

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN Y PUESTA EN  
MARCHA DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO  
PARA UN GRUPO ELECTRÓGENO DE 6.5 KVA DE MOBHI  
GRIFOS”**

**TESIS**

**PRESENTADO POR:**

**MARCO ANTONIO PONCE SANDOVAL**

**JUAN ADRIANO MONTUFAR CHATA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**2014**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
SISTEMAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA  
“DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE  
UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMATIZADO PARA UN GRUPO  
ELECTRÓGENO DE 6.5 KVA DE MOBHI GRIFOS”

TESIS PRESENTADA POR:

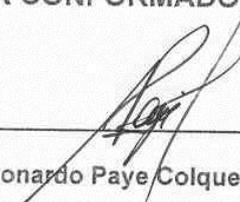
MARCO ANTONIO PONCE SANDOVAL

JUAN ADRIANO MONTUFAR CHATA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE: INGENIERO MECÁNICO  
ELECTRICISTA

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE :

  
Ing. Leonardo Paye Colquehuanca

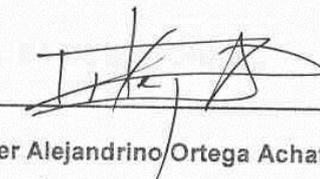
PRIMER MIEMBRO :

  
Ing. Mario Mamani Pampa

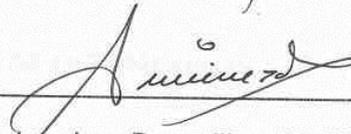
SEGUNDO MIEMBRO :

  
Ing. Leonel Marino Castillo Enríquez

DIRECTOR DE TESIS :

  
Msc. Olger Alejandrino Ortega Achata

ASESOR DE TESIS :

  
Ing. Juan Renzo Illacutipa Mamani

PUNO

PERÚ

2014

## ÍNDICE

RESUMEN .....	1
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN .....	3
CAPÍTULO 1 .....	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	5
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	5
1.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA .....	6
1.2.1. PROBLEMA GENERAL: .....	6
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS: .....	6
1.2.3. ANTECEDENTES: .....	6
1.3. JUSTIFICACIÓN: .....	7
1.4. OBJETIVOS .....	7
1.4.1. OBJETIVO GENERAL: .....	7
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	8
1.5. HIPÓTESIS .....	8
1.6. HIPÓTESIS GENERAL .....	8
1.6.1. HIPÓTESIS ESPECÍFICA .....	8
CAPÍTULO 2 .....	9
MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....	9
2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL: .....	9
2.1.1. DATOS DE LA CARGA .....	9
2.2. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA .....	10
2.2.1. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES .....	10
2.2.1.1. MOTOR DE CUATRO TIEMPOS .....	10
2.2.2. DESCRIPCIÓN DEL MOTOR DISPONIBLE .....	14
2.3. GENERADOR ELÉCTRICO .....	14
2.3.1. PÉRDIDAS Y EFICIENCIA DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS .....	15
2.3.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN GENERADOR ELÉCTRICO: LEY DE FARADAY .....	16
2.3.3. GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNA: EL ALTERNADOR .....	17
2.3.4. EXCITATRIZ DE LOS ALTERNADORES .....	20
2.3.5. EFECTOS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN ALTERNADOR .....	20

2.3.6. GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA: .....	21
2.3.6.1. EL DINAMO.....	21
2.3.6.2. LA CONMUTACIÓN EN LOS DINAMOS .....	23
2.3.7. SINCRONIZACIÓN DE GENERADORES.....	24
2.4. GRUPOS ELECTRÓGENOS O DE EMERGENCIA:.....	25
2.4.1. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE UN GRUPO ELECTRÓGENO.....	26
2.4.2. CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL GRUPO ELECTRÓGENO:.....	27
2.4.3. DESCRIPCIÓN DEL GENERADOR DISPONIBLE. ....	28
CAPÍTULO 3.....	29
DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA. ....	29
3.1. CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA.....	29
3.2. CONDICIONES PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO.....	30
3.3. DESCRIPCIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL PIC16F877.....	30
3.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PIC16F877 .....	30
3.3.2. EL OSCILADOR EXTERNO .....	35
3.3.3 CONFIGURACIÓN DEL PIC16F877 .....	36
3.3.4. PROGRAMACIÓN DEL PIC16F877.....	43
3.4. CIRCUITO DE CONTROL Y MANDO:.....	51
3.5. CIRCUITO DE CONTROL DE LA TENSIÓN .....	52
3.6. SELECCIÓN DE LOS ACCESORIOS DEL CIRCUITO DE FUERZA.....	53
3.6.1. CARACTERÍSTICAS Y SELECCIÓN DE UN CONTACTOR.....	53
3.6.2. CORRIENTE CONVENCIONAL TÉRMICA ITH.....	55
3.6.3. PODER DE CIERRE (O DE ESTABLECIMIENTO) PCI. ....	55
3.6.4. PODER DE CORTE PCO. ....	56
3.6.5. CATEGORÍA DE EMPLEO .....	56
3.6.6. CORRIENTE DE EMPLEO (OPERACIONAL) IE.....	58
3.6.7. TENSIÓN DE EMPLEO UE .....	59
3.6.8. DURABILIDAD MECÁNICA .....	59
3.6.9. DURABILIDAD ELÉCTRICA.....	60
3.6.10. ELECCIÓN DE UN CONTACTOR PARA UN CIRCUITO .....	60
3.6.11. PARTES DE UN CONTACTOR.....	62
3.7. RELÉ HH52P BOTTOM.....	62
3.8. RELÉ ZHNQI Q19F DC12V.....	66
3.9. ADAPTADOR AC 12V - 1.6A.....	67
3.9.1. PRINCIPIOS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA.....	67

3.9.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR.....	67
3.10. SERVOMOTOR DE 15KG. ....	71
3.10.1. CARACTERÍSTICAS.....	72
3.10.2. CONTROL.....	74
3.11. TABLERO PARA EMPOTRAR (TTA).....	75
3.11.1 TABLEROS DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA.....	76
3.11.2. CONDICIONES DE SERVICIO.....	77
3.12. DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL.....	83
3.12.1. CABLEADO EMPLEADO. ....	83
3.13. DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPO DE FUERZA.....	83
3.14. DIMENSIONAMIENTO DE OTROS EQUIPOS PARA EL TABLERO DE CONTROL.....	84
3.15. MONTAJE, INSTALACIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS.....	84
3.15.1. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL.....	85
3.15.2. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN.....	87
3.15.3. CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE FUERZA.....	89
3.16. PUESTA A TIERRA.....	89
3.17. ESTÁNDARES DE PROTECCIÓN.....	90
CAPÍTULO 4.....	93
MONTAJE, INSTALACIÓN Y PRUEBAS.....	93
4.1. CONSIDERACIONES PREVIAS.....	93
4.2. PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE Y COMPROBACIÓN.....	93
4.3. MANUAL DE MANTENIMIENTO.....	94
4.3.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO.....	94
4.3.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO.....	95
4.3.3. PERSONAL DE MANIPULACIÓN.....	95
4.3.4. MANTENIMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN.....	96
4.3.5. MANTENIMIENTO DEL ALTERNADOR.....	97
4.3.6. MANTENIMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL.....	98
4.4. OPERACIÓN.....	98
4.4.1. TRANSFERENCIA.....	98
4.4.2. RETORNO A CONDICIONES INICIALES.....	99
CONCLUSIONES.....	101
RECOMENDACIONES.....	102
BIBLIOGRAFÍA.....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1: LOS CUATRO TIEMPOS DEL MOTOR .....	12
FIGURA 2.2: DIAGRAMA DE FUNCIONAMIENTO DEL ALTERNADOR.....	18
FIGURA 3.1: FORMAS DE TRANSFERENCIA DE CARGA.....	29
FIGURA 3.2: DISTRIBUCIÓN DE PINES DEL PIC 16F877A .....	31
FIGURA 3.3: DISTRIBUCIÓN DE LOS PUERTOS DEL PIC 16F877A: .....	32
FIGURA 3.4: CAPACIDAD DE CORRIENTE DE LOS PINES Y PUERTOS .....	34
FIGURA 3.5: CONEXIÓN DE UN OSCILADOR XT.....	36
FIGURA 3.6: CIRCUITO DE CONTROL GOBERNADO POR EL PIC16F877 .....	52
FIGURA 3.7: CIRCUITO DE CONTROL DE TENSIÓN.....	53
FIGURA 3.8: CONTACTOR DE 32A .....	54
FIGURA 3.9: PARTES DE UN CONTACTOR.....	62
FIGURA 3.10: RELÉ Y SU SIMBOLOGIA.....	63
FIGURA 3.11: FUENTE O ADAPTADOR Y SIMBOLOGÍA.....	67
FIGURA 3.12: SERVOMOTOR Y SU SIMBOLOGÍA .....	72
FIGURA 3.13: CARACTERISTICAS FÍSICAS DEL SERVOMOTOR.....	74
FIGURA 3.14: TABLERO DE TRANSFERENCIA .....	76
FIGURA 3.15: CONDUCTOR.....	83
FIGURA 3.16: PANEL FRONTAL DE SEÑALIZACIÓN .....	88
FIGURA 3.17: CIRCUITO DEL PANEL FRONTAL DE SEÑALIZACIÓN .....	88
FIGURA 3.18: SOBRECORRIENTE DE RETARDO .....	92

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1: CARGAS PRESENTES EN EL CENTRO COMERCIAL .....	10
TABLA 2.2: CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR DE COMBUSTION DISPONIBLE .....	14
TABLA 2.3: DATOS DE PLACA DEL GENERADOR.....	28
TABLA 3.1: CONSUMO DE CORRIENTE DEL MICROCONTROLADOR .....	34
TABLA 3.2: EMPLEO DE CONTACTORES .....	57
TABLA 3.3: CUADRO DE CARGAS.....	61
TABLA 3.4: DATOS DEL RELÉ HH52P BOTTOM .....	64

## RESUMEN

Comportamiento frente a una falla de energía externa: La unidad se encuentra supervisando la presencia de las fases de entrada en modo permanente y si es normal permanece a la espera, será considerada de falla de suministro de energía externa ante una caída de tensión por debajo de 180 Volts de manera sostenida por un tiempo programado.

Transferencia de cargas: Una vez superado el tiempo de precalentamiento, inicia la transferencia, habiendo anteriormente desconectado ya la de red, procede a conectar el grupo.

Reconexión a red externa: Cuando se detecta el retorno de red externa, la unidad esperará que la misma se mantenga normal por un periodo programable de 0 a 255 segundos Superado tal tiempo se producirá el paso a la rutina de reconexión a red externa

Finalización de maniobra de reconexión a red externa: Una vez devuelta la carga a Red Externa, se esperará el tiempo programado de apagado del motor. Luego de este tiempo se quitará el contacto al grupo finalizando así el ciclo de transferencia por falla en el suministro de la Red Externa. Una vez apagado el grupo normalmente, el sistema permanecerá en alerta para una nueva llamada de transferencia.

Palabras clave: Carga continua, circuito de control, circuito de fuerza de baja potencia, gabinete, suministro, tensión.

## ABSTRACT

Behavior in a fault external power: The unit is monitoring the presence of the input phases in permanently and if normal awaits will be considered failure external power supply with a voltage drop below 180 Volts sustained by a set time.

Transfer charges: Once timed preheat initiates the transfer, having previously disconnected the network and proceeds to connect the group.

Reconnection external network: When the return of external network is detected, the unit will wait that keeps it normal for a programmable period of 0 to 255 seconds exceeded this time step will occur routine reconnection to external network

Completion of maneuver reconnection external network: Once returned to the external network load, the programmed engine off wait. After this time the contact group ending the cycle of failure in the transfer provision of the external network will be removed. Once off the group normally, the system will remain on alert for a new call transfer.

Keywords: Continuous load, control circuit, power circuit low power, cabinet, supply voltage.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad resulta difícil imaginar un mundo sin electricidad, pues ésta influye en el quehacer diario de las personas, la electricidad es utilizada de diferentes formas tanto en las casas, oficinas, centros comerciales, en la operación de todos los equipos eléctricos y electrónicos, la mayor cantidad de energía eléctrica es utilizada por la industria y minería en nuestro país.

En el primer capítulo se describe el planteamiento del problema de investigación, seguido de las preguntas de investigación; y de los objetivos del estudio tanto el general como los específicos; además, se plantean los alcances y límites de la investigación, la justificación del estudio, su aporte y beneficio social, así como el aporte a otras áreas del conocimiento y su beneficio metodológico

En el segundo capítulo se presenta el marco conceptual de la investigación, el cual contiene definiciones y conceptos utilizados en la temática; de igual forma se presenta el marco contextual utilizado como soporte de la investigación, el cuál utiliza la metodología deductiva; partiendo de un estudio sobre el tema de fallas en el sistema eléctrico, más adelante se realiza la descripción del motor que es parte del grupo electrógeno los principios de funcionamiento de este, también se menciona y detalla al generador y todo este conjunto en general, describiendo el funcionamiento y la correcta manera de hacer la selección de uno de estos.

En el tercer capítulo se detalla y describe el sistema de transferencia automática, las condiciones de operación del sistema, la descripción de los

circuitos de control, mando y fuerza, se realiza la descripción de todos los componentes eléctricos presentes en el tablero de control.

En el cuarto capítulo se contempla la instalación, montaje y pruebas eléctricas, en este capítulo se detallan los procedimientos para la conexión del grupo electrógeno a la carga y como funciona este, se muestra los tipos de cuidado y mantenimiento que se debe de realizar a todo el conjunto, grupo electrógeno y tablero de transferencia automática.

## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA, ANTECEDENTES Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El centro comercial como persona natural, GRACIELA BERRIOS MAMANI denominada como (MOBHI GRIFOS) Ubicada en Av. Panamericana N° 413 de la Ciudad de Juli en la provincia de Chucuito – Puno, presta servicios de abastecimiento de combustible a gran parte de la ciudad de Juli prestando un servicio continuo, las 24 horas del día los siete días de la semana; pero no cuentan con un suministro de energía eléctrica continua en caso de fallas en el sistema eléctrico, es por esta razón que se implementará un sistema de control automático y digital para el grupo electrógeno de 6.5 KVA con el que cuenta, para que mantenga regulada la frecuencia y la tensión de forma independiente a la carga conectada al generador.

Cuando se trata del servicio de suministro de energía eléctrica no siempre es continuo en la distribución, debido a una variedad de fallas e inconvenientes presentados, en la actualidad existen instituciones y organismos que requieren la calidad del servicio de suministro de la energía eléctrica y que se garantice que sea de forma continua.

En toda actividad productiva la falta de este recurso puede ocasionar pérdidas económicas, productivas y hasta biológicas. En consecuencia es muy importante que se cuente con un sistema de emergencia que sea rápido y confiable en el caso de interrupciones del servicio eléctrico.

Es por esta razón que se implementa al grupo electrógeno (Motor de combustión interna, generador) un sistema de control automático, para que de esta forma el grupo electrógeno se conecte de forma automática al sistema eléctrico y así garantizar el servicio continuo de la energía eléctrica.

## **1.2. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

Del planteamiento del problema expuesto, podemos desprender lo siguiente:

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL:**

¿Será posible mediante el diseño, construcción, instalación y puesta en marcha de un sistema de control automatizado para el grupo electrógeno de 6.5 kVA, mantener el suministro continuo de energía eléctrica para el centro comercial MOBHI GRIFOS?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS:**

- ¿Será posible mediante el dimensionamiento y selección adecuados, de los componentes de un sistema eléctrico, mantener la tensión en sus valores permisibles según la normatividad vigente?
- ¿Será posible mediante el dimensionamiento y selección adecuada, de los componentes de un sistema de control automático, la conexión automática de la carga a la red eléctrica en caso de ausencia de energía eléctrica?

### **1.2.3. ANTECEDENTES:**

En la actualidad, los avances tecnológicos facilitan mucho los procesos que anteriormente se realizaban manualmente, en una empresa las mejoras se realizan con la finalidad de agilizar los procesos productivos de una manera

rápida y efectiva reduciendo al máximo el tiempo y mejorando la calidad en sus productos. La energía eléctrica es un insumo primordial en toda actividad productiva y la calidad de esta. Es por esta razón que se implementan grupos electrógenos, para que el suministro de energía eléctrica sea continuo.

Para automatizar estos grupos electrógenos se diseñaron sistemas de transferencia automática de carga, estos sistemas son gobernados por computadoras, PLCs, relés programables todos estos muy costosos.

### **1.3. JUSTIFICACIÓN:**

En la actualidad, debido a la importancia de las fuentes de energía eléctrica, es imprescindible el estudio de los principios de regulación de dichas plantas ya que del correcto funcionamiento de estas depende la operación de los aparatos que alimenta.

Una de las razones por las cuales se aborda un tema de esta índole como tesis es que se aplican los conocimientos adquiridos en la carrera de ingeniería, para la solución de un problema real y la más importante que se trata de un diseño y construcción de un sistema de control que puede ser utilizado como una base para el desarrollo de algoritmos de controladores más sofisticados (controlador PD, PID), sustentando en el principio de operación y comportamiento de una planta de energía eléctrica ante cambios repentinos en la carga.

### **1.4. OBJETIVOS**

#### **1.4.1. OBJETIVO GENERAL:**

Diseño, construcción, instalación y puesta en marcha de un sistema de control automatizado para el grupo electrógeno de 6.5 kVA para el suministro continuo de energía eléctrica de MOBHI GRIFOS.

#### **1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Dimensionamiento y selección los componentes de un sistema eléctrico para mantener la tensión en sus valores permisibles según la normatividad vigente.
- Dimensionamiento y selección de los componentes de un sistema de control automático para que conecte y/o desconecte la carga de la red eléctrica en caso de ausencia de energía eléctrica.

#### **1.5. HIPÓTESIS**

#### **1.6. HIPÓTESIS GENERAL**

El diseño, construcción, instalación y puesta en marcha de un sistema de control automatizado para el grupo electrógeno de 6.5 kVA, permitirá el suministro continuo y confiable de energía eléctrica a MOBHI GRIFOS.

#### **1.6.1. HIPÓTESIS ESPECÍFICA**

- El dimensionamiento y selección adecuados, de los componentes de un sistema eléctrico, permitirá mantener la tensión en sus valores permisibles según la normatividad vigente.
- El dimensionamiento y selección adecuados, de los componentes de un sistema de control automático, permitirá que esta conecte y/o desconecte la carga de la red eléctrica en caso de ausencia de energía eléctrica sin perturbaciones.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO, MARCO CONCEPTUAL

#### 2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL:

##### 2.1.1. DATOS DE LA CARGA

En el centro comercial denominado como “MOBHI GRIFOS”, existen diversas cargas como son: iluminación interior y exterior, dos surtidores de combustible uno de diésel y el otro de gasolina; en el caso de falla en la red y la ausencia de energía eléctrica hay cargas que son críticas por su importancia para prevenir daños en personas y equipos y para continuar con su actividad normalmente sin pérdidas económicas.

Tomando en cuenta estos parámetros se realiza el estudio para determinar qué cargas son las que tienen mayor importancia tomando en cuenta la cantidad de energía que consumen y también la importancia para que no exista pérdidas económicas por la ausencia de energía.

En la tabla 2.1 se muestran los valores de las cargas presentes en este centro comercial.

**Tabla N° 2.1: Cargas presentes en el centro comercial**

CUADRO DE CARGAS N°1				
AREA TOTAL	213.62m <sup>2</sup>	Area comercial + Area de ventas		
RESUMEN DE CUADRO DE CARGAS PLANTA BAJA				
DESCRIPCION	MAXIMA DEMANDA (KW)	CANTIDAD	FACTOR DE SIMULTANIDAD	POTENCIA (KW)
luminarias + tmacorrientes	2.1	-	1	2.1
Surtidor de D-2	1.5	-	1	1.5
Surtidor de Gasolina 94 Octanos	1.5	-	1	1.5
Reserva	1.0	-	0.75	0.75
SUB TOTAL (KW)				5.85
Perdidas por distribucion (KW)				0.07
TOTAL (KW)				5.92

Elaboración: Propia

## 2.2. MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA

La gran mayoría de la maquinaria de transporte es movida por motores de combustión interna. Actualmente, la construcción de estos motores para vehículos, aeroplanos, grupos electrógenos y otros, constituye una de las más grandes industrias en el mundo.

