

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN TABLERO DE CONTROL APLICABLE A  
UNA ESTACION DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS**

**CARLOS ALFREDO CARDOZO GALVIS**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA  
ESCUELA DE INGENIERIA Y ADMINISTRACION  
SECCIONAL BUCARAMANGA  
2011**

**DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN TABLERO DE CONTROL APLICABLE A  
UNA ESTACION DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS**

**CARLOS ALFREDO CARDOZO GALVIS**

**Tesis para optar por el título de ingeniero electrónico**

**RAQUEL DIAZ RAMIREZ. Esp.  
DIRECTORA DEL PROYECTO**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRONICA  
ESCUELA DE INGENIERIA Y ADMINISTRACION  
SECCIONAL BUCARAMANGA  
2011**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

---

**Jurado**

---

**Jurado**

Bucaramanga, 13 de Julio de 2011

**Bucaramanga, 13 de Julio de 2011**

A Dios, por darme la oportunidad de tener a tanta gente a mí alrededor apoyándome, por permitirme tener a mi familia aun conmigo.

A mis padres, por enseñarme el valor del trabajo duro, la honestidad, la tenacidad y la perseverancia, por creer siempre en mí y brindarme todas las herramientas para ser una persona de bien.

A mi hermana, por todo su gran sacrificio, por el apoyo incondicional y brindarme todo su apoyo a pesar de la distancia.

A Raquel, por su ayuda, paciencia, por creer en mí, pero sobre todo por su amistad incondicional. Muchas gracias Raquel.

A María Paula, por estar conmigo incondicionalmente y brindarme todo su amor y apoyo en los momentos difíciles.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la ingeniera Raquel Díaz Ramírez por la orientación, apoyo durante todo el proceso de ejecución del proyecto.

Al ingeniero Pedro Suarez por su orientación y apoyo.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
1. JUSTIFICACION.....	2
2. OBJETIVOS. ....	3
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3. ESTACIÓN DE SERVICIO.....	4
3.1. CLASIFICACIÓN DE LAS ESTACIONES DE SERVICIO.....	4
3.1.1 Por el tipo de producto.....	5
3.1.2 Por su naturaleza.....	5
3.2 REGLAMENTACIÓN DE UNA ESTACIÓN DE SERVICIO.....	6
3.3 PARTES QUE CONFORMAN UNA ESTACIÓN DE SERVICIO.....	6
3.3.1. Isla de Combustibles.....	7
3.3.2. Dispensador.....	8
3.3.3. Surtidor.....	9
3.3.4. Tanque de almacenamiento de combustibles.....	11
3.3.4.1. Dispositivos de llenado de combustibles.....	11
3.3.4.2. Bomba de despachos de combustibles.....	12
3.3.4.3. Control de inventarios de combustibles.....	13
3.3.4.4. Cámara de acceso.....	13

3.3.4.5. Válvula de venteo.....	13
<b>4. TABLERO DE CONTROL ELÉCTRICO.....</b>	<b>16</b>
<b>4.1. REQUISITOS OBLIGATORIOS PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD EN LOS TABLEROS ELECTRICOS.....</b>	<b>16</b>
4.1.1. Tableros de baja tensión.....	16
4.1.2. Partes conductoras de corriente de tableros de baja tensión.....	17
4.1.3. Terminales de alambrado de tableros de baja tensión.....	18
4.1.4. Celdas de media tensión.....	19
4.1.5. Rotulado e instructivos de tableros.....	19
4.1.6. Información adicional.....	19
<b>4.2. PARTES QUE CONFORMAN EL TABLERO DE CONTROL.....</b>	<b>20</b>
4.2.1. El Contactor.....	20
4.2.2. Elementos De Protección.....	23
4.2.3. Relé.....	24
4.2.4. Guardamotor.....	27
4.2.5. Elementos De Señalización.....	28
4.2.6. Paradas De Emergencia.....	29
4.2.7. Transformador de Intensidad de Corriente.....	29
<b>5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.....</b>	<b>31</b>
<b>5.1. DIAGRAMA UNIFILAR.....</b>	<b>31</b>
<b>5.2. ALIMENTACIÓN CIRCUITO DE POTENCIA, SEÑALIZACIÓN Y PARADA DE EMERGENCIA POR EMISIÓN DE CORRIENTE.....</b>	<b>35</b>
<b>5.3. CONTROL DE REGULADORES.....</b>	<b>39</b>

<b>5.4. CIRCUITO DE POTENCIA DE BOMBAS SUMERGIBLES.....</b>	<b>40</b>
<b>5.5. CIRCUITO DE POTENCIA DE SURTIDORES.....</b>	<b>41</b>
<b>5.6. ALIMENTACIÓN DE DISPENSADORES Y SURTIDORES.....</b>	<b>42</b>
<b>5.7. CIRCUITO DE CONTROL DE LOS DISPENSADORES.....</b>	<b>43</b>
<b>5.8. CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN.....</b>	<b>44</b>
<b>5.9. PRUEBAS REALIZADAS.....</b>	<b>56</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>61</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>63</b>



## LISTA DE TABLAS

pág.

<b>Tabla 1.</b> Capacidades de corriente permisibles para conductores aislados.....	48
<b>Tabla 2.</b> Constantes de regulación para conductores de cobre aislado.....	49
<b>Tabla 3.</b> Factores de corrección para otras conexiones.....	50
<b>Tabla 4.</b> Formulas de conversión.....	51
<b>Tabla 5.</b> Cuadro de Cargas.....	52
<b>Tabla 6.</b> Porcentaje de regulación de tensión.....	53
<b>Tabla 7.</b> Cuadro de regulación.....	55
<b>Tabla 8.</b> Constante generalizada.....	55

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
<b>Figura 1.</b> Ejemplo estación de servicio.....	7
<b>Figura 2.</b> Isla de combustibles.....	8
<b>Figura 3.</b> Dispensador de combustible (1).....	9
<b>Figura 4.</b> Surtidor de combustible (1).....	10
<b>Figura 5.</b> Surtidor de combustible (2).....	10
<b>Figura 6.</b> Partes del tanque de almacenamiento.....	11
<b>Figura 7.</b> Dispositivo de llenado.....	12
<b>Figura 8.</b> Bomba sumergible.....	12
<b>Figura 9.</b> Sistema de medición.....	13
<b>Figura 10.</b> Venteo de vapores.....	14
<b>Figura 11.</b> Detalle de Venteo.....	14
<b>Figura 12.</b> Distribución de la EDS.....	15
<b>Figura 13.</b> Símbolo del contactor.....	20
<b>Figura 14.</b> Núcleo y Armadura.....	21
<b>Figura 15.</b> Contacto.....	22
<b>Figura 16.</b> Contactor Weg CWM-9.....	23
<b>Figura 17.</b> Relé desactivado.....	24
<b>Figura 18.</b> Relé Activado.....	25
<b>Figura 19.</b> Relé Electromagnético Vcp TRP 6822.....	25
<b>Figura 20.</b> Relé Térmico.....	26
<b>Figura 21.</b> Relé Térmico Weg RW 27D.....	27

<b>Figura 22.</b>	Guardamotor MPW-25.....	28
<b>Figura 23.</b>	Transformador de corriente.....	29
<b>Figura 24.</b>	Diagrama Vectorial.....	30
<b>Figura 25.</b>	Convenciones.....	33
<b>Figura 26.</b>	Diagrama Unifilar.....	34
<b>Figura 27.</b>	Circuito de alimentación, señalización y parada de emergencia.....	35
<b>Figura 28.</b>	Conexión de los elementos de medición de corriente 1.....	36
<b>Figura 29.</b>	Conexión de los elementos de medición de corriente 2.....	36
<b>Figura 30.</b>	Funcionamiento de la llave selectora para la medición de corriente.....	37
<b>Figura 31.</b>	Conexión de los elementos de medición de voltaje 1.....	37
<b>Figura 32.</b>	Conexión de los elementos de medición de voltaje 2.....	38
<b>Figura 33.</b>	Funcionamiento de la llave selectora para la medición de voltaje...	38
<b>Figura 34.</b>	Circuito de control de reguladores.....	39
<b>Figura 35.</b>	Circuito de potencia de bombas sumergibles.....	40
<b>Figura 36.</b>	Circuito de potencia de surtidores de combustible.....	41
<b>Figura 37.</b>	Circuito de Alimentación de dispensadores y surtidores.....	42
<b>Figura 38.</b>	Circuito de Control de Dispensadores.....	43
<b>Figura 39.</b>	Estructura interna del relevo.....	44
<b>Figura 40.</b>	Tablero de control para Estación de Servicio. Vista frontal.....	45
<b>Figura 41.</b>	Tablero de control para Estación de Servicio. Vista interna.....	46
<b>Figura 42.</b>	Momento Eléctrico.....	50
<b>Figura 43.</b>	Distribución de la EDS.....	54
<b>Figura 44.</b>	Multímetro Fluke 83.....	56
<b>Figura 45.</b>	Medidor de Aislamiento Fluke 1587.....	57
<b>Figura 46.</b>	Medida de aislamiento de los conductores.....	58
<b>Figura 47.</b>	Motor Monofásico 0.5Hp 427-IDB-35.....	59

**Figura 48.** Voltajes de Fase y corriente.....59

## LISTA DE ANEXOS

pág.

<b>Anexo A.</b> Totalizador LZM.....	57
<b>Anexo B.</b> Contactor CWM9 10E.....	61
<b>Anexo C.</b> Relé de sobrecarga RW 27.....	65
<b>Anexo D.</b> Guardamotor MPW 25.....	70
<b>Anexo E.</b> Relevé VCP TRP 68.....	75
<b>Anexo F.</b> Cuadros de Cargas de la EDS.....	83
<b>Anexo G.</b> Cálculos tipo.....	86

## GLOSARIO

**EDS:** Estación de servicio

**GLP:** Gas licuado de petróleo

**G.N.C:** Gas natural comprimido

**RETIE:** Reglamento técnico de instalaciones eléctricas internas

**VENTEO:** Encargado de liberar la presión interna existente en el tanque debido a la acumulación de gases derivados de los combustibles almacenados.

**BIMETAL:** Material formado por dos metales de diferente coeficiente de dilatación soldados entre sí. Es muy común el uso de hierro y níquel en composiciones de 20% y 80% ó 75% y 25% respectivamente.

**MANHOLE:** Se encuentra localizada en la parte superior del tanque de almacenamiento permite la entrada del operario para realizar limpieza y la inspección interior del mismo.

**MEGGER:** También conocido como megómetro, este equipo que permite medir la resistencia de aislamiento eléctrico de un cable, el devanado de un transformador o un motor; para conocer la existencia o no de corrientes de fuga.

## **RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO**

**TITULO:** DISEÑO Y CONSTRUCCION DE UN TABLERO DE CONTROL APLICABLE A UNA ESTACION DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS

**AUTOR(ES):** CARLOS ALFREDO CARDOZO GALVIS

**FACULTAD:** Facultad de Ingeniería Electrónica

**DIRECTOR(A):** RAQUEL DIAZ RAMIREZ

### **RESUMEN**

Dada la importancia de brindar a la comunidad estudiantil un acercamiento a la industria de distribución de combustibles líquidos, se diseñó y construyó un tablero que al ser instalado en una estación de servicio permite unificar el manejo automático de las islas permitiendo la operación de surtidores y dispensadores a distancia, es decir mediante la apertura o cierre de las válvulas localizadas en estos equipos. Las principales ventajas de unificar los controles en un tablero son; que hace posible monitorear el funcionamiento de la EDS desde un solo lugar y que facilita las labores de mantenimiento.

### **PALABRAS**

#### **CLAVES:**

Estación de servicio, tablero de control, combustible líquido

**V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO**

## **ABSTRACT OF THESIS PROJECT**

**TITLE:** DESIGN AND CONSTRUCTION OF A BOARD OF CONTROL APPLICABLE TO LIQUID FUEL STATION

**AUTHOR(S):** CARLOS ALFREDO CARDOZO GALVIS

**DEPARTMENT:** Facultad de Ingeniería Electrónica

**DIRECTOR(A):** RAQUEL DIAZ RAMIREZ

### **ABSTRACT**

Knowing the importance of providing to the students an approaching to the Industry for Liquid Fuel Distribution, a board was designed and built. This board, once installed in a fuel station, is going to unify and control the management of each fuel dispenser, allowing automatic and long distance operation of pumps and dispensers by opening and closing the valves located on these equipments. The main advantages of unifying controls on a board are: To monitor the function of the fuel station from one place and to facilitate maintenance.

### **KEYWORDS:**

Station Service , control Board, liquid fuel

**V° B° THESIS DIRECTOR**



## INTRODUCCION

Una estación de servicio (EDS) es un establecimiento destinado al almacenamiento y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, para vehículos automotores, a través de surtidores y dispensadores; los cuales se encargan de entregar el combustible al usuario final. Una EDS opera a través de un tablero que permite controlar los despachos de combustible, de acuerdo a las necesidades del cliente, proteger las bombas y dispensadores de sobrecargas y cortocircuitos, operar las paradas de emergencia y medir corrientes y voltajes en el sistema.

