciones.  
Fuente: Amazon, [n.d], p1



Figura 33: Apariencia física de un selector.  
Fuente: Amazon, [n.d], p2

- **Pulsadores:** Realizan el mismo trabajo que el selector, la única diferencia es que estos dispositivos no pueden dar una señal permanente, su señal consta nada más que de un pulso, es decir no tienen retención. Existen pulsadores de diferentes formas y características dependiendo el trabajo a realizar.



Las botoneras son las más comunes en la industria puesto que mediante ellas se pueden controlar maquinarias o equipos en lugares de espacio reducido dado que son pequeñas y fáciles de acoplarlas como muestra la siguiente figura.



Figura 34: Botonera paro- marcha  
Fuente: Martín. J, 2009, p.217

**Parte de fuerza:** Es la parte encargada de soportar toda la carga a la que va a estar sometido el sistema y los dispositivos encargados de realizar este trabajo son:

- **Breakers Principales:** Son dispositivos encargados de proteger sobre corrientes la carga conectada en ellos, además son capaces de desconectar dicha carga cuando se lo requiera. Estos *breakers* principales deben tener algún tipo de bloqueo para que trabaje uno a la vez como indica la figura 35 a continuación.



Figura 35: Breakers de conmutación de transferencia de energía eléctrica.

- **Contactores:** Su activación está dada para seleccionar la fuente de energía que estará suministrando energía hacia la carga, es necesario que cada fuente de energía esté disponible en el sistema pase por medio de un contactor para que pueda ser utilizada en el sistema de transferencia automática. Además se debe tomar en cuenta que estos contactores deben tener una restricción mecánica de modo que actúen uno a la vez así muestra la siguiente figura.



Figura 36: contactores principales con restricción mecánica  
Fuente: Transferencia. Avi, 2012, p1.

Para seleccionar la potencia de estos *breakers* y contactores es necesario realizar un estudio de todas las cargas con sus respectivas potencias, teniendo el valor total de potencia de todas las cargas que van a estar conectadas a esta alimentación se puede determinar la potencia de estos *breakers* y contactores.

### Dispositivos de programación

**Microcontroladores:** Un autor sostuvo que “Los microcontroladores están presentes en muchos de los productos electrónicos que empleamos en nuestra vida cotidiana” (Valdés, Pallas, 2007, p.9).

Existe una gran variedad de aplicaciones en el mercado para los microcontroladores, así como también una gran cantidad de módulos existentes, pero en lo que no cambia es en el modo de funcionamiento, también existen muchas arquitecturas aparecidas entre sí.

A los microcontroladores también se los denomina MCU el cual es un ordenador adaptado en un *chip* que a su vez se compone por un procesador, líneas de entrada/salida y las memorias. A este procesador se lo puede programar para que realice funciones determinadas que pueden ser específicas de un sistema, a diferencia con otros microprocesadores ya que son creados para un propósito general, los mismos que pueden trabajar realizando varias funciones, este caso se apunta a los PCs los cuales son adaptados dentro de un dispositivo diseñado para poder hacer uso de estos con mayor facilidad o para algún tipo de aplicación industrial.

Un microcontrolador es un circuito integrado generalmente es usado para control de dispositivos pequeños y que no requieran ser suministrados mucha potencia. El tema de usar microcontroladores viene de la necesidad de la optimización de recursos tales como en lo económico, aparte que estos dispositivos además de ser económicos son confiables y autosuficientes en relación al control de entradas y salidas, siendo una opción atractiva al momento de elegir un controlador para control de un sistema.

La diferencia de un microcontrolador con un microprocesador es que el primero contiene memorias de interfaz suficientes para realizar aplicaciones sencillas, por otro lado los microprocesadores necesitan circuitos adicionales que realicen el trabajo de estas memorias.

Los microcontroladores se componen de los siguientes partes:

- a) **CPU:** (Unidad Central de Proceso): Se puede decir que es el núcleo del microcontrolador porque su función es llevar a cabo la ejecución de instrucciones almacenadas en la memoria.
  
- b) **Unidades de Entrada/Salidas:** Son las partes que emplea un microcontrolador para la comunicación hacia el exterior, tomando en cuenta que las unidades de entradas son las que permiten recibir información desde el exterior y las de salida es lo contrario sirven para enviar información al exterior.

c) **Memorias de programación:** Se emplean para almacenar información de un determinado programa implementado en un microcontrolador durante un período determinado de tiempo, esta información es necesaria para la ejecución del programa y para la utilización de los datos que se usan para la ejecución de este programa y son las siguientes:

**ROM:** Tienen un elevado costo por lo que solo es recomendable para series muy grandes para la optimización de recursos.

**RAM:** (SRAM) Es una memoria volátil, la más utilizada para memoria de datos, aunque tiene la desventaja que por ser volátil no puede mantener la información luego de un corte de energía, necesita estar siempre energizada.

**EPROM:** Es una memoria no volátil, es grabada eléctricamente con un programador del PC, también tiene la característica de ser regrabable, quiere decir que se puede grabar y borrar información almacenada, esto se lleva a cabo exponiéndola a luz ultravioleta aunque por tener estas cualidades su costo en el mercado es elevado.

**EEPROM:** Al igual que la memoria anterior (EPROM) esta también es regrabable, pero existe una diferencia entre ellas puesto que para ser borrada se lo realiza eléctricamente, más sencillo que la EPROM. Es una EPROM avanzada. Se puede escribir y borrar por bloques determinados.

**OTP:** Al igual que la anterior se graba eléctricamente, la información almacenada no puede ser borrada, esta memoria tiene un bajo costo en el mercado por lo que la hace idónea para la utilización en productos finales.

**FLASH:** Es una memoria no volátil que tiene la misma característica que la EEPROM, la que permite borrar en bloques o en circuitos, también es regrabable y además se puede borrar, pero la diferencia es que esta memoria proporciona mayor capacidad en su almacenamiento de información.

La memoria FLASH es más utilizada en aplicaciones donde sea necesaria la modificación de información a lo largo de su uso, esta memoria es la sustitución de la EEPROM puesto que tiene mejor prestaciones para recibir instrucciones y con mayor espacio de memoria.

**Aplicaciones de Microcontroladores:** Existe una alta gama de microcontroladores los cuales son aplicados en un sinnúmero de sistemas, comúnmente estos sistemas son relativamente pequeños, por ejemplo en juguetes, televisores, frigoríficos, en el arranque de un motor de automóvil. etc.

La cantidad de sistemas o productos que están compuestos por un microcontrolador aumenta día a día, ya que son de bajo costo en el mercado, además ofrecen buenas soluciones a diversos problemas que se tiene al crear una aplicación.

Los microcontroladores tienen mayor cabida en el área de electrodomésticos (línea blanca, línea marrón) y en las aplicaciones computarizadas, estas pueden ser:

- **Sector doméstico:** Computadores (Ratón, Teclado), Lavadores, Hornos microondas, Impresoras, Aparatos de música, etc.
- **Robótica:** Se utiliza en gran cantidad en sistemas de control (extremidades, facciones del rostro, soportes prensiles, etc.)
- **Equipamiento informático:** impresoras, *scanners*, copiadoras.
- **Sistemas portátiles y autónomos:** Tales como marcadores de velocidad, temperatura, humedad etc.
- **Sector automotriz:** control centralizado de puertas y ventanas, climatizadores, inyección, alarmas, etc.

Un sistema puede estar construido por pequeñas partes las cuales pueden ser comandadas por un microcontrolador teniendo en cuenta que estos pueden comunicarse entre sí y con un procesador central el mismo que se encarga de coordinar a los microcontroladores subalternos de ese modo trabajan los PC, estos necesitan un procesador central para poder controlar a los demás microcontroladores. Estos microcontroladores pueden estar adaptados en el ratón, teclado, controlando una parte de este PC.

### **Arquitecturas de microcontroladores**

**Arquitectura Von Neumann y Harvard:** Valdez (2007, p.21) “sostuvo que en la memoria de un ordenador, un microcomputador o un microcontrolador se almacenan instrucciones y datos”. El CPU es el encargado de decodificar y ejecutar las instrucciones en un sistema, además la CPU tienen la capacidad de leer y escribirlos en su memoria.

Estas arquitecturas nombradas anteriormente las cuales son módulos del hardware pertenecientes a ordenadores tienen características diferentes por lo tanto proveen de soluciones diferentes en la conexión de la CPU referente a la organización de la memoria, a su organización, y a su almacenamiento de datos.

La diferencia entre estas dos arquitecturas es que en la arquitectura Von Neumann se utiliza una memoria única para el almacenamiento de datos e instrucciones, en cambio la arquitectura de Harvard utiliza memorias separadas para el almacenamiento de estos datos e instrucciones.

Para mejor comprensión el autor antes mencionado presenta dos figuras (figura 37 y 38) para una mejor apreciación de las diferencias que existen en las características de la arquitectura de Von Neumann y la de Harvard.

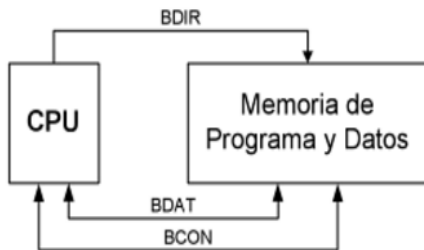


Figura 37: Arquitectura Von Neumann.

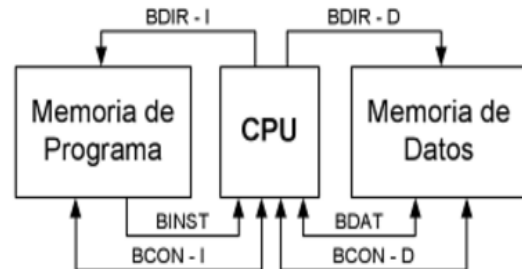


Figura 38: Arquitectura Harvard.

La figura 37 muestra que la Arquitectura Von Neumann por un bus de direcciones por él envía tanto instrucciones como datos, eso quiere decir que la señal que emite el CPU sirve tanto para leer un dato como para leer una instrucción. Esta arquitectura trabaja con dos memorias ROM Y RAM para el almacenamiento del programa y almacenamiento de los datos respectivamente, lo entiende el CPU como un bloque único (memoria-escritura y lectura), el CPU es el encargado de emitir la señal de control para las direcciones y de datos.

En cambio la figura 38 indica que la arquitectura Harvard utiliza una memoria para instrucciones y otra para datos. La memoria de programa tiene bus de direcciones, datos y el bus de control. Además la memoria de datos también tiene sus propios bus de direcciones, datos y de control puesto que esta memoria es independiente de la otra (ROM y RAM).

La ventaja de la arquitectura Harvard es que realiza su trabajo a mayores velocidades que la arquitectura Von Neumann, pero esta segunda tiene la ventaja de ocupar menos pines para su conexión.

**Arduino:** (Caicedo, 2014, p.7) sostuvo que “Arduino es una plataforma de prototipos electrónicos, creado en Italia, que consiste básicamente en una placa microcontrolador, con un lenguaje de programación de un entorno de desarrollo que soporta la entrada y salida de datos y señales”

Esta plataforma física de computación en un sistema digital el cual está conectado a actuadores y sensores que hacen posible interactuar con acciones físicas, este sistema se basa en un microcontrolador que contiene entradas/salidas y su lenguaje de programación es en C/C++.

Los microcontroladores ATMEGA son la base de Arduino este utiliza un lenguaje propio el mismo que se basa en el lenguaje de programación C/C++, su programación es lógica ya que se tiene la posibilidad de crear programas para ejecutarlos en un *hardware* para realizar ciertas acciones esta es una etapa llamada la etapa de procesamiento.

Arduino es una multiplataforma por lo que se puede utilizar en *Windows*, GNU/Linux y Mac OS, es de fácil programación y se puede aplicar en un sinnúmero de sistemas tanto en el campo domiciliario, industrial y educativo.

Arduino tiene un software de programación llamado *open source* que significa en español código abierto, lo que quiere decir es que se puede conseguir *softwares* gratis y fácilmente, además se puede distribuir estos dispositivos libremente sin restricciones por lo que hoy en día se ha hecho muy común su utilización en el campo eléctrico y electrónico.

**Estructura general de la programación en Arduino:** Todo programa diseñado en Arduino debe constar de tres secciones:

- a) Sección de declaración de las variables.
- b) Sección (*void setup*).
- c) Sección (*void loop*).

**a) Sección de declaración de las variables:** Esta sección está ubicada directamente al inicio del programa, en esta sección se determinan las variables que van a existir en el sistema propuesto.



**b) Sección (*void setup*):** En esta sección se determina la programación que se va a ejecutar una sola vez ya sea al encender el Arduino, al apagarlo o al resetearlo.

**c) sección (*void loop*):** Está ubicada luego de la sección *void setup*, la sección *void loop* está encargada de recibir todas las instrucciones que se van a repetir una y otra vez hasta que el Arduino se apague o se resetee.

**Variables del Programa Arduino:** Las variables de programación son un elemento del programa diseñado que se encarga de guardar un contenido determinado. Este contenido puede ser un valor de un parámetro o propiamente de una variable, teniendo en cuenta que se le puede modificar a conveniencia, es necesario tomar en cuenta que esta parte del programa es muy importante puesto que para el procesamiento de cualquier dato u valor para el funcionamiento del sistema se lo debe determinar cómo variable.

Se puede dar valores asignados a las variables así como también este valor puede ser el resultado de una operación matemática o de un cálculo, puede que el valor de la lectura que arroje un sensor determinado conectado como una entrada en el sistema, etc.

**Declaración de variables:** Para poder hacer uso de cualquier variable en el programa primeramente se la debe crearla, a esta acción se le conoce como (declaración de la variable), cuando se declara una variable es importante especificar su tipo (números enteros, números decimales, cadena de caracteres, etc.) dependiendo el valor que se requiera almacenar. Se debe ser muy cuidadoso en la determinación de tipo de variable porque en caso de designar a un valor un tipo de variable y este no coincide con la necesidad del sistema podría trabajar incorrectamente el programa implementado.

La forma de determinar la variable se la realiza de la siguiente manera:

Tipo de variable, nombre de la variable=...

## Tipos de placas de Arduino

- **Placas oficiales:** Las placas oficiales existen un extenso grupo cada una de ellas está dada para un determinado fin, estas son compatibles con los módulos oficiales y con los *shield*. Tomando en cuenta que la placa Arduino UNO es la estándar, estas placas que a continuación están enlistadas en la tabla 2, son una adición para ofrecer soluciones específicas donde la placa Arduino UNO no es capaz de hacerlo.

Tabla 2: Clases de placas oficiales de ARDUINO

ARDUINO DUE	ARDUINO DUEMILANOVE	ARDUINO MICRO
ARDUINO FIO	ARDUINO LEONARDO	ARDUINO LILYPAD
ARDUINO PRO	ARDUINO PRO MINI	ARDUINO YUN.
ARDUINO ESPLORA	ARDUINO ETHERNET	ARDUINO BT
ARDUINO MEGA	ARDUINO DIECIMILA	ARDUINO UNO
ARDUINO ZERO	ARDUINO MEGA ADK	ARDUINO NANO

**Placas no oficiales (compatibles):** Existen una enorme variedad de placas no oficiales creados por la comunidad que están diseñadas para dar soluciones que quizá no las pueden dar las placas oficiales. Estas placas son compatibles con Arduino pero no pueden ser registradas con el nombre de la familia Arduino ya que son elaboradas por otras compañías diferentes a la de Arduino.

El sufijo que utilizan estas placas es *DUINO*, las mismas que pueden ser compatibles en dos formas en *software* lo cual permite que sean programadas por Arduino IDE, o en compatibilidad para ser acopladas sin problema con los módulos *shilds* existentes propios de Arduino.

A continuación en la tabla 3 se enlista algunas de las placas no oficiales compatibles existentes en el mercado.