### 2.2.1. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES

Cada uno de los distintos tipos de motores tiene su modo propio de funcionamiento y ha recibido el nombre de los ingenieros que le dieron forma y aplicación práctica industrial a los principios de funcionamiento. Así los motores encendidos por chispa reciben el nombre de “Motores Otto”, mientras que los motores encendidos por compresión son más conocidos como “motores Diésel”, sin hacer diferencias según el número de tiempos.

### 2.2.1.1. MOTOR DE CUATRO TIEMPOS

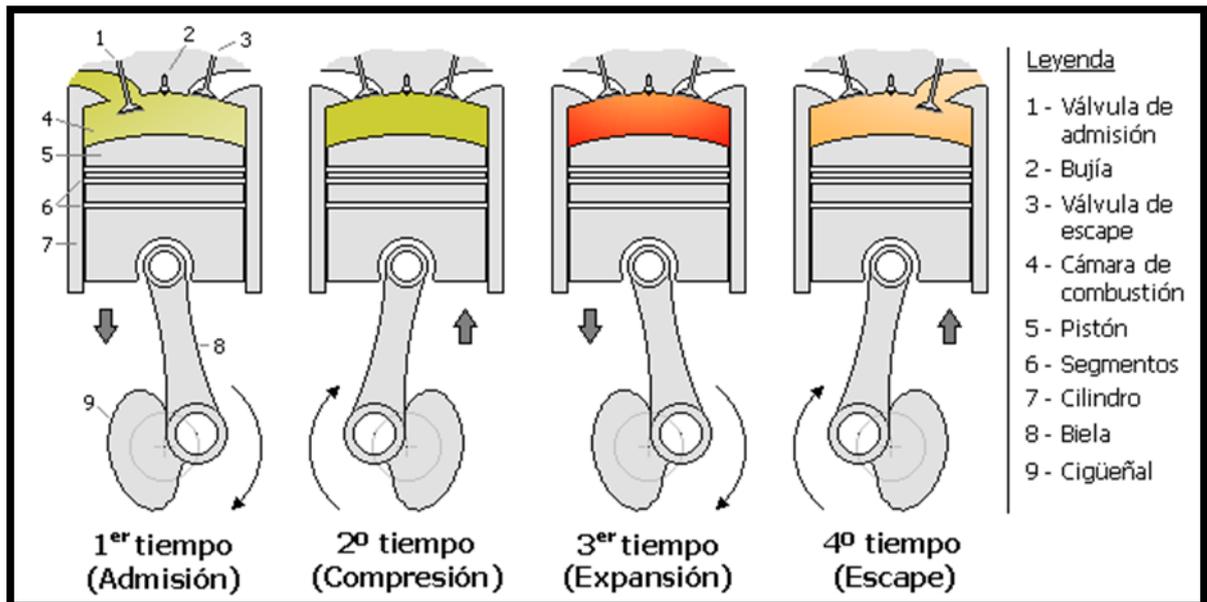
El motor convencional del tipo Otto es de cuatro tiempos, aunque en vehículos de dos ruedas hasta una cierta cilindrada se utilizó mucho el motor de dos tiempos. El rendimiento térmico de los motores Otto modernos se ve limitado por varios factores, entre otros la pérdida de energía por la fricción y la refrigeración.

La termodinámica nos dice que el rendimiento de un motor depende en primera aproximación del grado de compresión. Esta relación suele ser de 8 a 1 o 10 a 1 en la mayoría de los motores Otto modernos. Se pueden utilizar proporciones mayores, como de 12 a 1, aumentando así la eficiencia del motor, pero este diseño requiere la utilización de combustibles de alto índice de octano para evitar el fenómeno de la detonación, que puede producir graves daños en el motor. La eficiencia o rendimiento medio de un buen motor Otto es de un 20 a un 25%: sólo la cuarta parte de la energía calorífica se transforma en energía mecánica.

Los cuatro tiempos del ciclo son: Admisión, Compresión, Explosión, y Escape. Cada uno corresponde a un recorrido de pistón (ida o regreso) por lo que el ciclo completo se lleva a cabo en dos vueltas completas del cigüeñal.

- Admisión: Durante el clico de entrada, el pistón se mueve hacia abajo, succionando una nueva carga de mezcla vaporizada de aire/combustible. En el cilindro izquierdo de la ilustración se puede ver la válvula de admisión abierta, por la acción del mecanismo leva/levantador. La válvula de escape se mantiene cerrada por la acción de un resorte.

**Figura N° 2.1: Los cuatro tiempos del motor**



Fuente: [http://ca.wikipedia.org/wiki/Motor\\_de\\_cuatre\\_temps](http://ca.wikipedia.org/wiki/Motor_de_cuatre_temps)

- **Compresión:** A medida que el pistón sube comprime la mezcla ya que la válvula de entrada ya está cerrada. La inercia del volante (rueda pesada que está conectada al cigüeñal), empuja el pistón hacia arriba, comprimiendo la mezcla aire/combustible.
- **Explosión:** En el punto máximo del ciclo de compresión la bujía lanza la chispa, iniciando la combustión del combustible comprimido. Al quemarse el combustible este se expande, empujando el pistón hacia abajo.
- **Escape:** En el punto más bajo del ciclo de escape la válvula de escape se abre por acción del mecanismo leva/levantador. El movimiento hacia arriba del pistón saca el combustible quemado (humo) fuera del cilindro.

En teoría, el ciclo diésel difiere del ciclo Otto en que la combustión tiene lugar en este último a volumen constante en lugar de producirse a una presión constante. La mayoría de los motores diésel son asimismo del ciclo de cuatro

tiempos, salvo los de tamaño muy grande, ferroviario o marino, que son de dos tiempos. Las fases son diferentes de las de los motores de gasolina.

En la primera carrera, la de admisión, el pistón sale hacia fuera, y se absorbe aire hacia la cámara de combustión. En la segunda carrera, la fase de compresión, en que el pistón se acerca. El aire se comprime a una parte de su volumen original, lo cual hace que suba su temperatura hasta unos 850 °C. Al final de la fase de compresión se inyecta el combustible a gran presión mediante la inyección de combustible con lo que se atomiza dentro de la cámara de combustión, produciéndose la inflamación a causa de la alta temperatura del aire. En la tercera fase, la fase de trabajo, la combustión empuja el pistón hacia fuera, transmitiendo la fuerza longitudinal al cigüeñal a través de la biela, transformándose en fuerza de giro par motor. La cuarta fase es, al igual que en los motores Otto, la fase de escape, cuando vuelve el pistón hacia dentro.

Algunos motores diésel utilizan un sistema auxiliar de ignición para encender el combustible al arrancar el motor y mientras alcanza la temperatura adecuada.

La eficiencia o rendimiento, proporción de la energía del combustible que se transforma en trabajo y no se pierde como calor, de los motores diésel dependen, de los mismos factores que los motores Otto, es decir de las presiones (y por tanto de las temperaturas) inicial y final de la fase de compresión. Por lo tanto es mayor que en los motores de gasolina, llegando a superar el 40%. En los grandes motores de dos tiempos de propulsión naval. Este valor se logra con un grado de compresión de 20 a 1 aproximadamente, contra 9 a 1 en el Otto. Por ello es necesaria una mayor robustez, y los motores

diésel son, por lo general, más pesados que los motores Otto. Esta desventaja se compensa con el mayor rendimiento y el hecho de utilizar combustibles más baratos.

### 2.2.2. DESCRIPCIÓN DEL MOTOR DISPONIBLE

Las características del motor, con él cuenta el grupo electrógeno, se detallan en la tabla 2.2

**Tabla N° 2.2: Características del motor de combustión disponible.**

MOTOR	
Modelo	GX 390 H1
Tipo	Motor de 4 tiempos
Desplazamiento (cm <sup>3</sup> )	389
Sistema de ignición	Magneto transistorizado
Sistema de arranque	Eléctrico Retráctil
Tanque de combustible	6.4 Gls.
Horas de operación continua	7
Nivel de ruido (LWA)	102
Nivel de ruido (dB a 7m)	77

Elaboración: Propia

### 2.3. GENERADOR ELÉCTRICO

Un generador es una máquina eléctrica rotativa que transforma energía mecánica en energía eléctrica. Lo consigue gracias a la interacción de los dos elementos principales que lo componen: la parte móvil llamada rotor, y la parte estática que se denomina estator.

Cuando un generador eléctrico está en funcionamiento, una de las dos partes genera un flujo magnético (actúa como inductor) para que el otro lo transforme en electricidad (actúa como inducido).

Los generadores eléctricos se diferencian según el tipo de corriente que producen. Así, nos encontramos con dos grandes grupos de máquinas eléctricas rotativas: los alternadores y las dinamos.

Los alternadores generan electricidad en corriente alterna. El elemento inductor es el rotor y el inducido el estator. Un ejemplo son los generadores de las centrales eléctricas, las cuales transforman la energía mecánica en eléctrica alterna.

Las dinamos generan electricidad en corriente continua. El elemento inductor es el estator y el inducido el rotor. Un ejemplo lo encontraríamos en la luz que tiene una bicicleta, la cual funciona a través del pedaleo.

### **2.3.1. PÉRDIDAS Y EFICIENCIA DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS ROTATIVAS**

Como cualquier máquina, la potencia de salida que ofrecen las máquinas eléctricas rotativas es menor que la potencia de alimentación que se les suministra. La diferencia entre la potencia de salida y la suministrada son las pérdidas:

$$P_{suministrada} - P_{salida} = Pérdidas$$

La potencia de salida de un generador eléctrico es la potencia eléctrica que entrega, la potencia útil. La potencia suministrada o total es la potencia mecánica de entrada: la potencia mecánica que absorbe la máquina para poder generar electricidad.

Dentro de una máquina eléctrica rotativa, las pérdidas más significativas son:

- Pérdidas mecánicas: Causadas por el rozamiento entre las piezas móviles y por la ventilación o refrigeración interior de los devanados.
- Pérdidas eléctricas o pérdidas en el cobre: Se producen en el circuito eléctrico y en sus conexiones y son debidas al efecto Joule.
- Pérdidas magnéticas o pérdidas en el hierro: Dependen de las variaciones que se producen en los campos magnéticos y de la frecuencia.

Así mismo, el cociente entre la potencia de salida (también llamada potencia útil) y la potencia suministrada (también llamada potencia total o absorbida) es la eficiencia. Esta eficiencia se expresa en tanto por ciento (%):

$$\eta = \frac{\text{Potencia útil}}{\text{Potencia total}} \times 100$$

Por lo tanto, la eficiencia de una máquina eléctrica determina la cantidad de trabajo útil que puede producir, a partir de la energía total que consume.

### **2.3.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN GENERADOR ELÉCTRICO: LEY DE FARADAY**

Representación del experimento que realizó Faraday:

El principio de funcionamiento de los generadores se basa en el fenómeno de inducción electromagnética.

La Ley de Faraday. Esta ley nos dice que el voltaje inducido en un circuito es directamente proporcional al cambio del flujo magnético en un conductor o espira. Esto quiere decir que si tenemos un campo magnético generando un flujo magnético, necesitamos una espira por donde circule una corriente para conseguir que se genera la f.e.m. (fuerza electromotriz).

Este descubrimiento, realizado en el año 1830 por Michael Faraday, permitió un año después la creación del disco de Faraday. El disco de Faraday consiste en un imán en forma de U, con un disco de cobre de doce pulgadas de diámetro y 1/5 de pulgas de espesor en medio colocado sobre un eje, que está girando, dentro de un potente electroimán. Al colocar una banda conductora rozando el exterior del disco y otra banda sobre el eje, comprobó con un galvanómetro que se producía electricidad mediante imanes permanentes. Fue el comienzo de las modernas dinamos. Es decir, generadores eléctricos que funcionan por medio de un campo magnético. Era muy poco eficiente y no tenía ningún uso como fuente de energía práctica, pero demostró la posibilidad de generar electricidad usando magnetismo y abrió la puerta a los conmutadores, dinamos de corriente continua y finalmente a los alternadores de corriente.

### **2.3.3. GENERADOR DE CORRIENTE ALTERNA: EL ALTERNADOR**

Los generadores de corriente alterna o alternadores son máquinas que transforman energía mecánica, que reciben por el rotor, en energía eléctrica en forma de corriente alterna. La mayoría de alternadores son máquinas de corriente alterna síncrona, que son las que giran a la velocidad de sincronismo, que está relacionada con el número de polos que tiene la máquina y la frecuencia de la fuerza electromotriz. Esta relación hace que el motor gire a la misma velocidad que le impone el estator a través del campo magnético. Esta relación viene dada por la expresión:

$$\eta = \frac{60 \times f}{P}$$

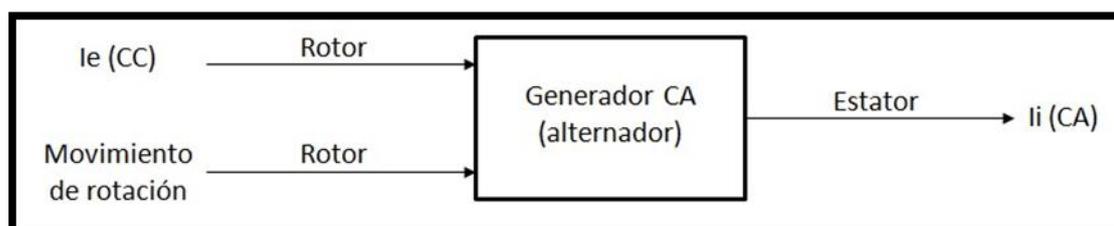
Donde  $f$  es la frecuencia a la cual está conectada la máquina y  $P$  es el número de pares de polos.

Su estructura es la siguiente:

- **Estator:** Parte fija exterior de la máquina. El estator está formado por una carcasa metálica que sirve de soporte. En su interior encontramos el núcleo del inducido, con forma de corona y ranuras longitudinales, donde se alojan los conductores del enrollamiento inducido.
- **Rotor:** Parte móvil que gira dentro del estator. El rotor contiene el sistema inductor y los anillos de rozamiento, mediante los cuales se alimenta el sistema inductor. En función de la velocidad de la máquina hay dos formas constructivas.
  - Rotor de polos salidos o rueda polar: Utilizado para turbinas hidráulicas o motores térmicos, para sistemas de baja velocidad.
  - Rotor de polos lisos: Utilizado para turbinas de vapor y gas, estos grupos son llamados turboalternadores. Pueden girar a 3600, 1800 o 1200 r.p.m. en función de los polos que tenga, y para producir corriente alterna a 60 Hz.

El alternador es una máquina eléctrica rotativa síncrona que necesita de una corriente de excitación en el bobinado inductor para generar el campo eléctrico y funcionar. Por lo tanto su diagrama de funcionamiento es el siguiente:

**Figura N° 2.2: Diagrama de funcionamiento del alternador**



Elaboración: propia

Al ser máquinas síncronas que se conectan a la red han de trabajar a una frecuencia determinada. En el caso de Europa y algunas zonas de Latinoamérica se trabaja a 50 Hz, mientras que en los Estados Unidos usan 60 Hz. En aplicaciones especiales como en el caso de la aeronáutica, se utilizan frecuencias más elevadas, del orden de los 400 Hz, en el Perú se usa 60 Hz.

El principio de funcionamiento de los alternadores es el mismo que hemos estudiado hasta ahora, con una pequeña diferencia. Para generar el campo magnético, hay que aportar una corriente de excitación ( $I_e$ ) en corriente continua. Esta corriente genera el campo magnético para conseguir la corriente inducida ( $I_i$ ) que será corriente alterna.

Los alternadores están acoplados a una máquina motriz que les genera la energía mecánica en forma de rotación. Según la máquina motriz tenemos tres tipos:

- Máquinas de vapor: Se acopla directamente al alternador. Generan una velocidad de giro baja y necesitan un volante de inercia para generar una rotación uniforme.
- Motores de combustión interna: Se acoplan directamente y las características son similares al caso anterior.
- Turbinas hidráulicas: La velocidad de funcionamiento tiene un rango muy amplio. Estos alternadores están diseñados para funcionar bien hasta el doble de su velocidad de régimen.

#### **2.3.4. EXCITATRIZ DE LOS ALTERNADORES**

Los alternadores necesitan una fuente de corriente continua para alimentar los electroimanes (devanados) que forman el sistema inductor. Por eso, en el interior del rotor se incorpora la excitatriz.

La excitatriz es la máquina encargada de suministrar la corriente de excitación a las bobinas del estator, parte donde se genera el campo magnético. Según la forma de producir el flujo magnético inductor podemos hablar de:

- Excitación independiente. La corriente eléctrica proviene de una fuente exterior.
- Excitación serie. La corriente de excitación se obtiene conectando las bobinas inductoras en serie con el inducido. Toda la corriente inducida a las bobinas del rotor pasa por las bobinas del estator.
- Excitación shunt o derivación. La corriente de excitación se obtiene conectando las bobinas del estator en paralelo con el inducido. Solo pasa por las bobinas del estator una parte de la corriente inducida.
- Excitación compound. En este caso las bobinas del estator están conectadas tanto en serie como en paralelo con el inducido.

#### **2.3.5. EFECTOS DEL FUNCIONAMIENTO DE UN ALTERNADOR**

Cuando un alternador funciona conectado a un circuito exterior se crean corrientes inducidas que nos generan los siguientes efectos:

- Caída de tensión en los bobinados inducidos: La resistividad que nos presentan los conductores hace que tengamos una caída de tensión.
- Efecto de reacción en el inducido: El tipo de reacción que tendremos en el inducido dependerá de la carga conectada:

- Resistiva: Tenemos un incremento en la caída de tensión interna y una disminución de la tensión en los bornes de salida.
- Inductiva: Aparece una caída de tensión importante en los bornes de salida.
- Capacitiva: Disminuye la caída de tensión interna y eleva más el valor de la tensión de salida en los bornes de salida.
- Efecto de dispersión del flujo magnético: Hay líneas de fuerza que no pasan por el inducido, se pierden o llegan al siguiente polo. Cuanta más alta sea la corriente del inducido, más pérdidas por dispersión nos encontramos.

### **2.3.6. GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA:**

#### **2.3.6.1. EL DINAMO**

El generador de corriente continua, también llamado dinamo, es una máquina eléctrica rotativa a la cual le suministramos energía mecánica y la transforma en energía eléctrica en corriente continua. En la actualidad se utilizan muy poco, ya que la producción y transporte de energía eléctrica es en forma de corriente alterna.

Una de las características de las dinamos es que son máquinas reversibles: se pueden utilizar tanto como generador o como motor. El motor es la principal aplicación industrial de la dinamo, ya que tiene facilidad a la hora de regular su velocidad de giro en el rotor.

Las principales partes de esta máquina son:

## A) ESTATOR

El estator es la parte fija exterior de la dinamo. El estator contiene el sistema inductor destinado a producir el campo magnético. Está formado por:

- Polos inductores: Diseñados para repartir uniformemente el campo magnético. Distinguimos en ellos el núcleo y la expansión polar. El número de polos ha de ser par, en caso de máquinas grandes se han de utilizar polos auxiliares.
- Devanado inductor: Son las bobinas de excitación de los polos principales, colocadas alrededor del núcleo. Están hechos con conductores de cobre o de aluminio recubiertos por un barniz aislante.
- Culata: La culata sirve para cerrar el circuito magnético y sujeta los polos. Está construida con material ferromagnético.

## B) ROTOR

El rotor es la Parte móvil que gira dentro del estator. El rotor al estar sometido a variación de flujo crea la fuerza electromotriz inducida, por lo tanto contiene el sistema inducido. Está formado por:

- Núcleo del inducido: Cilindro construido para reducir las pérdidas magnéticas. Dispone de ranuras longitudinales donde se colocan las espiras del enrollamiento del inducido.
- Devanado inducido: Formado por espiras que se distribuyen uniformemente por las ranuras del núcleo. Se conecta al circuito exterior de la máquina por medio del colector y las escobillas.
- Colector: Cilindro solidario al eje de la máquina formado por segmentos de cobre o láminas aisladas eléctricamente entre ellas. En cada lámina

se conecta una bobina. Es el encargado de realizar la conversión de corriente alterna a corriente continua.