Este proyecto permite a la comunidad estudiantil de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga conocer como está conformada y controlada una estación de servicio en Colombia, por medio de un tablero de control aplicable a una estación de combustibles líquidos, teniendo en cuenta las necesidades del usuario y las normas de seguridad que rigen estos establecimientos.

## 1. JUSTIFICACION

Colombia, además de ser un país productor de petróleo, posee una de las cinco principales empresas petroleras en Latinoamérica, **Ecopetrol S.A.**, que cuenta con la refinería de Barrancabermeja. Este municipio santandereano está en crecimiento constante gracias a su industria petrolera; por esta razón es importante dar a conocer a la comunidad estudiantil de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, el funcionamiento de una EDS en Colombia, las medidas de seguridad necesarias, como se controlan y operan los equipos que suministran combustibles líquidos derivados del petróleo, etc.

El tablero diseñado está en capacidad de controlar la puesta en funcionamiento de los equipos que forman parte de una EDS, minimizando los riesgos de accidentes eléctricos; cumpliendo de esta manera con el objetivo planteado por el reglamento técnico de instalaciones eléctricas "RETIE": *"Establecer las medidas que garanticen la seguridad de las personas, de la vida animal y vegetal y la preservación del medio ambiente; previniendo, minimizando o eliminando los riesgos de origen eléctrico"* [5]

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Diseñar y construir un tablero de control aplicable a una estación de combustibles líquidos.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Estudiar la forma en que se distribuye y almacena el combustible líquido en las estaciones de servicio en Colombia
- Investigar las normas técnicas que rigen las estaciones de servicio
- Diseñar un tablero de control rigiéndose con los parámetros especificados por la ESSA S.A. E.S.P.
- Implementar el tablero de control diseñado aplicable a una estación de combustibles líquidos con tres surtidores y dos dispensadores.

### **3. ESTACIÓN DE SERVICIO**

Una estación de servicio es un establecimiento destinado al almacenamiento y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo y/o gaseosos, excepto gas licuado del petróleo (GLP), para vehículos automotores, a través de equipos fijos (surtidores y/o dispensadores) que abastecen directamente los tanques de combustible. Además, una estación de servicio puede incluir en sus instalaciones espacios para prestar uno o más de los siguientes servicios: lubricación, lavado general y/o de motor, cambio y reparación de llantas, alineación y balanceo, servicio de diagnóstico, trabajos menores de mantenimiento automotor, venta de llantas, neumáticos, lubricantes, baterías y accesorios y demás servicios afines; o establecimientos no relacionados con combustibles como mini mercados, tiendas de comidas rápidas, cajeros automáticos, tiendas de videos y otros servicios afines, siempre y cuando se cuenten con las autorizaciones correspondientes y se cumplan las normas de seguridad para cada uno de los servicios ofrecidos. Teniendo en cuenta que dichas actividades comerciales no deben interferir con el objeto principal para el cual se autorizó la operación de la estación de servicio (almacenamiento, manejo, transporte y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo y/o gaseosos, excepto GLP). [2]

A continuación se darán algunas definiciones de acuerdo con lo consagrado en los decretos No 1521. Agosto 4 De 1998 y No 4299 de 25 de noviembre de 2005. Los cuales establecen los requisitos, obligaciones y sanciones aplicables a los entes involucrados en la cadena de distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, excepto GLP, señalados en el Artículo 61 de la Ley 812 de 2003.

#### **3.1 CLASIFICACION DE LAS ESTACIONES DE SERVICIO**

De acuerdo al Decreto No 1521. Agosto 4 De 1998 las estaciones de servicio en Colombia se pueden clasificar a partir de dos de sus características más representativas; el tipo de producto que distribuyen y su naturaleza.

**3.1.1 Por el tipo de producto.** Gas natural comprimido (G.N.C.). Se refiere a establecimientos que poseen instalaciones y equipos para el almacenamiento y distribución de combustibles gaseosos, excepto gas licuado del petróleo (G.L.P.), para vehículos, a través de equipos fijos que llenan directamente los tanques o cilindros de combustible. Además, pueden prestar uno o varios de los siguientes servicios: lubricación, lavado general o de motor, cambio o reparación de llantas, alineación y balanceo, servicio de diagnosticentro, trabajos menores de mantenimiento de motor, venta de llantas, neumáticos, lubricantes, baterías, accesorios y demás servicios afines. (Definición de acuerdo con lo consagrado en el artículo 1º de la Resolución número 8 0582 del 8 de abril de 1996).

Combustibles líquidos derivados del petróleo. Se refiere a establecimientos que poseen instalaciones y equipos para el almacenamiento y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, excepto gas licuado del petróleo (G.L.P.), para vehículos, a través de equipos fijos que llenan directamente los tanques de combustible. Además, pueden prestar uno o varios de los siguientes servicios: lubricación, lavado general o de motor, cambio o reparación de llantas, alineación y balanceo, servicio de diagnosticentro, trabajos menores de mantenimiento de motor, venta de llantas, neumáticos, lubricantes, baterías, accesorios y demás servicios afines.

Mixta. Se refiere a establecimientos que poseen instalaciones y equipos para el almacenamiento y distribución de combustibles gaseosos y combustibles líquidos derivados del petróleo, excepto gas licuado del petróleo (G.L.P.), para vehículos, a través de equipos fijos que llenan directamente los tanques de combustible. Además, pueden prestar uno o más de los siguientes servicios: lubricación, lavado general o de motor, cambio o reparación de llantas, alineación y balanceo, servicio de diagnosticentro, trabajos menores de mantenimiento de motor, venta de llantas, neumáticos, lubricantes, baterías, accesorios y demás servicios afines.

**3.1.2 Por su naturaleza.** De servicio público: son aquellas estaciones destinadas a suministrar combustibles, servicios y venta de productos al público en general, según la clase del servicio que preste.

De servicio privado: son aquellas estaciones pertenecientes a una empresa o institución; destinadas exclusivamente al suministro de combustibles para sus automotores. Se exceptúan de esta clasificación, las estaciones de servicio de empresas de transporte colectivo, las cuales están obligadas a prestar servicio al público, salvo cuando estén totalmente cercadas.[2]

### **3.2 REGLAMENTACION DE UNA ESTACION DE SERVICIO**

Las Estaciones de Servicio en Colombia se encuentran reglamentadas por el ministerio de minas y energía, de acuerdo a los decretos 1521 de Agosto 4 de 1998 Y 4299 de 25 De Noviembre De 2005, por los cuales se reglamenta el almacenamiento, manejo, transporte y distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, para estaciones de servicio.

- **DECRETO NO. 1521 DE AGOSTO 4 DE 1998**

“El almacenamiento, manejo, transporte y distribución de los combustibles líquidos derivados del petróleo, es un servicio público que se prestará conforme con lo establecido en la ley, en el presente decreto y en las resoluciones del Ministerio de Minas y Energía.

Las estaciones de servicio, plantas de abastecimiento y demás establecimientos dedicados a la distribución de productos derivados del petróleo, prestarán el servicio en forma regular, adecuada y eficiente, de acuerdo con las características propias de este servicio público. “[2]

- **DECRETO NÚMERO 4299 DE 25 DE NOVIEMBRE DE 2005**

“Este decreto tiene por objeto establecer los requisitos, obligaciones y el régimen sancionatorio, aplicables a los agentes de la cadena de distribución de combustibles líquidos derivados del petróleo, excepto GLP, señalados en el Artículo 61 de la Ley 812 de 2003, con el fin de resguardar a las personas, los bienes y preservar el medio ambiente.”[3]

### **3.3 PARTES QUE CONFORMAN UNA ESTACIÓN DE SERVICIO**

Una estación de servicio está conformada por unas islas de combustibles, dispensadores y/o dispensadores de combustibles, tanques de almacenamiento y un Canopy o techo de la estación de servicio.

**3.3.1 Isla de combustibles.** La isla de surtido para combustibles líquidos derivados del petróleo es la base o soporte de material resistente y no inflamable, generalmente concreto, sobre la cual van instalados los surtidores o bombas de expendio de combustible, debe ser construida con una altura mínima de veinte centímetros sobre el nivel del piso y un ancho no menor de un metro con veinte centímetros.



Figura 1. Ejemplo estación de servicio [12]



Figura 2. Isla de combustibles [13]

**3.3.2 Dispensador.** Un dispensador es un equipo que necesita una bomba sumergible para succionar el combustible, pues no trae unidad de bombeo, ni motor eléctrico, por lo cual es más económico que un surtidor.

Cuando un dispensador para uno, dos ó tres productos se habilita para un solo producto y este dispensador se acciona con la bomba sumergible, todas las mangueras quedan activadas al mismo tiempo con un solo producto y basta apretar la válvula de la pistola dispensadora para que suministre combustible.

Cuando se quiere que un dispensador esté habilitado para dos o más productos, se debe utilizar una bomba sumergible por cada producto existente, la cual estará sumergida dentro de cada tanque de almacenamiento.



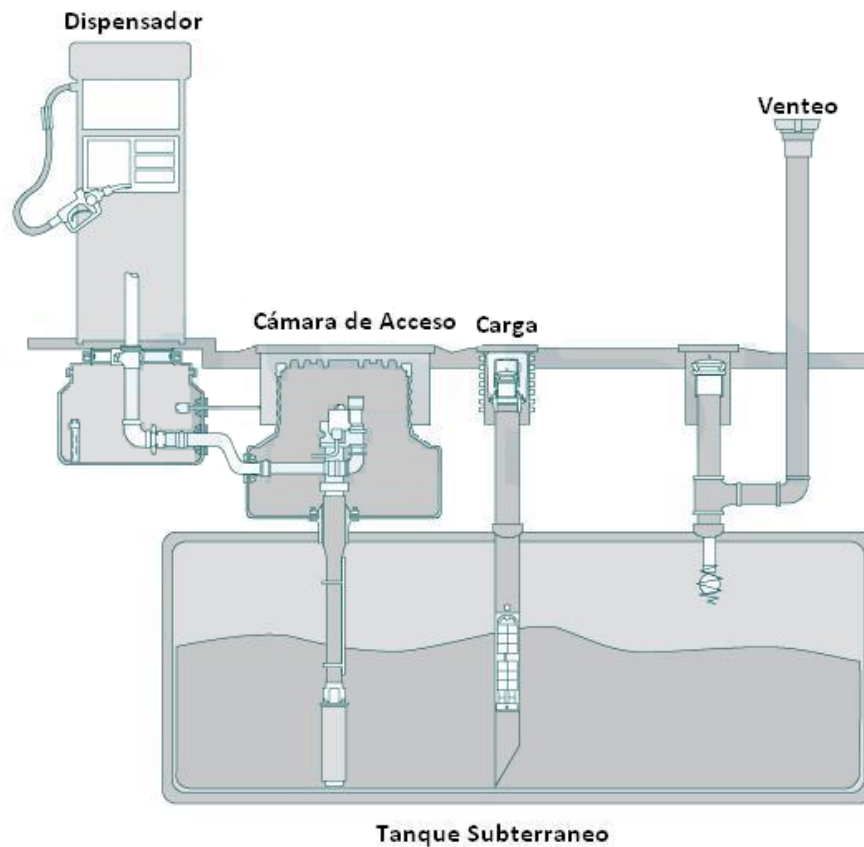


Figura 3. Dispensador de combustible [11]

**3.3.3 Surtidor.** Un surtidor es un equipo que trae motor y unidad de bombeo, por lo cual no necesita bomba sumergible y por esto es un equipo más costoso que el dispensador.

Cuando un surtidor es para uno, dos o más productos se habilita para un solo producto, por cada manguera que se quiera accionar se debe poner en marcha el motor, salvo que se hagan las respectivas uniones y se accionen varias mangueras con un solo motor.