Tabla 3: Clases de placas no oficiales de ARDUINO

AVR.DUINO U+	SAINSMART UNO Y MEGA	BRASUINO
CHIBIDUINO2	DIAVOLINO	FREEDUINO
RASCAL	ROMEO 2012	ROBODUINO
SEEDUINO	TWENTY TEN	ZIGDUINO
FARADUINO	FLYDUINO MEGA	MOTODUINO
BANGUINO	BOARDUINO	FEMTODUINO
JEENODE	LEAFLABS MAPLE	PICODUINO
SANGUINO	NETDUINO PLUS 2	TINYDUINO
TINYLILY	VERSALINO UNO	MOTEINO
BAMBINO 210	PARALLAX PROPELLER	THEUNO
GOLDILOCKS	PINGUINO:	PCDUINO
SODAQ	FREADUINO	TEENSY
FUNDUINO	RUGGEDUINO	BQ ZUM BT-328

**Lenguaje de programación Arduino (lenguaje C/C++):** El programa requerido para llevar a cabo un *sketch* de instrucciones es Arduino IDE, en este se lleva a cabo la programación en lenguaje Arduino el cual es entendible, en el programa existe un comando llamado “compilar” este no es más que el encargado de traducir el lenguaje Arduino en un programa entendible por los microcontroladores que son un sinnúmero de *bits* (es decir, 1s y 0s).

El código de máquina es el lenguaje que entienden los microcontroladores, también llamado código binario que consiste en un conjunto de impulsos eléctricos, estos impulsos resultan de la compilación de un *sketch* en el programa Arduino. Es imposible escribir en un programa de máquina directamente, en vista de esto la compañía Arduino ha creado este programa ya explicado anteriormente (programa Arduino IDE).

El lenguaje Arduino es un conjunto de instrucciones en C y C++ (camuflados) que están creadas para reducir el proceso de un programa en microcontroladores AVR. En el momento que se empieza a escribir en el lenguaje de programación Arduino inconscientemente se está programando en una versión simplificada de lenguaje C/C++.

El lenguaje C y C++ tienen la calidad de ser potentes, ligeros y flexibles porque tienen una inmensa variedad de librerías funcionales y además los sketches implementados y compilados son inmensamente rápidos, eficientes.

## CAPITULO III

### DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

#### 3.1. Selección de equipos y dispositivos del sistema.

##### 3.1.1. Dispositivos de control y supervisión.

En la parte de control serán utilizados los siguientes dispositivos tomando en cuenta las necesidades del sistema.

**Supervisor de fases:** En el sistema es el encargado de la supervisión del suministro de red pública, monitorea la pérdida de fases, valores máximos y mínimos de voltaje de la red. Se utilizará el modelo 3UG05 en siemens, de voltaje 220 VAC, contiene un contacto eléctrico conmutable y dos perillas de regulación para establecer un rango de voltaje normal de trabajo del sistema.

Se opta por utilizar este dispositivo debido a su seguridad, confiabilidad y además no necesita de un importante espacio para su montaje.

**Contactores:** Existen dos fuentes de energía eléctrica en el sistema, suministro de energía de red y fuente de reserva, por lo tanto es necesario que el prototipo contenga dos contactores.

Dado que estos contactores solamente serán para simulación y no van a alimentar a una carga determinada, su capacidad de potencia hacia la carga no es importante. Para este sistema se escoge el modelo 3RT2015 en la marca siemens, ya que son fáciles de obtenerlos por su costo y reconocimiento en el mercado local.

**Relés de control:** Teniendo en cuenta que el voltaje de salida de los microcontroladores es de 5VDC, es necesario la utilización de relés que trabajen a ese mismo voltaje.

Existe un Shield de Arduino prediseñado que se compone de ocho relés de control con estas características, que además soportan 5 A en su contacto eléctrico conmutable, dicha cantidad es suficiente para solventar la corriente de consumo de la carga de las bobinas de los contactores, luces y dispositivos que estarán conectados a ellos.

### 3.1.2. Dispositivos indicadores y de maniobra.

Son todos los dispositivos que se utilizarán en el sistema para indicar un estado y para definir una acción determinada en el programador, por ejemplo el modo de operación, dar una señal para activación o desactivación de un dispositivo, etc. En la siguiente figura se visualiza todos los dispositivos de este tipo utilizados en el sistema.



Figura 39: Dispositivos de indicadores y de maniobra del sistema.

Para realizar la transferencia automática de energía y todo lo que interviene para esta acción, es necesario los siguientes dispositivos indicadores y de maniobra:

**Luces indicadoras:** Para este sistema se requiere cuatro luces indicadoras de los diferentes estados del sistema como son el encendido de los contactores de red de energía normal y de emergencia, para visualizar fallas y activación de grupo electrógeno.

**Pulsador tipo hongo:** Seleccionado como pulsador de emergencia, escogido para el accionamiento rápido por la forma de su superficie en caso de una anomalía en el sistema, ya sea por falla o simplemente por mantenimiento del mismo. Todo el sistema depende de su estado, ya que si se encuentra activado todos los dispositivos no realizarán ninguna acción.

**Selector:** Escogido para el modo de operación del sistema, entre sus características es necesario que sea de tres posiciones, para seleccionar el modo de operación manual, automático y apagado del sistema.

**Pulsador:** En el sistema se lo utiliza para resetear fallas del sistema provenientes de los parámetros tomados de los sensores.

**Pulsador doble:** Es un pulsador conmutable, necesario para la activación manual del grupo electrógeno, en la acción del encendido y apagado del mismo. Se caracteriza por el accionamiento conmutable de sus contactos, esto es necesario ya que se activará uno de ellos a la vez.

### 3.1.3. Equipos principales

**Motor:** Designado para simular la velocidad del grupo electrógeno. Las características que tendrá este motor son las siguientes: 1/2 Hp de potencia, 1500 rpm de velocidad, 220VAC. Ya que este motor está determinado solo para la simulación de velocidad no se requiere de un cálculo adicional para determinar dichas características, lo más importante es la velocidad de trabajo, puesto que en la simulación debe marcar el mismo valor de velocidad que la del grupo electrógeno (1500 rpm).

**Variador de frecuencia:** Este dispositivo tiene como finalidad variar la velocidad del motor eléctrico que simulara la velocidad del grupo electrógeno. El motor utilizado en el sistema es de 1/2 Hp, es necesario utilizar un variador que soporte dicha potencia.

Este equipo será utilizado principalmente para provocar fallas de velocidad en el sistema, disminuyendo la velocidad del motor para que de esa manera el sensor de la señal de una baja velocidad.

Para este prototipo se utilizará un variador Mitsubishi de 1Hp, serie D700, el mismo que soporta un amperaje máximo de 3 A, y una potencia de 1 Hp.

**Selección de placa Arduino:** Para seleccionar la placa Arduino es necesario primeramente detallar el número de señales de entradas y salidas requeridas para implementar este sistema.

Teniendo claro el número de señales digitales y analógicas que van a conformar al sistema, se puede seleccionar la placa que se utilizará en este proyecto, misma que debe cumplir con las características necesarias para lograr los requerimientos del proyecto.

Para procesar las diferentes señales proporcionadas por los circuitos acondicionadores de señal se empleará un elemento inteligente llamado Arduino, es una plataforma de *hardware* libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo, diseñada para facilitar el uso de microcontroladores en múltiples proyectos.



La tabla 4 que se muestra continuación, especifica todas las entradas y salidas que se utilizarán en el prototipo.

Tabla 4: Descripción de las Señales del Sistema.

SEÑAL	DESCRIPCION	TIPO DE SENAL		NUMERO DE PINES NECESARIOS
		Digital	Analógica	
ENTRADAS	Pulsador de Emergencia	✓		1
	Selector Manual	✓		1
	Selector Automático	✓		1
	Pulsador de Arranque	✓		1
	Pulsador de paro de Sistema	✓		1
	Pulsador de Reset	✓		1
	Supervisor de Fases	✓		1
	Sensor de Temperatura		✓	1
	Sensor de Presión		✓	1
	Sensor de Velocidad	✓		1
SALIDAS	LCD	✓	✓	D= 14 A= 6
	Relé para Energía Normal	✓		1
	Relé para Energía de Emergencia	✓		1
	Relé de Inicio de Sistema	✓		1
	Relé de Reset	✓		1
	Relé de Paro de sistema	✓		
		TOTAL	Pines Digitales	28
			Pines Analógicas	8

Para este proyecto se utilizará la placa Arduino ADMEGA 2560, teniendo en cuenta el número de entradas y salidas estudiadas anteriormente, puesto que esta placa tiene muchas ventajas en relación a la Arduino UNO.

Muestra a continuación la figura 40 el aspecto físico de Arduino MEGA 2560.



Figura 40: Apariencia física de ARDUINO MEGA

Arduino Mega 2560 es una placa electrónica basada en un microcontrolador Atmega2560. Cuenta con 54 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 15 se pueden utilizar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 *UARTS* (*hardware* puertos serie), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP, y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para utilizar el microcontrolador, simplemente conectarlo a un ordenador con un cable USB y proporcionarle una alimentación de 12 VDC para su funcionamiento.

La placa Arduino MEGA 2560 presenta las características mostradas en la tabla 5 a continuación.

Tabla 5: Ficha técnica de ARDUINO MEGA 2560.

Microcontroladores	Atmega2560
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Digital pines I / O	54 (de las cuales 15 proporcionan salida PWM)
Pines de entrada analógica	16
Corriente DC por E / S Pin	20 mA
Corriente DC de 3.3V Pin	50 mA
Memoria flash	256 KB de los cuales 8 KB utilizado por el gestor de arranque
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Velocidad de reloj	16 MHz
Largo	101.52 mm
Ancho	53,3 mm
Peso	37 g

Fuente: Anónimo, 2010, p1

**Sensores del sistema:** Puesto que todos los generadores comerciales ya cuentan con sensores para medir diferentes parámetros del mismo, resulta más conveniente emplear estos como fuente de medición de los parámetros eléctricos en este sistema, por cuanto ya han sido probados ampliamente en esta aplicación.

- **Sensor de Presión de Aceite:** El sistema de lubricación de la máquina, es uno de los puntos críticos y de mayor riesgo de la misma, por ello es necesario controlar y monitorear la presión de aceite del motor, ya que las bajas presiones de este evitan tener una buena lubricación de las piezas, por lo se desgastan y provocan que el motor no esté en buenas condiciones mecánicas.

El sensor utilizado comúnmente para medir la presión de este tipo de generadores tiene un rango mínimo de presión que se sitúa en 0.8 (+0.3Bar), a partir de valores menores a este valor actúa el switch del sensor, cambiando de posición.

En las pruebas de funcionamiento del sistema, un potenciómetro de mismas características de resistencia que el sensor será el que envíe la señal a la placa para su procesamiento y generación de alarmas.

- **Sensor de Temperatura:** Se trata de una resistencia NTC que funciona en forma inversa a la normal pues en baja temperatura cuando empieza el funcionamiento del motor ofrece un elevado valor resistivo y cuando se calienta presenta un bajo valor.

Este sensor se encuentra localizado en el circuito del líquido refrigerante, así es posible que el control del motor se adapte exactamente a la temperatura del servicio del motor. El margen de temperaturas se sitúa de 20 °C a 105 °C.

- **Sensor de Velocidad (*Sensor tipo Hall de Arduino*):** El sensor tipo hall de Arduino, será el encargado de medir el número de revoluciones por minuto del motor. La placa característica del generador menciona que el motor trabaja a 1500 rpm, en condiciones normales. Este sensor necesita colocarse cerca de una aleta del ventilador a una distancia de 5mm (+-2mm), dicha aleta debe contener un imán colocado en la posición correcta para que pueda ser detectado por el sensor Hall.

### 3.1.4. Selección del Tablero de conexionado

Debido a las necesidades del sistema, por los equipos y dispositivos que se utilizarán, se elige un tablero prediseñado, mismo que tiene suficiente espacio para el montaje de estos equipos y dispositivos, cumple con las necesidades requeridas para este proyecto en cuanto a espacio y calidad, así garantiza durabilidad de la estructura del prototipo.

Otra de las ventajas al utilizar este tipo de tableros es la parte económica, puesto que su costo de adquisición no es elevado, a diferencia de otras marcas. En este prototipo se elige un tablero metálico *beaucoup*, con las siguientes medidas:

**Ancho:** 300 mm

**Largo:** 400 mm

**Profundidad:** 200 mm

**Características:** Contiene doble fondo para colocación de dispositivos internamente en el tablero, hermético.

A continuación se presenta la figura 41, para visualización del tablero utilizado en el prototipo.



Figura 41: Tablero de conexionado.

### 3.2. Diseño conceptual

El diseño conceptual es una parte fundamental del proyecto ya que en este se apuntan los posibles equipos y dispositivos que serán parte del sistema.

El siguiente diagrama explica la estructura total del sistema, la misma que consta de entradas como son los sensores, pulsadores, supervisor de fases y salidas a relés, además consta de un LCD para visualización de los parámetros antes mencionados, así mismo muestra la designación de los pines para cada uno de los dispositivos.

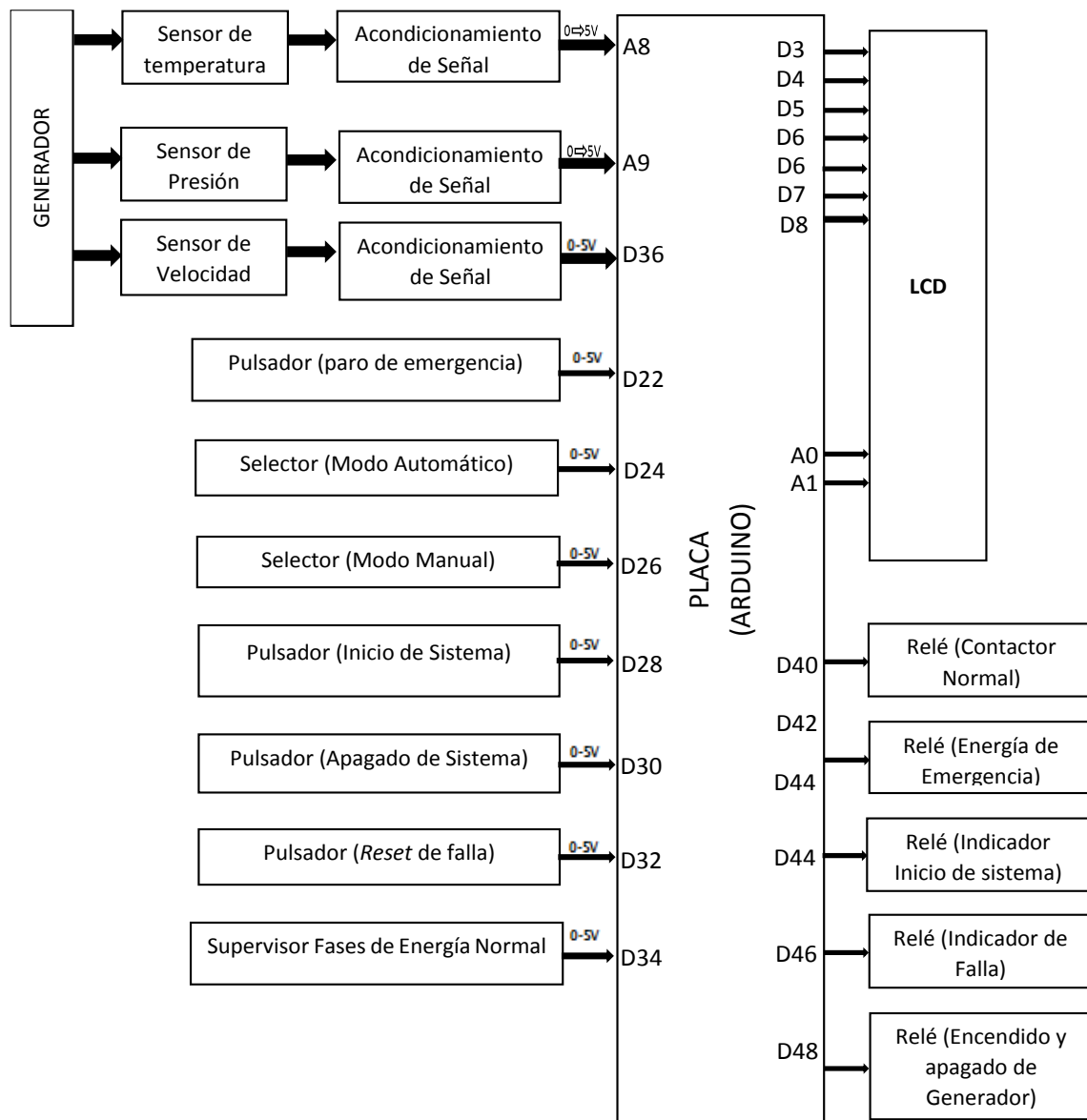


Diagrama 1: Diseño conceptual

### 3.2.1. Señal de pérdida de energía normal

En este sistema propuesto la señal está dada por un supervisor de fases, este dispositivo censa anomalías en la Red Eléctrica externa en este caso variaciones de tensión, de presenciar esta falla actúa inmediatamente cambiando de posición su contacto eléctrico conmutable, el mismo que tiene designado el pin digital 36 en la placa Arduino. Una programación determinada permitirá el procesamiento de esta señal y así se podrá inspeccionar la pérdida de cualquiera de las líneas, además de los bajos y altos voltajes de las mismas, cabe indicar que los rangos de actuación de valores de tensión del supervisor son programables, esta programación se la puede modificar en el mismo dispositivo.