- Escobillas: Son piezas de carbón-grafito o metálicas, que están en contacto con el colector. Hacen la conmutación de la corriente inducida y la transportan en forma de corriente continua hacia el exterior.
- Cojinetes: Sirven de soporte y permiten el giro del eje de la máquina.

### **2.3.6.2. LA CONMUTACIÓN EN LOS DINAMOS**

La conmutación es la operación de transformación de una señal alterna a una señal continua y también se conoce como rectificación de señal. Las dinamos hacen esta conmutación porque tienen que suministrar corriente continua.

Esta conmutación en las dinamos se realiza a través del colector de delgas. Los anillos del colector están cortados debido a que por fuera de la espira la corriente siempre tiene que ir en el mismo sentido.

A la hora de realizar esta conmutación existen diferentes problemas. Cuando el generador funciona con una carga conectada en sus bornes, nos encontramos con una caída de tensión interna y una reacción en el inducido.

El inducido creará un flujo magnético que se opone al generado por el imán. A este efecto se le da el nombre de fuerza contra electromotriz, que desplazará el plano neutro.

Para solucionar este problema se pueden realizar diversas mejoras como:

- Desplazamiento de las escobillas: Este método cambia las escobillas a su nueva posición corrigiendo el desvío del plano, el problema es que el

motor puede trabajar desde el 0% de su carga total al 100%, por lo que el plano puede cambiar.

- Polos de conmutación o auxiliares: la función de estos polos auxiliares es la de compensar el flujo producido por las bobinas inducidas y compensarlo. Es una solución muy útil y económica.
- Bobinas de compensación: Cuando los generadores son de gran potencia, los polos de conmutación no son suficientes, en este caso usamos bobinas de compensación.

### **2.3.7. SINCRONIZACIÓN DE GENERADORES**

Cuando se desea acoplar en paralelo dos o más generadores de corriente alterna trifásica se tienen en cuenta factores como tensión entre bornes, frecuencia y desfaseamiento entre las tensiones de los generadores. Existen cuatro condiciones primordiales para la operación en paralelo de generadores:

#### **A) SECUENCIA DE FASES**

Cuando se habla de secuencia de fases se hace referencia al sentido de giro de los polos de la máquina con respecto al arrollamiento del inducido. Según esto, se pueden dar sólo dos tipos de movimiento, en sentido horario o en sentido anti horario y de acuerdo a esto se tiene una secuencia de fases negativa o positiva respectivamente. El orden de las fases debe ser el mismo para todos los generadores, sea este positivo o negativo, y puede comprobarse con la ayuda de un secuencímetro.

#### **B) IGUALDAD DE FRECUENCIA**

La frecuencia de funcionamiento es la medida eléctrica de la velocidad mecánica debido a su proporcionalidad. Para poder acoplar generadores en

paralelo es necesario que este valor sea común para todos los grupos, una desigualdad entre frecuencias provocaría corrientes circulantes entre los generadores, tiene también gran influencia en el reparto de carga, durante este proceso cada grupo toma potencia activa de forma proporcional a la velocidad de su motor.

### **C) IGUALDAD DE VOLTAJE**

El voltaje producido en bornes debe ser igual para todos los generadores; es decir, tanto en valor eficaz como en la forma de onda que describen, ya que en caso de presentar diferencias se hace visible una corriente circulante que afecta tanto al generador que la recibe, volviéndolo motor, como al que la provee, sobrecargándolo. La diferencia entre voltajes durante el reparto de carga determina la proporción de potencia reactiva que toma cada generador, para provocarla se actúa sobre el regulador de voltaje.

### **D) CONCORDANCIA DE FASES**

La concordancia de fases indica una coincidencia de valores de voltaje tanto durante el período positivo como el negativo. Esta concordancia debe ser similar para las tres fases y suele determinarse comúnmente con la ayuda del sincronoscopio el cual mediante una aguja giratoria indica el momento preciso en que se lleva a cabo esta correspondencia.

## **2.4. GRUPOS ELECTRÓGENOS O DE EMERGENCIA:**

Los grupos electrógenos o de emergencia son usualmente utilizados como fuentes de energía eléctrica alternativa en diferentes centros de comercio, hospitales, instituciones gubernamentales y otros, estos entran en funcionamiento cuando existe una interrupción en el suministro de energía

eléctrica por parte de la empresa concesionaria que en este caso es Electro Puno, este sistema auxiliar tiene la capacidad de compensar la falta de energía eléctrica proveniente de la red y la reparte entre las cargas que tienen mayor importancia.

Los grupos electrógenos actúan en caso de fallas del sistema como son:

- Interrupciones largas del suministro de energía eléctrica que se puede dar durante horas.
- Interrupciones Medianas del suministro de energía eléctrica que se puede dar durante minutos.
- Interrupciones cortas del suministro de energía eléctrica que se puede dar durante segundos.
- Caídas de tensión.

#### **2.4.1. CRITERIOS PARA LA SELECCIÓN Y DIMENSIONAMIENTO DE UN GRUPO ELECTRÓGENO**

Al momento del dimensionamiento y posterior elección de un grupo electrógeno se debe de tener en cuenta lo siguiente:

- Horas de funcionamiento: para trabajos de no más de 8 horas se recomienda grupos electrógenos de 3600 rpm, en este caso el grupo trabajará ocho horas y tendrá que reposar por lo menos 40 minutos. Para un trabajo continuo se recomienda uno de 1800 rpm.
- Equipos eléctricos que se conectan al generador: para equipos electrónicos de deberá de tener un generador con señal estabilizada por ejemplo 2%, y como máximo 5% de dispersión

- Lugar donde situaremos el grupo electrógeno: una parte del grupo electrógeno es un motor de combustión interna que genera gases de los productos de la combustión, es por esto que se recomienda que sea instalado al aire libre. En caso de ser instalado en interior se deberá de colocar alarmas para gases.
- Tipo de combustible: la selección para el tipo de combustible depende del tiempo de funcionamiento, si no lo vamos a usar muchas horas es recomendable uno de gasolina, en cambio si el grupo electrógeno va a trabajar varias horas se recomienda uno diésel porque desgaste es menor, también por el consumo, el diésel es más caro pero el mantenimiento es menor.
- Presupuesto disponible: no comprar generadores baratos comprar por las características que tiene.

#### **2.4.2. CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL GRUPO ELECTRÓGENO:**

Para el cálculo de la potencia del grupo electrógeno es necesario saber qué tipos de aparatos eléctricos se van a conectar o a que tipos de cargasse va a alimentar, de acuerdo a esto se conectarán las cargas de más importancia según su funcionamiento, se presentarán cargas que necesitarán alimentación continua y otra que no.

También se debe conocer las característicasde la potencia que consume la carga. Las cargas pueden ser de tipo resistivo, como los sistemas de calefacción e iluminación incandescente o de tipo inductivo, como motores, bombas hidráulicas, sistemas de refrigeración, en los cuales debe considerarse el factor de potencia, el método de arranque y cuántos de ellos arrancarán al

mismo tiempo, se debe de considerar la potencia máxima de estos, puesto que al momento de arranque necesitan más potencia por un lapso de 1 o 2 segundos. Esto último tiene gran importancia pues es el objetivo que en conjunto no disminuyan el voltaje de alimentación por debajo del mínimo requerido para su normal funcionamiento y se vean afectadas otras cargas.

Por último, se debe de sobredimensionar la potencia del grupo electrógeno en un 20% a 30% para posibles ampliaciones futuras.

### 2.4.3. DESCRIPCIÓN DEL GENERADOR DISPONIBLE.

Características que posee el generador del centro comercial MOBHI GRIFOS

**Tabla N°2.3 Datos de placa del generador**

DATOS DE PLACA	
MARCA	HONDA
TENSIÓN	120/240V
FRECUENCIA	60Hz
VELOCIDAD	1500 RPM
SALIDA	6.0 KVA
MÁXIMA SALIDA	6.5 KVA
FASE	1 $\emptyset$
TIPO DE COMBUSTIBLE	Gasolina

Elaboración: Propia

## CAPÍTULO III

### DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA.

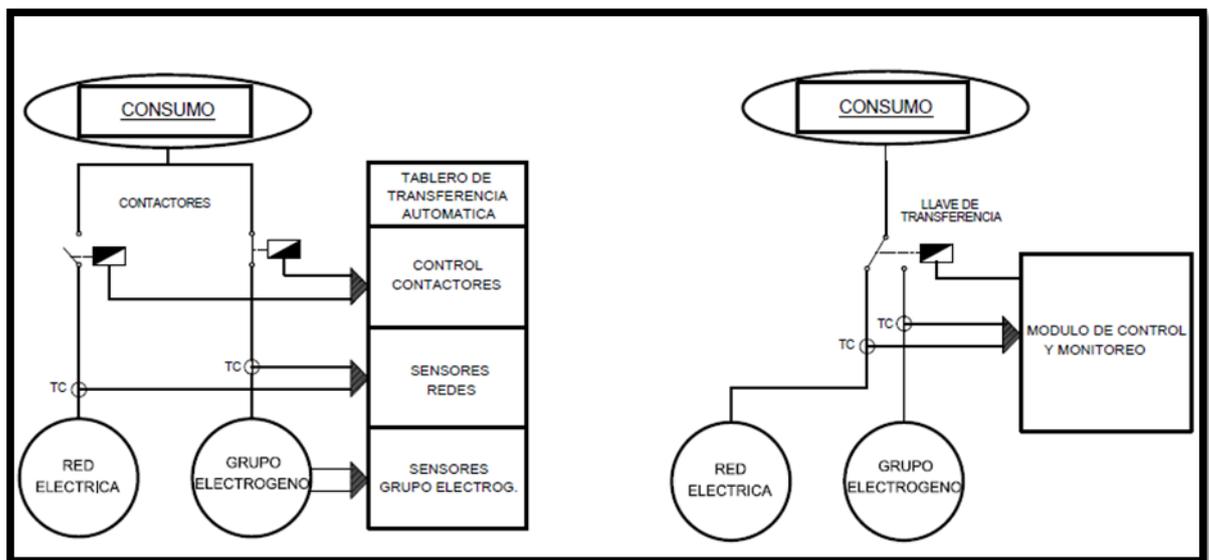
#### 3.1. CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL SISTEMA.

El generador marca HONDA está disponible las 24 horas del día pudiendo abastecer una carga máxima de 6.5KVA, y entra en funcionamiento ante la ausencia se suministró de energía eléctrica de la red, se enciende de forma

automática para después realizar la maniobra de conmutación de red a generador.

Cuando la falla de red desaparece se lleva a cabo la reconexión de la carga a la red maniobrando los contactores de 32 A presentes en el tablero. Cuando este paso se haya efectuado, el generador se apaga.

**Figura N° 3.1: Formas de transferencia de carga**



Elaboración: propia

### 3.2. CONDICIONES PARA LA INSTALACIÓN DEL SISTEMA AUTOMATIZADO

- Distancia del tablero principal al tablero de transferencia, por recomendación deben estar juntos, en nuestro caso están separados una distancia de 6m lineales.
- Distancia del tablero de transferencia al grupo, en nuestro caso es de 1m lineal
- Los equipos como tablero de distribución, tablero de transferencia y Grupo eléctrico, se encuentran a la intemperie.

- Condiciones ambientales a las que trabajaran los equipos son: temperaturas promedio de trabajo son de máxima anual 16.8°C y mínima anual de -3°C,

### **3.3. DESCRIPCIÓN Y CONFIGURACIÓN DEL PIC16F877**

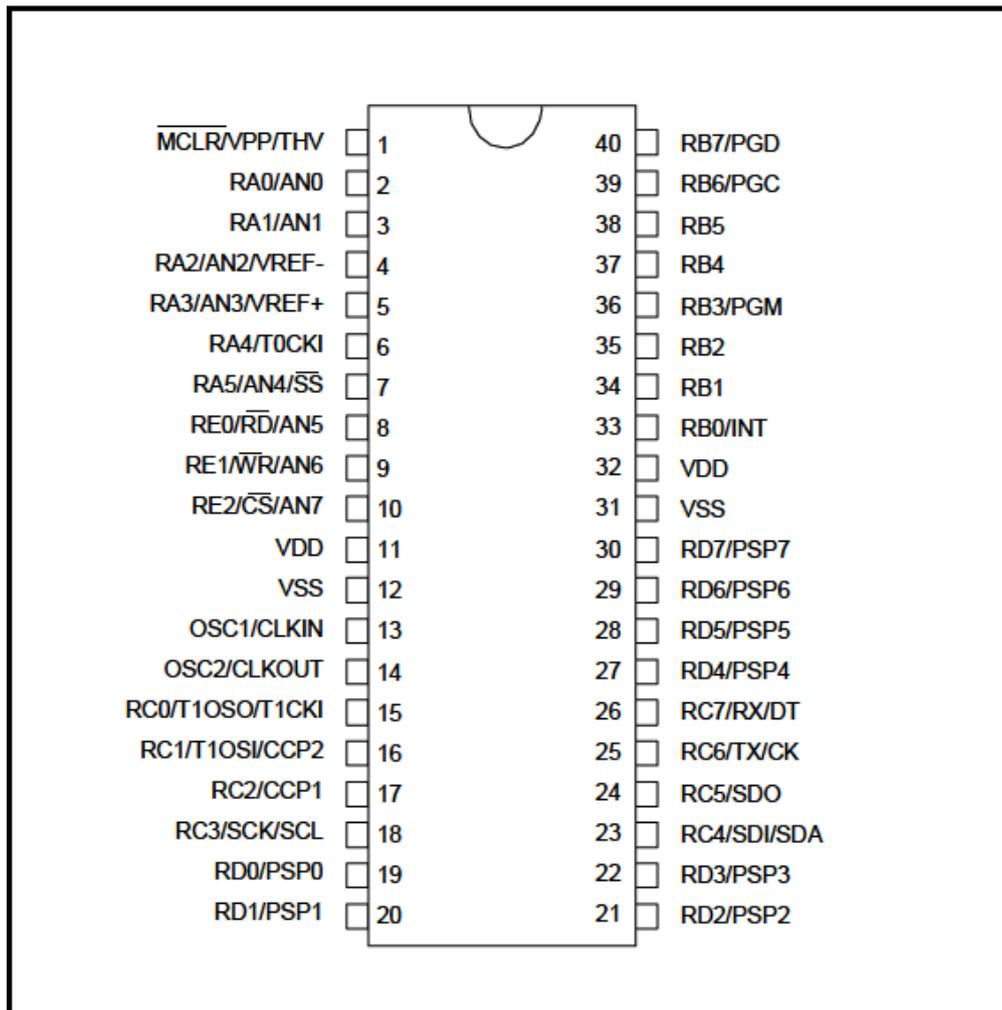
#### **3.3.1. DESCRIPCIÓN DEL PIC16F877**

El PIC16F877 es un microcontrolador con memoria de programa tipo FLASH, lo que representa gran facilidad en el desarrollo de prototipos y en su aprendizaje ya que no se requiere borrarlo con luz ultravioleta como las versiones EPROM, sino que permite reprogramarlo nuevamente sin ser borrado con anterioridad.

El PIC16F877 es un microcontrolador de Microchip Technology fabricado en tecnología CMOS, su consumo de potencia es muy bajo y además es completamente estático, esto quiere decir que el reloj puede detenerse y los datos de la memoria no se pierden.

El encapsulado más común para este microcontrolador es el DIP (Dual In-line Pin) de 40 pines, propio para usarlo en experimentación. La referencia completa es PIC16F877-04 para el dispositivo que utiliza cristal oscilador de hasta 4 MHz, PIC16F877-20 para el dispositivo que utiliza cristal oscilador de hasta 20 MHz o PIC16F877A-I para el dispositivo tipo industrial que puede trabajar hasta a 20 MHz. Sin embargo, hay otros tipos de encapsulado que se pueden utilizar según el diseño y la aplicación que se quiere realizar. Por ejemplo, el encapsulado tipo surfacemount (montaje superficial) tiene un reducido tamaño y bajo costo, que lo hace propio para producciones en serie o para utilizarlos en lugares de espacio muy reducido.

**Figura N°3.2: Distribución de pines del PIC16f877A**

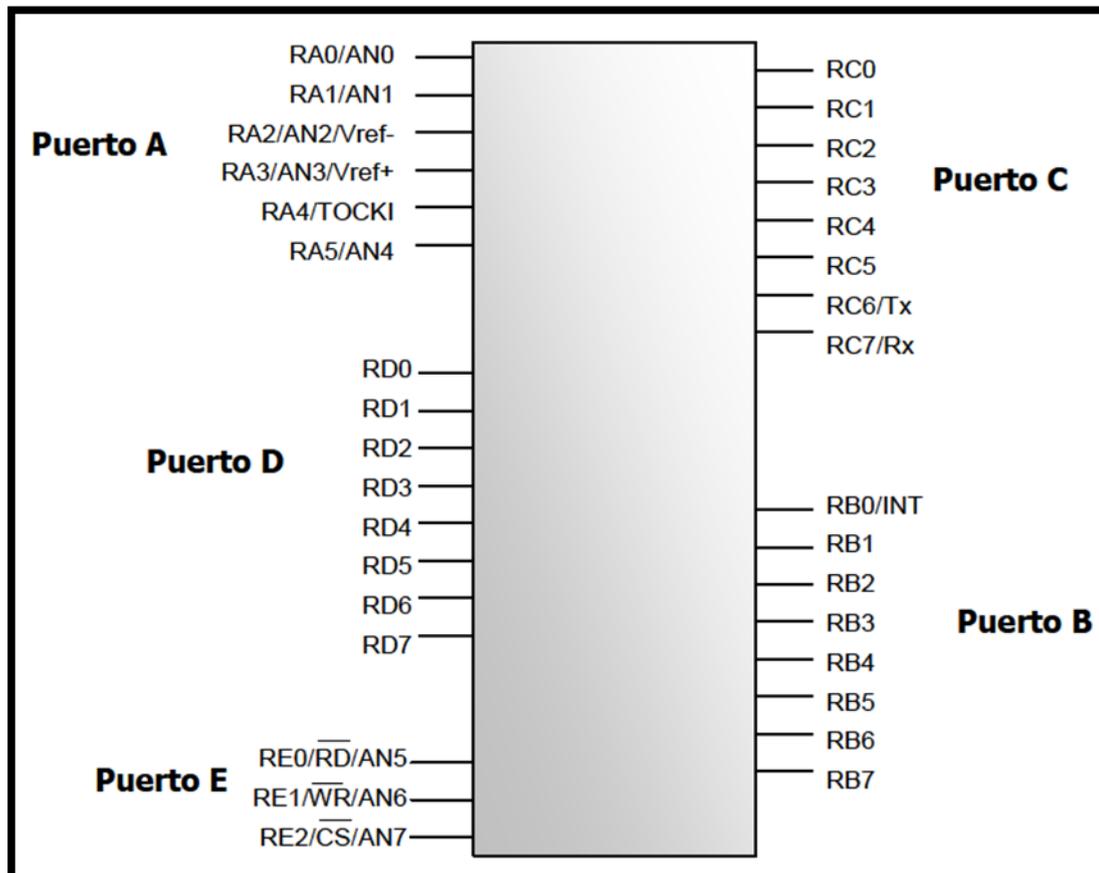


Fuente: Resumen de hoja de datos del controlador PIC16F877

Los pines de entrada/salida de este microcontrolador están organizados en cinco puertos, el puerto A con 6 líneas, el puerto B con 8 líneas, el puerto C con 8 líneas, el puerto D con 8 líneas y el puerto E con 3 líneas. Cada pin de esos puertos se puede configurar como entrada o como salida independiente programando un par de registros diseñados para tal fin. En ese registro un bit en "0" configura el pin del puerto correspondiente como salida y un bit en "1" lo configura como entrada. Dichos pines del microcontrolador también pueden

cumplir otras funciones especiales, siempre y cuando se configuren para ello, según se verá más adelante.

**Figura N°3.3: Distribución de los puertos del PIC16f877A**



Fuente: Resumen de hoja de datos del controlador PIC16F877

Los pines del puerto A y del puerto E pueden trabajar como entradas para el convertidor Análogo a Digital interno, es decir, allí se podría conectar una señal proveniente de un sensor o de un circuito analógico para que el microcontrolador la convierta en su equivalente digital y pueda realizar algún proceso de control o de instrumentación digital. El pin RB0/INT se puede configurar por software para que funcione como interrupción externa, para configurarlo se utilizan unos bits de los registros que controlan las interrupciones.