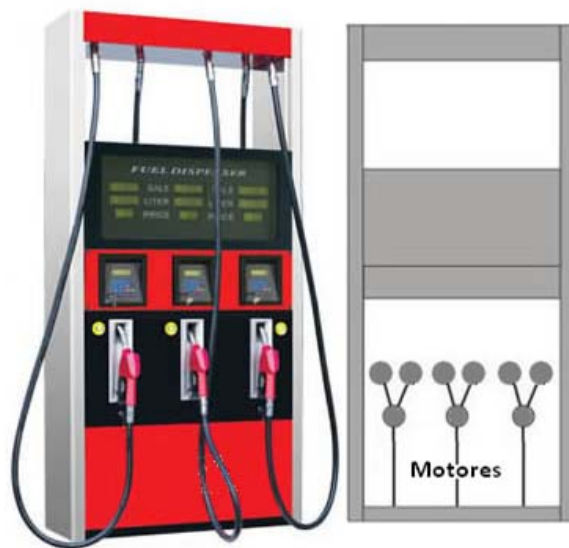


Figura 4. Surtidor de combustible [14]

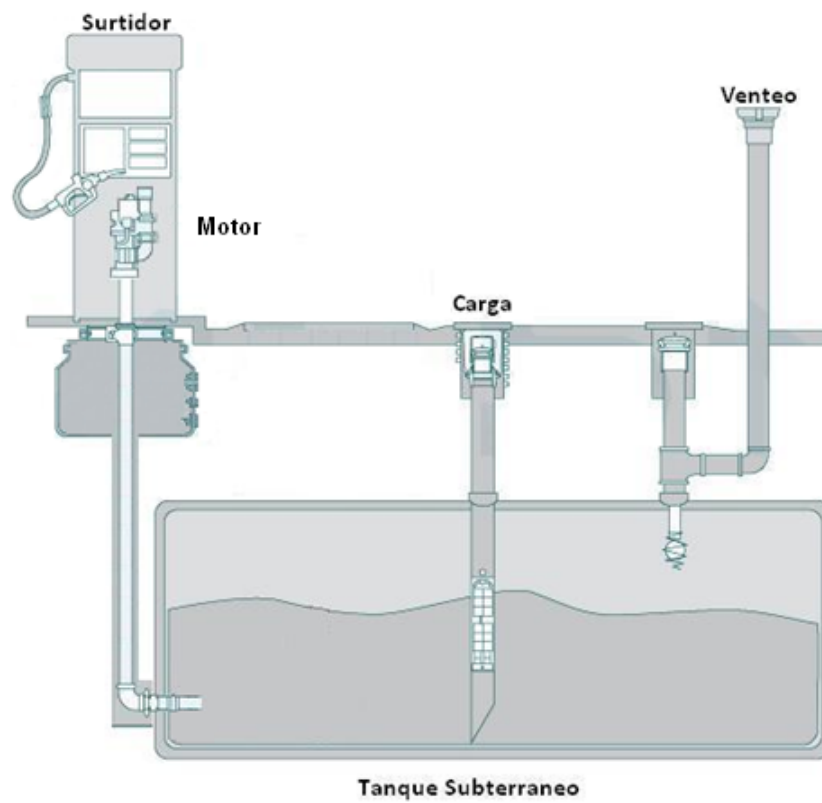


Figura 5. Surtidor de combustible [11]

**3.3.4 Tanque de almacenamiento.** Los tanques de almacenamiento deben tener un acceso llamado “*manHole*”, el cual permitirá su inspección y mantenimiento interior, además consta de boquillas adicionales en la parte superior de este mismo. La cantidad de boquillas y equipos van de acuerdo a las necesidades de cada EDS. Los tanques deben ser cilíndricos horizontales y pueden ser subterráneos, superficiales confinados o superficiales no confinados.

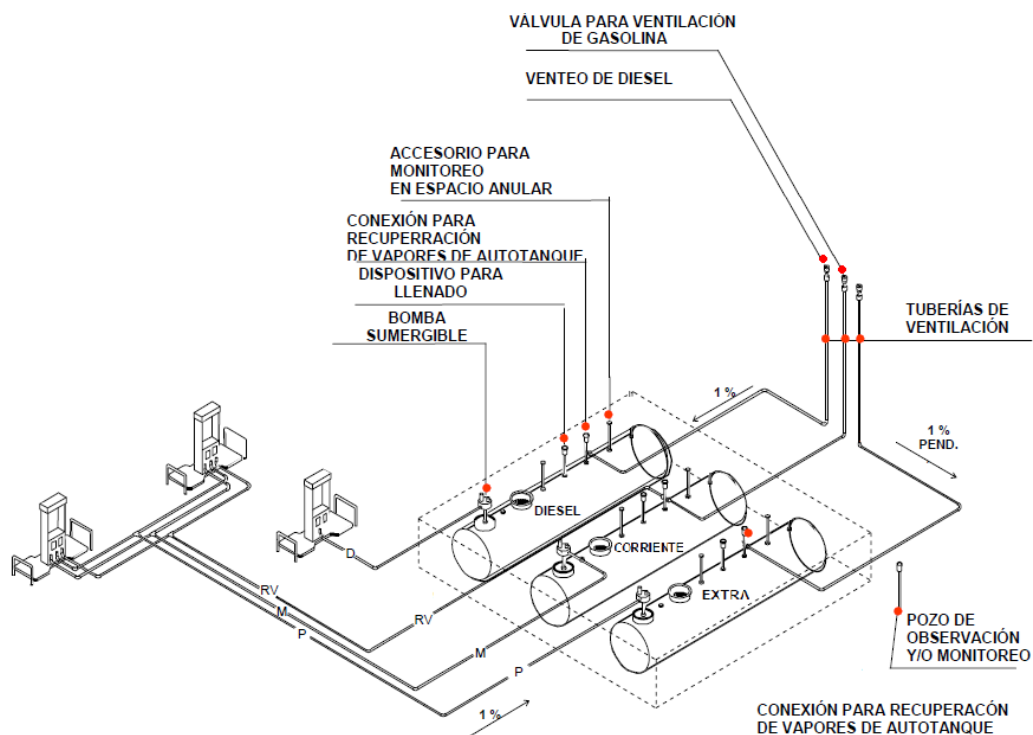


Figura 6. Partes del tanque de almacenamiento [6]

**3.3.4.1 Dispositivo de llenado.** Como su nombre lo dice es el encargado de controlar el vaciado del combustible del carro tanque hacia el tanque de almacenamiento de combustible de la EDS, el cual consta de una válvula de prevención de sobrelleado, cuyo punto de cierre se determina a un nivel máximo del 95% de la capacidad de almacenamiento del tanque de almacenamiento.

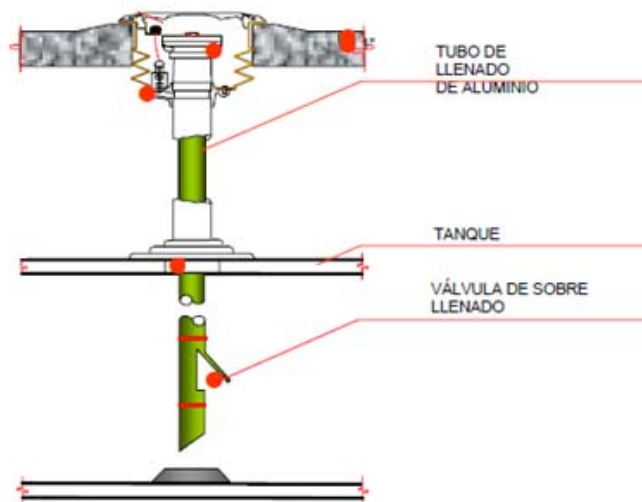


Figura 7 Dispositivo de Llenado [6]

**3.3.4.2 Bomba de despacho.** Esta puede ser una bomba sumergible (ver figura 8) o una bomba de succión directa. La bomba sumergible despacha el combustible de los tanques de almacenamiento hacia los dispensadores instalados en la EDS y la bomba de succión directa succiona el combustible desde los surtidores que sean instalados en la EDS.

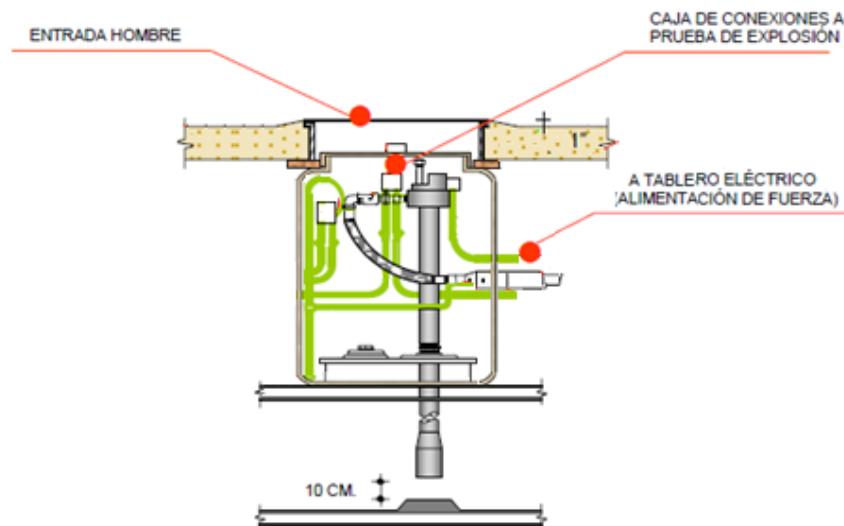


Figura 8. Bomba sumergible [6]

**3.3.4.3 Control de Inventarios.** La importancia de este equipo radica en sus funciones de prevenir sobrellenados, fugas y pérdidas de producto, a su vez controla la existencia del combustible almacenado en tiempo real. (Ver figura 9)

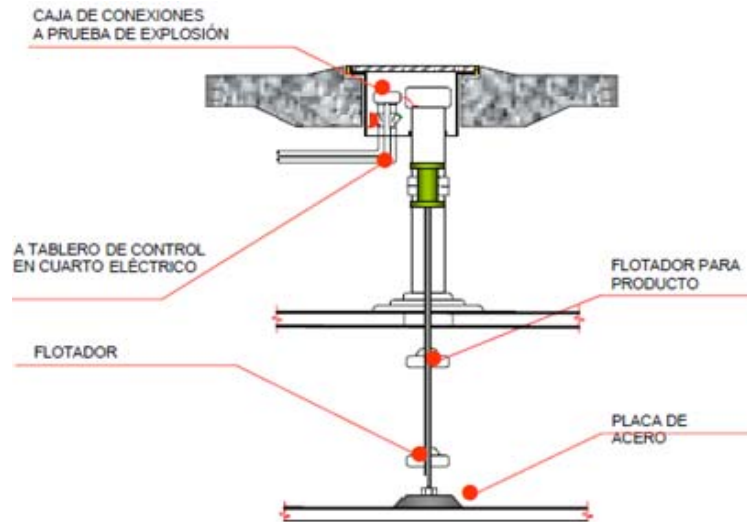


Figura 9. Sistema de medición. [6]

**3.3.4.4 Cámara de Acceso.** Se encuentra localizada en la parte superior del tanque de almacenamiento permite la entrada del operario para realizar limpieza y la inspección interior del mismo.

**3.3.4.5 Válvula De Venteo.** El venteo en un tanque de almacenamiento es el encargado de liberar la presión interna existente en el tanque debido a la acumulación de gases derivados de los combustibles almacenados en dichos tanques. En el caso de hidrocarburos como el Diesel que tienen una temperatura de inflamación mayor a los 60°C se usan boquillas con válvulas de venteo. En el caso de hidrocarburos como la gasolina que presentan temperaturas de inflamación menores a los 60 °C se deben instalar válvulas de presión/vacío.

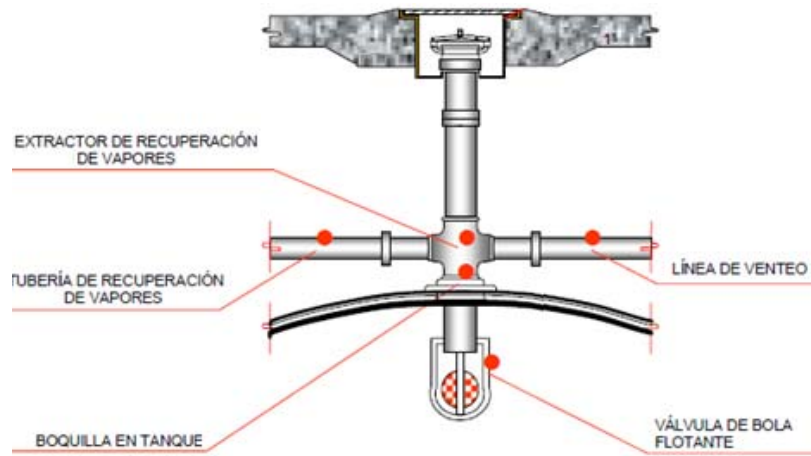


Figura 10. Venteo de Vapores. [6]

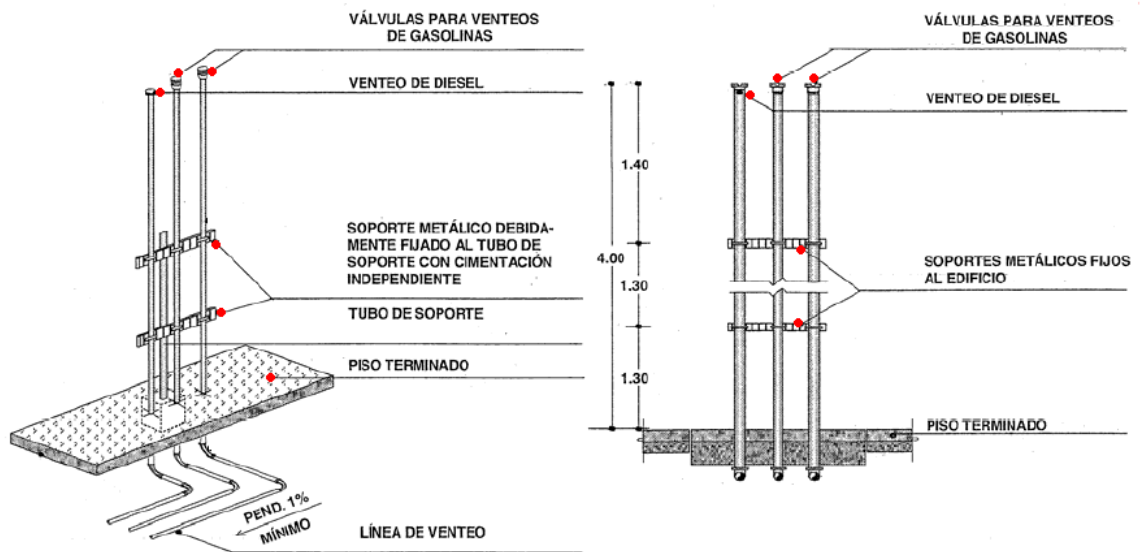


Figura 11. Detalle de Venteo. [6]

En la figura 12 se muestra de manera general, la distribución de una estación de servicios, similar a la estudiada para la realización de este proyecto. En esta figura se muestran las diferentes partes que la conforman y su ubicación.