### 3.2.2. Entradas del sistema

**Señales Analógicas:** La señal que puede recibir la placa ARDUINO en los pines analógicos es de 0 a 5 voltios en corriente continua, mediante esta variación de voltaje se puede dar una magnitud a cualquier variable física, dicha variable requiere ser medida por un sensor específico, el cual arroja una señal que se acondiciona para las diferentes aplicaciones que existen en el medio.

Las señales analógicas y los pines a los que estarán conectadas son:

- Señal de Temperatura: Pin analógico A8.
- Señal de Presión de aceite: Pin analógico A9.

**Señales digitales:** Las señales digitales no requieren de un circuito acondicionador ya que están dadas solamente por un contacto eléctrico, el mismo que se le puede someter a la señal que es capaz de recibir el microcontrolador (0V o 5V), abierto o cerrado.

Las señales digitales de las que se compone este sistema y los pines a las que estarán conectadas son:

- Señal de pulsador de emergencia: Pin digital 22.
- Señal de selector posición automática: Pin digital 24.
- Señal de selector posición manual: Pin digital 26.
- Señal de pulsador de encendido de generador: Pin digital 28.
- Señal de paro de generador: Pin digital 30.
- Señal de pulsador de “Reset” de fallas: Pin digital 32.
- Señal del supervisor de fases: Pin digital 34.
- Señal de Velocidad del motor (Sensor hall): Pin digital 36.

### **3.2.3. Salidas del sistema**

Las salidas dependen de las condiciones en que se encuentren los parámetros de las señales de entrada analógicas y digitales, el algoritmo utilizado para la programación de la placa Arduino, dirigirá la activación y condicionamiento de las salidas del sistema.

Las señales de salidas del sistema y los pines designados para su activación son:

- Señal para encender contactor de energía Normal: Pin digital 40.
- Señal para encender contactor de Grupo Electrógeno: Pin digital 42.
- Señal para indicador de encendido de generador: Pin digital 44.
- Señal de salida para indicar falla del sistema: Pin digital 46.
- Señal para encender el Generador: Pin digital 48.
- Señales para la pantalla LCD: Pines (digitales 3,4,5,6,7,8 y analógicos A0, A1)



### 3.3. Diseño del *hardware* (diagrama de bloques)

Es la representación gráfica del funcionamiento interno de un sistema, lo cual se realiza mediante bloques y sus relaciones, y que además, define la organización del sistema en general.

A continuación se presenta el Diagrama 2 (diagrama de bloques). Este diagrama indica las condiciones e indicadores que existen en el sistema tales como: lecturas de variables de temperatura, presión de aceite y velocidad del motor además presenta las fallas provenientes de estas variables.

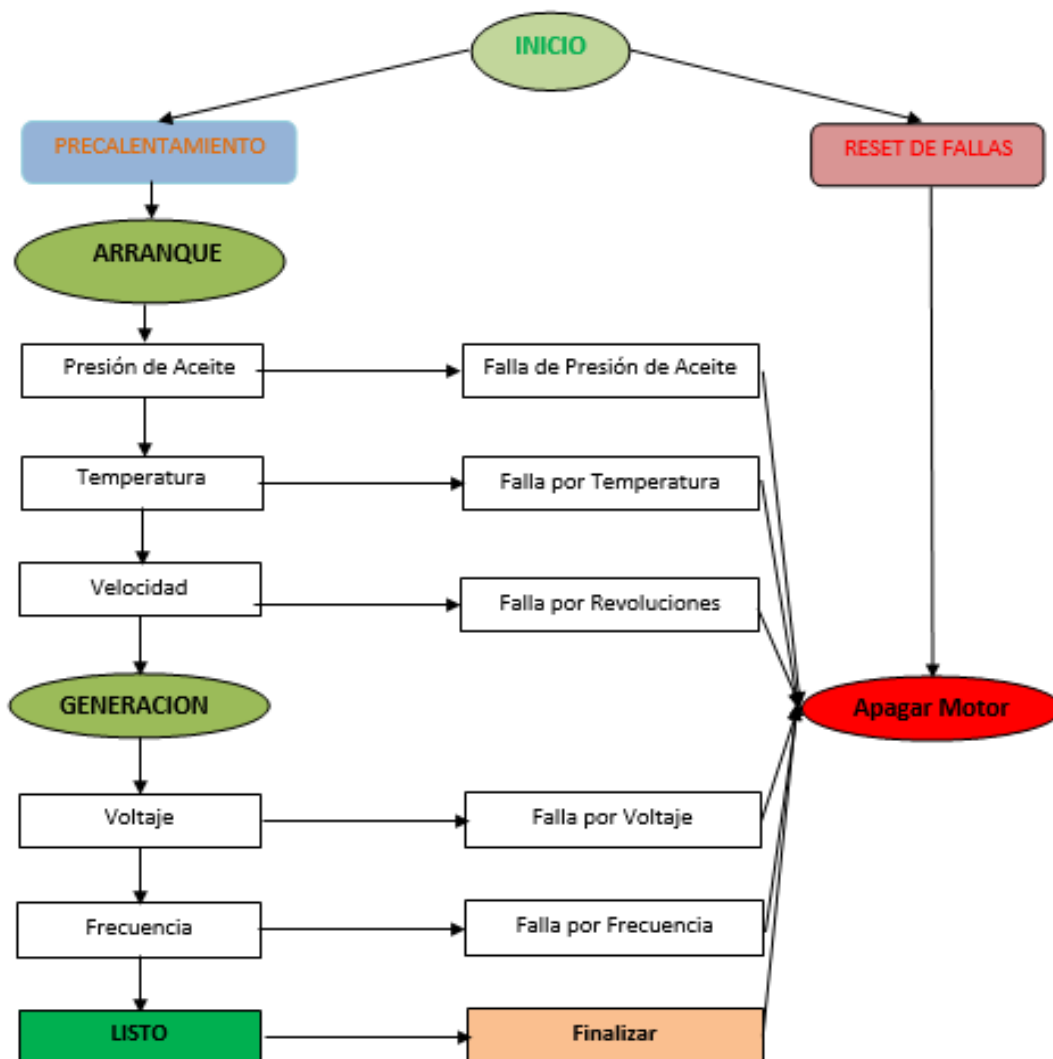


Diagrama 2: Diagrama de bloques

Estas variables condicionarán al sistema y al funcionamiento del grupo electrógeno, además es necesario incluir la señal de frecuencia de salida generada para garantizar el funcionamiento correcto del sistema, en caso de que cualquiera de estos parámetros se encuentren fuera del rango óptimo establecido por el fabricante o previamente determinado en nuestro sistema se procederá a la desconexión del grupo electrógeno.

### 3.4. Diseño y construcción de circuitería del sistema

#### 3.4.1. Construcción del Circuito regulador de voltaje.

La batería del generador es la encargada de proporcionar alimentación a este sistema. El voltaje proveniente de esta batería es de 12VDC por este motivo es necesario crear un circuito regulador el cual va a tener como objetivo estabilizar el voltaje a 5 VDC, esto lo hace posible el encapsulado LM7805, este dispositivo es capaz de recibir voltajes que se encuentren entre (7 a 25) VDC y reducirlos a 5VDC, además este dispositivo electrónico tiene la característica de que independientemente exista variación de voltaje en su entrada, el voltaje de salida va a hacer el mismo.

La figura presentada a continuación muestra el diseño del circuito eléctrico regulador de voltaje.

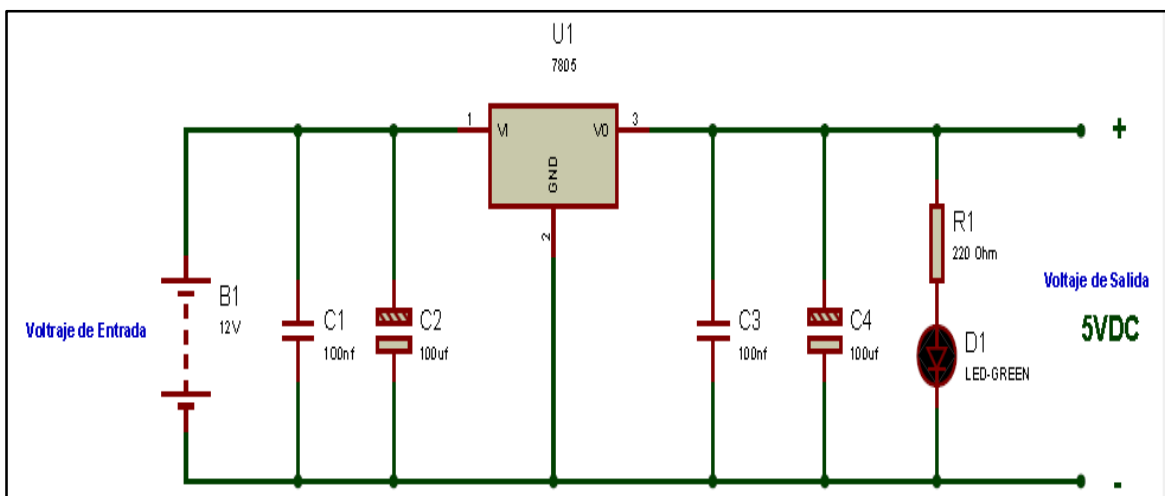


Figura 42: Circuito regulador de voltaje.

La salida de 5 VDC proveniente del circuito regulador será la encargada de proporcionar el voltaje requerido para el accionamiento de los relés de control, además suministrarán energía a los circuitos acondicionadores de señal y a las entradas digitales existentes.

En la construcción de este circuito se utiliza borneras en la entrada y salida del circuito para facilidad de conexión, así muestra la figura 43 a continuación.

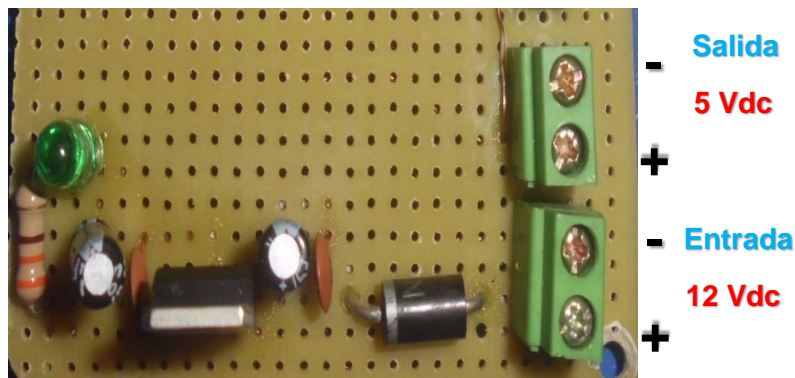


Figura 43: Apariencia física de circuito regulador de voltaje.

### 3.4.2. Circuitos acondicionadores de señal de entradas analógicas.

Los circuitos acondicionadores son los encargados de preparar las señales de los diferentes parámetros eléctricos de los sensores y en este caso acondicionarlas para Arduino, para que este pueda procesar y monitorear las variables arrojadas por estos sensores.

#### 3.4.2.1. Circuito acondicionador de señal (sensor de temperatura)

Este circuito es el encargado de adecuar la señal del sensor de temperatura, la cual es una señal resistiva, para luego convertirla a una señal que la placa Arduino sea capaz de controlar, el sensor de temperatura produce una variación de resistencia a medida que varía la temperatura.

La relación existente entre la resistencia que arroja el sensor y temperatura a la que está expuesto es inversamente proporcional, es decir mientras mayor sea la temperatura menor va a ser la resistencia que arroje el sensor en sus salidas y viceversa.

Como se explicó anteriormente los pines analógicos de la placa ARDUINO pueden estar sometidos a un voltaje que varíen en rango de (0 a 5) VDC, teniendo en cuenta esta aclaración, por medio del circuito acondicionador se debe lograr obtener en su salida una diferencia de voltaje entre este rango, de esa manera se puede lograr monitorear y visualizar en la pantalla LCD la temperatura a la cual está expuesto el sensor, relacionando el voltaje que arroje este circuito por medio de una programación respectiva en la placa Arduino. El circuito diseñado para la adecuación de este sensor se muestra en la figura 44 a continuación.

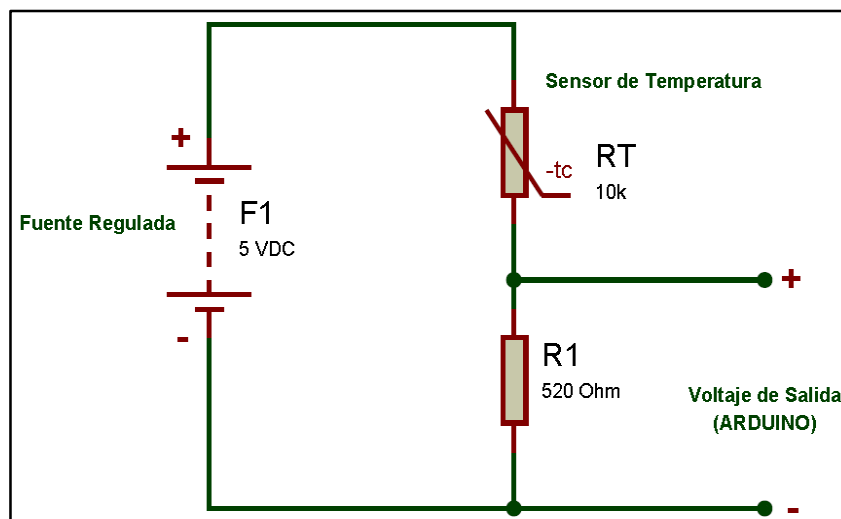


Figura 44: Circuito acondicionador de sensor de temperatura

Como muestra la figura anterior la fuente reguladora de voltaje es la encargada de alimentar 5VDC a este circuito. Según la curva característica del sensor de temperatura (Figura 24: Curva característica de Sensor de temperatura) mostrada anteriormente el valor de resistencia equivalente a la temperatura máxima que el sistema será capaz de recibir ( $120^{\circ}\text{C}$ ) es de  $70\Omega$ , y la resistencia equivalente es igual a  $4000\Omega$  cuando él esté expuesto a la temperatura mínima que en este caso es de  $20^{\circ}\text{C}$ , que es la temperatura ambiente del agua. Con estos datos se procede a calcular R1 la misma que por medio de un divisor de voltaje ayuda a que exista una variación de voltaje a la salida del circuito, esta variación de voltaje llega hasta una entrada analógica de la placa Arduino (A8).

Para calcular R1 se lo realiza de la siguiente manera.