El pin RA4/TOCKI del puerto A puede ser configurado como un pin de entrada/salida o como entrada del temporizador/contador. Cuando este pin se programa como entrada digital, funciona como un disparador de Schmitt (Schmitt trigger), puede reconocer señales un poco distorsionadas y llevarlas a niveles lógicos (cero y cinco voltios). Cuando se usa como salida digital se comporta como colector abierto (open collector), por lo tanto, se debe poner una resistencia de pull-up (resistencia externa conectada a un nivel de cinco voltios). Como salida, la lógica es inversa: un "0" escrito al pin del puerto entrega en el pin un "1" lógico. Además, como salida no puede manejar cargas como fuente, sólo en el modo sumidero.

El puerto E puede controlar la conexión en modo microprocesador con otros dispositivos utilizando las líneas RD (read), WR (write) y CS (chip select). En este modo el puerto D funciona como un bus de datos de 8 bits (pines PSP).

La máxima capacidad de corriente de cada uno de los pines de los puertos en modo sumidero (sink) o en modo fuente (source) es de 25 mA. La máxima capacidad de corriente total de los puertos es:

**Tabla N°3.1: Consumo de corriente del microcontrolador.**

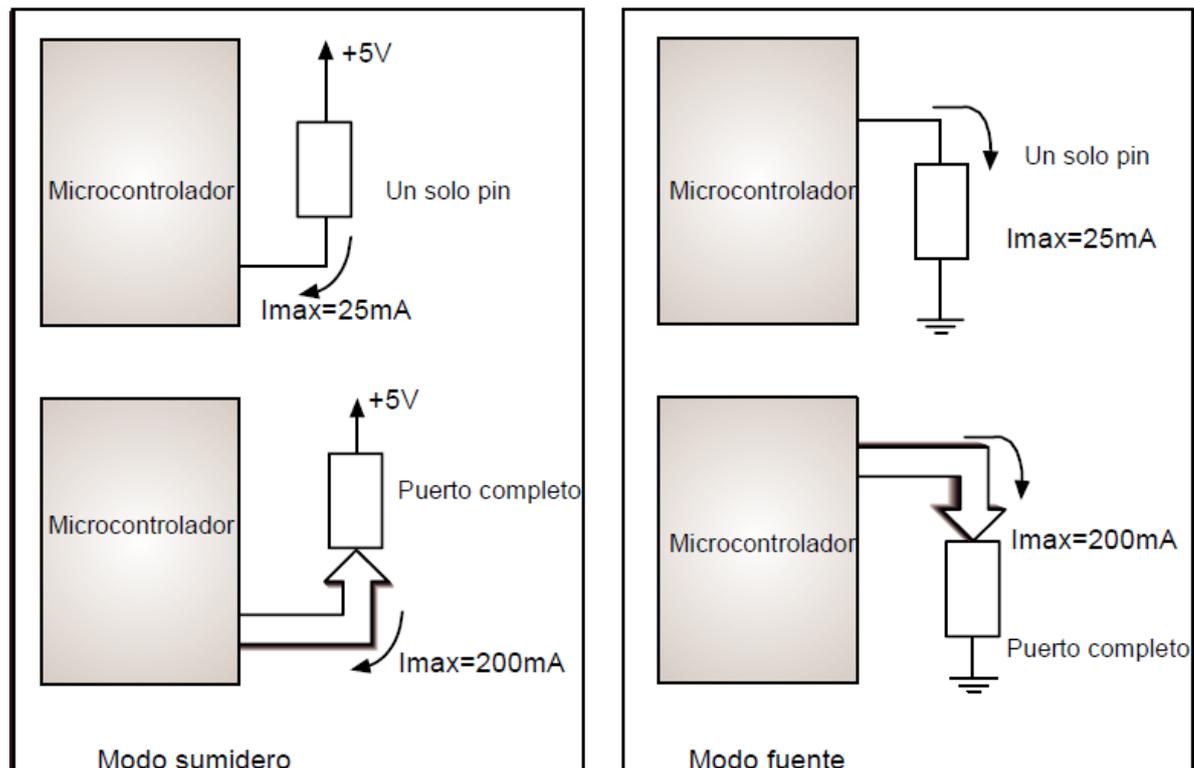
	PUERTO A	PUERTO B	PUERTO C	PUERTO D
Modo sumidero	150 mA	200 mA	200 mA	200 mA
Modo fuente	150 mA	200 mA	200 mA	200 mA

Fuente: Resumen de hoja de datos del controlador PIC16F877

El consumo de corriente del microcontrolador para su funcionamiento depende del voltaje de operación, la frecuencia y de las cargas que tengan sus pines. Para un oscilador de 4 MHz el consumo es de aproximadamente 2 mA; aunque

este se puede reducir a 40 microamperios cuando se está en el modo sleep (en este modo el micro se detiene y disminuye el consumo de potencia).

**Figura N°3.4: capacidad de corriente de los pines y puertos**



Fuente: Resumen de hoja de datos del controlador PIC16F877

### 3.3.2. EL OSCILADOR EXTERNO

Todo microcontrolador requiere un circuito externo que le indique la velocidad a la que debe trabajar. Este circuito, que se conoce como oscilador o reloj, es muy simple pero de vital importancia para el buen funcionamiento del sistema. El PIC16F877 puede utilizar cuatro tipos de oscilador diferentes. Estos tipos son:

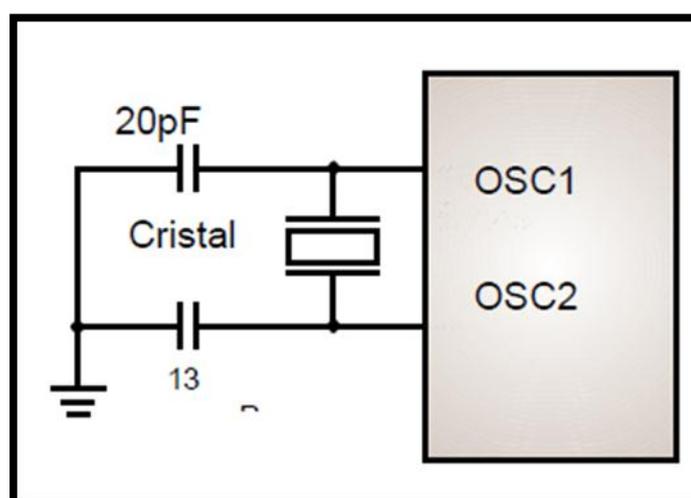
- RC. Oscilador con resistencia y condensador.

- XT. Cristal (por ejemplo de 1 a 4 MHz).
- HS. Cristal de alta frecuencia (por ejemplo 10 a 20 MHz).
- LP. Cristal para baja frecuencia y bajo consumo de potencia.

En el momento de programar o “quemar” el microcontrolador se debe especificar qué tipo de oscilador se usa. Esto se hace a través de unos fusibles llamados “fusibles de configuración”.

El tipo de oscilador que se sugiere para las prácticas es el XT con un cristal de 4 MHz, porque garantiza precisión y es muy comercial. Internamente esta frecuencia es dividida por cuatro, lo que hace que la frecuencia efectiva de trabajo sea de 1 MHz en este caso, por lo que cada instrucción se ejecuta en un microsegundo. El cristal debe ir acompañado de dos condensadores y se conecta como se muestra en la siguiente figura.

**Figura N°3.5: Conexión de un oscilador XT.**



Fuente: Resumen de hoja de datos del controlador PIC16F877

### 3.3.3 CONFIGURACIÓN DEL PIC16F877

Estos microcontroladores responden a una serie de instrucciones o códigos que se deben grabar en su memoria de programa, en total son 35.

**Instrucción ADDLW:** Suma un valor constante  $k$  al contenido del registro  $W$ , el resultado se guarda en el registro  $W$ .

- Sintaxis : ADDLW  $k$
- Operación :  $(W) + k$
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : C, DC, Z

**Instrucción ADDWF:** Suma el contenido de un registro  $f$  al contenido del registro  $W$ , el resultado se guarda en el registro escogido según el valor del bit  $d$ .

- Sintaxis : ADDWF  $f, d$
- Operación :  $(W) + (f)$
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : C, DC, Z

**Instrucción ANDLW:** Operación lógica AND entre una constante  $k$  y el registro  $W$ , la operación se hace bit a bit, el resultado queda en el registro  $W$ .

- Sintaxis : ANDLW  $k$
- Operación :  $(W) \text{ AND } (k)$
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : Z

**Instrucción ANDWF:** Operación lógica AND entre un registro f y el registro W, el resultado se guarda en el registro escogido según el valor del bit d.

- Sintaxis : ANDWF f,d
- Operación : (W) AND (f)
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : Z

**Instrucción BCF:** Pone en cero el bit b del registro f.

- Sintaxis : BCF f,b
- Operación : 0 (f<b>)
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : Ninguno

**Instrucción BSF:** Pone en uno el bit b del registro f.

- Sintaxis : BSF f,b
- Operación : 1 (f<b>)
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : Ninguno

**Instrucción BTFSC:** Pregunta por el bit b del registro f, si dicho bit está en cero el programa se salta una línea y ejecuta la instrucción que allí se encuentre, si el bit estaba en uno no salta una línea sino que ejecuta la instrucción inmediatamente siguiente.

- Sintaxis : BTFSC f,b
- Operación : salta si (f<b>) = 0
- Ciclos de instrucción : 1 ó 2

- Bits del registro de estados que se afectan : Ninguno

**Instrucción BTFSS:** Pregunta por el bit b del registro f, si dicho bit está en uno el programa se salta una línea y ejecuta la instrucción que allí se encuentre, si el bit estaba en cero no salta una línea sino que ejecuta la instrucción inmediatamente siguiente.

- Sintaxis : BTFSS f,b
- Operación : salta si  $(f \langle b \rangle) = 1$
- Ciclos de instrucción : 1 ó 2
- Bits del registro de estados que se afectan : Ninguno

**Instrucción CALL:** Llama una subrutina que está ubicada en la posición de memoria o etiqueta "k".

- Sintaxis : CALL k
- Operación : carga el apuntador de programa con la dirección "K"
- Ciclos de instrucción : 2
- Bits del registro de estados que se afectan : Ninguno

**Instrucción CLRF:** Borra el contenido del registro "f", lo carga con 00.

- Sintaxis : CLRF f
- Operación : borra el contenido del registro f (lo carga con 00)
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : Z

**Instrucción CLRW:** Borra el contenido del registro W (lo carga con 00)

- Sintaxis : CLRW
- Operación : Registro W = 00
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : Ninguno

**Instrucción CLRWDT:** Reinicia en cero el conteo del temporizador interno WatchdogTimer, para que no sea reseteado el microcontrolador.

- Sintaxis : CLRWDT
- Operación : contador del temporizador  
watchdogtimer = 00
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : TO, PD

**Instrucción COMF:** Complementa el contenido del registro “f” (cambia unos por ceros y viceversa), el resultado se guarda en el registro escogido según el valor del bit d.

- Sintaxis : COMF f,d
- Operación : (complementar registro f)
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : Z

**Instrucción DECF:** Decrementa en uno el contenido del registro “f”, el resultado se guarda en el registro escogido según el valor del bit d.

- Sintaxis : DECF f,d
- Operación : (f) - 1
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : Z

**Instrucción DECFSZ:** Decrementa en uno el contenido del registro “f”, si el contenido queda en 00 el micro salta una línea del programa, el resultado obtenido se guarda en el registro escogido según el valor del bit d.

- Sintaxis : DECFSZ f,d
- Operación : (f) - 1 , salta una línea si el resultado es cero
- Ciclos de instrucción : 1 (2)
- Bits del registro de estados que se afectan : Ninguno

**Instrucción GOTO:** El contador de programa salta a la dirección “k”

- Sintaxis : GOTO k
- Operación : El contador de programa salta a la dirección k
- Ciclos de instrucción : 2
- Bits del registro de estados que se afectan : Ninguno

**Instrucción INCF:** Incrementa en uno el contenido del registro “f”, el resultado se guarda en el registro escogido según el valor del bit d.

- Sintaxis : INCF f,d
- Operación : (f) + 1
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : Z

**Instrucción INCFSZ:** Incrementa en uno el contenido del registro “f”, si el contenido de “f” queda en 00 el micro salta una línea del programa, el resultado se guarda en el registro escogido según el valor del bit d.

- Sintaxis : INCFSZ f,d
- Operación :  $(f) + 1$  , salta si el resultado es  
cero
- Ciclos de instrucción : 1 (2)
- Bits del registro de estados que se afectan : Ninguno

**Instrucción IORLW:** Operación lógica OR entre el contenido del registro W y la constante k, el resultado queda en el registro W.

- Sintaxis : IORLW k
- Operación :  $(W) \text{ OR } (k)$
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : Z

**Instrucción SLEEP:** El micro entra en un estado de standby (dormido), de ese modo solamente sale si ocurre una interrupción.

- Sintaxis : SLEEP
- Operación : bit TO = 1, bit PD = 0
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : TO, PD

**Instrucción SUBLW:** Resta el contenido del registro W de la constante k usando el método de complemento a dos, el resultado se guarda en el registro W, el bit de carry indica el signo de la respuesta.

- Sintaxis : SUBLW k
- Operación :  $k - (W)$
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : C, DC, Z

**Instrucción SUBWF:** Resta el contenido del registro W del registro “f” usando el método de complemento a dos, el bit de carry indica el signo de la respuesta, el resultado se guarda en el registro escogido según el valor del bit d.

- Sintaxis : SUBWF f,d
- Operación : (f) - (W)
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : C, DC, Z

**Instrucción SWAPF:** Intercambia los cuatro bits altos y los cuatro bits bajos del registro “f”, el nuevo dato obtenido se guarda en el registro seleccionado según el valor del bit d.

- Sintaxis : SWAPF f,d
- Operación : los bits f<3:0> se intercambian de posición con los bits f<7:4>
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : Ninguno

**Instrucción XORLW:** Operación lógica XOR entre el registro W y la constante k, el resultado se guarda en el registro W.

- Sintaxis : XORLW k
- Operación : (W) XOR (k)
- Ciclos de instrucción : 1
- Bits del registro de estados que se afectan : Z

### 3.3.4. PROGRAMACIÓN DEL PIC16F877

Se utilizó el siguiente código de programación para el PIC16F877, con la ayuda del software para computadora MPLAB IDE

```

__CONFIG _WDT_OFF & _CP_OFF & _CPD_OFF & _PWRTE_OFF
& _XT_OSC & _DEBUG_OFF & _LVP_OFF & _BODEN_OFF

LIST P=16F877
INCLUDE <P16F877.INC>
CBLOCK 0X20
mulcnd
mulplr
MPY_H
MPY_L
ADDR_E
ADDR_L
DATA_L
RESP
PREG
; RESP_NOCONT
WREG1
WREG2
MANDAREG
RECIBIRREG
SENSARREG
ARRANQUEACU
ARRANQUECONT
ENDC

;DEFINIENDO LOS BOTONES Y ENTRADAS DEL MOTOR Y
HABILITACIONES

#DEFINE BTN1 PORTB,0
#DEFINE BTN2 PORTB,1
#DEFINE BTN3 PORTB,2

```

```

        #DEFINE SERVO PORTB,3
;   #DEFINE SENM PORTA,4
;   #DEFINE SENP PORTA,5
;   #DEFINE EN1 PORTA,2
;   #DEFINE EN2 PORTA,3
;   #DEFINE OK PORTD,7
;DEFINIENDO LAS ENTRADAS DE LOS SENSORES
;   #DEFINE SEN0 PORTA,2
;   #DEFINE SEN1 PORTA,3
        #DEFINE STP PORTC,0
        #DEFINE STR PORTC,1
        #DEFINE TDON PORTD,0
        #DEFINE GEON PORTD,1
;   #DEFINE SEN6 PORTC,4
;   #DEFINE SEN7 PORTC,5
        #DEFINE AUTO PORTC,2
        #DEFINE MAN PORTC,3
;DEFINIENDO LAS SALIDAS PARA CONTROL DE FUERZA
        #DEFINE KM1TD PORTD,7
        #DEFINE KM2TD PORTD,6
        #DEFINE KM1GE PORTD,5
        #DEFINE KM2GE PORTD,4
        #DEFINE VOLT PORTC,7
        #DEFINE ARRQ PORTC,6
        ORG 0H
        GOTO INICIO
;   ORG 0X04
;   GOTO RECIBIR_BYTE
MENSAJES
        ADDWF    PCL,F
MEN_COUTPART
        DT      " UNA - PUNO ",0H

```

```

MEN_MENU
    DT  "  MENU  ",0H
MEN_MENU1
    DT  "SYNC VER INICI",0H
MEN_SEGURIDAD
    DT  "ESTA SEGURO?",0H
MEN_SEGURIDAD1
    DT  "Ok",0H
MEN_SEGURIDAD2
    DT  "Cancel",0H
MEN_PREGUNTA
    DT  "PREGUNTAS",0H
MEN_PUNT
    DT  "PUNTUACION",0H
MEN_PUNT1
    DT  "BIEN",0H
MEN_PUNT2
    DT  " MAL ",0H
MEN_PUNT3
    DT  "VACIO ",0H
MEN_LEYENDO
    DT  "MEC. ELEC.",0H
MEN_LINEAS
    DT  "SINCRONIZANDO PC",0H

INICIO
    CALL LCD_INICIALIZA
    BCF  STATUS, RP0      ;
    BCF  STATUS, RP1      ; Bank0
    CLRF PORTA            ; Initialize PORTA by
    CLRF PORTE            ; clearing output
    CLRF PORTD
  
```

```

CLRF PORTC
BSF  STATUS, RP0      ; Select Bank 1
MOVLW  0X00
MOVWF  TRISB          ;SALIDA B
MOVLW  0X0F
MOVWF  TRISD          ;SALIDA D
movlw  B'00011111'    ;ENTRADA C
movwf  TRISC
movlw  0x06
movwf  ADCON1
movlw  0X08          ;ENTRADA E
movwf  TRISE
movlw  B'00111100'    ;ENTRADA A
movwf  TRISA
bcf   STATUS, RP0
bcf   STATUS, RP1      ;acceso al banco 0
PRINCIPAL
MOVLW  0X00
MOVWF  PORTD
MOVWF  PORTC
CALL  RETARDO_200MS
CLRF  DATA_L
CLRF  ADDR_L
CLRF  ADDR_E
CLRF  RESP
CLRF  PREG
CALL  LCD_BORRA
CALL  RETARDO_2S
CALL  LCD_LINEA1
MOVLW  MEN_COUTPART
CALL  LCD_MENSAJE
CALL  RETARDO_1S

```

```
CALL LCD_LINEA2
MOVLW    MEN_LEYENDO
CALL LCD_MENSAJE
CALL     RETARDO_1S
MOVLW    B'11111000'
CALL LCD_CHARACTER
; CALL ARRANQUE_OFF
; CALL RETARDO_1S
; CALL ARRANQUE_ON
; CALL RETARDO_1S
; CALL ARRANQUE_STR
NOW
CALL RETARDO_1S
CALL LCD_BORRA
CALL LCD_LINEA1
MOVLW    MEN_LINEAS
CALL LCD_MENSAJE
; CALL LCD_LINEA2
; BTFSS   TDON
; CALL ESCRIBIR_TD
; BTFSS   GEON
; CALL ESCRIBIR_GE
BTFSS   TDON
CALL TDINICIO
BTFSS   GEON
CALL GEINICIO
BTFSC   TDON
BCF     KM1TD
BTFSC   GEON
BCF     KM2GE
CALL ARRANQUE_OFF
GOTONOW
```

## TDINICIO

CALL RETARDO\_500MS

BCF KM2TD

BCF KM2GE

BCF KM1GE

CALL ARRANQUE\_OFF

CALL RETARDO\_2S

BSF KM1TD

BCF VOLT

RETURN

## GEINICIO

CALL RETARDO\_500MS

BTFSC KM1TD

RETURN

BTFSC KM2GE

RETURN

BCF KM1TD

BCF KM2TD

BCF KM1GE

CALL RETARDO\_1S

BSF ARRQ

CALL ARRANQUE\_ON

BCF ARRQ

CALL RETARDO\_2S

CALL RETARDO\_1S

CALL ARRANQUE\_STR

CALL RETARDO\_5S

BSF KM2GE

BSF VOLT

RETURN

## ESCRIBIR\_TD

MOVLW "T"

```
CALL LCD_CHARACTER
RETURN
ESCRIBIR_GE
MOVLW    "G"
CALL LCD_CHARACTER
RETURN
ARRANQUE_OFF
MOVLW    .100
MOVWF    ARRANQUECONT
ARRANQUE_1
BSF      SERVO
; CALL RETARDO_1MS
CALL RETARDO_500MICROS
CALL RETARDO_500MICROS
CALL RETARDO_100MICROS
BCF      SERVO
CALL RETARDO_15MS
DECFSZ   ARRANQUECONT
GOTO     ARRANQUE_1
RETURN
ARRANQUE_ON
MOVLW    .100
MOVWF    ARRANQUECONT
ARRANQUE1_1
BSF      SERVO
CALL RETARDO_1MS
CALL RETARDO_500MICROS
BCF      SERVO
CALL RETARDO_15MS
DECFSZ   ARRANQUECONT
GOTO     ARRANQUE1_1
RETURN
```

```
ARRANQUE_STR
    MOVLW    .50
    MOVWF   ARRANQUECONT
ARRANQUE2_1
    BSF     SERVO
    CALL   RETARDO_1MS
    CALL   RETARDO_500MICROS
    CALL   RETARDO_200MICROS
    CALL   RETARDO_200MICROS
    BCF     SERVO
    CALL   RETARDO_15MS
    DECFSZ  ARRANQUECONT
    GOTO   ARRANQUE2_1
    RETURN
    INCLUDE <RETARDOS_lib.INC>
    INCLUDE <LCD_MENS_lib.INC>
    INCLUDE <LCD_4BIT_lib.INC>
    END
```

### **3.4. CIRCUITO DE CONTROL Y MANDO:**

Este circuito es el cerebro de todo el sistema de control, es el que manda las señales lógicas para que se haga la transferencia de la carga de la red al grupo electrógeno.