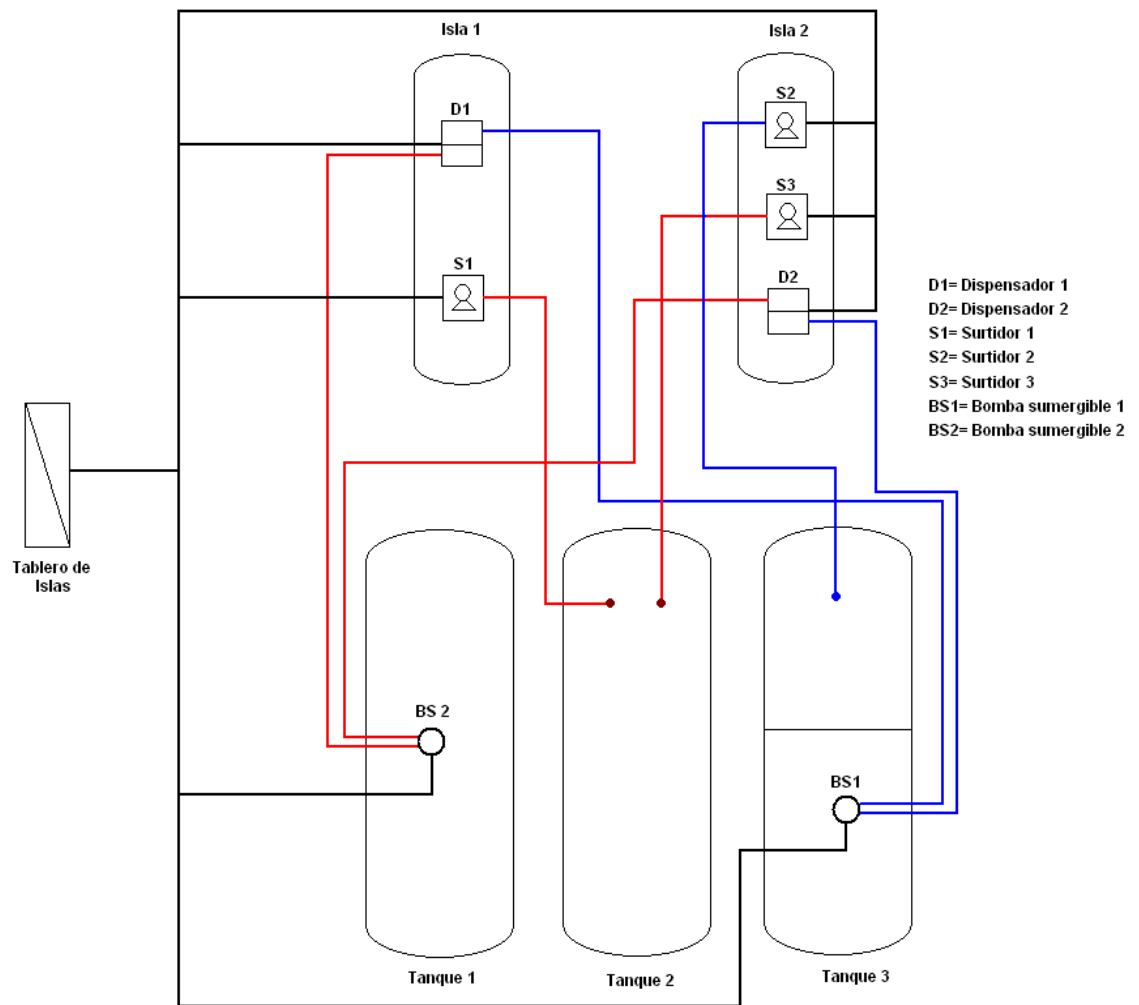


Figura 12. Distribución de la EDS. [10]

## **4. TABLERO DE CONTROL ELECTRICO**

El tablero de control eléctrico es una caja o gabinete que contiene dispositivos de conexión, maniobra, comando, protección, señalización y medición, para realizar una tarea específica dentro de un sistema de tipo eléctrico. De manera específica, un tablero de control en una EDS permite controlar los despachos de combustible de acuerdo a la necesidad del cliente, proteger las bombas y/o dispensadores de sobrecargas y cortocircuitos, medir las corrientes, voltajes y operar rápidamente las paradas de emergencia.

Al diseñar un tablero de control para una EDS; es importante tener en cuenta la normatividad existente; la cual, busca salvaguardar la integridad de las personas y los bienes contra riesgos de tipo eléctrico. Por esta razón, es muy importante tener en cuenta las disposiciones consignadas en el código eléctrico colombiano y el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE); los cuales regulan las diferentes instalaciones eléctricas; con el fin de garantizar, al usuario final, la seguridad y confiabilidad de las instalaciones eléctricas. A continuación, se enuncian los principales requisitos para tableros eléctricos de control.

### **4.1 REQUISITOS OBLIGATORIOS PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD EN LOS TABLEROS ELECTRICOS.**

Los tableros eléctricos, también llamados cuadros, gabinetes, paneles, consolas o armarios eléctricos de baja tensión, principales, de distribución, de protección o de control que alojen elementos o aparatos de potencia eléctrica de 24V o más o sean de uso exclusivo para este propósito, usados en las instalaciones objeto del reglamento técnico de las instalaciones eléctricas RETIE, deben cumplir con los siguiente requisitos:

**4.1.1 Tableros de baja tensión.** Tanto el cofre como la tapa de un tablero general de acometidas autosoportado (tipo armario), deben ser construidos en lámina de acero, cuyo espesor y acabado debe resistir los esfuerzos mecánicos, eléctricos y térmicos, así como los efectos de la humedad y la corrosión, verificados mediante



pruebas bajo condiciones de rayado en ambiente salino, durante al menos 400 horas, sin que la progresión de la corrosión en la raya sea mayor a 2mm.

El tablero de control puede tener instrumentos de medida de corriente para cada una de las fases, de tensión entre fases o entre fase y neutro (con o sin selector), así como lámparas de indicación de funcionamiento del sistema (normal o emergencia).

El tablero de distribución debe ser accesible solo desde el frente: debe construirse en lámina de acero de espesor mínimo 0.9mm para tableros hasta de 12 circuitos y en lámina de acero de espesor mínimo 1,2mm para tablero desde 13 hasta 42 circuitos.

Todo tablero debe tener su respectivo diagrama unifilar actualizado. [5]

**4.1.2 Partes conductoras de corriente de tableros de baja tensión.** Las partes conductoras de los tableros deberán cumplir los siguientes requisitos:

- a. Toda parte conductora de corriente debe ser rígida y construida en plata, una aleación de plata, cobre, aleación de cobre, aluminio, u otro metal que se haya comprobado útil para esta aplicación. No se debe utilizar el hierro o el acero en una parte que debe conducir corriente.
- b. Para asegurar los conectores a presión y los barrajes se deben utilizar tornillos de acero, tuercas y clavijas de conexión. El cobre y el latón no son aceptables para recubrir tornillos de soporte, tuercas y terminales de clavija de conexión, pero se acepta un revestimiento de cadmio, cinc, estaño o plata. Todo terminal debe llevar tornillos de soporte de acero en conexión con una placa terminal no ferrosa.
- c. La capacidad de corriente de los barrajes de fase no debe ser menor que la proyectada para los conductores del alimentador del tablero. Todos los barrajes, incluido el del neutro y el de tierra se deben montar sobre aisladores.
- d. La disposición de las fases de los barrajes en los tableros trifásicos, debe ser A, B, C, tomada desde el frente hasta la parte posterior: de la parte superior a la inferior, o de izquierda a derecha, vista desde el frente del tablero.[9]

- e. Todas las partes externas del panel deben ser puestas sólidamente a tierra mediante conductores de protección y sus terminales se deben identificar con el símbolo de puesta a tierra.
- f. Todos los elementos internos que soportan equipos eléctricos deben estar en condiciones de resistir los esfuerzos electrodinámicos producidos por las corrientes de falla del sistema. Las dimensiones, encerramientos y barreras deben permitir espacio suficiente para alojamiento de los terminales y curvaturas de los cables.
- g. Las partes fabricadas con materiales aislantes serán resistentes al calor, al fuego y a la aparición de caminos de fuga. La puerta o barrera que cubre los interruptores automáticos debe permitir su desmonte dejando puntos eléctricos al alcance (contacto directo) solamente mediante el uso de una herramienta.[5]

**4.1.3 Terminales de alambrado de tableros de baja tensión.** Los terminales de alambrado de los tableros deben cumplir los siguientes requisitos:

- a. Un terminal, tal como un conector de alambre a presión o un tornillo de sujeción, debe encargarse de la conexión de cada conductor diseñado para instalarse en el tablero en campo y debe ser del mismo tipo al utilizado durante los ensayos de cortocircuito.
- b. Cada circuito de derivación debe disponer de un terminal de salida para la conexión de los conductores de neutro o tierra requeridos.
- c. El fabricante debe indicar las características físicas. Eléctricas y mecánicas correspondientes del tablero de acuerdo con el uso recomendado.
- d. Debe indicarse la tensión de trabajo del tablero y la capacidad de corriente de los barrajes de las fases, el neutro y la tierra.
- e. Debe proveerse un barraje aislado para los conductores neutros del circuito alimentador y los circuitos derivados.
- f. No se permite la unión de varios terminales eléctricos mediante cable o alambres para simular barrajes en aplicaciones tanto de fuerza como de control. Sin embargo, para el caso de circuitos de control estas conexiones equipotenciales se podrán lograr mediante barrajes del tipo “peine”.

- g. El tablero debe tener un barraje para conexión a tierra del alimentador, con suficientes terminales de salida para los circuitos derivados.
- h. La instalación del tablero debe tener en cuenta el código de colores e identificar cada uno de los circuitos.[5]

**4.1.4 Celdas de media tensión.** Las celdas de media tensión, también denominadas cuadros, paneles, consolas o armarios, deben cumplir los requisitos de una norma técnica internacional, tales como IEC 62271-1, IEC 62271-200, de reconocimiento internacional como la UL 347, ANSI-IEE C37 o NTC que le aplique y demostrarlo mediante un certificado de conformidad de producto.[5]

**4.1.5 Rotulado e instructivos de tableros.** Un tablero de baja tensión o celda de media tensión debe tener adherida de manera clara, permanente y visible, por lo menos la siguiente información:

- Tensión(es) nominal(es) de operación.
- Corriente nominal de operación.
- Numero de fases.
- Número de hilos (incluyendo tierras y neutros).
- Razón social o marca registrada del fabricante, comercializador o importador.
- El símbolo de riesgo eléctrico.
- Cuadro para identificar circuitos.[5]

**4.1.6 Información adicional.** El fabricante de tableros y celdas debe poner a disposición del usuario, mínimo la siguiente información:

- Grado de protección o tipo de encerramiento.
- Diagrama unifilar del tablero.
- El tipo de ambiente para el que fue diseñado en caso de ser especial (corrosivo, intemperie o áreas explosivas).
- Rotulado para la identificación de los circuitos individuales.
- Instrucciones para instalación, operación y mantenimiento.

- Todo tablero debe indicar, de forma visible, la posición que deben tener las palancas de accionamiento de los interruptores, al cerrar o abrir el circuito.[5]

## 4.2 PARTES QUE CONFORMAN EL TABLERO DE CONTROL

**4.2.1 El Contactor.** Un contactor es un dispositivo de maniobra automático con poder de corte, es decir, puede cerrar o abrir circuitos con carga o en vacío. Se puede definir como un interruptor accionado a distancia por acción de un electroimán.

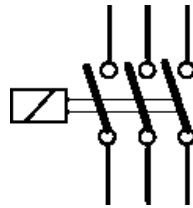


Figura 13. Símbolo del contactor. [7]

- **Partes de un contactor.** Carcasa: Soporte fabricado en material no conductor (plástico o baquelita) sobre el cual se fijan todos los componentes.

Circuito Electromagnético: Conformado por dispositivos cuya finalidad es transformar la electricidad en magnetismo, generando un campo magnético. Está compuesto por bobina, núcleo y armadura.