**Datos:**

**RT1**= 4000  $\Omega$  (Cuando la temperatura es 20°C)

**RT2**= 70  $\Omega$  (Cuando la temperatura es 120°C)

**I**= 20mA Corriente aproximada de sensor

$$I = \frac{VCC}{RT+R1}$$

$$R1 = \frac{VCC}{I} - RT1 ; \quad R1 = \frac{5VDC}{20mA} - 70\Omega ; \quad R1 = 180 \Omega$$

Para calcular los voltajes máximo y mínimo de la salida del circuito acondicionador cuando el sensor este expuesto a estos límites de temperatura se lo realiza por medio de un divisor de voltaje como se indica a continuación.

$$V1 = VCC \frac{R1}{RT1+R1} \quad (\text{Cuando la temperatura es } 20^\circ C)$$

$$V1 = 5VDC \frac{180\Omega}{4000\Omega+180\Omega} ; \quad V1 = 0.22VDC$$

$$V2 = VCC \frac{R1}{RT2+R1} \quad (\text{Cuando la temperatura es } 120^\circ C)$$

$$V2 = 5VDC \frac{180\Omega}{70\Omega+180\Omega} ; \quad V2 = 3.6VDC$$

### 3.4.2.2. Circuito acondicionador de señal (sensor de presión de aceite).

Este circuito tiene las mismas características que el circuito anterior puesto que está conectado a la alimentación regulada de 5VDC, la misma que alimenta en serie al sensor y una resistencia R1. Al igual que el sensor de temperatura, la relación de presión vs resistencia es inversamente proporcional.

El circuito acondicionador de presión diseñado se muestra en la siguiente figura.

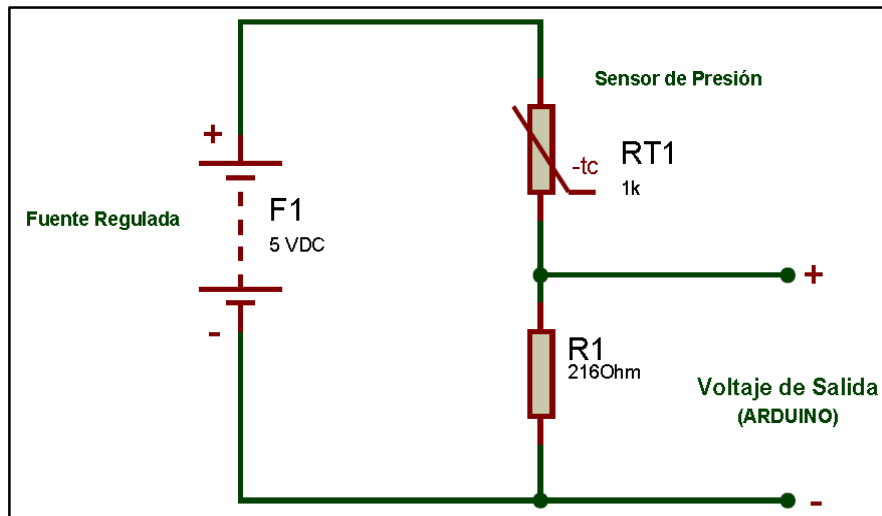


Figura 45: Circuito acondicionador de sensor de Presión.

Guiándose por los valores de resistencia de salida del sensor de presión (Tabla 1: Tabla característica de sensor de presión de aceite) cambian en cuanto al sensor de temperatura, para calcular el valor de R1 se lo realiza de la siguiente manera:

**Datos:**

**RP1**= 226Ω (Cuando la Presión =0 Bar)

**RP2**= 34Ω (Cuando la Presión =8.6 Bar)

**I**= 20Ma

$$I = \frac{VCC}{RT1+R1}$$

$$R1 = \frac{VCC}{I} - RT1 ; \quad R1 = \frac{5VDC}{20mA} - 34\Omega ; \quad R1 = 216\Omega$$

El cálculo de voltajes máximo y mínimo de la salida del circuito acondicionador de presión se toma como referencia a **P1=0 Bar**; **P2= 8.6 Bar** y está dado de la siguiente forma:

$$V1 = VCC \frac{R1}{RP1+R1} \quad (\text{Cuando la Presión =0 Bar})$$

$$V1 = 5VDC \frac{216\Omega}{226\Omega + 216\Omega}; \quad V1 = 2.44VDC$$

$$V2 = V_{CC} \frac{R1}{RT2 + R1} \quad (\text{Cuando la Presión} = 8.6 \text{ Bar})$$

$$V2 = 5VDC \frac{216\Omega}{34\Omega + 216\Omega}; \quad V2 = 4.32VDC$$

Muestra la figura 46 a continuación la forma y distribución de la tarjeta que contiene a los circuitos acondicionadores de señales analógicas.

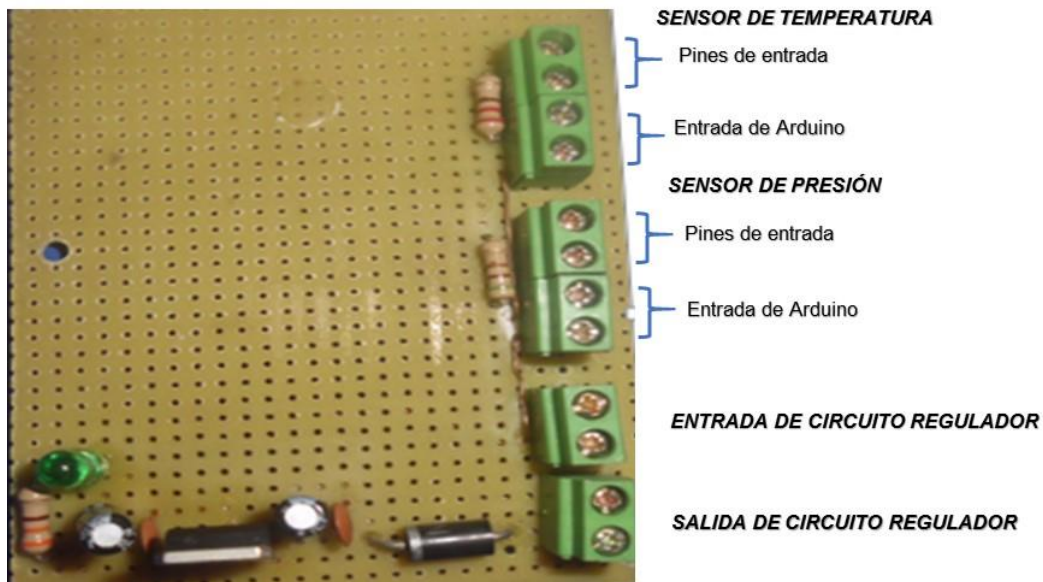


Figura 46: Distribución de pines de la tarjeta.

### 3.4.3. Diseño y construcción de circuitería de entradas y salidas del sistema.

#### 3.4.3.1. Circuitería de entradas (digitales y analógicas).

Como se explicó anteriormente en la selección de la placa, este sistema consta de ocho entradas digitales y dos analógicas, las entradas digitales que están conectadas en los pines que se observan en la siguiente figura, son alimentadas por la fuente reguladora de voltaje, esta fuente proporciona 5VDC para el uso de los pines digitales como entradas, dado que esta placa al recibir o no voltaje (5VDC), lo toma como un alto o un bajo respectivamente

para su procesamiento. Entre esas entradas digitales se localiza el sensor de velocidad encargado de medir las RPM del motor.

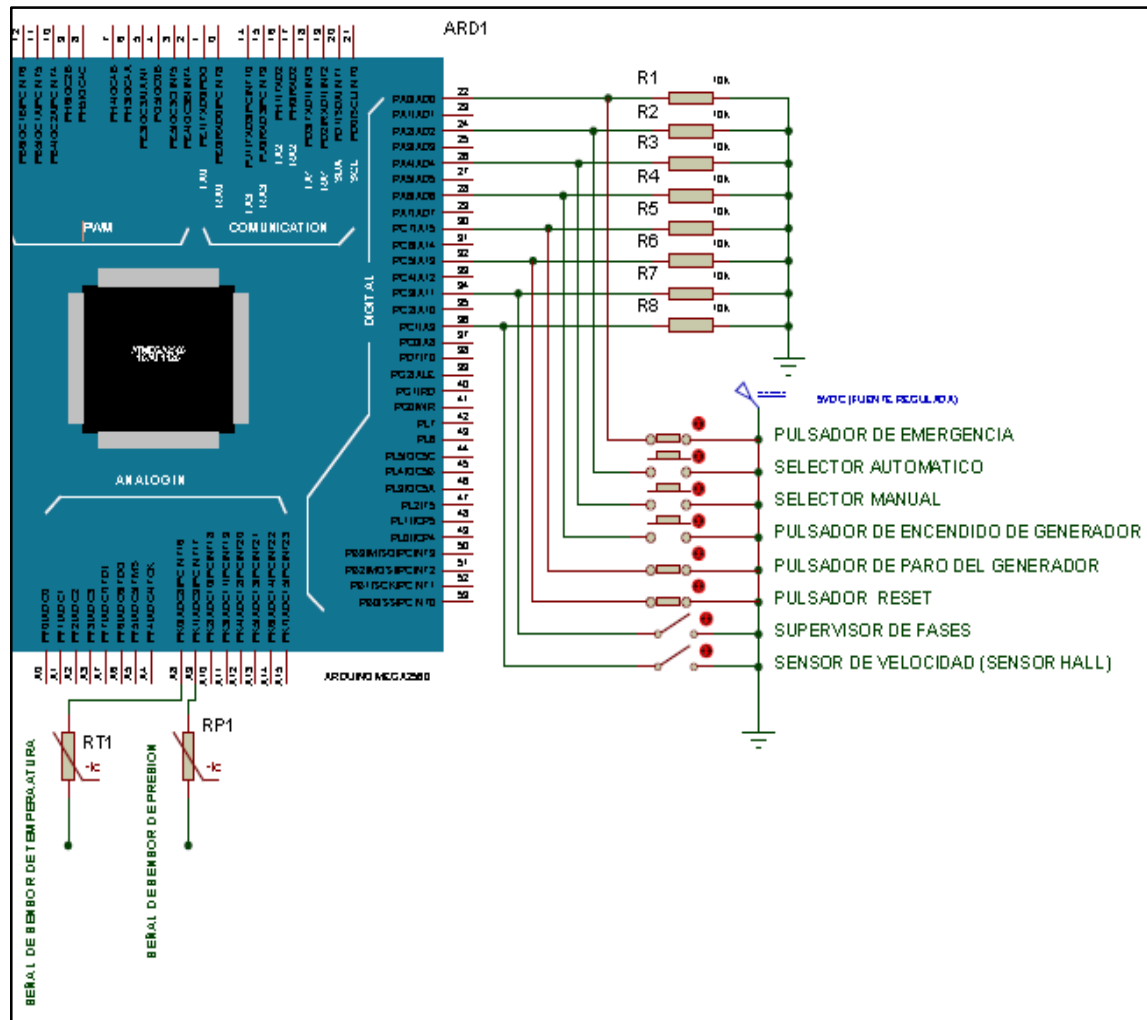


Figura 47: Circuitería de entradas digitales y analógicas.

Un autor sostuvo que “Para lograr medir velocidad angular mediante un sensor por efecto hall y Arduino, se lo realiza directamente por medio de un código digital” (Venegas, 2009, p.1) de esa manera mediante ese código digital se puede hacer un arreglo en el programa para saber a cuantas revoluciones por minuto se encuentra el motor del generador.

Las señal de las entradas Analógicas provienen de los sensores de temperatura y de presión, las cuales están conectadas en el pin A8 y A9 correspondientes a las entradas analógicas del microcontrolador por facilidad de conexión, ya que las anteriores entradas (A0-A7) las ocupa *shift* LCD y se torna más complicada su conexión.



### 3.4.3.2. Circuitería de salidas

La figura que se presenta a continuación (Figura 48: Conexionado de salidas a relés y “SHIFT LCD”), muestra los pines designados para las salidas a relés así como a los pines digitales a los cuales está conectada la pantalla LCD *shift* de Arduino.

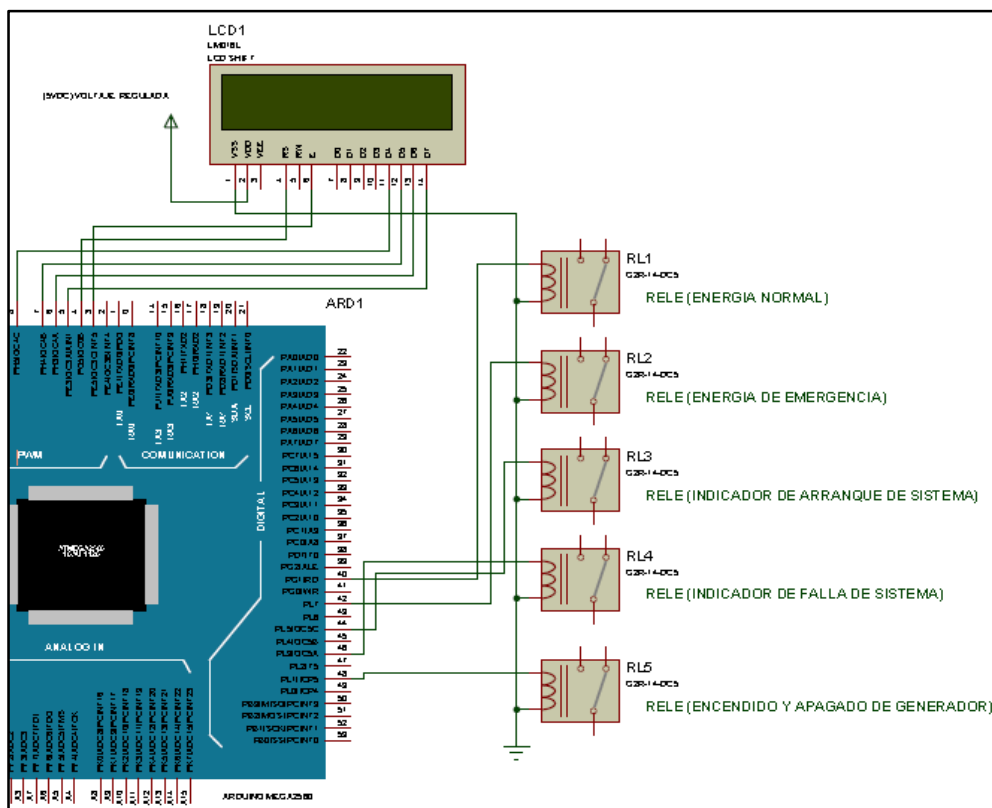


Figura 48: Conexionado de salidas a relé y *SHIFT LCD*.

El sistema consta de cinco salidas a relés los cuales están designadas en los pines que se muestra la figura 48 anteriormente, la bobina de los relés trabajan a 5VDC, estos relés se componen por un contacto conmutable el mismo que es capaz de soportar una corriente máxima de 5A.

La distribución de los pines de la pantalla LCD *shift* Arduino también se incluye en la figura, Estas pantallas constan de 16 pines designados para la visualización, los pines adicionales

solo son extensiones para poder ser conectados en la pantalla y luego usados. Sus usos son los siguientes:

- Pin 1 – VSS o GND
- Pin 2 – VDD o alimentación (+5V)
- Pin 3 – Voltaje de contraste. Se conecta a un potenciómetro.
- Pin 4 – Selección de registro. Aquí se selecciona el dispositivo para su uso.
- Pin 5 – Lectura/Escritura. se podrá escribir o leer datos en el LCD
- Pin 6 – *Enable*. Es el pin que habilita o deshabilita el LCD.
- Pin 7 hasta Pin 14 – Son los pines de datos por donde se envía o recibe información.
- Pin 15 – El ánodo del LED de iluminación de fondo (+5v).
- Pin 16 – El cátodo del LED de iluminación de fondo (GND)

### **3.5. Diseño del sistema de transferencia automática.**

Para llevar a cabo la transferencia automática de energía en el sistema, es necesario elegir el modo de operación automático mediante el selector manual/automático, que se encuentra localizado en el pin digital D24 de la placa, adicional el pulsador de emergencia no debe estar activado.