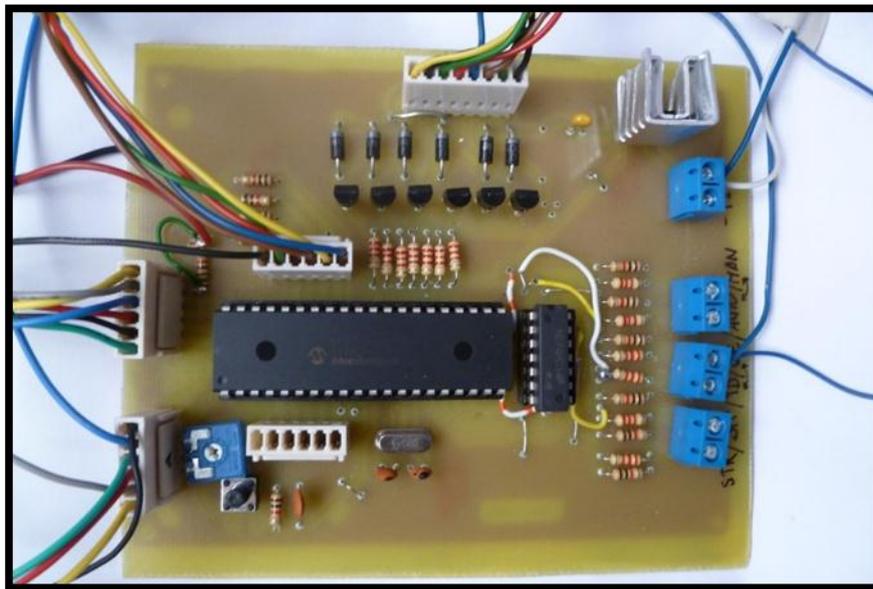
Este sistema trabaja de la siguiente forma:

- a) Recibe una señal lógica del circuito que censa la tensión.
- b) Ante la presencia de fallas en el sistema manda señales lógicas a los relés encapsulados y estos hacen las bobinas de los contactores se energicen y des energicen.

- c) Manda la señal para que el serbo motor haga el contacto correspondiente para el arranque del grupo eléctrico.
- d) Después de 8 segundos hace que las bobinas del contactor del grupo se energicen y por lo tanto cierra el contacto. Y es así como se hace la transferencia de la carga de la red al grupo.

En la figura N°3.6 se muestra una imagen del circuito, de control gobernado por el PIC16F877, diseñado para controlar y mandar las señales para que las bobinas de los relés encapsulados, y estos conmuten para alimentar las bobinas de los contactores, y así hacer la transferencia de carga.

**Figura N°3.6: Circuito de control gobernado por el PIC16F877.**



Elaboración: Propia

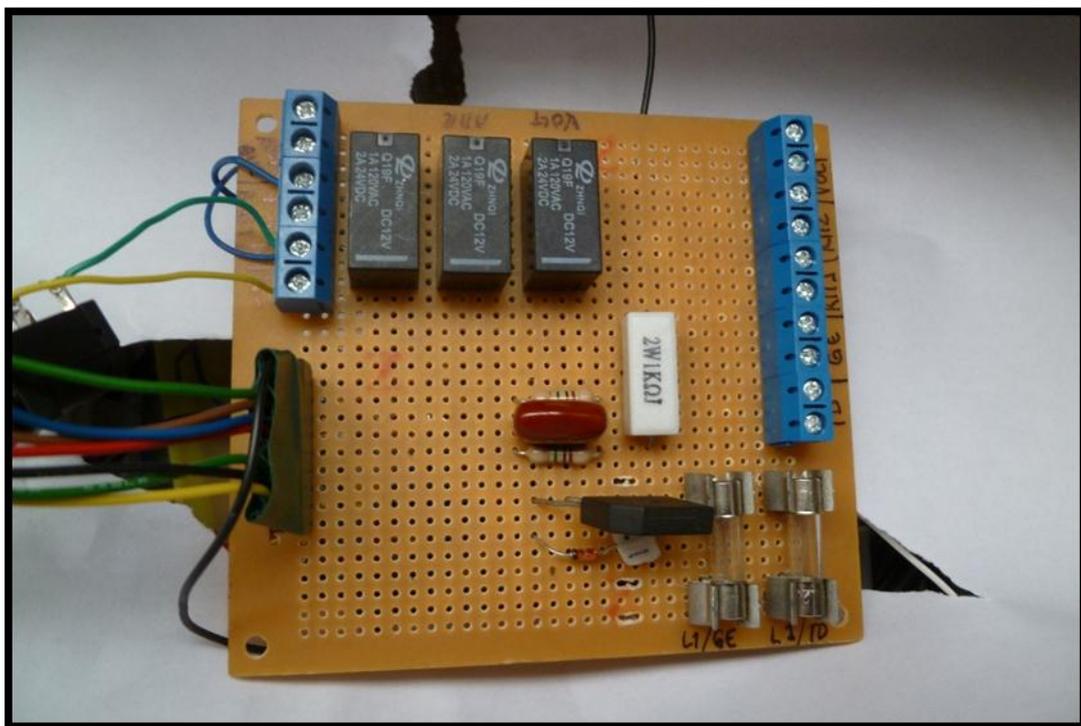
### 3.5. CIRCUITO DE CONTROL DE LA TENSIÓN

Se diseñó del sistema que evalúa o censa constantemente la presencia de tensión, esta tensión la tomada de la entrada al contactor KM1 que es el que

está alimentando a la carga con energía de la red eléctrica de la concesionaria, este circuito esta alimentado por una fuente de 12Vie.

Existe un sistema que manda una señal lógica al circuito del PIC16F877en forma de 0 y 1.

**Figura N°3.7: Circuito de control de tensión.**



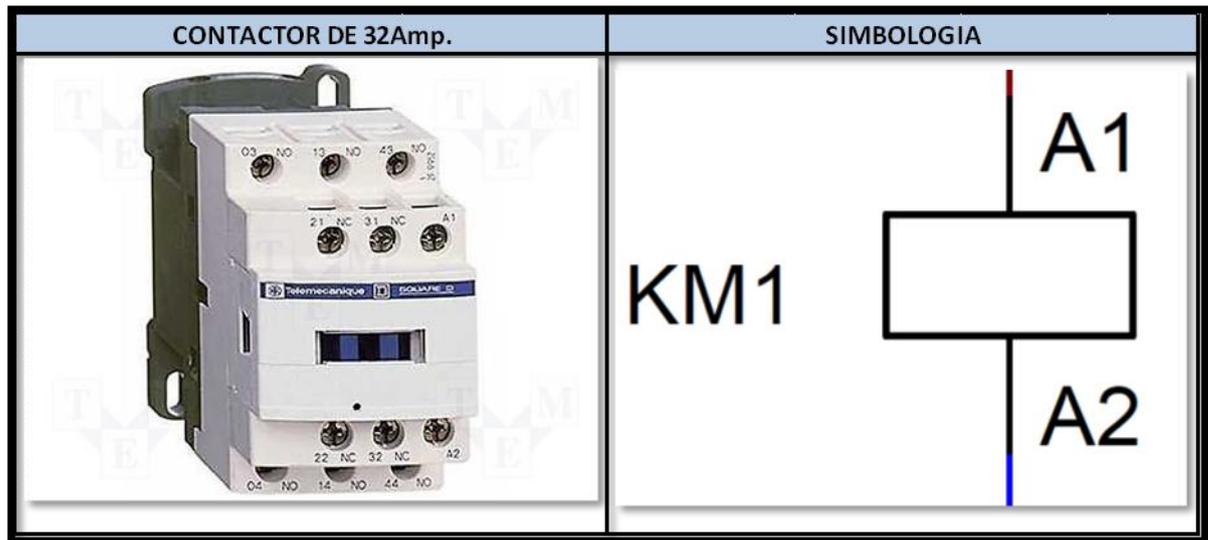
Elaboración: Propia

### **3.6. SELECCIÓN DE LOS ACCESORIOS DEL CIRCUITO DE FUERZA.**

CONCEPTO.- El circuito de fuerza es la representación de los accesorios determinados para emitir la señal del comando del circuito programable.

#### **3.6.1. CARACTERÍSTICAS Y SELECCIÓN DE UN CONTACTOR.**

Figura N°3.8: Contactor de 32A.



Fuente: Catálogo Schneider

Muchas veces descubrimos que el contactor que usamos para un determinado fin se deteriora con facilidad, aunque la corriente nominal del mismo es superior a la del circuito que comanda. Más allá que la marca que hayamos comprado sea la mejor, o no, el elemento crucial es poder entender que uno de los factores determinantes en la elección del contactor es “el tipo” de uso que se le exija.

La norma IEC 947-4 define al contactor como un “Dispositivo mecánico de maniobra con una sola posición de reposo, NO operado de forma manual, capaz de establecer, conducir y cortar corrientes bajo condiciones normales de servicio, incluyendo la operación en sobrecarga.”

El contactor electromagnético es un aparato de conexión comandado por una bobina, que al ser excitada, cierra sus contactos estableciendo (por intermedio de éstos (los contactos, también llamados polos) la circulación de corriente entre el circuito de la red de alimentación y el receptor. Existen diversos

métodos de accionamiento aparte del electromagnético, como los neumáticos y electro neumáticos.

A continuación se detallan cuáles son las características técnicas generales que definen los contactores, y que deben ser tenidas en cuenta al momento de su elección:

### **3.6.2. CORRIENTE CONVENCIONAL TÉRMICA I<sub>th</sub>**

La corriente térmica convencional en aire libre I<sub>th</sub> es el valor máximo de corriente, definida por el constructor, que resulta de un ensayo de calentamiento de 8 horas de forma tal que la elevación de la temperatura de los diferentes componentes del aparato no sobrepase el límite definido por la norma.

### **3.6.3. PODER DE CIERRE (O DE ESTABLECIMIENTO) P<sub>ci</sub>.**

También llamado corriente de cierre (I<sub>c</sub>), es el máximo valor de corriente que el contactor soporta en el instante inicial de conexión (o “de cierre”) en forma satisfactoria, es decir sin riesgo de soldadura de sus contactos. Se expresa en valor eficaz de la corriente, pero tiene en cuenta su asimetría en el instante de cierre, que puede llegar a ser 2 a 2,5 veces la corriente eficaz. El valor de P<sub>ci</sub> es determinante en la elección de contactores para comando de cargas con fuertes corrientes de inserción. Está condicionado por el valor de la tensión de alimentación de la bobina del contactor, que es la que realiza la fuerza para mantener cerrado el contactor.

#### **3.6.4. PODER DE CORTE PCO.**

Es el máximo valor de corriente que el contactor puede interrumpir en forma satisfactoria para una tensión de empleo dada. Es decir, sin emisión excesiva de llamas al exterior, sin riesgo de soldadura de los contactos y del material aislante de la cámara de corte. Como se ve, el poder de corte depende de la tensión de empleo del contactor. La principal causa de deterioro de los contactos es el arco que se produce entre ellos al producirse la apertura de un circuito. Este arco produce elevadas temperaturas que originan la fusión y volatilización del material de los contactos. Si la corriente de corte es importante, o la tensión de empleo elevada, la extinción se produce en condiciones difíciles y hasta imposible (duración elevada, expulsión de llamas, mantenimiento del arco, etc.).

#### **3.6.5. CATEGORÍA DE EMPLEO**

La flexibilidad del contactor se manifiesta en la diversidad de circuitos que él puede comandar. Cada una de estas aplicaciones tiene características particulares de funcionamiento, por lo que se han normalizado distintas categorías de empleo dependiendo de:

- La naturaleza del receptor: si se trata de un motor con rotor bobinado o jaula de ardilla, condensadores, resistencias, etc.
- Las condiciones en las que se efectúan el cierre y la apertura (por ejemplo si la carga es un motor, la corriente de cierre es aproximadamente 5 a 8 veces la nominal y el corte puede hacerse a motor lanzado, a velocidad nominal).

Cada categoría se caracteriza por distintos valores de corriente de cierre y apertura, tensión y factor de potencia que debe manejar el contactor. Es importante tener en cuenta que el contactor es el mismo y solo cambia su utilización variando la característica de la carga que puede comandar. Es decir que si elegimos un contactor para comandar un motor (en categoría AC – 3), el mismo contactor podría ser utilizado para comandar una carga resistiva de potencia mayor, pero en categoría AC - 1 .

Donde en nuestro caso se está utilizando 2 contactores por lo tanto hay KM1 y KM2

La norma IEC 947-4 establece 12 categorías en corriente alterna y 4 en corriente continua que a continuación se detallan.

Tabla N°3.2: Empleo de Contactores.

CATEGORÍAS DE EMPLEO DE CONTACTORES	
CATEGORÍAS	APLICACIONES
AC-1	Cargas no inductivas o poco inductivas, hornos de resistencia
AC-2	Motores de rotor bobinado: arranque, desconexión
AC-3	Motores a jaula de ardilla: arranque, desconexión del motor girando (motor lanzado) (1)
AC-4	Motores a jaula de ardilla: arranque, plugging (2), marcha a impulsos
AC-5a	Maniobras de lámparas de descarga
AC-5b	Maniobras de lámparas incandescentes
AC-6a	Maniobra de transformadores
AC-6b	Maniobra de bancos de capacitores
AC-7a	Cargas poco inductivas en aplicaciones domésticas y similares
AC-7b	Motores para aplicaciones domesticas
AC-8a	Moto compresores herméticos con manual automático de los dispositivos de protección contra sobrecarga
AC-8b	Moto compresores herméticos con reseteo automático de los dispositivos de protección contra sobrecarga
DC-1	Cargas no inductivas o poco inductivas, hornos de resistencia
DC-3	Motores derivación: arranque, plugging (2), marcha a impulsos. Frenado dinámico
DC-5	Motores serie: arranque, plugging (2), marcha a impulsos. Frenado dinámico
DC-6	Maniobra de lámparas incandescentes
<b>LEYENDA</b>	
	<b>Tipo de contactor en corriente alterna</b>
	<b>Tipo de contactor en corriente continuo</b>

Fuente: Catálogo Schneider

### 3.6.6. CORRIENTE DE EMPLEO (OPERACIONAL) IE

La corriente de empleo es la corriente a la que puede operar un contactor y está definida por la tensión nominal de empleo, la temperatura ambiente y la categoría de empleo. Cada contactor tiene una corriente de empleo según la categoría de servicio que presta. Es importante no confundir la corriente de empleo  $I_e$ , con el valor de la corriente térmica  $I_{th}$  (mencionada anteriormente). Si se considera que el contactor está funcionando en servicio ininterrumpido, es decir se cierra y conduce la corriente sin interrupción durante más de ocho

horas, la corriente de empleo será igual a la corriente térmica. (Siempre y cuando la temperatura ambiente sea de a lo sumo  $40^{\circ}\text{C}$ ). Diferente es el caso cuando el motor está trabajando en servicio intermitente, cuando está comandando motores, o con cargas con fuertes corrientes de conexión. El servicio intermitente se caracteriza por tener una cantidad de ciclos de maniobra periódico y la corriente circula durante una fracción del período. En esta condición de utilización, el calentamiento de los polos y en consecuencia del contactor no solo depende de la corriente nominal del receptor sino además del tiempo de conducción, del valor de la corriente de inserción y el arco que se produce en la apertura.

Por este motivo la corriente de empleo le en general es inferior a la corriente térmica  $I_{th}$ , y se define como la corriente máxima que el contactor puede establecer para dicho receptor, soportar e interrumpir, para las condiciones de uso establecidas, sin producir un calentamiento excesivo, ni un deterioro exagerado de los contactos.

En el siguiente diagrama se muestra la relación entre la corriente de cierre ( $I_c$ ) y la corriente de empleo ( $I_e$ ) para algunas categorías de empleo (no se muestran todas).

### **3.6.7. TENSIÓN DE EMPLEO UE**

Es la tensión máxima asignada por el constructor, para la cual puede ser utilizado en una aplicación y/o una función dada.

- Tensión de aislamiento  $U_i$ : Es una tensión de referencia para los ensayos dieléctricos. Se utiliza para la determinación de las distancias en aire y líneas de fuga sobre el material aislante. Esta noción de  $U_i$

tiende a desaparecer para ser reemplazada por la tensión de impulso resistida  $U_{imp}$ .

- Tensión de impulso resistida  $U_{imp}$ : Es el valor de cresta de un impulso de tensión, de forma y polaridad definida, que es capaz de soportar el equipamiento sin falla, en condiciones especificadas de ensayo

### **3.6.8. DURABILIDAD MECÁNICA**

Es el número de ciclos de maniobra (cierre y apertura) que puede realizar el contactor, sin corriente en los polos y con la bobina de comando alimentada a tensión nominal, antes de reemplazar alguna pieza mecánica. Se expresa en millones de maniobras y resulta de un ensayo que realiza el fabricante sobre el contactor y un análisis estadístico de este.

### **3.6.9. DURABILIDAD ELÉCTRICA**

Es el número de ciclos de maniobra en carga que los polos del contactor son capaces de realizar. La durabilidad eléctrica se obtiene de ensayos que realiza el fabricante, estableciendo el límite de utilización de los contactos, es decir cuándo deben ser reemplazados (en los contactores que lo permitan). Esto es necesario para evitar el inconveniente de sobre calentamiento por mal contacto. La durabilidad eléctrica se expresa, por medio de curvas, en millones de maniobra y en función de la corriente cortada. Además la durabilidad eléctrica depende de la tensión y la categoría de empleo.

En la figura siguiente se observa una curva típica, que usted encontrará en cualquier manual de contactores, donde muestra como varía la vida útil del

contactor (medido en millones de maniobras) en función de la corriente cortada en una determinada categoría.