Bobina: Arrollamiento de alambre, con un gran número de espiras, que al aplicársele tensión crea un campo magnético. El flujo generado da lugar a un par electromagnético superior al par resistente de los muelles de la armadura, atrayéndolo hacia el núcleo.

Núcleo: Es la parte metálica, generalmente en forma de **E**, que se fija en la carcasa. Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la

bobina (colocada en la parte central del núcleo), para atraer con mayor eficiencia la armadura.

Se construye con una serie de láminas ferromagnéticas muy delgadas, aisladas entre sí (pero que forman un solo bloque fuertemente unido), generalmente de hierro silicoso, con la finalidad de reducir al máximo las corrientes parásitas o de Foucault (corrientes eléctricas que circulan por el núcleo al estar sometidas a una variación del flujo magnético, originando pérdidas de energía por efecto joule)

Armadura: Elemento similar al núcleo, en cuanto a su construcción, pero que a diferencia de éste es una parte móvil, cuya finalidad es cerrar el circuito magnético cuando se energice la bobina, ya que en estado de reposo debe estar separada del núcleo. Se suele aprovechar esta propiedad de movimiento para colocar sobre ella una serie de contactos (parte móvil del contacto) que se cerrarán o abrirán siempre que la armadura se ponga en movimiento.

La armadura debe estar cubierta por un material aislante, para evitar que los diferentes contactos que se coloquen queden eléctricamente unidos.

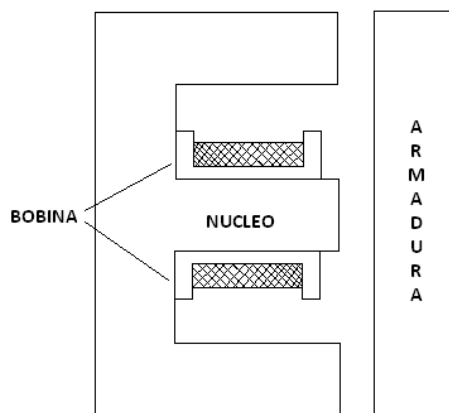


Figura 14. Núcleo y Armadura [7]

Contacto: Elemento cuyo objeto es cerrar o abrir una serie de circuitos. Está compuesto por dos partes fijas (ubicadas en la carcasa) y una parte móvil (sujeta a la armadura). [7]

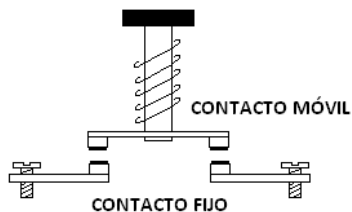


Figura 15. Contacto [7]

En un contactor encontramos dos tipos de contactos: principales y auxiliares.

**Principales.** Son los contactos que realizan el cierre o apertura del circuito principal, a través del cual se transporta la corriente al circuito de utilización (carga). Por la función que realizan estos contactos son normalmente abiertos.

**Auxiliares.** Son aquellos contactos que gobiernan el contactor (específicamente la bobina) y su señalización. Pueden ser normalmente abiertos o cerrados y como están hechos para dar paso únicamente a pequeñas corrientes (alimentación de la bobina y elementos de señalización), suelen ser más pequeños que los contactos principales.

El número de contactos auxiliares por contactor varía de acuerdo a las necesidades de las diferentes maniobras.

- **Funcionamiento del contactor.** Cuando a través de la bobina del contactor circula una corriente eléctrica, se genera un campo magnético intenso que hace que el núcleo atraiga a la armadura (parte móvil), de manera que al realizarse este movimiento, se cierran simultáneamente todos los contactos abiertos (tanto principales como auxiliares) y se abren los contactos cerrados; Para volver los contactos a su estado de reposo basta con desenergizar la bobina.
- **Selección de los contactores.** Al elegir un contactor deben tenerse en cuenta los siguientes factores:
  - Tensión y potencia nominales de la carga.
  - Clase de arranque del motor.
  - Número aproximado de accionamientos (conexiones por hora)
  - Condiciones de trabajo: ligera, normal, dura, extrema, etc.

- Tensión y frecuencia reales de alimentación de la bobina.
- Si es para el circuito de potencia o únicamente para el circuito de mando, o para ambos
- Tensión de aislamiento del contactor.



Figura 16. Contactor Weg CWM-9[10]

**4.2.2 Elementos de Protección.** Son dispositivos cuya finalidad principal es proteger el motor (o carga en general) y el circuito mismo, contra posibles daños producidos especialmente por el paso de intensidades muy altas de corriente.

Algunas de las irregularidades que se pueden producir en las condiciones de servicio de una máquina o motor son:

- Sobrecarga, por parte de la máquina accionada por el motor.
- Disminución de la tensión de red, que puede dar lugar a sobrecargas.
- Gran inercia de las partes móviles, que hacen funcionar el motor sobrecargado en el período de arranque.
- Excesivas puestas en marcha por unidad de tiempo.
- Falta de una fase, haciendo que el motor funcione sólo con dos fases.
- Calentamiento de la máquina originado por una temperatura ambiente elevada.

En estos u otros casos similares, los elementos de protección desconectarán el circuito de mando, desconectándose lógicamente el circuito de alimentación de la

máquina o motor, evitando de esta manera que se dañen o disminuyan su durabilidad.

Es importante resaltar que el contactor no es por sí solo un elemento de protección del circuito, sino un dispositivo de maniobra de dicho circuito. Para que un contactor cumpla funciones de protección es necesario que se le adicione otro dispositivo denominado relé de protección. Estos se fabrican en una extensa gama, tanto por la diversidad de tipos, como procedimientos para proteger. [8]

**4.2.3. Relé.** Son dispositivos cuya función principal en el circuito de control es la de activar o desactivar otros aparatos que modifiquen las condiciones del sistema; generalmente actúan sobre los contactores.

En la figura 17 se observa un relé que posee una bobina devanada en torno a un núcleo cuyo material magnético es hierro dulce. Cuando pasa corriente por la bobina, el núcleo se magnetiza y atrae a la armadura. Esta última mueve los contactos eléctricos (abriéndolos o cerrándolos). Los contactos se ubican en un tablero aislador. Cuando no pasa corriente por la bobina, un resorte hace regresar la armadura a la posición desactivada como se observa en la figura 17.

Podemos observar que cuando el relé no está activado, hay un contacto eléctrico entre las terminales AC y no entre AB.

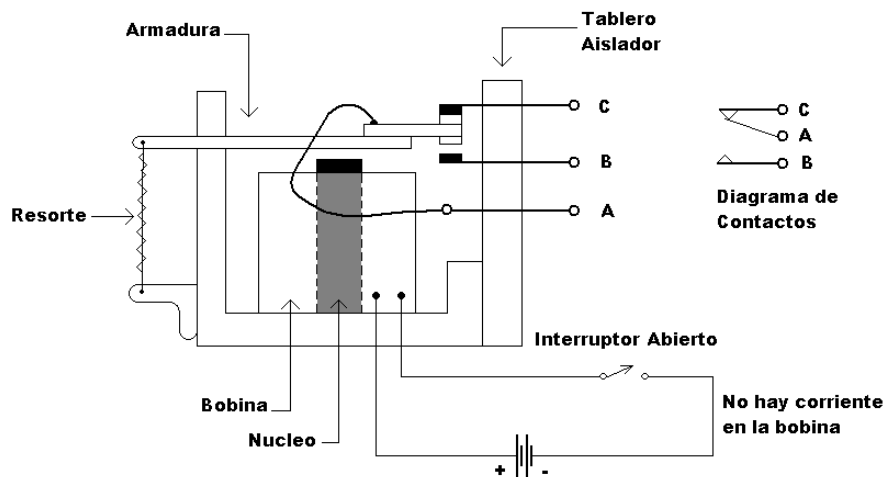


Figura 17. Relé desactivado [7]



Cuando se hace circular una corriente por la bobina y se magnetiza al núcleo, el relé se activa y se cierra el interruptor, tal como se muestra en la figura 18. El núcleo magnetizado, atrae la armadura; desplazando los contactos y permitiendo el contacto eléctrico entre los terminales AB. En este momento no hay contacto entre los terminales AC.

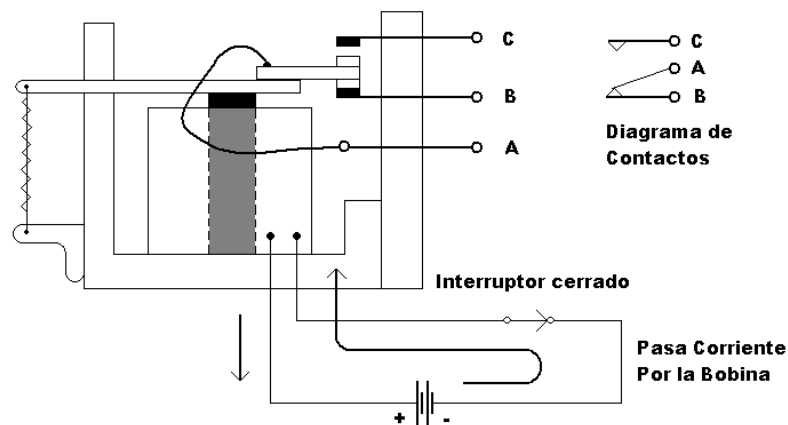


Figura 18. Relé Activado [7]

Los terminales AC se encuentran normalmente cerrados, porque en la posición normal (desactivado) del relé, hacen contacto. Los terminales AB son normalmente abiertos, por que cuando el relé está en la posición desactivado, no hay contacto entre ellos. [8]



Figura 19. Relé Electromagnético Vcp TRP 6822[10]

La principal ventaja de los relés electromagnéticos radica en la separación eléctrica que existe entre la corriente de accionamiento, la corriente que circula por la bobina del electroimán y los circuitos conectados a los contactos, lo que permite trabajar con altos voltajes y potencias, utilizando pequeñas tensiones de control.

Además, por medio de un relé, es posible controlar un dispositivo a distancia utilizando señales de control pequeñas.

**Relé Térmico:** Son elementos de protección contra sobrecargas (debe usarse uno por fase); su principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos materiales (bimetales) por el efecto del calor. De manera que se accionan a una temperatura determinada, haciendo que sus contactos auxiliares desenergicen todo el sistema.

El calor necesario para curvar la lámina bimetalica es producido por unas resistencias, arrolladas alrededor del bimetálico que se encuentra cubierto por una capa de asbesto, a través de las cuales circula la corriente que va de la red al motor.

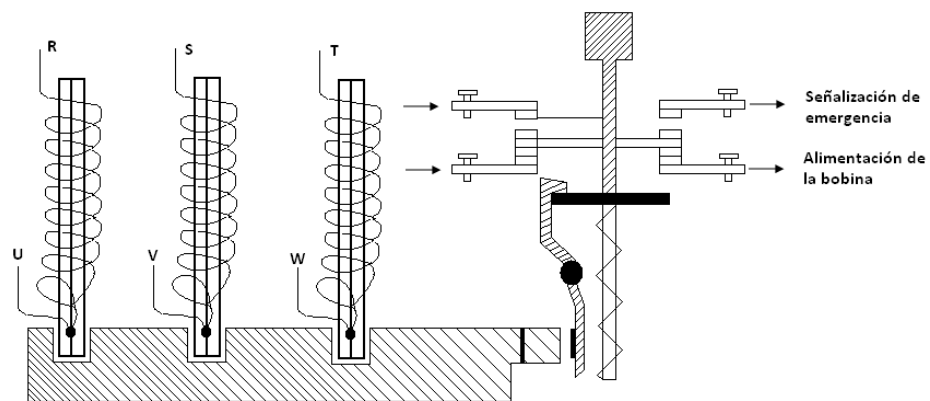


Figura 20. Relé Térmico [7]

Una vez que un relé térmico ha actuado, debe rearmarse, empleando uno de estos dos sistemas.

- **Rearme Manual:** Este sistema se debe utilizar siempre que se tengan circuitos con presostatos (interruptor de presión), termostatos (interruptor térmico), interruptores de posición o elementos similares; para evitar que el circuito se reconecte en forma automática al bajar la temperatura en el bimetálico.
- **Rearme Automático:** Se emplean exclusivamente cuando se utilizan pulsadores para la maniobra del equipo, de manera que la reconexión del contactor no se produzca después del enfriamiento.

del bimetálico, sino únicamente cuando se vuelva a accionar el pulsador. [8]



Figura 21. Relé Térmico Weg RW 27D. [10]

**4.2.4 Guardamotor.** Los guardamotores son elementos de protección térmica para los motores que se componen de tres placas bimetálicas (una por fase); sobre las cuales van arrolladas una serie de espiras de hilo de aleación especial (calefactor) por las cuales circula la corriente absorbida por el motor. Disponen de tres conexiones para entrada de corriente (provenientes del contactor), tres conexiones para salida de la corriente (al motor) y de dos contactos de maniobra.

Su principio de funcionamiento es sencillo; cuanto mayor sea la corriente que circula, más se doblan los bimetálicos por efecto del calor hasta que cambian de estado los contactos de maniobra que contiene.