La transferencia automática del sistema propuesto está establecida por la condición en la que se encuentre la red de energía normal, bajo voltaje, sobre voltaje, pérdida de fases, la variación de estos parámetros fuera del rango programado en el supervisor de fases, da lugar a que se realice la transferencia automática con las siguientes acciones y tiempos:

- Primeramente el sistema está en constante monitoreo del estado que se encuentre el pin digital D34, al cual está conectado el contacto del supervisor de fases.
- Una vez que el supervisor de fases detecta una anomalía en la red, manda a conmutar su contacto eléctrico para dar la señal a la placa Arduino.

- Instantáneamente se enciende el grupo electrógeno mediante el relé número 5 del bloque, mismo que está conectado en el pin digital D48 y se desactiva la salida D40 designada para el relé número 1, para el encendido del contactor de energía normal,
- El tiempo de espera  $T_1$  ( $T_1=10$  seg) es el intervalo que existe desde el encendido del generador hasta la activación del contactor de energía de reserva, esta activación se logra mediante el relé número 2, mismo que está controlado por el pin digital D42 de la placa.
- Luego de eso, el sistema está en constante monitoreo de los sensores de temperatura de refrigerante (pin analógico A8), presión de aceite (pin analógico A9) y revoluciones del motor (pin digital D36), para supervisar que estos parámetros se encuentren dentro del rango correcto antes mencionados en este capítulo en la selección de dispositivos.
- Una vez que haya la reposición del suministro de energía de la red, el mismo supervisor de fases lo detectará y mandará a reponer nuevamente su contacto conmutable a la posición normal. Para evaluar y verificar la estabilización de la energía de red se le dará un tiempo ( $T_2=10$  seg) para el cambio nuevamente de contactor del generador al de red pública.
- El apagado del generador no ocurre conjuntamente con el cambio de contactor, es necesario realizar otro retraso de tiempo ( $T_3= 30$  seg) para la desconexión de este, ya que el generador necesita este tiempo para su enfriamiento. EL apagado se lo realiza de igual manera con el relé número 5 del bloque.

### **3.6. Descripción general del programa desarrollado.**

La placa Arduino usa como controlador al micro Atmega 2560 como cerebro principal, utilizando una programación en lenguaje de alto nivel revelando el estado y las configuraciones del sistema, así como también las diferentes actividades que se realiza en una pantalla LDC.

Para detectar el estado del sistema se adquieren las señales de los sensores de temperatura, presión del fluido de aceite en su funcionamiento normal, estas señales se las condicionan de manera que cumplan con las especificaciones de los fabricantes para ser interpretados por el programa y actuar en caso de ser necesario.

### 3.7. Acoplamiento de equipos y dispositivos del sistema.

El sistema consta con un motor de  $\frac{1}{2}$  Hp y un variador de frecuencia adicional al tablero de conexiones, cuyas características se explicaron anteriormente, por lo cual se dio la necesidad de fabricar un soporte para el acoplamiento total de estos dispositivos conjuntamente con el tablero de conexiones. Este soporte debe cumplir con una principal característica, debe ser capaz de acoplar los dispositivos y dispositivos mencionados con el tablero de conexiones, para que de esa manera se pueda manipular fácilmente todos los elementos que intervienen en el prototipo. La figura 49 muestra el sistema completo, donde intervienen los equipos mencionados así como también el tablero de conexiones.



Figura 49: Sistema prototipo completo

Una vez culminado el montaje de estos equipos, es necesario conectar el motor desde la salida del variador, cabe recalcar que el variador estará conectado a una fuente de alimentación trifásica de 220 VAC, para su funcionamiento. La figura anterior muestra también el cable de conexión del sensor tipo *Hall*, mismo que se encuentra localizado cerca del ventilador del motor.

Para fácil manipulación y visualización de los equipos fueron colocados sistemáticamente y en una posición correcta. Para el acoplamiento del tablero de conexionado fue necesario realizar una base rectangular de mismas dimensiones del mismo, sujeta con pernos y colocado a una altura de un metro para una mejor maniobrabilidad. El motor fue colocado en la parte baja del prototipo, por su peso y trabajo, sujeta con pernos al igual que el tablero de conexionado.

## CAPITULO IV

### PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

#### 4.1. Prueba de medición y calibración de sensores

Un autor sostuvo que “La calibración de sensores consiste en aplicar sucesivos valores de la magnitud de entrada, cuyo valor se determina con un sistema de medida de calidad superior al que se está calibrando” (Pallas, 1993, p.32)

Como indica el texto anterior para calibración de los sensores es necesario regirse a los valores que arroja un sensor patrón, puesto que este sensor mide con mayor exactitud y con menos margen de error. Los valores arrojados por los sensores de temperatura, presión y velocidad serán calibrados en relación a los valores que arrojen los sensores modelo.

##### 4.1.1. Sensor de temperatura

**Calibración de sensor de temperatura del refrigerante:** En principio para la calibración de este sensor es necesario realizar el lineamiento del mismo, el cual consiste en relacionar los valores de temperatura reales medidos con un dispositivo de medición vs los valores netos arrojados por el sistema. Para ello es adecuado someter a temperaturas iguales tanto al sensor como al dispositivo de medición.

A continuación muestra la tabla 6 las medidas realizadas de los valores reales de temperatura vs los valores netos que arroja el sistema.

Tabla 6: Valores netos del sistema vs Valores de temperatura reales.

V.NETO	TEM. REAL
877	83,3
837	66,2
781	57
718	48,5
664	42,2
615	37,1
581	34,1
502	26,6
400	17
354	11,4

Obteniendo estos datos es necesario realizar la gráfica respectiva para obtener la línea de tendencia y de este modo obtener la ecuación de la recta, como se indica en la figura 50 a continuación.

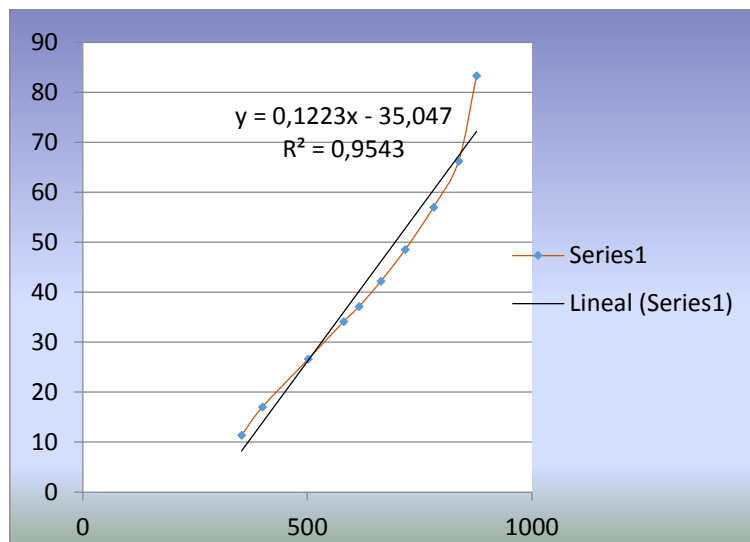


Figura 50: Gráfica de tendencia para calibración de sensor de temperatura

Mediante el programa Microsoft Excel se puede obtener la gráfica de tendencia y la ecuación de la recta, adicionalmente es necesario hallar R que no es más la desviación entre la curva perteneciente a la tabla anterior (tabla 6) y la tendencia lineal con la cual se compara. Se escogió el tipo de tendencia lineal porque es la que más se asemeja a la curva que arroja la mencionada tabla.

Las variables que aparecen en la ecuación se explican a continuación.

$$y = 0,1223x - 35,047$$

$$R^2 = 0,9543$$

**Donde:**

y = Dato real que se visualiza en el LCD.

X= Valor neto obtenido de la señal del sensor.

R<sup>2</sup> = Desviación de curva de tendencia.

La ecuación general para obtener la temperatura real en el sistema para procesamiento y visualización en el LCD es la siguiente.

$$y = ((0,1223x - 35,047)) / R^2.$$

**Medición de sensor de temperatura:** Es indispensable realizar las respectivas mediciones para comprobación de funcionamiento del sensor, así mismo es necesario tomar estos valores de temperatura desde el mínimo hasta el máximo valor (0 °C a 120 °C) a los cuales va a estar expuesto este sensor.

En este caso se comparan los valores que arroja el sistema con los valores obtenidos mediante un instrumento de medición llamado multímetro, cabe recalcar que los valores de temperatura a los cuales van a estar expuestos los dos sensores para comparación van a ser



valores variables a lo largo del rango de temperatura descrito anteriormente como lo indica la tabla 7.

Tabla 7: Lectura de temperatura del sistema vs Valores de temperatura reales.

T. MEDIDA (SISTEMA)	T. MEDIDA (MULTÍMETRO)
113,38	112,9
101,15	100,8
93,30	92,8
81,34	80,8
72,31	71,8
64,71	64,6
50,35	50,8
43,43	43,2
34,14	34,6
25,89	26,3
17,72	18,2
5,91	6,1

Se aprecia en la tabla anterior que existe una diferencia entre estos valores, la cual no es importante puesto que su variación no llega más allá de 0.5, este valor no influye en el objetivo de este sistema.

#### 4.1.2. Sensor de presión

**Calibración de sensor de Presión de aceite:** En esta calibración es necesario regular el potenciómetro que simula al sensor de presión a valores resistivos referentes a la tabla 1 antes mencionada, puesto que esa tabla especifica las características del sensor de presión en relación a la resistencia vs presión.

A continuación la siguiente tabla explica los valores reales de presión que se visualiza en el sistema, cuando está sometido a cierta cantidad de resistencia, sin realizar la calibración correspondiente.

Tabla 8: tabla de valores reales de presión vs valores netos del sistema.

V_RESISTENCIA ( $\Omega$ )	V_NETO	PRESION (BAR)
226	425	0
164	530	1,72
147	567	3,47
83	714	5,17
57	791	6,89
34	869	8,62

Para la calibración de este sensor es necesario graficar el valor neto del sistema vs lo que debe marcar de presión estando sometido el sensor a estos diferentes valores de resistencia como indica la figura 51 a continuación.

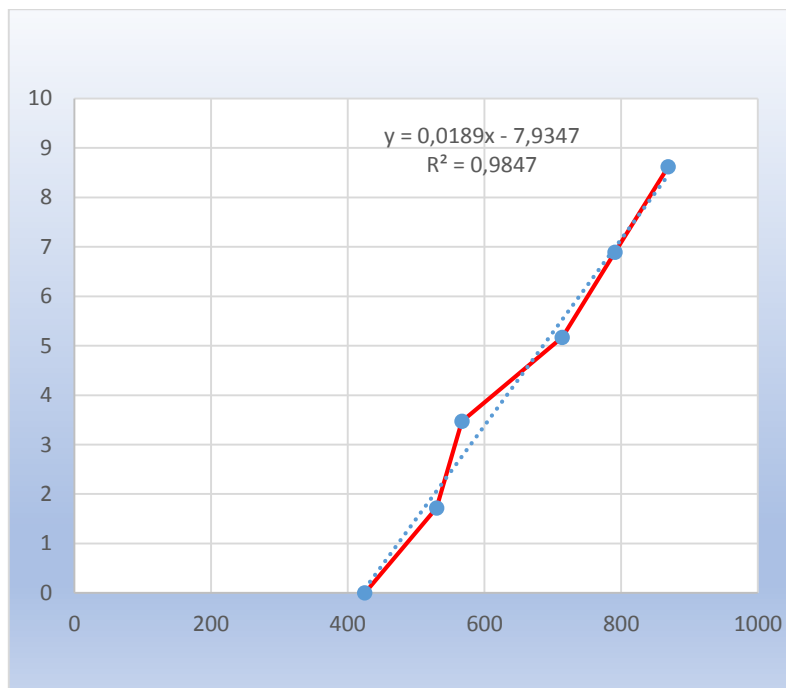


Figura 51: Curva de tendencia para calibración del sensor de presión.

La ecuación para esta calibración es la siguiente:

$$Y = 0,0189x - 7,9347$$

$$R^2 = 0,9847$$

Al igual que el sensor de temperatura (Y), es el valor calibrado real que se monitoria y se visualiza en el LCD, (X) es el valor neto del sistema y ( $R^2$ ) es la desviación entre datos.

**Medición de sensor de Presión:** En esta prueba es necesaria la utilización de un multímetro ya que debido a que la simulación del sensor se realiza por medio de un potenciómetro es apropiado realizar la comparación midiendo el estado o el valor en *ohmios* del potenciómetro y revisando la tabla característica del sensor mostrada anteriormente (Tabla 1: Tabla característica de sensor de presión de aceite), y tomando valores ya procesados por el sistema.

Los valores obtenidos deben ser comparados con los valores de presión que muestra la tabla 1 en relación a la resistencia propia del sensor. Muestra a continuación la tabla 9, los valores medidos tomados del sistema, cabe recalcar que dichos valores de resistencia son los anotados en la tabla.

Tabla 9: tabla de valores reales vs valores netos sometidos a una variación de resistencia.

V_RESISTENCIA ( $\Omega$ )	P_MEDIDO (BAR)	P_TABLA (BAR)
226	0,15	0
164	1,91	1,72
147	3,56	3,47
83	5,24	5,17
57	7,01	6,89
34	8,75	8,62

Al igual que el sensor de temperatura la tabla indica que existe una pequeña variación entre valores la misma que en este caso es necesario sea menor puesto que en temas de presión se trabaja con valores pequeños y su medición debe ser más exacta para realizar un monitoreo de la misma.

#### 4.1.3. Calibración de sensor de velocidad del motor

Para realizar esta calibración es necesario proveerse de un tacómetro el cual sirve para medir velocidad, como se especificó anteriormente la velocidad del motor del generador es simulada por un motor, el mismo que varía su velocidad mediante un variador de frecuencia para tomar datos y comprobar el funcionamiento correcto de la alarma correspondiente al fallo de velocidad. Los valores medidos en esta prueba muestra la siguiente tabla, la cual indica los valores reales de velocidad del motor vs los valores que arroja el sistema.

*Tabla 10: tabla de valores de velocidades reales vs medidos (sometidos a una variación de frecuencia).*

FRECUENCIA	VEL. MEDIDA	VEL. NOMINAL
0 Hz	0 rpm	0 rpm
10 Hz	289 rpm	300 rpm
20 Hz	55 rpm	600 rpm
30 Hz	893rpm	900 rpm
40 Hz	1179 rpm	1200 rpm
50 Hz	1486 rpm	1500 rpm
60 Hz	1778 rpm	1800 rpm

Como se muestra en la tabla anterior los valores programados en el variador corresponden a la primera columna, los de la columna (dos) corresponden a los valores medidos en el sistema y los de la última corresponden a la velocidad nominal del motor.

Se puede observar la diferencia entre los valores medidos y los valores nominales al igual que las lecturas de los sensores anteriores es poca en relación a la cantidad por lo que no representa un problema para el objetivo de estudio de este parámetro.

#### 4.1.3.1. Cálculo de frecuencia

Para el cálculo de la frecuencia es necesaria la aplicación de la siguiente fórmula:

$$V = \left( \frac{120 * F}{N} \right)$$

$$V = \left( \frac{120 * 60}{4} \right) = 1800 \text{ rpm}$$

#### Dónde:

**F:** Frecuencia de la red a la que está conectada la máquina (HZ)

**N:** Número de polos que tiene la máquina

**V:** Velocidad de sincronismo de la máquina (revoluciones por minuto)

Se debe tomar en cuenta que esta fórmula está diseñada para máquinas síncronas, por lo que el valor que arroje este cálculo visualizado en el *display* LCD será un aproximado del valor real de frecuencia del motor.

## 4.2. Prueba del sistema de alarmas

Para la prueba de funcionamiento de las respectivas alarmas se debe tomar en consideración qué condiciones éstas van a presentar, tomando en cuenta a que rango de valores, este sistema trabaja en condiciones normales.