### **3.6.10. ELECCIÓN DE UN CONTACTOR PARA UN CIRCUITO**

Los circuitos de alumbrado se calculan para un número determinado de puntos con potencias bien definidas. Durante la explotación pueden cambiar el número y la potencia de los puntos, pero nunca sobrepasan la potencia máxima prevista en un principio. En estas condiciones no hay riesgo de que se produzcan sobre intensidades de sobrecarga, y basta con proteger el circuito contra los cortocircuitos utilizando, por ejemplo, fusibles de distribución de clase Gg. La elección de los contactores depende tanto del factor de potencia y de la corriente absorbida en servicio normal, como de la corriente transitoria en la puesta bajo tensión de ciertas lámparas. En general todos los fabricantes tienen tablas específicas donde se especifica la cantidad y tipo de lámparas que un determinado contactor puede manejar. La corriente  $I_e$ , será la correspondiente a las categorías AC-5a y AC-5b, que deberemos buscar en el manual del fabricante.

Para nuestro caso tenemos:

$U = 220 \text{ V}$  monofásico

**Tabla N°3.3: Cuadro de cargas.**

CUADRO DE CARGAS N°1				
AREA TOTAL	213.62m <sup>2</sup>	Area comercial + Area de ventas		
RESUMEN DE CUADRO DE CARGAS PLANTA BAJA				
DESCRIPCION	MAXIMA DEMANDA (KW)	CANTIDAD	FACTOR DE SIMULTANIDAD	POTENCIA (KW)
luminarias + tmacorrientes	2.1	-	1	2.1
Surtidor de D-2	1.5	-	1	1.5
Surtidor de Gasolina 94 Octanos	1.5	-	1	1.5
Reserva	1.0	-	0.75	0.75
SUB TOTAL (KW)				5.85
Perdidas por distribucion (KW)				0.07
TOTAL (KW)				5.92

Elaboración: Propia

Potencia total consumida = 6 Kw

La corriente de línea es de:

$$I = \frac{P}{V} = \frac{6000}{220} = 27.3A$$

Entonces, la corriente de pico puede llegar a  $27.3 \times 1.5 = 40.9$  A.

Debido a que la temperatura ambiente es de 15°C, la corriente I<sub>th</sub> debe ser mayor a 27.3 A (en la práctica, uno 10% mayor). En tal caso, se puede utilizar un contactor mayor a 32 A en categoría AC-1, aunque deberemos verificar que la corriente de establecimiento del mismo (o poder de cierre, P<sub>ci</sub>) debe ser mayor a 409 A. Para hallar el valor eficaz respectivo se divide el valor de corriente de pico entre  $\sqrt{2}$

En este caso:

$$\frac{40.9}{\sqrt{2}} = 28.9A$$

### 3.6.11. PARTES DE UN CONTACTOR.

Las principales partes de un contactor son según el esquema.

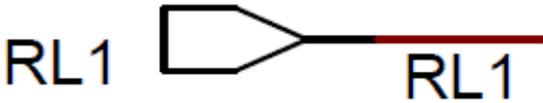
Figura N°3.9: Partes de un contactor.



Fuente: Catálogo Schneider

### 3.7. RELÉ HH52P BOTTOM.

Figura N°3.10: Relé y su simbología.

RELE HH52P BOTTOM	SIMBOLOGIA
	

Fuente: Catálogo Schneider

El relé, es simplemente un relevo, de una sencilla llave de conmutación que cambia su estado (abierto o cerrado), según la alimentación a su bobina. Con

esta funcionalidad se puede describir, que si alimentas la bobina de este con la tensión para la cual fue realizada, en el interior se forma un electroimán que hace cerrar sus contactos.

El cual un ejemplo claro es si este deja de recibir una alimentación "A", pues este inmediatamente cierra el circuito y abre la alimentación "B".

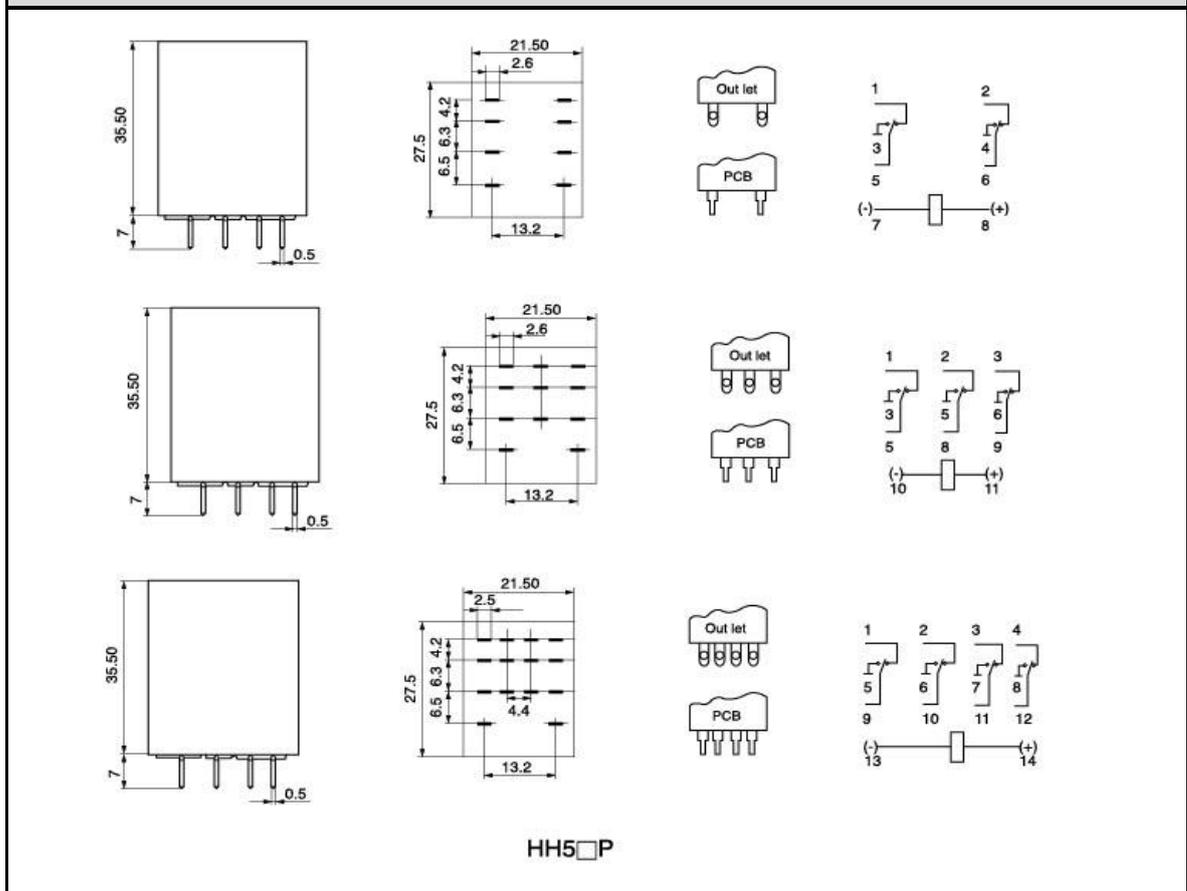
El relé HH52P BOTTOM

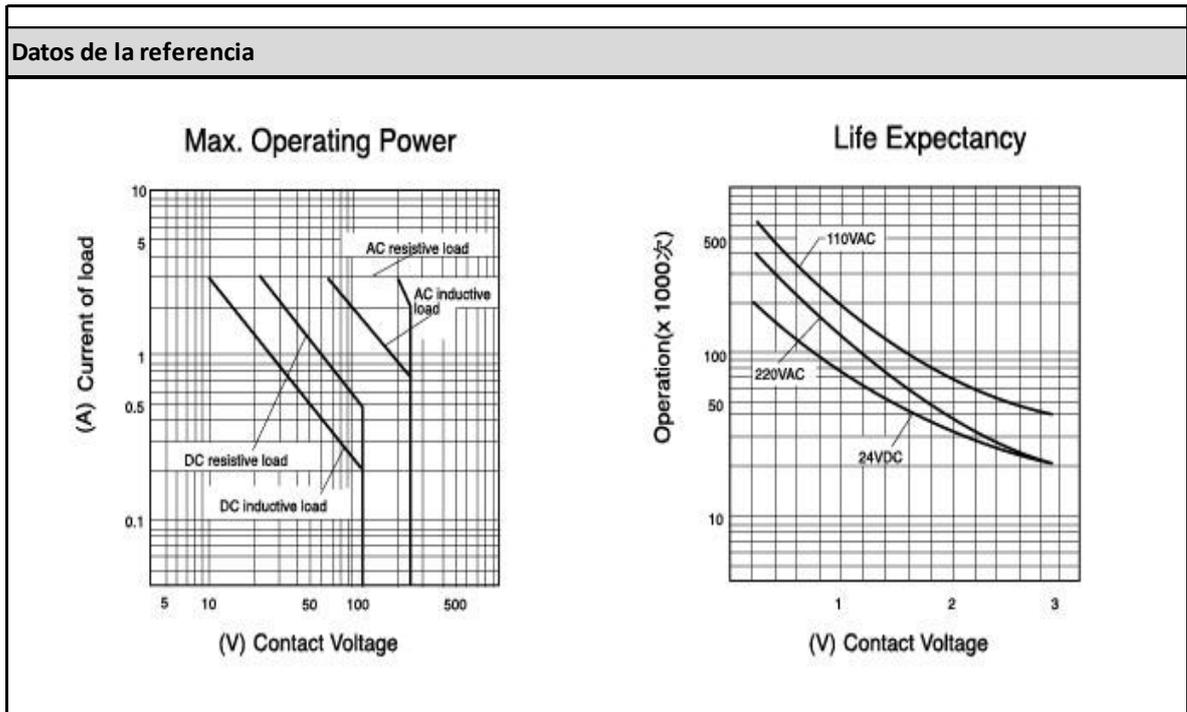
Tabla N°3.4: Datos del relé HH52P BOTTOM.

DATOS DEL RELE HH52P BOTTOM			
<b>Especificación dominante</b>			
<b>Grados del contacto</b>			
Grados del contacto	2Z, 3Z	4Z	
Resistencia del contacto	los 50m (1A 6VDC)		
Capacidad del contacto	5A/220VAC	3A/220VAC 30VDC	
<b>Especificación</b>			
Resistencia del aislante	los 500M 500VDC		
Fuerza dieléctrica	BCC 1500VAC 1minute		
	BOC 1000VAC 1minute		
	COC 1500VAC 1minute		
Funcione el tiempo	20ms /25ms		
Tipo terminal	PWB y socket		
<b>Grados de la bobina</b>			
Potencia nominal de la bobina	0.9With 1.2VA		
<b>Versiones de la bobina</b>			
Voltaje nominal VDC	Voltaje Pull-in	Release/versión el voltaje	Resistencia de la bobina: el ±10%
	VDC	VDC	
5	4	0.5	30
6	4.8	0.6	40
12	9.6	1.2	160
24	19.2	2.4	640
48	38.4	4.8	2500
110	88	11	12100

Versiones de la bobina			
Voltaje nominal VDC	Voltaje Pull-in	Release/versión el voltaje	Resistencia de la bobina: el ±10%
	VDC	VDC	
6	4.8	1.8	12
12	9.6	3.6	42
24	19.2	7.2	168
48	38.4	14.4	675
110	96	36	3500
220/240	176	66	14000

**Opinión de Dimensión Bottom**





Fuente: Catálogo del relé

### 3.8. RELÉ ZHNQI Q19F DC12V.

Formulario de contacto: 2Z

Resistencia de contacto: 50M (1A 6VDC)

Contacto Material: Aleación de plata

Carga de los contactos (resistiva): 1A 125V 2A 30VDC

Resistencia de aislamiento: 100M, 500 VCC

Rigidez dieléctrica entre bobina y contactos 1min 1500V, 1000V contactos abiertos 1min

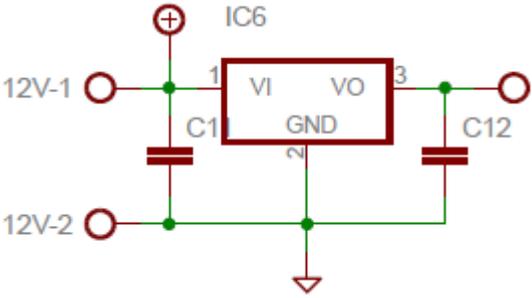
Tiempo de acción: 60ms/4ms

Tipo de terminal: terminales de PCB

Potencia de la bobina nominal: 0.36W.

### 3.9. ADAPTADOR AC 12V - 1.6A.

Figura N°3.11: Fuente o adaptador y simbología.

ADAPTADOR AC 12V - 1.6A	SIMBOLOGIA
	

Elaboración: Propia

#### 3.9.1. PRINCIPIOS DE INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

La electricidad magnetismo en un electroimán, que es distinto de un imán permanente, y que el Campo magnético se produce sólo cuando las espiras de alambre arrolladas alrededor del núcleo magnético, transportan corriente eléctrica. Para determinar la polaridad de un electroimán se puede usar la llamada regla de la mano izquierda.

#### 3.9.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL TRANSFORMADOR

El principio de funcionamiento del transformador, se puede explicar por medio del llamado transformador ideal monofásico, es decir, una máquina que se alimenta por medio de una corriente alterna monofásica.

La construcción del transformador, sustancialmente se puede decir que un transformador está constituido por un núcleo de material magnético que forma un circuito magnético cerrado, y sobre de cuyas columnas o piernas se

localizandos devanados, uno denominado “primario” que recibe la energía y el otro el secundario, que se cierra sobre un circuito de utilización al cual entrega la energía. Los dos devanados se encuentran eléctricamente aislado entre sí.

El voltaje en un generador eléctrico se induce, ya sea cuando una bobina se mueve a través de un campo magnético o bien cuando el campo producido en los polos en movimiento cortan una bobina estacionaria. En ambos casos, el flujo total es sustancialmente constante, pero hay un cambio en la cantidad de flujo que eslabona a la bobina. Este mismo principio es válido para el transformador, solo que en este caso las bobinas y el circuito magnético son estacionarios (no tienen movimiento), en tanto que el flujo magnético cambia continuamente.

El cambio en el flujo se puede obtener aplicando una corriente alterna en la bobina. La corriente, a través de la bobina, varía en magnitud con el tiempo, y por lo tanto, el flujo producido por esta corriente, varía también en magnitud con el tiempo.

El flujo cambiante con el tiempo que se aplica en uno de los devanados, induce un voltaje  $E_1$  (en el primario). Si se desprecia por facilidad, la caída de voltaje por resistencia del devanado primario, el valor de  $E_1$  será igual y de sentido opuesto al voltaje aplicado  $V_1$ . De la ley de inducción electromagnética, se sabe que este voltaje inducido  $E_1$  en el devanado primario y también al índice de cambio del flujo en la bobina. Se tienen dos relaciones importantes.

$$V_1 = - E_1$$

$$E_1 = N_1 (d\Phi/dt)$$

Al mismo tiempo que el flujo cambia en la bobina primaria, también cambia en la bobina secundaria, dado que ambas bobinas se encuentran dentro del mismo medio magnético, y entonces el índice de cambio del flujo magnético en ambas bobinas es exactamente el mismo. Este cambio en el flujo inducirá un flujo  $E_2$  en la bobina secundaria que será proporcional al número de espiras en el devanado secundario  $N_2$ . Si se considera que no se tiene carga conectada al circuito secundario, el voltaje inducido  $E_2$  es el voltaje que aparece en las terminales del secundario, por lo que se tienen dos relaciones adicionales.

$$E_2 = N_2 (d\Phi/dt)$$

$$E_2 = V_2$$

En virtud de que ambas bobinas se encuentran devanadas en el mismo circuito magnético, los factores de proporcionalidad para las ecuaciones de voltaje son iguales, de manera que si se dividen las ecuaciones para  $E_1$  y  $E_2$  se tiene:

$$E_1 = N_1$$

$$E_2 = N_2$$

Además como numéricamente deben ser iguales  $E_1$  y  $V_1$  la ecuación anterior se puede escribir como:

$$V_1 = N_1$$

$$V_2 = N_2$$

Relación de corriente.

Si se conecta una carga al secundario del transformador, el voltaje inducido  $E_g$  hace que circule una corriente  $I_2$  en el devanado secundario.

Debido a la circulación de corrientes, se tiene en el devanado secundario una fuerza magneto motriz (FMM)  $N_2 \times I_2$  opuesta a la del primario  $N_1 \times I_1$ . Es conveniente recordar que el voltaje inducido en el primario  $E_1$  es siempre directamente proporcional al flujo  $\Phi$  y también es igual al voltaje aplicado  $V_1$ , considerando como antes, todos estos valores como eficaces. Dado que el voltaje aplicado no cambia, el flujo en el núcleo debe ser constante, cualquier incremento en la corriente secundaria, será balanceado por un incremento en la corriente primaria, de manera que el flujo de energización producido por la corriente en el primario tendrá un valor efectivo constante durante la operación del transformador. En los transformadores de potencia de valor relativamente pequeño, se puede decir que prácticamente el flujo que eslabona al devanado primario, es el mismo que eslabona al secundario y de aquí que la corriente de vacío o de energización representa sólo el 2% o 3% de la corriente primaria de plena carga ya se puede decir que los ampere-espira del primario son iguales a los ampere-espira del secundario, es decir:

$$I_1 * N_1 = I_2 * N_2$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1}$$

La aplicación de los circuitos equivalentes.

Cuando los transformadores se usan dentro de una red compleja para estudiar el comprometido por lo que se refiere a la distribución de la carga, las caídas de tensión, el corto circuito, etc. conviene, con relación hasta lo ahora expuesto sobre el funcionamiento del transformador, considerando con lo que se conoce como “El circuito equivalente” que en su forma más completa está constituido

por un transformador “ideal” (de relación  $N1/N2$ ) conectado a las resistencias  $R0$ ,  $R1$  y  $R2$  y a las reactancias  $X0$ ,  $X1$  y  $X2$ .

Diagrama equivalente de un transformador monofásico.

La resistencia  $R0$  representa el efecto disipativo, debido a las pérdidas en vacío,  $R1$  es la resistencia del devanado primario,  $R2$  la del secundario.

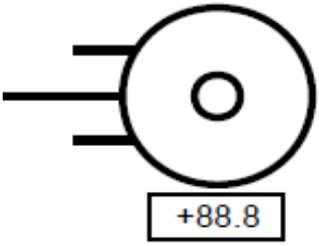
En forma análoga  $X0$  representa el efecto de absorción de la corriente de magnetización, en tanto que  $X1$  y  $X2$  representan los efectos de los flujos dispersos en los devanados primario y secundario.

Para algunos estudios, no se requiere considerar los efectos de la saturación del núcleo del transformador y son despreciables, en cambio en otros se requiere de mayor precisión y entonces a  $R0$  y  $X0$  se les atribuyen propiedades no lineales.

Como se mencionó antes, para algunos estudios es conveniente hacer referencia a los valores de tensiones y corrientes referidos a un devanado a un lado del transformador, por lo general, el primario que es el de alimentación. En estos casos el esquema equivalente se simplifica a un circuito “T”.

### 3.10. SERVOMOTOR DE 15KG.

Figura N°3.12: servomotor y su simbología

SERVOMOTOR DE 15KG	SIMBOLOGIA
	

Elaboración: Propia

Un servomotor (también llamado servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición.<sup>1</sup>

Un servomotor es un motor eléctrico que puede ser controlado tanto en velocidad como en posición.

Los servos se utilizan frecuentemente en sistemas de radio control y en robótica, pero su uso no está limitado a éstos. Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos.

### 3.10.1. CARACTERÍSTICAS

Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. También potencia proporcional para cargas mecánicas. Un servo, por consiguiente, tiene un consumo de energía reducido.

La corriente que requiere depende del tamaño del servo. Normalmente el fabricante indica cuál es la corriente que consume. La corriente depende principalmente del par, y puede exceder un amperio si el servo está enclavado, pero no es muy alta si el servo está libre moviéndose todo el camino.

En otras palabras, un servomotor es un motor especial al que se ha añadido un sistema de control (tarjeta electrónica), un potenciómetro y un conjunto de engranajes. Con anterioridad los servomotores no permitían que el motor girara 360 grados, solo aproximadamente 180; sin embargo, hoy en día existen servomotores en los que puede ser controlada su posición y velocidad en los 360 grados. Los servomotores son comúnmente usados en modelismo como aviones, barcos, helicópteros y trenes para controlar de manera eficaz los sistemas motores y los de dirección.