Generalmente se utiliza uno normalmente abierto para señalización de disparo del relé térmico (guardamotor) y uno normalmente cerrado para cortar corriente a la maniobra del automatismo, de esta forma se consigue que el motor se detenga antes de averiarse.

En el mercado existen solo guardamotores trifásicos, para conectar un motor monofásico a un guardamotor existen dos formas de conexión. Una es hacer pasar la fase por los tres contactos de forma que la salida de la primera fase la conectamos a la entrada de la segunda, la salida de la segunda la conectamos a la entrada de la tercera y la salida de la tercera junto con el neutro se conecta al motor. La otra forma de conexión es la fase a la entrada del primer contacto, la salida del primer contacto a la entrada del segundo, la salida del segundo al motor

y en el tercer contacto conectamos el neutro a la entrada y la salida iría al motor.  
[8]



Figura 22. Guardamotor MPW-25. [10]

**4.2.5 Elementos de señalización.** Son todos aquellos dispositivos cuya función es llamar la atención sobre el correcto funcionamiento o paros anormales de las máquinas, aumentando así la seguridad del personal y facilitando el control y mantenimiento de los equipos.

De acuerdo al tipo de señal que se utilice, se distinguen las siguientes clases:

- **Acústicas:** Son señales perceptibles por el oído. Entre las más usadas figuran los timbres, zumbadores o chicharras, sirenas, etc.
- **Ópticas:** Son señales perceptibles por la vista. Existen dos clases:

Visuales: Si se emplean ciertos símbolos indicativos de la operación que se está realizando.

Luminosos: Únicamente se emplean lámparas o pilotos, de colores diferentes.

De acuerdo a la complejidad y riesgo en el manejo de los equipos, pueden emplearse simultáneamente señalizaciones visuales y luminosas, e incluso en casos especiales señalizaciones ópticas y acústicas simultáneamente. [7]

**4.2.6. Paradas de emergencia.** Son dispositivos de activación y desactivación mecánica; cuya función es interrumpir el suministro energía (corriente eléctrica, aire a presión, etc.) y detenerlos equipos lo más rápidamente posible. Dependiendo del modo de activación, existen dos clases de paradas de emergencia.

- **De contacto Momentáneo:** Se efectúa cuando se le aplica una presión o empuje exterior y vuelve a su posición nominal por la acción de un muelle recuperador al alejarse la presión exterior.
- **De contacto Sostenido:** Diseñado de tal forma que al oprimir establezca los contactos y para volver a su posición inicial se hace necesario pulsar de nuevo.

Los dispositivos de parada de emergencia deben instalarse en todos los equipos en los cuales existan peligros eléctricos, mecánicos y/o explosivos durante las condiciones normales de operación.

**4.2.7. Transformador de intensidad o de corriente.** Los transformadores de corriente se utilizan para tomar muestras de corriente de la línea y reducirla a un nivel seguro y medible, para las gamas normalizadas de instrumentos, aparatos de medida y otros dispositivos de medida y control. Además ciertos tipos de transformadores de corriente permiten proteger a los instrumentos frente a cortocircuitos.

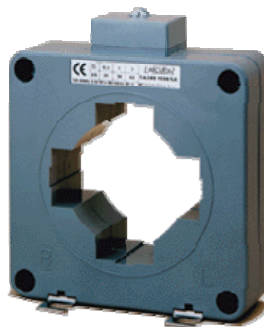


Figura 23. Transformador de corriente [15]

El transformador de intensidad trabaja casi en corto circuito pues solamente está cerrado por su impedancia exterior. De ahí que los amperios vuelta primarios y secundarios sean aproximadamente iguales entre sí, presentan una diferencia de fase de unos  $180^\circ$  y casi se neutralizan mutuamente. Subsisten solo unos pocos amperios vueltos resultantes, de manera que la inducción en el hierro es pequeña.

Aproximadamente, las espiras son inversamente proporcionales a las intensidades de las corrientes.

Si un transformador de intensidad en servicio quiere suprimirse la impedancia exterior, no debe dejarse abierto el circuito secundario, si no que ha de ponerse en corto circuito, ya que si se interrumpe el circuito secundario, desaparecerán los amperios vueltas del secundario que obran oponiéndose a los primarios (ver figura 24), con lo que actuando solo estos últimos, el hierro se saturaría fuertemente con una inducción de 10.000 a 20.000 Gauss y se calentaría excesivamente. En el arrollamiento secundario podrían originarse tensiones altas y peligrosas causando que el arrollamiento primario actué sobre el circuito primario como un carrete de autoinducción (produciendo un arco eléctrico que podría causar quemaduras graves al personal de mantenimiento).

En la figura 24 se muestra el diagrama vectorial de un transformador de corriente; en el cuál,  $I_d$  es la corriente magnetizante requerida para producir un flujo  $\phi$  en el núcleo;  $I_p$  es la corriente que circula por el primario, e  $I_s$  es la corriente que miden los instrumentos indicadores conectados en serie en el secundario. Estas corrientes se relacionan por medio de la ecuación 1.

$$I_s = I_s' \frac{nP}{nS} \quad (1)$$

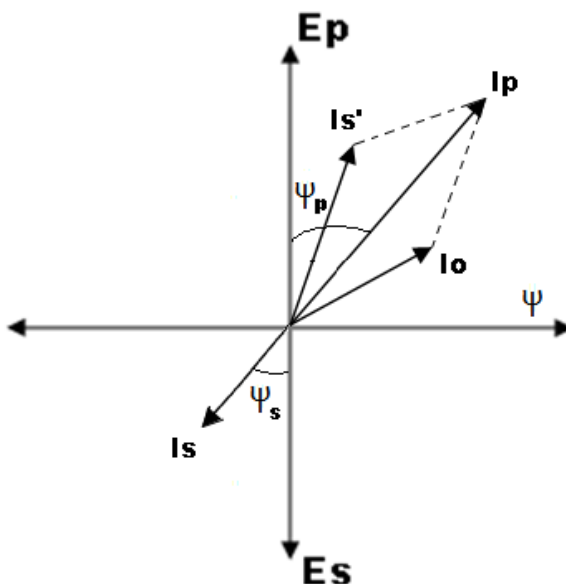


Figura 24. Diagrama Vectorial [7]

## 5. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL TABLERO DE CONTROL

El tablero fue diseñado para controlar principalmente, el funcionamiento de tres surtidores y dos dispensadores, los cuales utilizan motores monofásicos con voltaje nominal de 208Vac.

### 5.1. DIAGRAMA UNIFILAR

El Diagrama unifilar es la representación gráfica de una instalación eléctrica. En él se indican todos los componentes activos y pasivos de la instalación.

Este diagrama se construyó con base en las *normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución* de la Electrificadora de Santander S.A. E.S.P. aprobada en Mayo 18 de 2005, la cual a su hace referencia a los lineamientos planteados por:

- Ministerio de minas y energía.
  - Resolución numero 18 0398 de 7 de abril de 2004 por la cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE).
  
- Comisión de regulación de energía y gas (CREG).
  - Resolución N° 043 de 2003.
  - Reglamento de distribución de energía eléctrica “Resolución CREG 070 de 1998”.
  - Resolución N° 108 de 1997.
  
- Instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
  - NTC 2050 “Código eléctrico colombiano”. 1998-11-25.
  - NTC 900 “Reglas generales y especificaciones para el alumbrado público”.1998-7-22.
  - NTC 2958 “Cajas para instalación de medidores de energía eléctrica”.

- NTC 3444 “Armarios para instalación de medidores de energía eléctrica”.
- NTC 1340 “Tensiones nominales en sistemas de energía eléctrica a 60 Hz en redes de servicio público”.2004-8-25.
- NTC 5019 “Selección de transformadores de medida”.2001-12-19.
- NTC 818 “Transformadores monofásicos Autorrefrigerados y sumergidos en líquido. Corriente sin carga, pérdidas y tensión de cortocircuito”.1995-11-29.
- NTC 819 “Transformadores trifásicos Autorrefrigerados y sumergidos en líquido. Corriente sin carga, pérdidas y tensión de cortocircuito”.1995-11-29.
- NTC 3275 “Especificaciones para aisladores fabricados de materiales poliméricos (Aisladores tipo suspensión)”.1991-11-20.
- NTC 1329 “Prefabricados en concreto. Postes de concreto armado para líneas de energía y telecomunicaciones”.
- NTC 2754 “Símbolos gráficos para diagramas. Planos y diagramas instalación para arquitectura y topografía”.2002-9-18.

El diagrama unifilar del tablero de control para una EDS diseñado en este proyecto, se muestra en la figura 26, en el cual se observa inicialmente el interruptor termomagnético general o totalizador que tiene asociada una bobina de disparo por emisión de corriente (ver Anexo A), la cual permite desenergizar el interruptor general en caso de una emergencia desde varios sitios de la instalación, mediante pulsadores de contacto momentáneo (paradas de emergencia). Además, conectados a las líneas observamos los transformadores de intensidad que nos permiten medir indirectamente la corriente total de la instalación. En esta figura, se muestra también el circuito de luces pilotos con sus interruptores automáticos, que permiten la señalización de las fases. Esta sección del diagrama se observa más claramente en la figura 27.

Cada una de las fases, se hacen pasar por la parte interna del toroide de los transformadores de corriente y se conectan directamente al barraje de potencia. Al cuál se conectan también los interruptores termomagnéticos que protegen los reguladores 1 y 2 (figura 34), las bombas sumergibles 1-2 (figura 35) y los guardamotores para los surtidores 1-2-3 (figura 36).

Las salidas de los reguladores 1 y 2 se conectan al barraje monofásico regulado, del cual se derivan las fases, que van a permitir proteger los surtidores 1, 2 y 3 y los dispensadores 1 y 2 (figura 37), ya que estos equipos tienen componentes



electrónicos y por medio de este voltaje regulado garantizamos la vida útil de estos equipos.

A su vez, del mismo barraje regulado salen los circuitos de control para los contactores km1 y km2 que energizaran las bombas sumergibles. Dentro de este circuito de control se encuentran las luces pilotos (color verde que indican motor encendido y color rojo indican motor detenido por sobre carga), el funcionamiento de estos elementos se explicó previamente (figura 38).

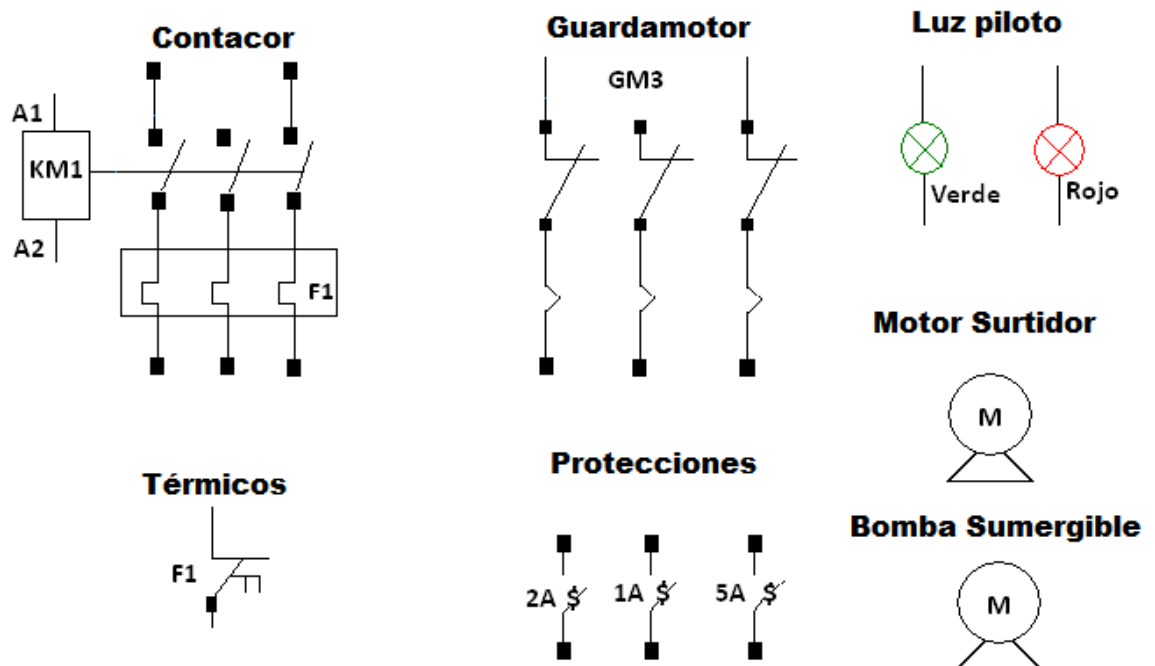


Figura 25. Convenciones [10]