Las alarmas indican fallas que existen en el sistema, las cuales se citaron en el diagrama 2 (Diagrama de bloques). Existen dos indicadores de alarmas, se puede visualizar mediante una luz roja que se encuentra debidamente señalada en el tablero y la otra es en el *display* (LCD) la cual especifica con exactitud el tipo de alarma o la falla que está ocurriendo en el

sistema como se observa en la siguiente figura, este mensaje de falla está visualizado hasta que manualmente se despeje la falla mediante el pulsador rojo que se encuentra igual localizado en la parte delantera del tablero para dar paso a la lectura normal de los parámetros antes mencionados.



Figura 52: Visualización de falla en el sistema

En las pruebas del sistema de alarmas se verifican la detección de las siguientes fallas:

- a) **Falla por presión de aceite:** Recordando el rango adecuado de presión de aceite (1.1 a 5) Bar según indica el fabricante del grupo electrógeno, la posición de alarma del sensor de presión de aceite está en  $0.8(+/-0.3)$  Bar. En este valor los indicadores visuales se activan de manera que la Luz rojo de tablero se encendió y el *shift* LCD muestra un mensaje de visualización (FALLA B. PRESION). Se incluye a las acciones anteriores la desconexión del grupo electrógeno y por ende el apagado del contactor perteneciente a este.

En este sistema para lograr la visualización de presión existe un potenciómetro previamente elegido el cual es regulado en su salida resistiva según la tabla característica del sensor original de presión para este tipo de generador. El parámetro de presión en el

sistema trabaja en valores de (0 - 8.6) Bar por lo cual anteriormente se estudió el valor en resistencia que debe arrojar este potenciómetro para poder realizar la simulación correcta del sensor de presión.

Los valores de resistencia están en:

**0 Bar- 226  $\Omega$**

**8.6 Bar- 34  $\Omega$**

En conclusión el rango de valores de resistencia del potenciómetro es de (34 a 226)  $\Omega$ .

Se debe tomar en cuenta que esta falla pasa desapercibida en el arranque del grupo electrógeno, debido a que este presenta presiones relativamente bajas al inicio del arranque. Esta alarma se activa solo cuando el grupo electrógeno logra su estabilización, el tiempo de espera es de 10 S luego del arranque.

**b) Falla por alta temperatura del Refrigerante:** La temperatura al igual que la presión se la visualiza en la pantalla del LCD (FALLA A. TEMPERATURA), esta temperatura varía dependiendo del tiempo y de la carga que va a estar sometido el generador, según las especificaciones de trabajo de estos generadores el valor máximo de temperatura del refrigerante es de 105 °C.

El sistema implementado consta con un sensor de temperatura con estas características y además está definido en la programación realizada en Arduino para que a partir de este valor el sistema arroje una alarma visual y también desactive el relé de encendido de generador y además desactive el *breaker* de alimentación de energía del generador hacia la carga, esta falla solamente se la puede visualizar cuando el generador está en funcionamiento y ocurre una sobre temperatura en el refrigerante..

Esta alarma se mantiene hasta que el operador pulse el botón de *reset* una vez que haya resuelto el inconveniente de sobre temperatura, el cual borra el mensaje visual en LCD y además restablece el trabajo normal de los relés.

- c) **Falla por velocidad impropia del motor:** Al igual que los parámetros anteriores la velocidad del motor también refleja el LCD para su control, teniendo en cuenta que en la placa característica del generador establece que, su velocidad de trabajo nominal es de 1800 rpm, este es el valor en revoluciones definido para que en relación a este dato el sistema arroja una alarma teniendo 100 rpm, puesto que la programación está dada para que a valores menores de 1700 rpm se active esta alarma.

Al igual que las otras alarmas, esta será visual mediante una luz piloto y el LCD mostrara un mensaje (FALLA VEL. BAJA).

- d) **Falla por pérdida de fases o voltaje inapropiado:** La señal de pérdida de fases la da el supervisor de fases, cabe recalcar que este tipo de alarma aparece solo cuando está trabajando el sistema en modo automático y ocurre una pérdida de línea o insuficiencia de voltaje.

El orden de operación empieza por la visualización en el LCD de un mensaje (E. RED DESDNECTADA), se apaga el contactor de alimentación de energía de red hacia la carga, enciende el generador y luego de tres segundos se realiza la activación del contactor de alimentación del generador hacia la carga, cabe mencionar que a partir de este momento en el LCD se visualiza los valores de los parámetros que arrojan los sensores.

- e) **Falla por frecuencia inadecuada:** Al igual que el número de revoluciones del motor este parámetro se lo obtiene mediante el sensor *pick out*, basándose en la señal que arroje este sensor y mediante la fórmula siguiente se puede calcular la frecuencia de trabajo del motor del generador.

Esta falla opera conjuntamente con la de la velocidad puesto que son directamente proporcionales entre sí, varía la frecuencia solo si varía la velocidad.



### **4.3. Verificación de la secuencia del programa (transferencia automática).**

En la secuencia del programa intervienen algunos factores y condiciones para que el sistema trabaje en modo automático, las cuales se apuntan a continuación:

- El pulsador de emergencia (P1) no debe estar activado.
- El selector de modo de operación (P2) debe estar en automático.
- Cuando el supervisor de fases detecta que no hay falla en la energía de red trabaja el contactor de alimentación de red normal.
- Cuando el supervisor de fases detecta una falla en la energía de red, apaga el contactor de energía normal y realiza el encendido de generador para luego de 3 segundos encender el contactor de energía de generador.
- Los valores de los parámetros de presión, temperatura, velocidad deben estar en los rangos mencionados anteriormente para que no existan alarmas en el sistema.
- Cuando el generador esta encendido y existe una o más alarmas en el sistema, se apaga el contactor de energía de generador además del relé del encendido de generador.
- La alarma del parámetro de presión solo empieza a trabajar cuando ha transcurrido 10 segundos del encendido del contactor de energía de emergencia.
- Si existe el restablecimiento de energía se apaga el contactor de energía de generador, se enciende el de energía normal y luego de 3 segundos se apaga el generador.

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- Se diseñó un sistema prototipo microcontrolado para control de parámetros de funcionamiento de grupo electrógeno FG WILSON MODELO P400E5 y transferencia automática de energía con visualización de parámetros a través de un *display*.
- Se realizó un análisis general correspondiente a todos los parámetros que intervienen para la supervisión, monitoreo y control de grupo electrógeno tales como sensores, su visualización, requerimientos para realización de arranque de grupo electrógeno etc.
- En temas de transferencia automática se analizó el estudio pertinente sobre tiempos de actuación, requerimientos y condiciones que debe cumplir el sistema para realización de la misma.
- El módulo de control para el arranque y supervisión de grupo electrógeno se ha diseñado de modo que sea capaz de recibir señales analógicas de los sensores de presión y temperatura, así como la señal digital del sensor de velocidad y plasmarlas en el LCD para su monitoreo constante.
- Se logró con éxito la realización del módulo de control para transferencia automática de grupo electrógeno con la red normal mediante contactos eléctricos de relés.
- Usando un microcontrolador ADMEGA 2560, se integró los módulos antes mencionados para total control, supervisión y transferencia de grupo electrógeno.

- Uno de los más importantes logros de este estudio es comprender el funcionamiento de los microcontroladores, en especial conocer sobre la plataforma Arduino y su utilidad para la realización de un sinnúmero de aplicaciones.
- En el tiempo de actuación de Arduino existe un pequeño retraso (+/-3 Seg) aproximadamente en relación con otros programadores, pero ese tiempo no afecta para este propósito.
- El costo de implantación de este sistema mediante microcontrolador (Arduino) es mucho menor en relación al costo por adquirir módulos de transferencia industriales prediseñados o sistemas diseñados con PLC.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se recomienda comprobar el funcionamiento correcto de los sensores, así como la medición y comprobación con un patrón calibrado.
- Si se pretende implantar este sistema en el área industrial es necesario tener en cuenta otros parámetros antes de someterlo a cargas grandes, dentro de estos parámetros está la cantidad de carga que se va a controlar, el utilizar contactores con bloqueo, tipo de generador existente etc.
- Se recomienda implementar el monitoreo del estado de los sensores y de transferencia automática en un PC, para mayor comodidad de visualización y mejor control.
- Para mejoramiento del sistema implementar el monitoreo de voltaje tanto de energía de red como la del generador.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- Ramos, (2004). *Energías y medio ambiente: Tipos de energías*. SalamancaEspaña: Calvo. F, Rodríguez. M.
- Genera. T, [n.d]. *Características de los autómatas / PLC*. Consultada el 20 de marzo del 2015, de [http://www.generatecologias.es/programmable\\_logic\\_controller.html](http://www.generatecologias.es/programmable_logic_controller.html).
- Fernández. J & Cerdá. L & Sánchez. R, (2014). *Automatismos industriales (Ira Ed): Relés de control industrial*. Madrid-España: Paraninfo, S. A.
- Amazon, [n.d]. *Interruptor selector*. Consultada el 05 de abril del 2015, de <http://www.amazon.com/Siemens-Positions-Maintained-Operation-Switching/dp/B005YUIKAS>.
- Mite F & Delgado C, (2012). *Calculo diseño e implementado de instalaciones eléctricas*. Consultado el 02 de mayo del 2015, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3279/1/UPS-GT000343.pdf>.
- Martin. J, (2009). *Instalaciones eléctricas de baja tensión: Pulsadores de marcha y parada*. España: Editex, S. A.
- Control para la transferencia automática de energía*. Consultado 03 de mayo del 2015, de <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/3279/1/UPS-GT000343.pdf>.
- Transferencias. Avi, (2012). *Contactores principales*. Obtenido el 24 de mayo del 2012, de <https://www.youtube.com/watch?v=-ifViizVQBc>.
- Sanz, J (2008). *Energías Renovables Ira Edición*. España-Zaragoza: Prensas Universitarias de Zaragoza.
- Moreno. C (2007). *Electrificación rural con sistema eólico aislado*. Obtenido el 01 junio del 2015, de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia52/HTML/articulo03.htm>.
- Santamaría. G & Castejón. A, *Estudio de la Electrotecnia: Tipos de centrales térmicas*. España: Ablanque. J.
- Santamaría. G & Castejón. A, *Electrotecnia: Instalaciones solares fotovoltaicas*. España: Ablanque. J.

- Tesla. E, (2014). *Sistemas fotovoltaicos*. Obtenida el 06 julio de 2015. <http://www.teslaenergy.cl/sistemas-fotovoltaicos/>.
- Cosme. G, (2007). *Sistemas Fotovoltaicos Interconectados a la Red Eléctrica*. Obtenido 06 de julio del 2015., de <http://facultad.bayamon.inter.edu/cgonzalezr/Sistemas%20Fotovoltaicos.pdf>.
- Abella. M, (2011). *Sistemas fotovoltaicos Autónomos*. Consultado el 07 de julio del 2016, de <http://www.sfe-solar.com/%C2%BFque-es-un-sistema-fotovoltaico-autonomo-de-que-consta-y-como-se-dimensiona-1685/>
- Ried. E, [nd]. *Celdas de combustibles y sus aplicaciones*. Consultado 07 de julio del 2015, de <http://servicios.ried.cl/ondas/2/>.
- Atkins P, (2008). Química Física 8va Edición: *Celdas de combustible*. Buenos Aires. Argentina: Medica Panamericana.
- Enríquez G, (2009). *Tecnologías de generación de energía eléctrica: Celdas de combustible*. México. Toluca: Noriega. G.
- Autiomatis.I, [n.d]. *Instalaciones de emergencia en lpc*. Consultada 27 de agosto del 2015, de <http://automatismoindustrial.com/3-4-3-alimentacion-de-los-servicios-de-seguridad/>.
- Carletti, E, [n d]. *Sensores Magnéticos*. Obtenida el 29 de agosto del 2015, de [http://robots-argentina.com.ar/Sensores\\_magnetismo.htm](http://robots-argentina.com.ar/Sensores_magnetismo.htm).
- Yambay. S, (2012). *Automatización del sistema de transferencia de energía eléctrica: transferencia automática de energía eléctrica*. Obtenido 15 de 28 de septiembre del 2015, de <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/1950/1/108T0020.p>.
- Cram, (2013). *Tableros de Transferencia con Contactores*. Consultada el 30 de agosto del 2015, de <http://cramelectro.com/blog/index.php/tta/>.
- Barreno A, (2001). *Diseño y construcción de prototipo de un sistema de transferencia*.
- Fernando E, Valdés Pérez, Ramón, (2007). *Microcontroladores: fundamentos y aplicaciones con PIC*. España: MARCOMBO, S.A.

- Largo. R, (2011), *construcción de una tarjeta de control de parámetros de funcionamiento en grupos electrógenos a base de microcontroladores pic sto dgo 2009*. Sto Dgo-Ecuador.
- LLombart. V & Orduña. J, (1996). *Arquitectura y programación de microcontroladores (1ra Ed)*. España: Universidad de Valencia
- Rodríguez. J & Santamaría .L & Rabasa. A & Martínez O, (2003). *Introducción a la programación teoría y práctica*. Alicante- España: Editorial Club Universitario.
- Enríquez. H, (2002). *Fundamentos de protección de sistemas eléctricos*. México: EDITORIAL LIMUSA S.A.
- Torrente A, (2013). *Arduino: curso práctico de formación*. Madrid: RC Libros.
- Carletti. J, [n.d]. *Manual de programación Arduino*. Consultado 10 de julio del 2015 de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:vcS1w3D0dgsJ:www.amazon.es/Arduino-Principiantes-Antonio-Caicedo-Pedreira/dp/1505349907+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec>.
- Caicedo, A, (2014). *Arduino para Principiantes*. Madrid: IT Campus Academy.
- Anónimo, (2014). *Manual de Arduino: Programación y conceptos básicos*. 01 de octubre del 2015, de <http://www3.fi.mdp.edu.ar/electrica/instrumentacion/arduino/Manual-Arduino.pdf>.