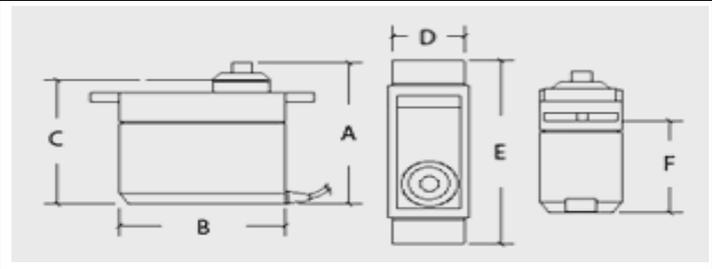
Características específicas:

- Modelo: SRT15KA
- Torque:
  - 12.8kg a 4.8V
  - 15kg a 6V
- 3 tiempos
- Velocidad: 0.23 / 60° a 4.8v, 0.20 / 60° a 6v
- Voltaje: 4.8v a 6v.
- Accesorios de empotrado.

Características físicas:

**Figura N°3.13: Características físicas del servomotor**

CARACTERISTICAS FISICAS SERVOMOTOR		
Torque	Kg	15
Velocidad	(Seg/60°)	0.2
A	mm	43
B	mm	41
C	mm	39
D	mm	20
E	mm	55
F	mm	27



Elaboración: Propia

**3.10.2. CONTROL.**

Los servomotores hacen uso de la modulación por ancho de pulsos (PWM) para controlar la dirección o posición de los motores de corriente continua. La mayoría trabaja en la frecuencia de los cincuenta hercios, así las señales PWM tendrán un periodo de veinte milisegundos. La electrónica dentro del servomotor responderá al ancho de la señal modulada. Si los circuitos dentro del servomotor reciben una señal de entre 0,5 a 1,4 milisegundos, éste se moverá en sentido horario; entre 1,6 a 2 milisegundos moverá el servomotor en sentido anti horario; 1,5 milisegundos representa un estado neutro para los servomotores estándares. A continuación se exponen ejemplos de cada caso:

Señal de ancho de pulso modulado:



Motor en sentido horario (ejemplo 0,7 ms):



Motor neutral (1,5ms):



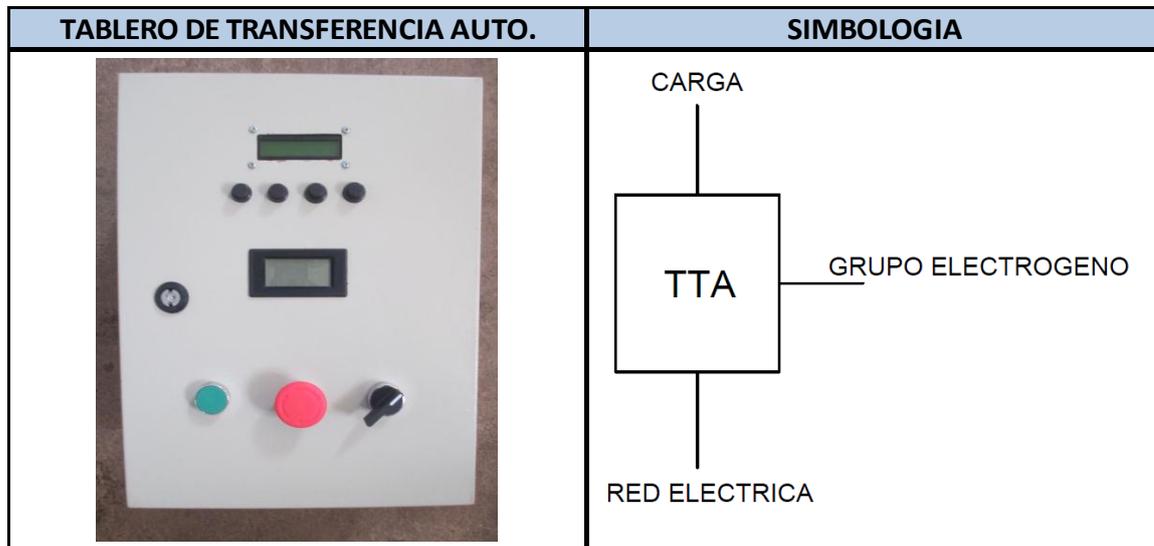
Motor en sentido anti horario (ejemplo 1,8ms):



Este tipo de motor no es muy usado en las industrias ni en los trabajos mecánicos por tener baja potencia de trabajo y no arrancar con carga.

### 3.11. TABLERO PARA EMPOTRAR (TTA).

Figura N°3.14: Tablero de transferencia



Elaboración: Propia

### 3.11.1 TABLEROS DE TRANSFERENCIA AUTOMÁTICA.

La especificación cubre los requerimientos técnicos para el diseño, detalle, componentes, fabricación, ensamble, pruebas y suministro del tablero de transferencia automática principales 220 V VAC, 3 fases, 60 Hz, para empotrado interior en el lugar de la ubicación.

Los Tableros se identifican en los planos del proyecto como:

TTA : Tablero transferencia automática.

Los trabajos de la tesis incluyen:

El diseño, detalles, componentes, fabricación, ensamble y pruebas del tablero de transferencia automática completamente ensamblado, cableado, probado y listo para entrar en funcionamiento conforme a esta especificación.

### 3.11.2. CONDICIONES DE SERVICIO

#### Condiciones climáticas y ambientales

Los tableros son para montaje interior y deben ser apropiados para que su operación cumpla con los requerimientos de diseño de instalaciones eléctricas en el lugar de su instalación, cuyas condiciones ambientales, climáticas y sísmicas son las siguientes:

Altitud Menos de 3900 m.s.n.m.

Temperatura Máxima 16.8 °C, Media 15.4 °C, Mínima -3 °C

Ambiente húmedo. La atmósfera dentro y fuera del cuarto donde se encuentra el tablero puede contener polvo fino y humedad (cercano a la intemperie)

#### Condiciones de operación y valores nominales

Los tableros y sus componentes deberán ser diseñados para operar con los siguientes valores de tensión a 3857 msnm.

Tensión nominal                      220 VAC

Rango de variación                      +5, - 10%

El tablero operará en sistemas de distribución de las siguientes características.

Tablero: TTA.

Sistema                                      Trifásico (3 hilos: 3 Fases+ Tierra)

Distribución                      220 V (3F+T)

NORMAS

El suministro deberá cumplir con la edición vigente de las siguientes normas:

Código Nacional de Electricidad.

Reglamento Nacional de edificación.

En caso de discrepancia entre las normas mencionadas se aplicará la más restrictiva.

Descripción

#### **a) SUMINISTRO DE ENERGÍA**

El tablero será energizado normalmente mediante cables desde el tablero general del sistema eléctrico y desde el grupo electrógeno de 6.5KVA, como también tendrá las salidas para la distribución de la carga el cual es de la zona de comercio netas de dicho dentro denominado MOBHI.

#### **b) DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN**

Grado de protección: IP-54

Será de ejecución modular, conformada por cuerpos colocados uno al lado de otro, formando un conjunto integral, pero serán estructuralmente independientes. Estará constituida por perfiles de acero angular de 1 1/2" x 1/8", cubierta con planchas de acero laminado en frío, de 1.5 mm de espesor como mínimo.

Las paneles tendrán acceso frontal mediante una puerta que deje accesible únicamente la manija de los interruptores, tendrá montados en ella los instrumentos y elementos de control e indicación hincado en planos. Las puertas estarán provistas de empaquetaduras en todo su perímetro, de este

modo se obtiene con la puerta cerrada un grado de hermeticidad IP-54 de acuerdo a las Normas IEC-144.

El diseño del tablero deberá ser tal que permita fácilmente el cambio parcial del equipamiento por otra igual.

Todos los elementos sujetos a la fuerza electromagnéticas del cortocircuito se diseñaran para soportar, sin daño alguno, corrientes de cortocircuito según se indica en planos.

El tablero deberá ser apropiado para montaje interior dentro de la Sala de Tableros.

Las superficies metálicas serán sometidas a tratamiento anticorrosivo de fostatizado por inmersión en caliente. El acabado será con dos capas de base anticorrosiva y dos capas de pintura epóxica color gris conforme ANSI C57.12

#### **c) RIEL TIPO DIN**

Los accesorios de del tablero para la conexión e instalación de los contactores, relés y otros es mediante la riel tipo DIN, el cual lleva dos rieles en paralelo para su mejor armado.

#### **d) BARRA DE TIERRA**

El tablero cuenta con una barra principal para puesta a tierra con capacidad mínima igual al 50% de la capacidad de las barras principales, Esta barra de puesta a tierra será de cobre electrolítico de alta conductividad. Esta provista y fijado en el mismo TTA una a cada extremo de la barra, adecuadas

para conexión del conductor de puesta a tierra externo que será conductor de cobre cubierto de NNY 16 mm<sup>2</sup>.

Los armazones, bastidores, barreras y estructuras de metal y todas aquellas partes metálicas que no conduzcan corriente estarán firmemente conectadas a tierra mediante esta barra de tierra.

### **e) PROGRAMADOR Y/O ANALIZADOR DE REDES DE SUMINISTRO ELÉCTRICO (LCD)**

Basado en la tecnología del microprocesador y con característica de operación programable.

El instrumento es fabricado y diseñado bajo las normas ANSI/EC aplicables

El instrumento estará provisto de un display de tipo LCD, en el que se mostrarán entre otras las siguientes variables eléctricas programables:

- Tensión de línea y fase, Corriente por fase y su valor promedio, Potencia activa, Potencia reactiva, Potencia aparente, Máxima demanda en horas pico, KW –Hr totales en horas base, Kw-hr totales en horas pico, kVAR-hr totales como un acumulado total, Factor de potencia, Frecuencia, Distorsión armónico total, Desbalance rotación de fase, Fecha - Hora.
- El display dispondrá de un mínimo de 5 dígitos para las funciones de indicación (A, kW, kVAR) y 9 para las funciones de registro (kW-hr y kVAR-hr). La resolución del instrumento será mejor a 0.2% a plena escala, para las funciones de indicación, y 1.0% (kW-hr/kVARh) para

las funciones de registro. El instrumento estará provisto de un teclado y/o pulsador para la activación del display durante el proceso de adquisición de datos.

- El instrumento será totalmente programable para manejar las variables antes detalladas. Las calibraciones efectuadas en el instrumento deben ser almacenadas en memoria no volátil.
- Dispondrá de un puerto de comunicación, que permita su enlace con una computadora personal. podrá ser posible una comunicación entre todos los instrumentos de medición, empleando un protocolo de comunicaciones, que garantice una transferencia de datos confiable y con la que sea posible efectuar todas las programaciones necesarias. La comunicación podrá ser local, vía una computadora personal.
- El analizador operará con transformadores de corriente a 5 amperios y con tensión nominal de 220V. De requerirse otras tensiones de alimentación se preverá en el tablero los transformadores de tensión necesarios.
- Se consideraran analizadores en los tableros indicados en los diagramas.

#### **f) ALAMBRADO**

El tablero fue completamente alambrado respetando las normas estéticas y funcionales para este tipo de trabajos. Donde las secciones sean separadas por motivos de embarque, se prepararán los alambres para la interconexión en el campo.

El cableado del tablero será del tipo B de acuerdo a las Normas NEMA, y se hará con conductores de cobre, extra flexible, con aislamiento de plástico para 600 V. del tipo flexiplast, considerado una sección mínima de 1.5 mm<sup>2</sup> para los circuito de mando y señal de tensión, y de una sección de 4 mm<sup>2</sup> para los circuitos de corriente.

Las conexiones a puertas que contengan elementos de control se efectuarán con conductores de tipo extra flexible.

#### **g) REGLETAS TERMINALES**

Para efectuar conexiones a los circuitos externos (hasta de 35mm<sup>2</sup>) secundarios y de control, se instalarán regletas terminales provistos con cintas marcadas para la identificación de los alambres. Las borneras serán dimensionadas de acuerdo al calibre del cable que sale del tablero.

A las borneras deberán llegar los contactos auxiliares de los interruptores, y todos aquellos conductores que traen la información para la funciones de medición, vigilancia y mando remoto.

#### **h) DIMENSIONES DEL TABLERO**

El tablero TTA tiene una dimensión de 0.4x0.3x0.2m.

### 3.12. DISEÑO DEL CIRCUITO DE CONTROL.

#### 3.12.1. CABLEADO EMPLEADO.

Figura N°3.15: Conductor

CONDUCTOR AWG #16 milimetrado	SIMBOLOGIA
	

Elaboración: Propia

Para la conexión de los circuitos de control dentro del tablero se ha empleado cable #16 AWG ya que cumple con las características exigidas por el fabricante del equipo PIC16F877. En el caso de las señales desde el tablero de control hacia el generador (entradas o salidas de relé) se empleó cable #16 AWG de seis hilos con recubrimiento para choques mecánicos y para las señales de control (pickup, volts bias, speedbias) se empleó par trenzado blindado para defender las señales de posibles interferencias.

### 3.13. DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPO DE FUERZA

De acuerdo al diagrama unifilar se determinan los elementos necesarios para la transferencia de energía y sincronismo de generadores. Los elementos que se requieren dimensionar son:

- Los contactores
- Los relés encapsulados

- Mandos motorizados

Cada uno de estos cumple con condiciones, tanto por los requerimientos del diseño como por los requerimientos establecidos por normas a nivel nacional e internacional.

### **3.14. DIMENSIONAMIENTO DE OTROS EQUIPOS PARA EL TABLERO DE CONTROL**

El voltaje de generación como varias veces se ha mencionado es de 220 V, la mayor parte de control se realiza a 12-5 V, así que los equipos tendrán que estar diseñados para esta tensión.

### **3.15. MONTAJE, INSTALACIÓN, PRUEBAS Y RESULTADOS.**

Para el montaje e instalación del tablero de transferencia automática de energía y sincronización de generadores de emergencia, se recurrieron a las normas del Código Nacional de Electricidad (CNE) tanto para las especificaciones del tablero de control como las referidas a los sistemas de emergencia.

La norma NEC 702 Optional Standby System (sistemas de reserva opcionales) tiene por finalidad proteger las instalaciones o propiedades públicas o privadas cuando la seguridad de la vida humana no depende del funcionamiento del sistema y suministrar energía eléctrica generada en sitio a determinadas cargas de modo automático. La que se han aplicado de la siguiente forma:

El sistema de reserva tiene la capacidad y el régimen adecuado para el funcionamiento simultáneo de todas las cargas fijas seleccionadas previamente para este fin.

El equipo de transferencia está diseñado e instalado de modo que impide la interconexión accidental de las fuentes de alimentación normal y de reserva al hacer cualquier operación.

Se han instalado luces de señalización para indicar el funcionamiento, avería y la toma de carga de los generadores del sistema de reserva.

El grupo electrógenos dispone de medios para el arranque automático de su motor primario existe falla en la fuente principal de suministro. Además está instalado en el mismo predio un depósito y un sistema de alimentación de combustible para que el sistema de reserva pueda funcionar a plena carga durante dos horas como mínimo. Las baterías para la alimentación del control, señalización y arranque del motor primario, son adecuadas para este fin y están equipadas con un medio automático de carga independiente del grupo electrógeno.

### **3.15.1. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL**

Este sistema consta de dos partes:

- Construcción del sistema de control RED – GENERADOR.
- Construcción del sistema de señalización

Construcción del sistema de control red-generador

Para la realización práctica de este sistema se dispone del esquema 1 de conexionado red-generador y el esquema 2 generador-red que se encuentran

en el ANEXO 1 y además vamos a necesitar los siguientes materiales y elementos eléctricos tales como:

Dos breakers bipolares que actúan como protecciones de las líneas de red y generador F2 y F3.

Dos relés que funcionan como supervisores de voltaje, uno con banda ajustable para censar el voltaje de la empresa abastecedora del servicio SV1 y SV2.

Dos bobinas auxiliares con auto retención mecánica B1 y B2. Dos bloques de contactos auxiliares C1 y C2.

Un rollo de alambre 18 THHN para realizar todo el cableado respectivo.

Un paquete de terminales tipo espiga. Una regleta de dos pulgadas de ancho. Una barra de RIEL DIN.

Un gabinete donde se alojaran los elementos eléctricos de tal forma que cuando sea el caso de realizar el respectivo mantenimiento preventivo o reemplazo de dispositivos, se pueda manipular con facilidad.

Se contará con una caja de herramientas adecuadamente equipada para nuestro propósito, además que es necesario contar con una pinza amperimétrica, y aparatos de medición eléctrica.

Para realizar este tipo de trabajo se debe poseer una buena iluminación, claro está que para las conexiones que se realizará siguiendo los esquemas antes mencionados.

Para la ejecución correcta se debe redundar en la comprobación de conexiones, ayudados por el equipo de medición adecuada para comprobar continuidad

### **3.15.2. CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA DE SEÑALIZACIÓN**

Un selector de tres posiciones S1 que sirve para operar en manual o automático

Un relé de 12V DC que indica si se está trabajando en forma manual.

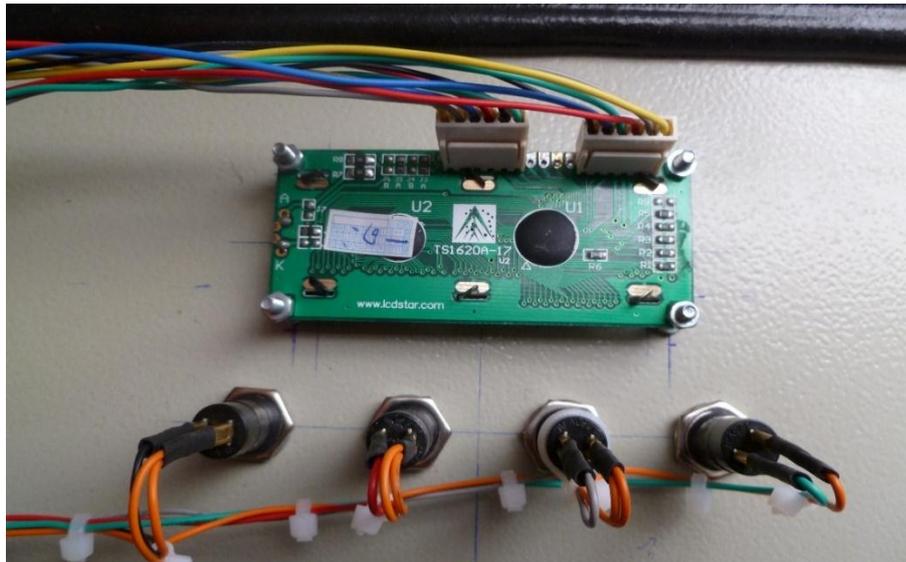
Tres luces piloto L1, L2, L3, con sus respectivas bases para que se instalen en el panel frontal del gabinete estas deben ser alimentadas con 12V DC, las mismas que sirven para la señalización de la operación que se realiza. Baterías para la comprobación del sistema de señalización de 12V DC Fusibles de corriente continua para protección de los elementos del sistema que funciona con energía continua.

Lo que se quiere describir es que el montaje se ejecuta secuencialmente para lo cual siempre se tiene que ir revisando cada conexión que se realiza, sin dejar de comprobar el o los elementos que se vaya a utilizar, verificando que todos los elementos funcionen de manera correcta.