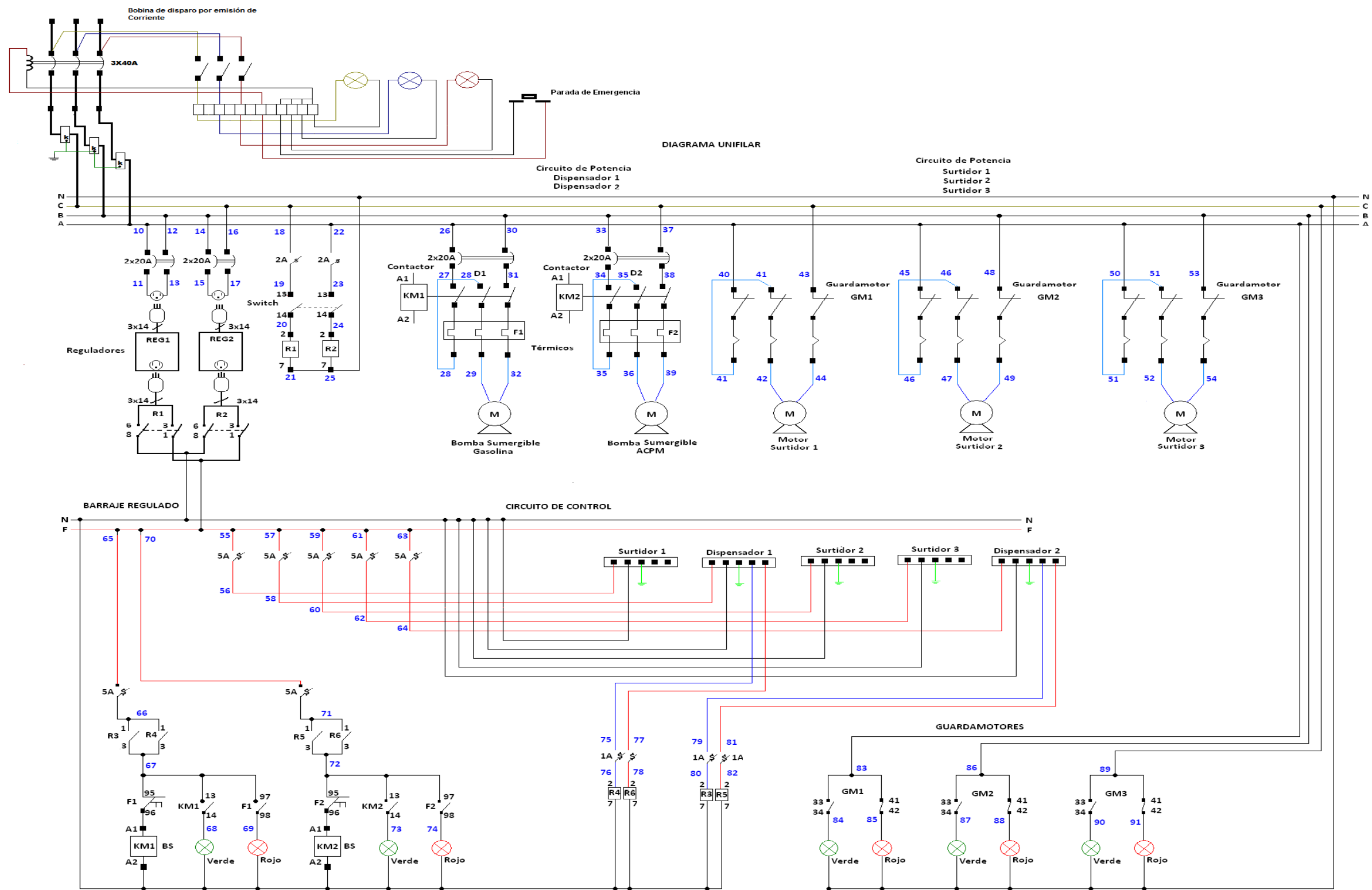


Figura 26. Diagrama Unifilar [10]

## 5.2 Alimentación circuito de potencia, señalización y parada de emergencia por emisión de corriente.

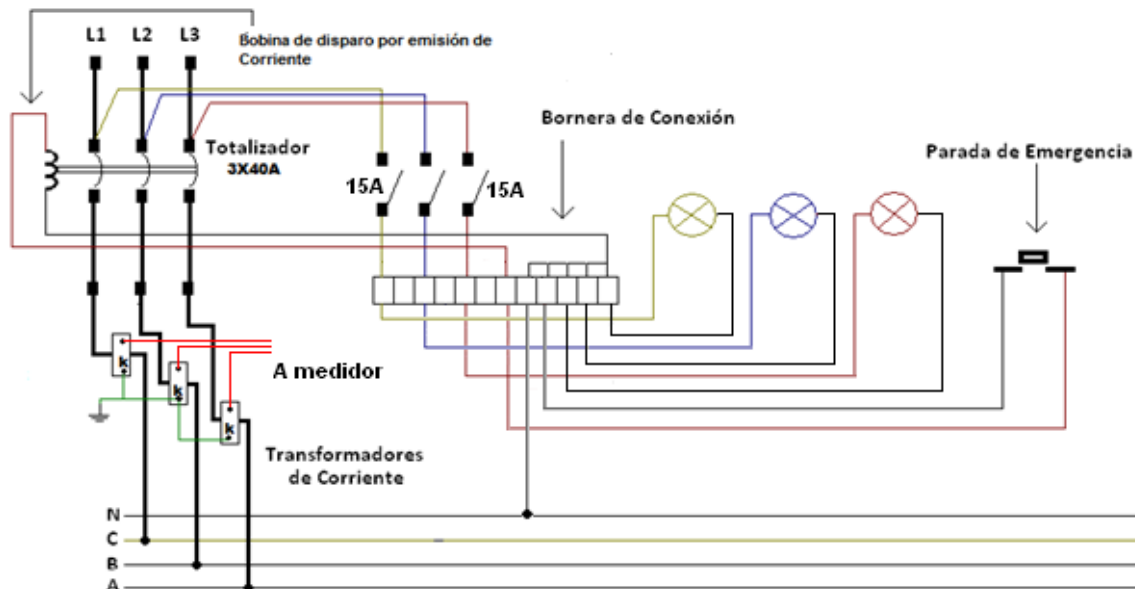


Figura 27. Circuito de alimentación, señalización y parada de emergencia [10]

En esta sección del tablero, se encuentra en primer lugar un totalizador general de 3x40A (ver Anexo A) o interruptor termo magnético regulable, seleccionado teniendo en cuenta la corriente de plena carga del tablero de islas más el 115%

$$I_{\text{protección}} = 1,15 * I_{\text{plena carga}} \quad (2)$$

Asociado a este totalizador se encuentra una bobina de disparo por emisión de corriente a 110V; Tres transformadores de corriente de relación 100/5A que son los encargados de medir la corriente de cada una de la fases y conectado a un voltiamperímetro digital 500V-200/5A SPK SE-96.

Las salidas de los transformadores de corriente se conectan a las llaves selectores; las cuales se conectan a su vez a los medidores de voltaje y corriente. En las figuras 28 y 29 se muestra la conexión que se realiza al amperímetro; donde 3, 5 y 9 corresponden a las salidas de los transformadores de corriente.

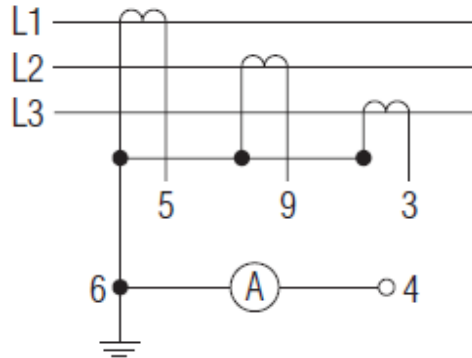


Figura 28. Conexión de los elementos de medición de corriente 1. [17]

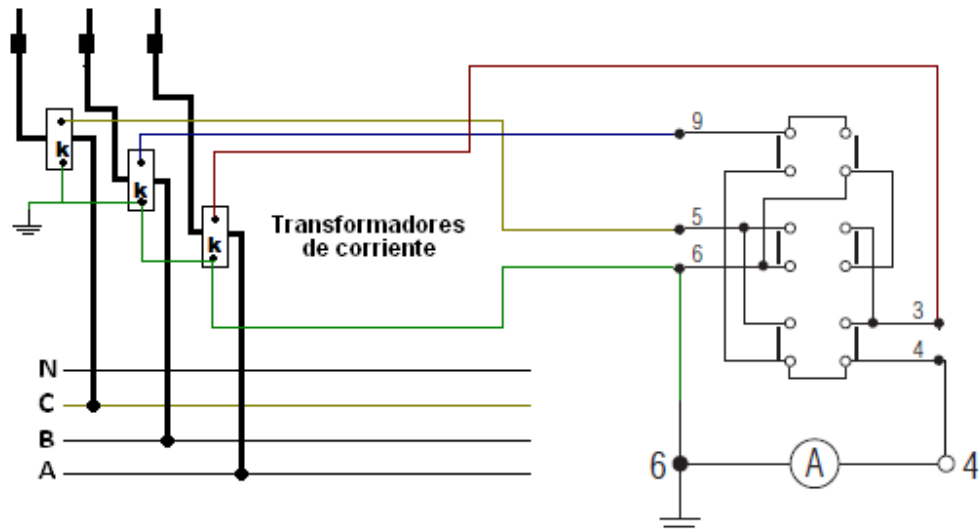


Figura 29. Conexión de los elementos de medición de corriente 2. [17]

Para entender mejor las conexiones realizadas a la llave selectora y su funcionamiento, en la figura YY se muestra claramente su funcionamiento; de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

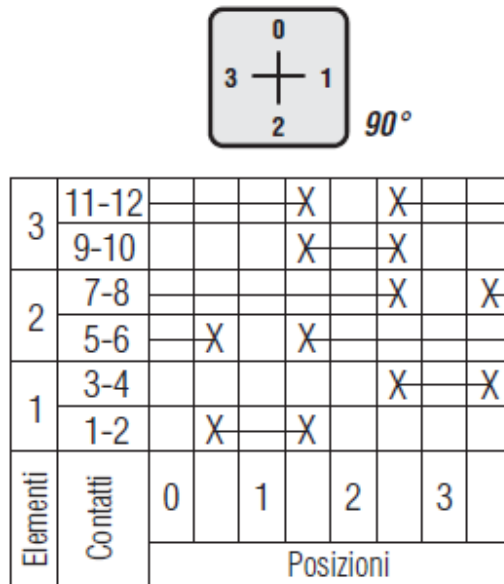


Figura 30. Funcionamiento de la llave selectora para la medición de corriente. [17]

De manera similar, en las figuras 31, 32 y 33 se muestran las conexiones de las tres fases al voltímetro y los diagramas de funcionamiento de la llave selectora conectada a este. En la figura 31, los terminales 3, 5, 9 corresponden a las fases y el terminal 11 al neutro.

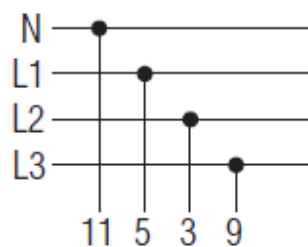


Figura 31. Conexión de los elementos de medición de voltaje 1. [17]

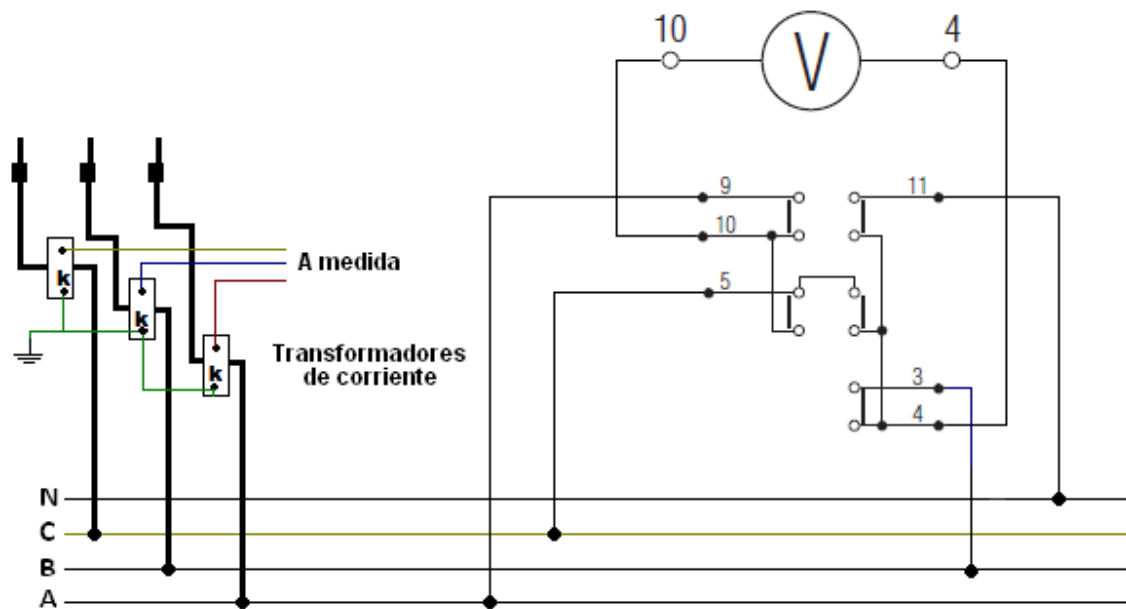
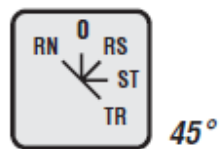