# ANEXOS

## ANEXO 1: Programación de la placa Arduino en lenguaje cc++.

### Declaración de variables para entradas digitales y salidas a Relés.

#### // DECLARACION DE SALIDAS

```
int Q1= 40;    // Relé 1 contactor de energía normal
int Q2= 42;    // Relé 2 contactor de energía de generador
int Q3_S= 44;  // Relé 3 (set) luz indicador de encendido de generador
int Q3_R= 44;  // Relé 3 (reset) luz indicador de encendido de generador
int Q4_S= 46;  // Relé 4 (set) luz indicadora de falla
int Q4_R= 46;  // Relé 4 (reset) luz indicadora de falla
int Q5= 48;    // Relé 5 encendido de generador
int Q6= 50;    // Relé 6 apagado de generador
```

#### // DECLARACION DE ENTRADAS

```
int P1= 22;    // Pulsador de emergencia
int P2= 24;    // Selector modo automático
int P3= 26;    // Selector modo manual
Int p4= 28;    // Pulsador de arranque de generador
int P5= 30;    // Pulsador de arranque de generador
int P6= 32;    // Pulsador reset de falla
int P7= 34;    // Contacto de supervisor de fases
```

### Declaración de variables para entradas de sensores.

#### // DECLARACIÓN DE ENTRADAS DE SENSORES

```
float V_PRES = A8; // sensor de presión
float V_TEMP = A9; // sensor de temperatura
float V_RPM = A10 // sensor de velocidad
```

```
float P ; // Variables para comparación de señal de sensor de presión
float T; // Variables para comparación de señal de sensor de temperatura
float R ; // variables para comparación de señal de sensor de velocidad
```



### Otras variables creadas.

```
int B; // Variable de opciones de visualización de fallas
int C; // Variable de lectura de salida de indicador de falla
int D; // Variable de lectura de salida de encendido de generador
```

### Visualización inicial de LCD Keypad.

```
void setup() {

    Serial. Begin(9600); // Visualización en LCD Keypad
    lcd.begin(16, 2);
    lcd.setCursor(7, 0);
    lcd.print("UTE");
    lcd.setCursor(6, 1);
    lcd.print("2016");
    delay(3000);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("ELECTROMECHANICA");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("FABIAN MALDONADO");
    delay(5000);
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("T=    C");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("P=    Bar");
```

### Definición de modo de operación de las variables de entrada y salida.

```
pinMode(P1, INPUT); // Definición de modo de operación de v. Entrada
pinMode(P2, INPUT);
pinMode(P3, INPUT);
pinMode(P4, INPUT);
pinMode(P5, INPUT);
pinMode(P6, INPUT);
pinMode(P7, INPUT);
```

```

pinMode(Q1, OUTPUT);    // Definición de modo de operación de v. Salida
pinMode(Q2, OUTPUT);
pinMode(Q3_S, OUTPUT);
pinMode(Q3_R, OUTPUT);
pinMode(Q4_S, OUTPUT);
pinMode(Q4_R, OUTPUT);
pinMode(Q5, OUTPUT);
pinMode(Q6, OUTPUT);
}

```

### Definición de trabajo de variables en forma constante.

```

Void loop () {

P1 =digitalRead (22);  // Se guardan los valores de entradas digitales
P2 =digitalRead (24);
P3 =digitalRead (26);
P4 =digitalRead (28);
P5 =digitalRead (30);
P6 =digitalRead (32);
P7 =digitalRead (34);

int C= digitalRead(46);
int D= digitalRead(48);

float V_PRES= analogRead(A8);  // Se guardan los valores de sensores
float V_TEMP= analogRead (A9);

```

### Lineamiento de sensores

```

float T = (((((TEMPERATURA*0.1223)-35.047))/0.9543)-7.5);
float P = (((PRESION*0.0189)-7.9347))/0.9847);

```

### Condiciones de Visualización de alarmas en LCD.

```

If (T<20 && P>5 && C==1) {    // Visualización de valor de sensores en LCD
  B=0;
}

```

```

if (T>=20 && P2==1 && D==0) { // Fallo alta de temperatura
B=1;
}
if (P<=5 && P2==1 && D==0) { // Fallo baja presión
B=2;
}
if (T>=20 && P<=5 && P2==1 && D==0) { // Fallo doble temperatura y presión
B=3;
}

switch (B){ //Visualización en LCD en condiciones normales del sistema
case 0:
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("T= C");
lcd.setCursor(15, 0);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("P= Bar");
lcd.setCursor (3 , 0 );
lcd. print(T);
delay (20);
lcd.setCursor (3, 1 );
lcd. print(P);
delay (20);
break;

case 1: // Visualización en LCD en condiciones de alarma de temperatura
digitalWrite (Q2, 1);
digitalWrite (Q3_R, 1);
digitalWrite (Q5, 1);
digitalWrite (Q4_S, 0);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("FALLO T. ALTA");
break;

case 2: // Visualización en LCD en condiciones de alarma de presión
digitalWrite (Q2, 1);
digitalWrite (Q3_R, 1);
digitalWrite (Q5, 1);
digitalWrite (Q4_S, 0);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0, 0);

```

```

lcd.print("FALLO B. PRESION");
break;

case 3:          // Visualización en LCD en condiciones de alarma doble
lcd.clear ();
lcd.setCursor (0, 0);
lcd.print ("FALLO A. TEMPERATURA");
lcd.setCursor (0, 1);
lcd.print ("FALLO B. PRESION");
break;
}

if (P6==0) {    //Reset de alarmas
digitalWrite(Q4_R, 1);
lcd.clear();
}

```

### **Encendido de generador (Modo manual)**

```

if (P1==0) {    // Condiciones desde del pulsador de emergencia
digitalWrite (Q1 , 1);
digitalWrite (Q2 , 1);
digitalWrite (Q3_R , 1);
digitalWrite (Q4_R , 1);
digitalWrite (Q5 , 1);
}
if (P1==1 && P2==0 && P3==0) {
digitalWrite (Q1 , 0);
digitalWrite (Q2 , 1);
digitalWrite (Q3_R, 1);
}
if (P1==1 && P4==1 && P3==1 && P2==0 ) { // Modo manual (encendido)
digitalWrite (Q1 , 0);
digitalWrite (Q2 , 1);
digitalWrite (Q3_S, 0);
digitalWrite (Q5 , 0);
}
if (P5==0 && P3==1 && P2==0) {    // Modo manual (apagado)
digitalWrite (Q3_R , 1);
digitalWrite (Q5 , 1);
}

```

### Encendido de generador (Modo Automático)

```
// Modo automático (encendido de energía normal)
if (P1==1 && P2==1 && P7==1) {
  digitalWrite (Q2 , 1);
  delay (3000);
  digitalWrite (Q1 , 0);
  delay (3000);
  digitalWrite (Q3_R , 1);
  digitalWrite (Q5 , 1);
}
else if (P1==1 && P2==0 && P3==0) {
  digitalWrite (Q1 , 0);
  digitalWrite (Q2 , 1);
  digitalWrite (Q3_R , 1);
}

// Modo automático (encendido de generador)

if (P1==1 && P2==1 && P7==0 && B==0 && C==1) {
  digitalWrite (Q1 , 1);
  delay (3000);
  digitalWrite (Q3_S , 0);
  digitalWrite (Q5 , 0);
  delay (3000);
  digitalWrite (Q2 , 0);
}
else if (P1==1 && P2==0 && P3==0) {
  digitalWrite (Q1 , 0);
  digitalWrite (Q2 , 1);
  digitalWrite (Q3_R , 1);
}
}
```

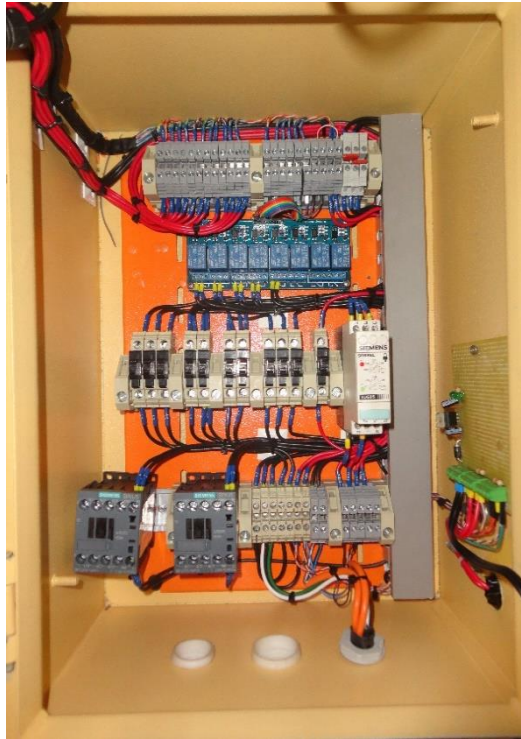
### Programa de sensor de velocidad

```
//PROGRAMACION PARA SENSOR HALL (RPM)
int getRPM()      {
  int kount=0;
  boolean kflag=LOW;
  unsigned long currentTime=0;
```

```
    unsigned long startTime=millis();
    while (currentTime<=sampleTime) {
    if (digitalRead(V_VEL)==HIGH) {
        kflag=HIGH;
    }
    if (digitalRead(V_VEL)==LOW && kflag==HIGH){ kount++;
    kflag=LOW;
    }
    currentTime=millis()-startTime;
    }
    int kount2rpm = int(60000./float(sampleTime))*kount;
    return kount2rpm.
```

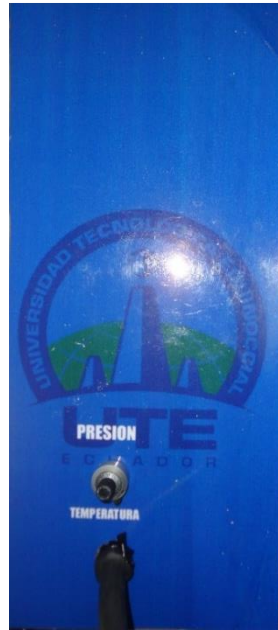
**ANEXO 2:** Fotografías del proceso de conexionado del tablero.











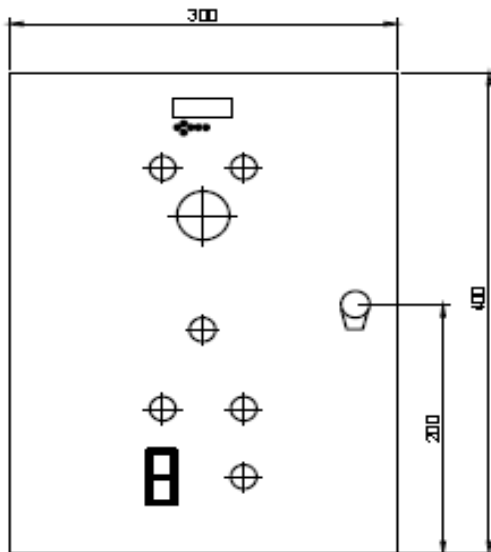
**ANEXO 3:**

**PLANOS**  
**ELÉCTRICOS**

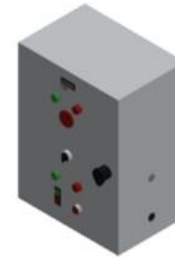
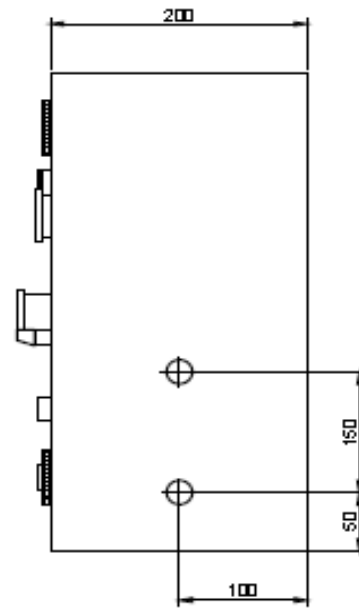
**Y**

**MECÁNICOS**

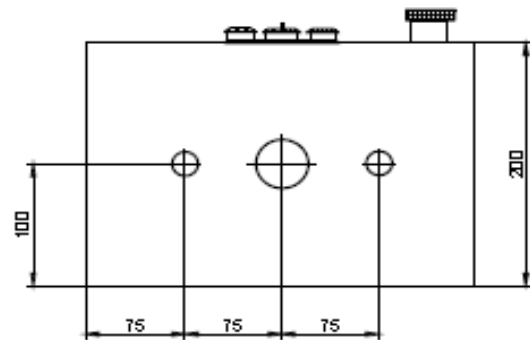
VISTA FRONTAL



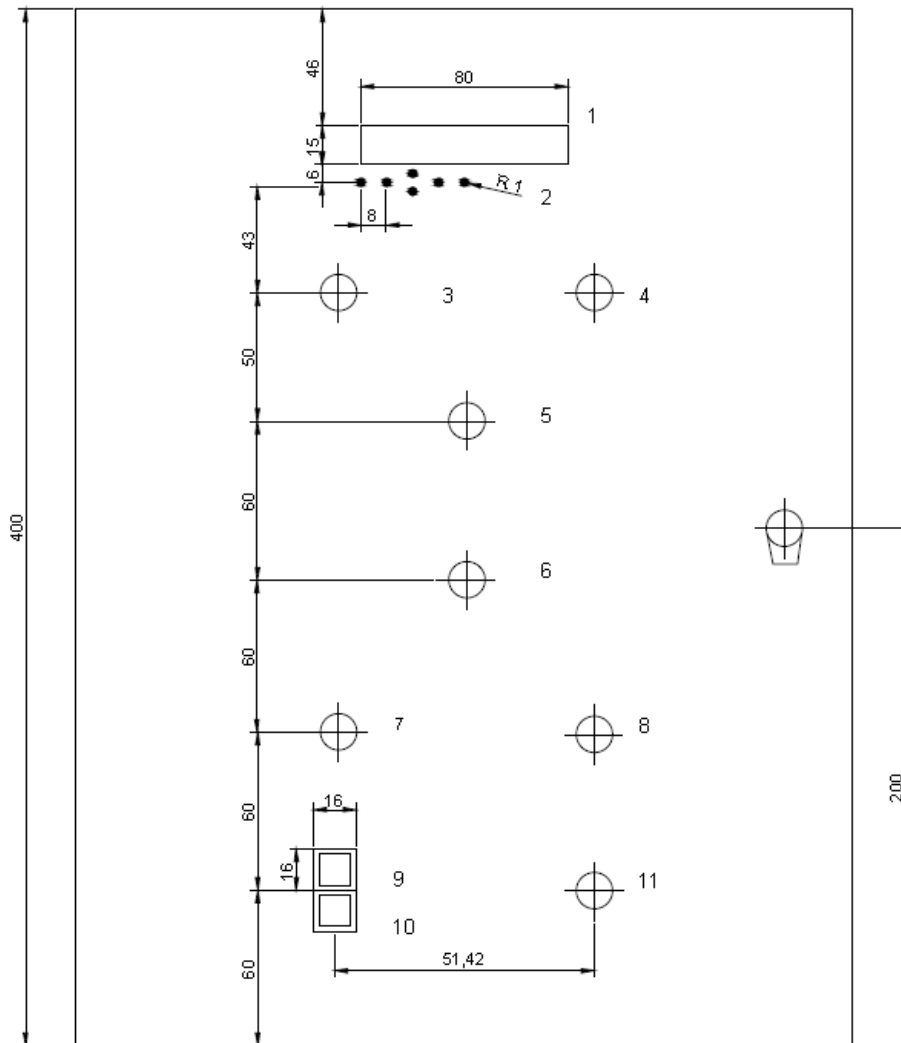
VISTA LATERAL



VISTA INFERIOR

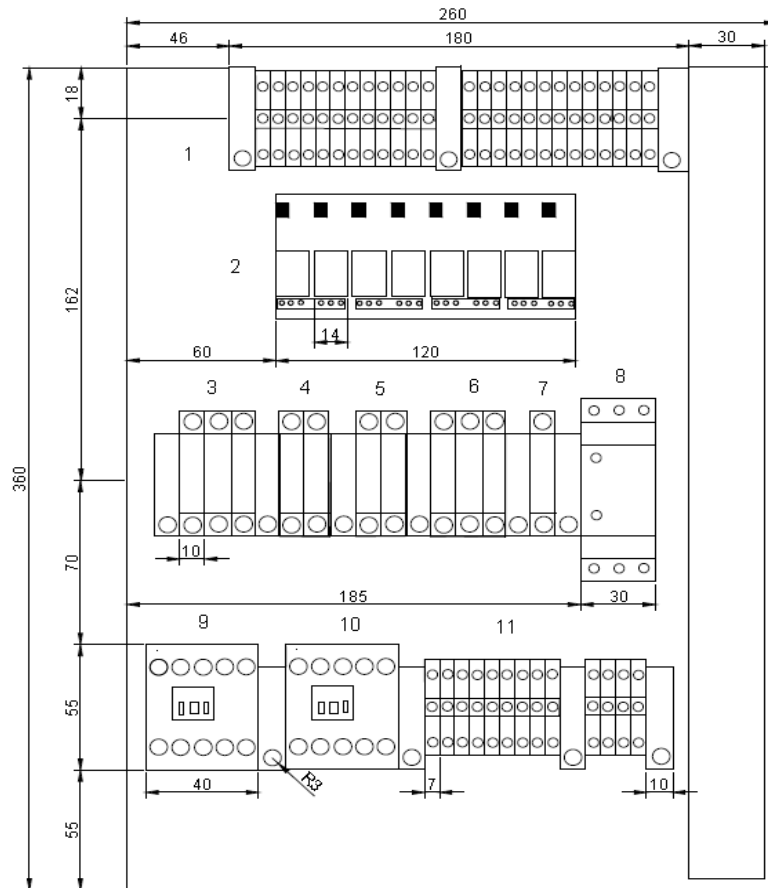


PROYECTO	Prototipo de Transición Automática de energía	<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL</b> Campus Santo Domingo	
DIBUJANTE	Fabian Eduardo Maldonado Cabeza		
APROBADO	Ing. Nilo Ortega		
FECHA	10-03-2016		
Escala			Plano #
S/E	<b>TABLERO METÁLICO DEL SISTEMA</b>		<b>01</b>