Cabe destacar que la alimentación del circuito de control y mando, y los demás elementos que necesitan de energía continua se toma del banco de baterías, a la cual se encuentra conectada en paralelo la carga, acotando que cada una es de 3000 amperios - hora

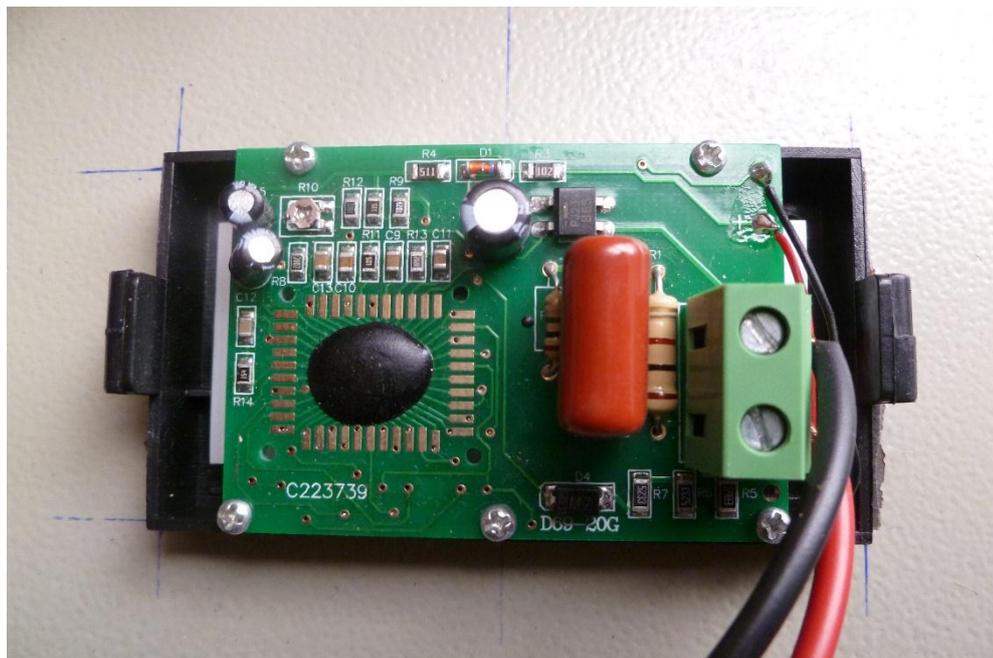
Además en la figura 3.14 se puede constatar la construcción final tanto de elementos como el cableado del sistema mencionado, ya que este se encuentra montado en un gabinete y debidamente señalizado.

**Figura N°3.16: Panel frontal de señalización**



Elaboración: Propia

**Figura N°3.17: Circuito Panel frontal de señalización**



Elaboración: Propia

### 3.15.3. CONSTRUCCIÓN DEL DIAGRAMA DE FUERZA

Para la descripción de este sistema se debe observar el esquema 4 de conexionado de fuerza del ANEXO 1 con los siguientes elementos:

- Dos contactores de potencia de 32 A. de marca Schneider. Cable 2 AWG.
- Tijera para cortar cable
- Borneras grandes.
- Riel tipo DIN
- Tablero principal
- Tablero de distribución
- Protección del sistema Puesta a tierra
- Tablero de transferencia automática.
- Grupo electrógeno.

Una vez construido todo el sistema de control se inicia con la elaboración del sistema de fuerza que no es más que dos contactores de potencia C1 y C2, red y generador respectivamente, conectados en paralelo para que cualquiera de los dos contactores existente alimente a la carga.

Para observar de una mejor manera a continuación se presenta el circuito construido, en los anexos.

### 3.16. PUESTA A TIERRA

Todos los sistemas eléctricos están conectados a tierra para limitar el voltaje existente en los circuitos de señalización, líneas de alimentación y estabilizar el voltaje durante su operación normal. Todos los equipos constituidos por

material conductivo están conectados a tierra para limitar el voltaje a tierra de estos materiales.

### 3.17. ESTÁNDARES DE PROTECCIÓN

Se integró una **serie** de protección que obedecen a los estándares ANSI detallados en la siguiente tabla Estándares ANSI de protección.

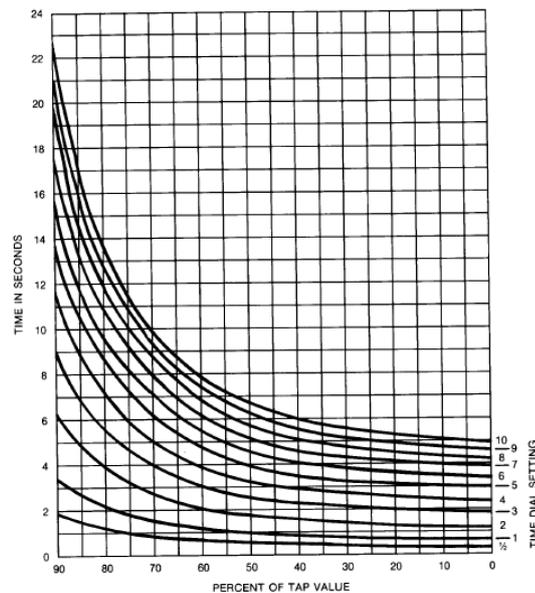
**Table 22A**  
**Abbreviated List Of Commonly Used Relay Device Function Numbers [1]**

Relay Device Function No	Protection Function
21	Distance
25	Synchronizing
27	Undervoltage
32	Directional Power
40	Loss Of Excitation (Field)
46	Phase Balance (Current Balance, Negative Sequence Current)
47	Phase-Sequence Voltage (Reverse Phase Voltage)
49	Thermal (Generally Thermal Overload)
50	Instantaneous Overcurrent
51	Time-Overcurrent
59	Overvoltage
60	Voltage Balance (Between Two Circuits)
67	Directional Overcurrent
81	Frecuency (Generally Underfrequency)
86	Lockout
87	Differential

#### **ANSI 27 Undervoltage (Bajo Voltaje):**

El equipo EGCP-2 provee una protección para mantener un nivel mínimo de voltaje al que puede funcionar el sistema, al activarse abre una sección del sistema y da una alarma, se usa con el fin de no afectar a cargas sensibles y sacar el generador por no cumplir el mínimo nivel de voltaje.

Esta protección permite realizar la transferencia y re transferencia de la fuente normal de energía al grupo electrógeno. En cualquiera de los dos casos se utiliza un retardo de tiempo para evitar realizar operaciones innecesarias.



**Figura N°7 Típicas características tiempo-voltaje para la protección de bajo voltaje**

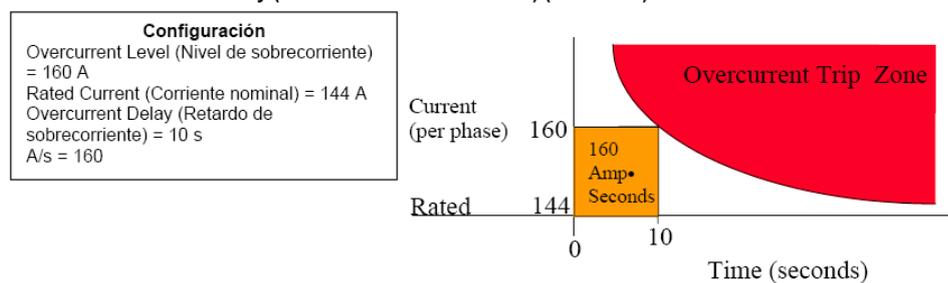
#### **ANSI 46 Phase Balance Current (Balance de corrientes de fases):**

El equipo provee protección contra corrientes desbalanceadas, opera cuando la diferencia en magnitud de la corriente rms en dos fases excede un porcentaje dado. El ajuste de esta protección es generalmente del 25% de diferencia entre dos fases. Se desconecta los conductores del generador para evitar problemas en el sistema de distribución/transmisión.

#### **ANSI 50/51 Instantaneous Overcurrent (Sobrecorriente instantánea) / Time Overcurrent (Sobrecorriente con retardo):**

Esta protección es usada en los generadores, cuando se sobrepasa el nivel de sobrecorriente se activa un contador de tiempo hasta que se llega a la zona de sobrecorriente y se desconecta al generador. Si se pretende tener una protección instantánea, ésta actúa a los 0.5 -2 ciclos.

**Figura N°3.18 Sobrecorriente con retardo**



### **ANSI 59 Overvoltage (Sobrevoltaje):**

Tanto el equipo EGCP-2 como el detector trifásico de red cuentan con protecciones contra sobre voltajes, las cuales pueden ser calibradas en el menú Shutdown and Alarms (véase capítulo 2 sección 2.3.2 Configuración del equipo), para el detector trifásico de red mediante el potenciómetro.

### **ANSI 60 Voltage Balance (Balance de voltaje):**

Esta protección actúa cuando no existe alguna de las fases o hay una diferencia entre los valores rms de ellas, tiene un ajuste de 200ms típicamente.

### **ANSI 81 Frequency (Frecuencia):**

Generalmente esta protección se utiliza para mantener la frecuencia dentro de un rango preestablecido, es muy recomendado tener protecciones de baja frecuencia cuando se trabaja con cargas que son alimentadas por generadores locales, ya que una sobrecarga del sistema baja la frecuencia del generador, ya su vez un generador trabajando a bajas frecuencias se sobrecarga. Una protección de sobre frecuencia se utiliza en el arranque de los generadores para evitar que los motores primarios se embalen, y cuando los generadores son sacados súbitamente del sistema. El ajuste típico de esta protección es de 90% para baja frecuencia y 110% para sobre frecuencia.

## CAPÍTULO IV

### MONTAJE, INSTALACIÓN Y PRUEBAS

#### 4.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

Antes de arrancar el grupo electrógeno, es necesario configurar los puntos de consigna en los valores más adecuados y acordes a las características de funcionamiento y rendimiento de las máquinas.

Se debe comprobar que la polaridad y configuración de los siguientes elementos sea la correcta:

- Entrada de la fuente de alimentación
- Entradas de CT del generador
- Entradas de PT del generador
- Entradas de PT de red y bus

Una vez verificada la polaridad de estos elementos, es necesario comprobar que la amplitud de la tensión de la fuente de alimentación sea la adecuada. A continuación se comprueba que:

Las salidas speedbias (polarización de velocidad) y volts bias (polarización de tensión) sean compatibles con las tarjetas reguladoras de velocidad y voltaje respectivamente, además que presenten porcentaje cero a los niveles adecuados.

#### 4.2. PROCEDIMIENTO DE ARRANQUE Y COMPROBACIÓN

1. Introducir puntos de consigna programados en todos los menús.
2. Revisar las entradas discretas.
3. Ajustar a 0 las repeticiones de arranque (crankrepeats).

4. Poner comprobación (check) como modo del sincronizador.
5. Poner normal como modo de control de carga (load control mode).
6. Arrancar el motor utilizando el conmutador de prueba (test switch)
7. Comprobar la lectura de régimen del motor (engine rpm) de la pantalla de estado EngineOverview y confirmar que la velocidad sea la correcta para la unidad.
8. Revisar la tensión de la unidad en el menú de estado del generador.
9. Ajustar la tensión del regulador de voltaje en AVR (regulador automático de voltaje) si es necesario para alcanzar la tensión nominal del generador.
10. Ajustar la compensación del AVR (droop) para un  $\pm 5\%$  de la tensión nominal para la salida de polarización de tensión del  $\pm 100\%$  del EGCP-2.
11. Medir el voltaje generado y calibrar los PT's en caso de ser necesario.
12. Verificar que la secuencia de fases sea correcta y la misma en todos los generadores.

### **4.3. MANUAL DE MANTENIMIENTO**

Para tener una mejor apreciación de un buen mantenimiento a continuación vamos a describir lo que es:

- Mantenimiento preventivo y
- Mantenimiento correctivo

#### **4.3.1. MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Es un procedimiento que tiene por objetivo la conservación de los elementos físicos de un establecimiento, lugar o sitio, que posea maquinaria o

herramientas, en condiciones de operar con una máxima eficiencia, seguridad y economía. Para lo cual se basa en un análisis previo de información técnica recopilada de, manuales o catálogos, características, inspecciones, experiencia y medios que sirva de ayuda para eliminar factores y condiciones que afecta a la operación y servicio de los equipos; a partir de lo mencionado coordinan personal tanto administrativo como técnico para organizar cronogramas de actividades rutinarias de mantenimiento.

#### **4.3.2. MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Este tipo de mantenimiento es la última opción para el personal técnico luego de haber agotado todos los esfuerzos de recuperar parcial o totalmente un equipo es decir que es el cambio de elementos dañados , ya sea porque la vida útil ha culminado, por desgaste, por corrosión, por mal uso, etc., se reemplaza por uno totalmente nuevo.

#### **4.3.3. PERSONAL DE MANIPULACIÓN**

El personal que va a tener el acceso a la manipulación, o al mantenimiento del grupo de emergencia tendrá que ser el apropiado y debidamente capacitado para que tenga el conocimiento de manejar adecuadamente el mencionado grupo, ya que cuando se presente una emergencia sea en el mantenimiento o en la operación propiamente dicha tenga la plena seguridad de que el grupo electrógeno se encuentre trabajando confiablemente. Dada que ésta se pueda presentar tanto en elementos que intervienen en el motor de combustión, en el generador o en el T.T.A.

#### 4.3.4. MANTENIMIENTO DEL MOTOR DE COMBUSTIÓN

Como se había mencionado anteriormente el mantenimiento se realizará de acuerdo con lo planificado en los cronogramas de trabajo.

Por lo regular la mayoría de personal tanto administrativo como técnico opta por realizar cada tres meses el mantenimiento preventivo de todos los elementos del grupo de emergencia, salvo el caso de que la unidad tenga una emergencia ( cuando las partes del conjunto del grupo falla inesperadamente), o esté dando problemas con mucha frecuencia.

Con lo expuesto se puede mencionar todos los puntos que intervienen en el mantenimiento preventivo de un motor impulsor que son los siguientes:

- Se verificará el nivel de combustible para lo cual se añadirá la cantidad que sea necesario hasta que quede totalmente lleno el tanque de reserva y el tanque diario.
- Se cambiará los filtros de las trampas de agua.
- Se cambiará los filtros de combustible. de aceite, y de aire.
- Se cambiará totalmente el aceite lubricante
- Se cambiará el refrigerante del radiador
- Se medirá la densidad y de ser necesario se completará el nivel del electrolito de la batería.
- Se verificará que no estén sulfatados los bornes de la batería de lo contrario se limpia con agua y detergente, luego se pondría vaselina industrial para que así permanezca totalmente limpio; claro está que para realizar esto debemos tener el debido cuidado y el apropiado equipo de seguridad.

- Se ajustará los bornes de la batería.
- Se controlará y tensará las correas y mangueras del motor.
- Se verificará que no haya fugas de aceite, combustible y agua.
- Se verificará el correcto funcionamiento del precalentador de agua del motor.
- Se realizará la limpieza exterior del intercambiador de calor para asegurar la correcta disipación del mismo.

#### **4.3.5. MANTENIMIENTO DEL ALTERNADOR**

Los puntos más relevantes son los siguientes

- Se verificará el apriete preciso en borneras y cables de potencia en la salida del generador.
- Se verificará con la ayuda de un voltímetro el voltaje de salida tanto entre fase-fase, como en fase-neutro.
- Se verificará la frecuencia de generación sin carga la misma que debería estar en un rango de 60-60,1 Hz. Si esto no es así se procede a la calibración de esta magnitud mediante la regulación del paso de combustible.
- Se verificará el perfecto funcionamiento de elementos tales como fusibles y demás protecciones que intervienen en el panel de control del generador.
- Se engrasarán los rodamientos.
- Por posibles daños en lo posterior se anotará la numeración de los rodamientos de la unidad.

- Con el generador en funcionamiento se controlará la existencia de posibles ruidos y vibraciones.

#### **4.3.6. MANTENIMIENTO DEL TABLERO DE CONTROL**

- Con una brocha debidamente aislada, se procede a limpiar el polvo de los elementos del tablero, ya que por condiciones ambientales o de trabajo en la sala se acumula el polvo en ese sitio.
- Se procederá al ajuste de pernos y tornillos, ya que por corrientes parásitas o vibraciones estos tienden a aflojarse.
- Se verificará que los elementos de protección, y supervisión eléctrica se encuentren trabajando en forma óptima.
- Se constatará la alimentación al programador y demás elementos que funcionen con energía continua.
- Se tomará mediciones de voltajes y corrientes entre fases, fase-neutro, carga en el neutro y carga en la toma de tierra.
- Para efectos de seguridad se realizará una simulación de corte de energía en la cual se puede constatar el estado del sistema grupo electrógeno- TTA, desde luego sin interferir en el desarrollo normal de los usuarios.

#### **4.4. OPERACIÓN**

##### **4.4.1. TRANSFERENCIA**

Se tiene todo el sistema alimentado con la energía de la empresa eléctrica. El supervisor de red está censando la energía de la empresa.

Cuando de pronto el SV1 pierde la señal.

El SV2 manda una señal de aviso al PLC por medio de I2, entonces comienza a trabajar el programa interno del controlador.

Este tiene un temporizador por el que tiene que pasar la señal de SV2, el mismo que está calibrado en cinco segundos, esto es para que cuando sea una falla en menos de este tiempo no se prenda el grupo, además que la carga nunca quedaría desamparada ya que tiene un respaldo de un banco de baterías.

La falla es permanente, el PLC manda una señal por Q4 para que se abra el contactor de red principal C1-

El controlador manda un pulso a Q2 para que de paso a la transferencia de red comercial a generador se enclava C2.

El grupo electrógeno comienza a trabajar por medio de la señal de Q3. El grupo alimenta de energía al sistema.

Previamente se desactiva I3 que es la carga conectada a red comercial, y se activa la entrada I4 es decir que la carga está conectada al generador.

#### **4.4.2. RETORNO ACONDICIONES INICIALES**

El SV1 se energiza cuando detecta el restablecimiento total de la red, de lo contrario no, es decir que si por alguna falla no hay las tres fases activas el grupo de emergencia seguirá funcionando.

Entonces el SV1 se energiza y manda la señal a la entrada I1 para que el controlador la analice.

El PLC manda un pulso en Q1 para transferencia de generador a red comercial C1 y a Q5 ordenando abrir el contactor de generador C2.

Aquí el generador sigue trabajando por tres minutos adicionales en vacío, por motivos de temperatura, pero condicionado a que si hay alguna falla de red empiece nuevamente a trabajar

Además la señal que llega a I4 carga conectada a generador se anula, e ingresa la señal de I3 que es carga conectada a red.

Cabe destacar que la alimentación del PLC y los demás elementos que necesitan de energía continua se toma del banco de baterías, a la cual se encuentra conectada en paralelo la carga, acotando que cada una es de 3000 amperios - hora

En ciclo test simula un corte de energía y realiza un ciclo completo de operación con transferencia y re transferencia.

En manual se deshabilitará la lógica de control del sistema de transferencia automática y todas las operaciones que se realicen a continuación serán en forma manual.

## **CONCLUSIONES**

El diseño, construcción, instalación y puesta en marcha de un sistema de control automatizado para el grupo electrógeno de 6.5 kVA para el suministro continuo de energía eléctrica de MOBHI GRIFOS, hace que la transferencia de carga en caso de fallas del sistema sea de forma automática, con esto se logra tener suministro de energía eléctrica constante.

El dimensionamiento y selección de los componentes de un sistema eléctrico para mantener la tensión en sus valores permisibles, nos permite trabajar con confiabilidad, sin tener que preocuparnos por fallas posteriores en el tablero de control.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda que todos los centros comerciales, instituciones, hospitales, colegios y demás, implementen un sistema de control automatizado (Tablero de transferencia automática) para un grupo electrógeno como energía alternativa en caso de fallas del suministro eléctrico.

Al disponer y/o adquirir un control automatizado (Tablero de transferencia automática) genera menos pérdidas económicas y un mejor control de la carga requerida, para tener una mayor eficiencia de suministro de energía eléctrica alternativa en caso de fallas de la Red eléctrica.

## BIBLIOGRAFÍA

- NATIONAL ELECTRICAL CODE, NEC 2005. National Fire Protection Association Inc. Quincy Massachusetts Estados Unidos. Edición 2005.
- IEEE Std 242-2001. Protection and Coordination of Industrial and Commercial Power System. Estados Unidos. Edición 2001.
- IEEE Std. 446-1995, IEEE Recommendation practice for Emergency and Standby System for Industrial and Commercial Applications. Estados Unidos. Edición 1995.
- WOODWARD. Installation and Operation manual EGCP-2 Engine Generator Control Package. Manual 26174 (Revisión B). 2002.
- WOODWARD. Application Manual EGCP-2 Engine Generator Control Package. Manual 26175. 2000.
- ABB. TMAX Low voltage moulded-case circuit-breakers up to 630 A Technical catalogue. 2006
- ABB. SACE ISOMAX S Low-voltage moulded-case circuit-breakers Technical catalogue. 2006
- Electrical Engineers & Cable Maker. Lythall R.T. The J&P Switchgear Book. Johnson & Philips Ltda. quinta edición. Londres, 1953.
- RAMIREZ VÁSQUEZ, José. Máquinas de Corriente Alterna. Enciclopedia CEAC de Electricidad. Cuarta edición. Ediciones CEAC, S.A. España, 1982.