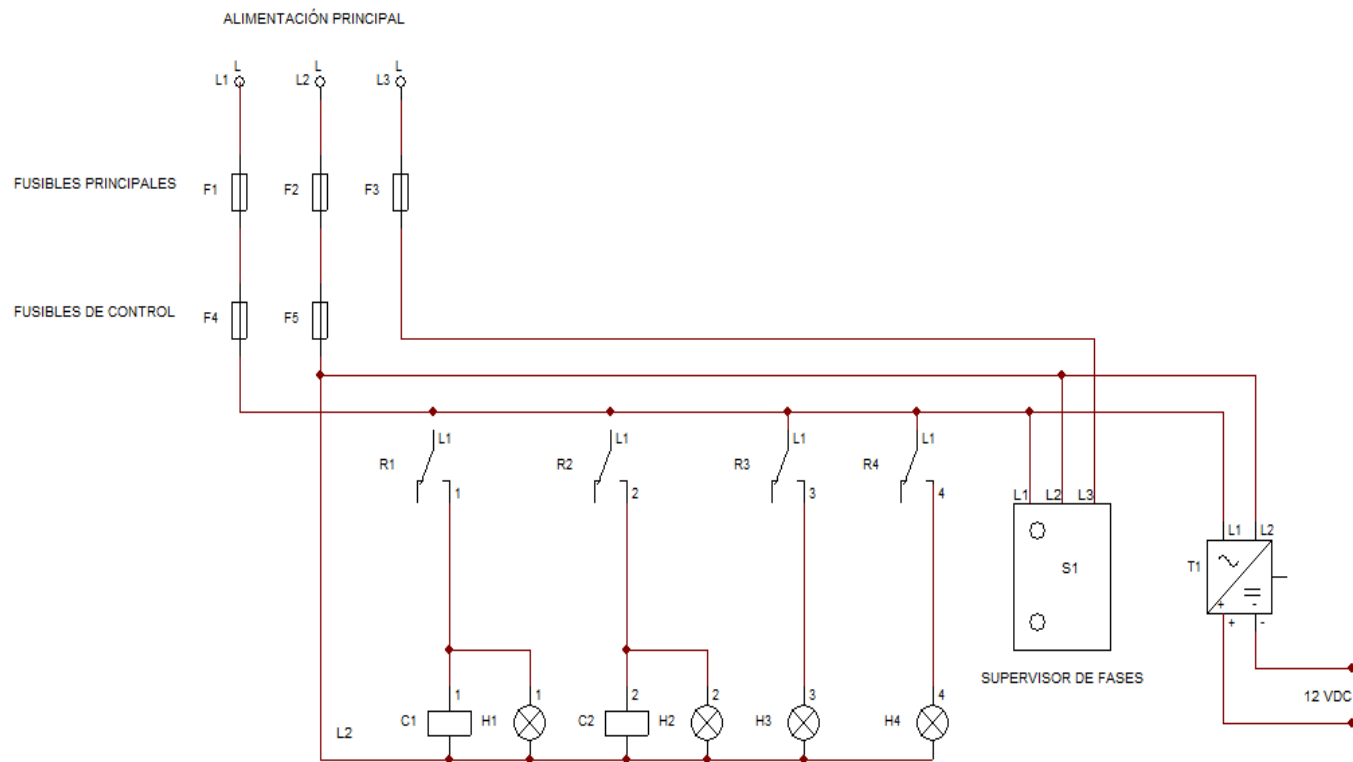
NÚMERO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
11	Pulsador de reset de fallas	1
10	Pulsador de apagado de generador	1
09	Pulsador de encendido de generador	1
08	Indicador de fallas del sistema	1
07	Indicador de encendido de generador	1
06	Selector manual / automático	1
05	Pulsador de emergencia	1
04	Indicador de energía de emergencia	1
03	Indicador de energía de red	1
02	Pulsador de navegación	6
01	Pantalla LCD	1

PROYECTO	Transferencia Automática de energía	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL Campus Santo Domingo
DIBUJANTE	Fabian Eduardo Maldonado Cabezas	
APROBADO	Ing. Nilo Ortega	
FECHA	10-03-2016	
Escala	S/E	Plano #
		<b>DISTRIBUCIÓN DE DISPOSITIVOS DE MANIOBRA DE TAPA FRONTAL</b>

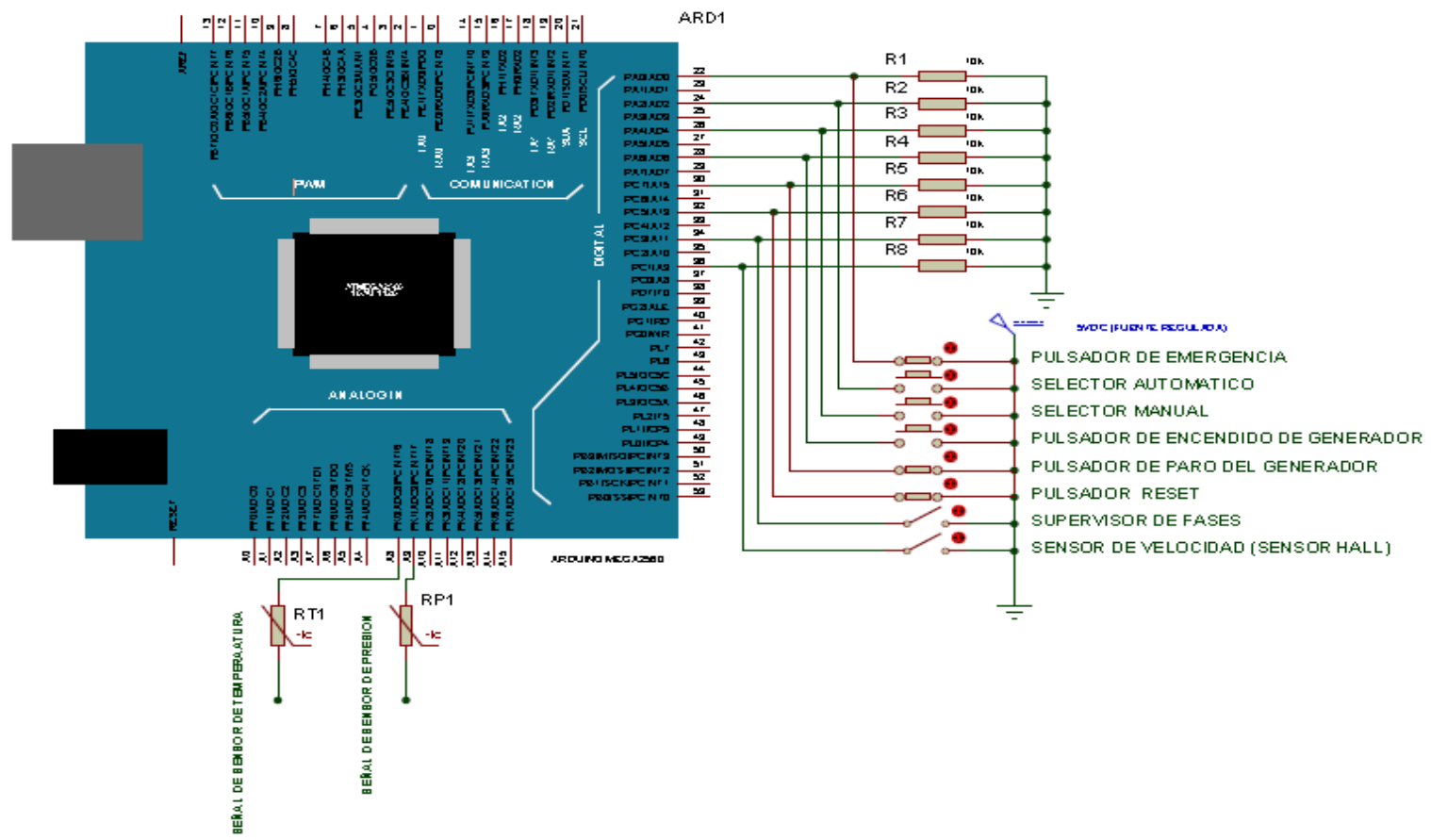


NÚMERO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
11	Bornera de entrada de alimentación	13
10	Contactador de energía de emergencia	1
09	Contactador de energía de red	1
08	Supervisor de fases	1
07	Bornera alimentación 5Vdc	1
06	Bornera de alimentación de supervisor de fases	3
05	Bornera alimentación 12Vdc	2
04	Bornera de alimentación para control (220 Vac)	2
03	Bornera de alimentación principal	3
02	Relé de control	8
01	Bornera de control	25

PROYECTO	Transferencia Automática de energía	<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL</b> Campus Santo Domingo
DIBUJANTE	Fabian Eduardo Maldonado Cabezas	
APROBADO	Ing. Nilo Ortega	
FECHA	10-03-2016	
Escala		Plano #
S/E	<b>DISTRIBUCIÓN INTERNA</b>	<b>03</b>

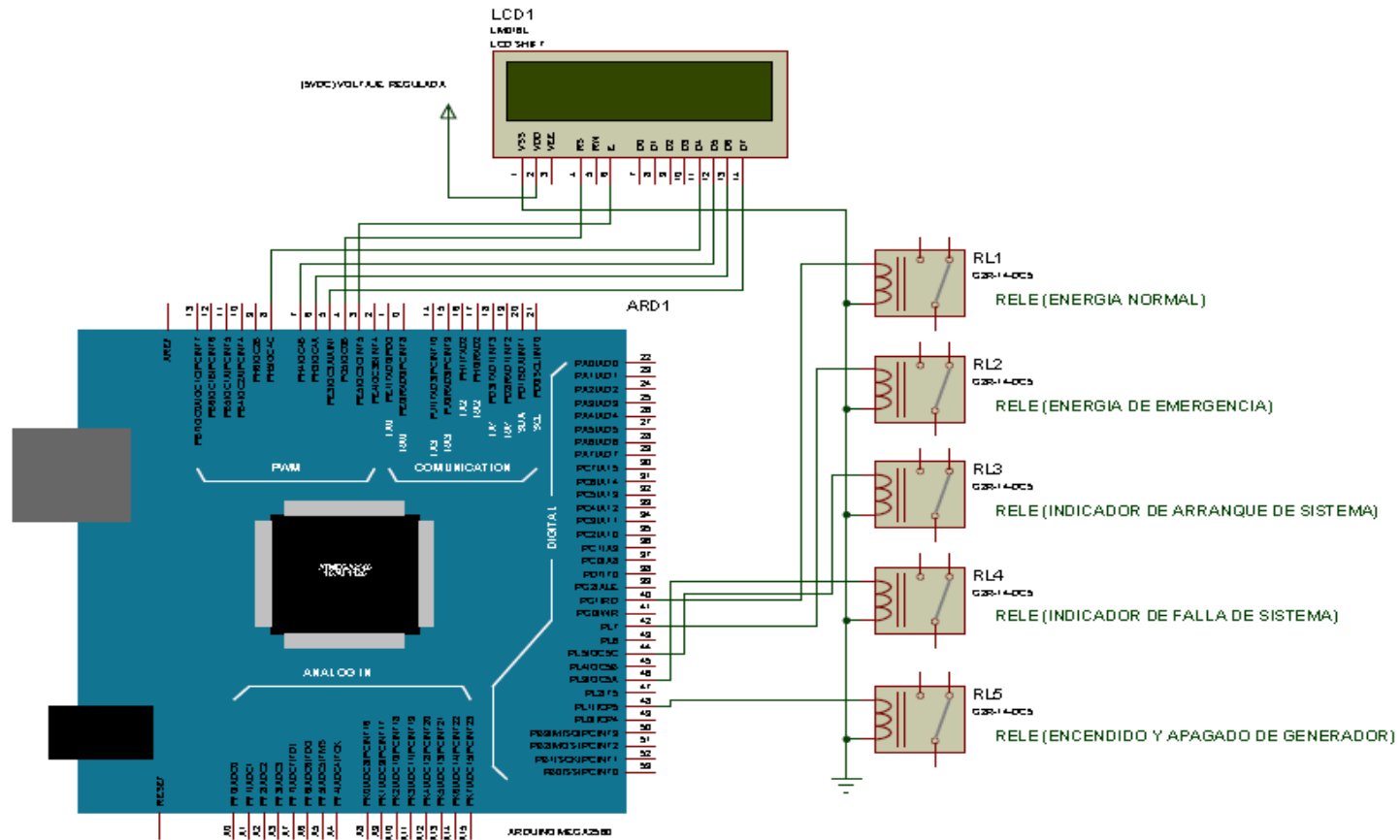


PROYECTO	Transferencia Automática de energía	<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL</b> Campus Santo Domingo
DIBUJANTE	Fabian Eduardo Maldonado Cabezas	
APROBADO	Ing. Nilo Ortega	
FECHA	10-03-2016	
Escala		Plano #
S/E	<b>CIRCUITO DE CONTROL PRINCIPAL</b>	<b>04</b>

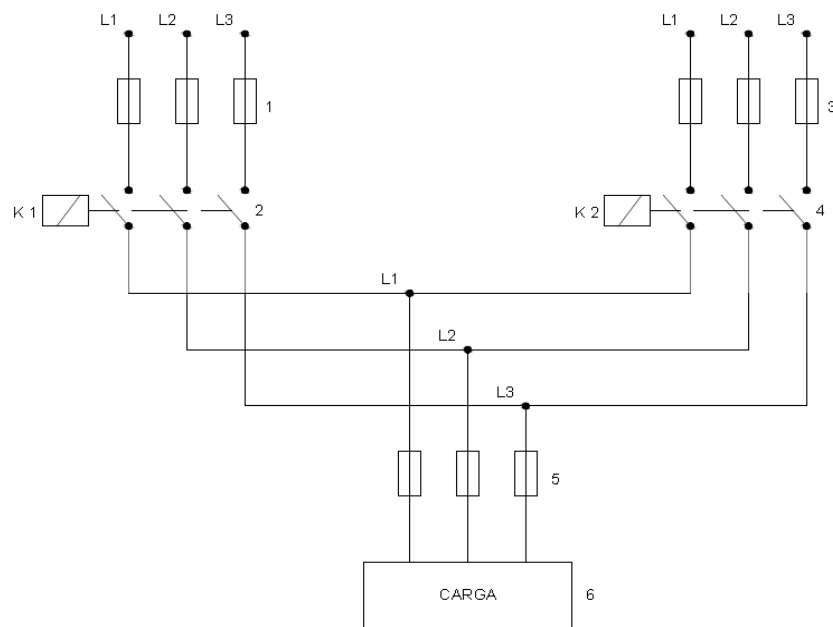


PROYECTO	Transferecia Automática de energia	UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL Campus Santo Domingo	
DIBUJANTE	Fabian Eduardo Maldonado Cabezas		
APROBADO	Ing. Nilo Ortega		
FECHA	10-03-2016		
Escala	CONEXIONADO DE ENTRADAS DEL SISTEMA		Plano #
S/E			05





PROYECTO	Transferencia Automática de energía	<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL</b> Campus Santo Domingo
DIBUJANTE	Fabian Eduardo Maldonado Cabezas	
APROBADO	Ing. Nilo Ortega	
FECHA	10-03-2016	
Escala	<b>CONEXIONADO DE SALIDAS DEL SISTEMA</b>	Plano #
S/E		<b>06</b>



NUMERO	DESCRIPCION	CANTIDAD
06	Carga del sistema	1
05	Fusible de protección de energía de carga	3
04	Contactor de energía de emergencia	1
03	Fusible de protección de energía de emergencia	3
02	Contactor de energía de red	1
01	Fusible de protección de energía de red	3

<b>PROYECTO</b>	Transferencia Automática de energía	<b>UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL</b> <b>Campus Santo Domingo</b>
<b>DIBUJANTE</b>	Fabian Eduardo Maldonado Cabezas	
<b>APROBADO</b>	Ing. Nilo Ortega	
<b>FECHA</b>	10-03-2016	
<b>Escala</b>	<b>CIRCUITO DE FUERZA</b>	Plano #
S/E		<b>07</b>