Figura 32. Conexión de los elementos de medición de voltaje 2. [17]



3	11-12	X				
	9-10			X	X	
2	7-8				X	
	5-6	X	X			
1	3-4		X	X		
	1-2					
Elementi	Contatti	RN	0	RS	ST	TR
		Posizioni				

Figura 33. Funcionamiento de la llave selectora para la medición de voltaje. [17]

### 5.3 CONTROL DE REGULADORES.

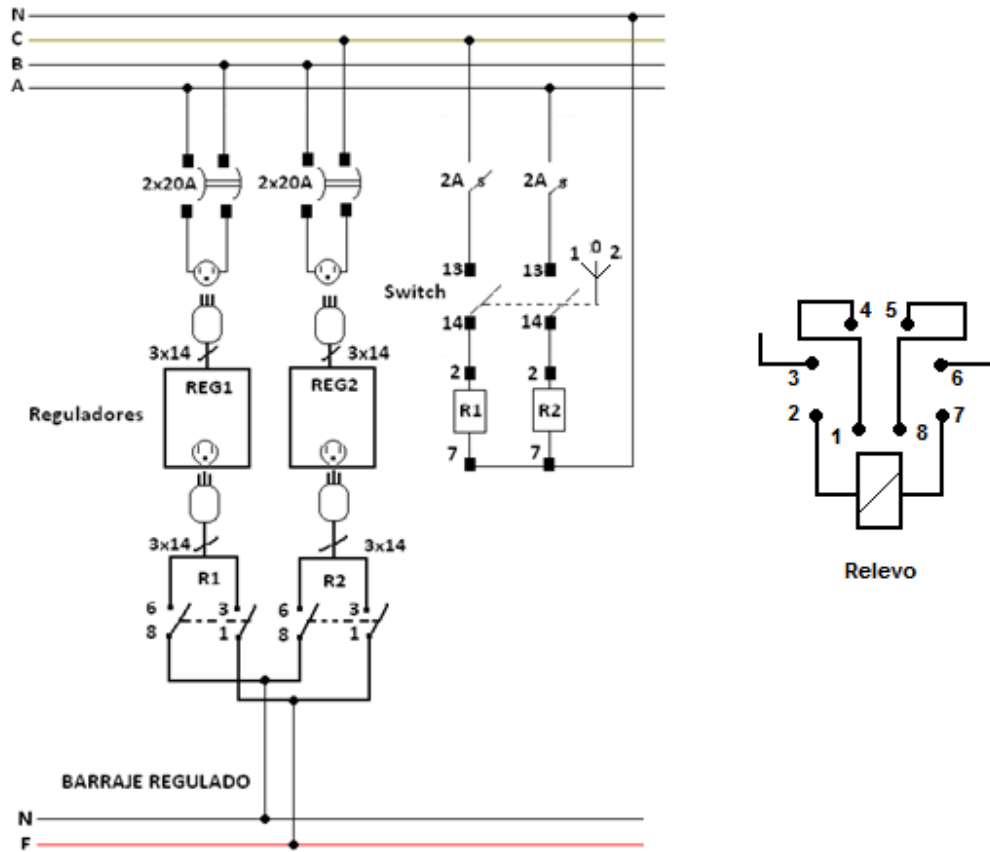


Figura 34. Circuito de control de reguladores [10]

El circuito de control conectado a los reguladores de voltaje que se encargan de energizar o alimentar el barraje monofásico (barraje regulado) que energiza la parte de control del tablero de la EDS. El control se encuentra asociado a los relevos R1 y R2 que se observan en la figura 27. Estos relevos están asociados a un selector tipo muletilla de tres posiciones que será el encargado de energizar uno de los dos relevos ya que se necesita uno para energizar el barraje regulado, el segundo regulador es de reserva en caso de fallar el regulador seleccionado.

Al girar el selector (switch muletilla) este energizará la bobina (pines 2 y 7) del relevo seleccionado al energizarse esta bobina los contactos normalmente abiertos en este caso los pines 6-8 y 3-1, se cerraran energizando el barraje. (Ver anexo E).

## 5.4 CIRCUITO DE POTENCIA DE BOMBAS SUMERGIBLES.

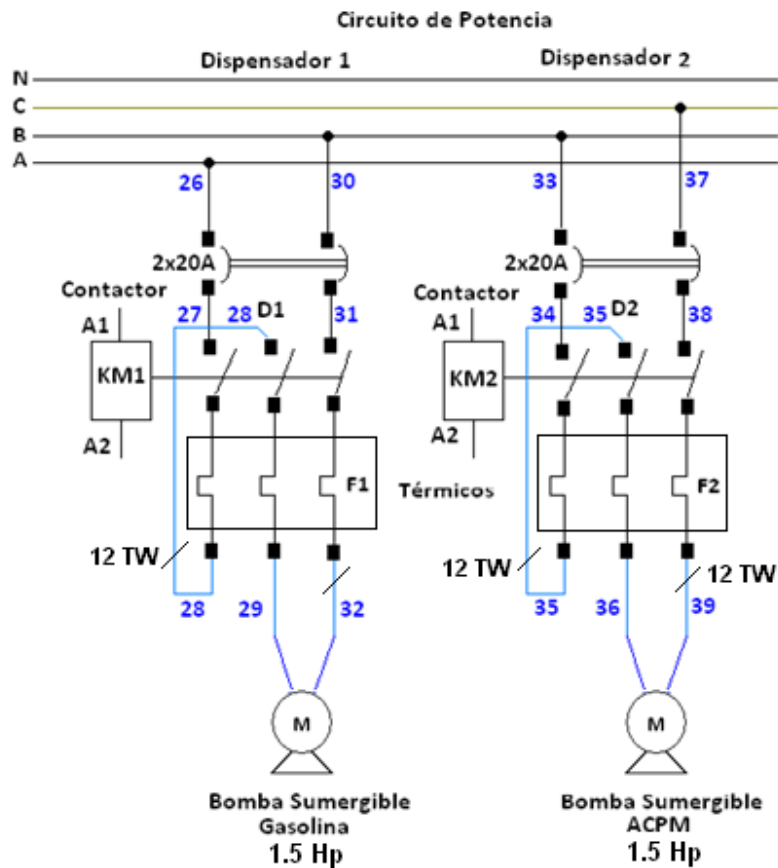


Figura 35. Circuito de potencia de bombas sumergibles [10]

En la figura 35 se observa el circuito encargado de controlar las bombas sumergibles que suministran el combustible a los dispensadores, las bombas se accionan por medio de los contactores KM1 para el dispensador 1 y el contactor KM2 (ver Anexo B) para el dispensador 2. Es importante mencionar que los dispensadores necesitan de estas bombas para despachar el combustible pues no cuentan ni con una unidad de bombeo, ni con motor eléctrico; por lo que son más económicos que el surtidor.



## 5.5 CIRCUITO DE POTENCIA DE SURTIDORES.

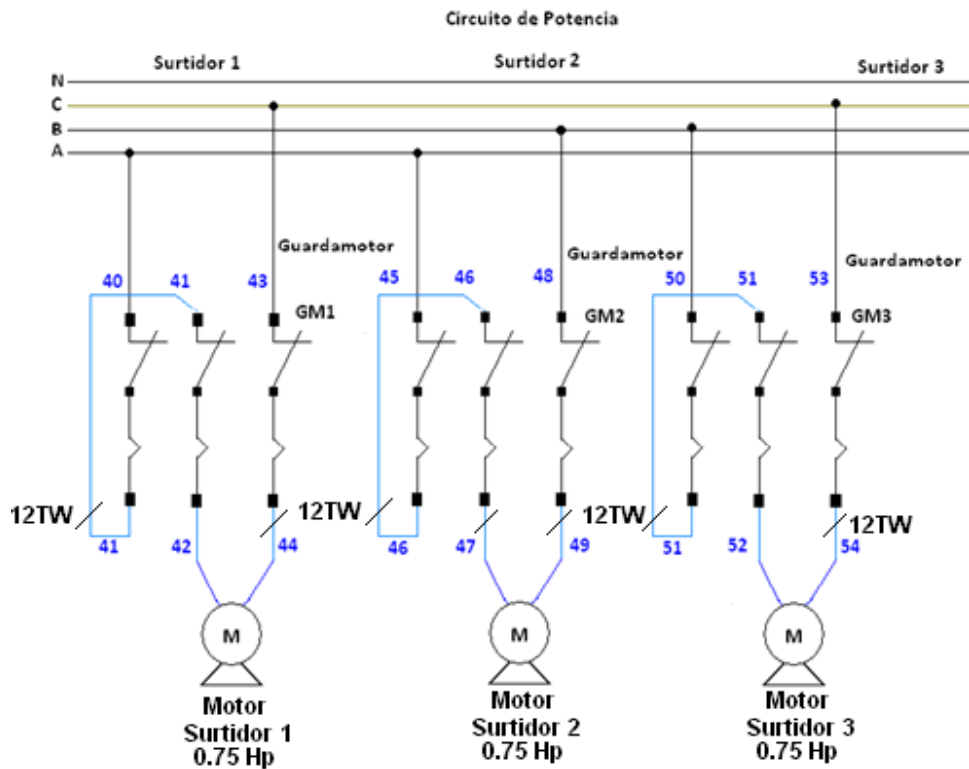


Figura 36. Circuito de potencia de surtidores de combustible [10]

En esta sección se observa el circuito asociado a los surtidores, los cuales se encuentran protegidos de sobrecorrientes por un guardamotor (ver Anexo D); cada uno de estos equipos posee su propio motor eléctrico, por lo que no necesitan de relevos ni contactores para despachar el combustible, ya que al accionar la pistola surtidora, se energiza y empieza a succionar el combustible directamente del tanque de almacenamiento. Por esta razón cada surtidor solo maneja un tipo de producto, ya que si se quisiera manejar dos tipos diferentes de producto este debería tener un motor adicional para tal fin.

## 5.6. ALIMENTACIÓN DE DISPENSADORES Y SURTIDORES.

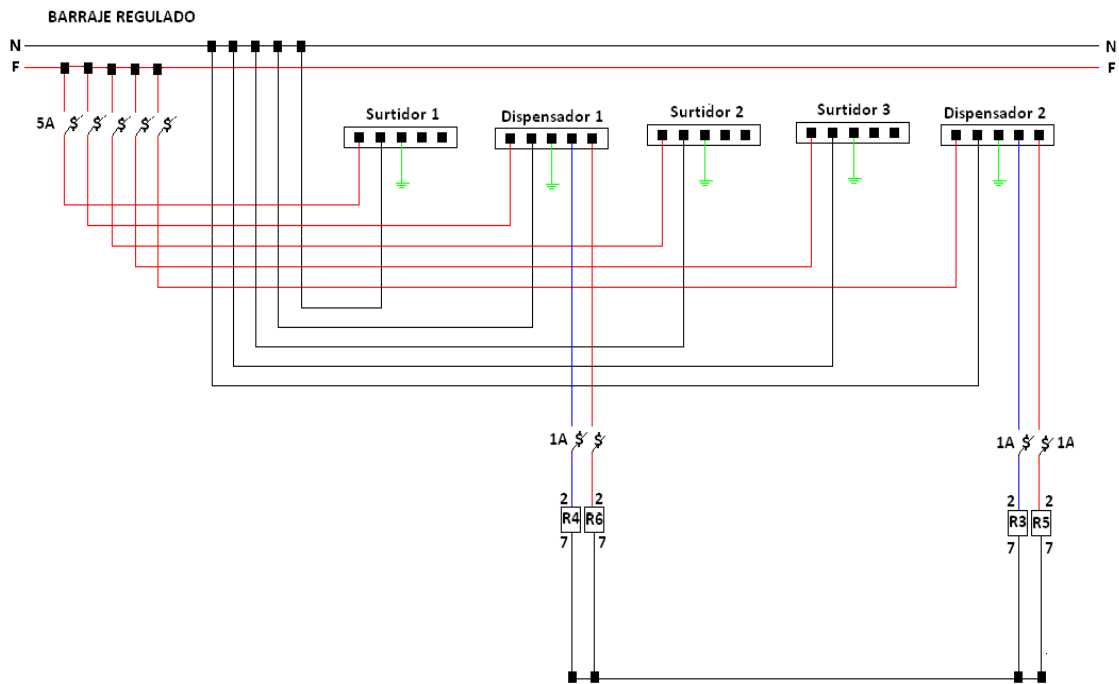


Figura 37. Circuito de Alimentación de dispensadores y surtidores [10]

Los dispensadores y surtidores se energizan con una fase y un neutro regulado para garantizar la calidad en el servicio de estos equipos y mantener unos valores fijos de tensión con el fin de proteger y así evitar daños en los componentes electrónicos de estos equipos (figura 37).

## 5.7 CIRCUITO DE CONTROL DE LOS DISPENSADORES.

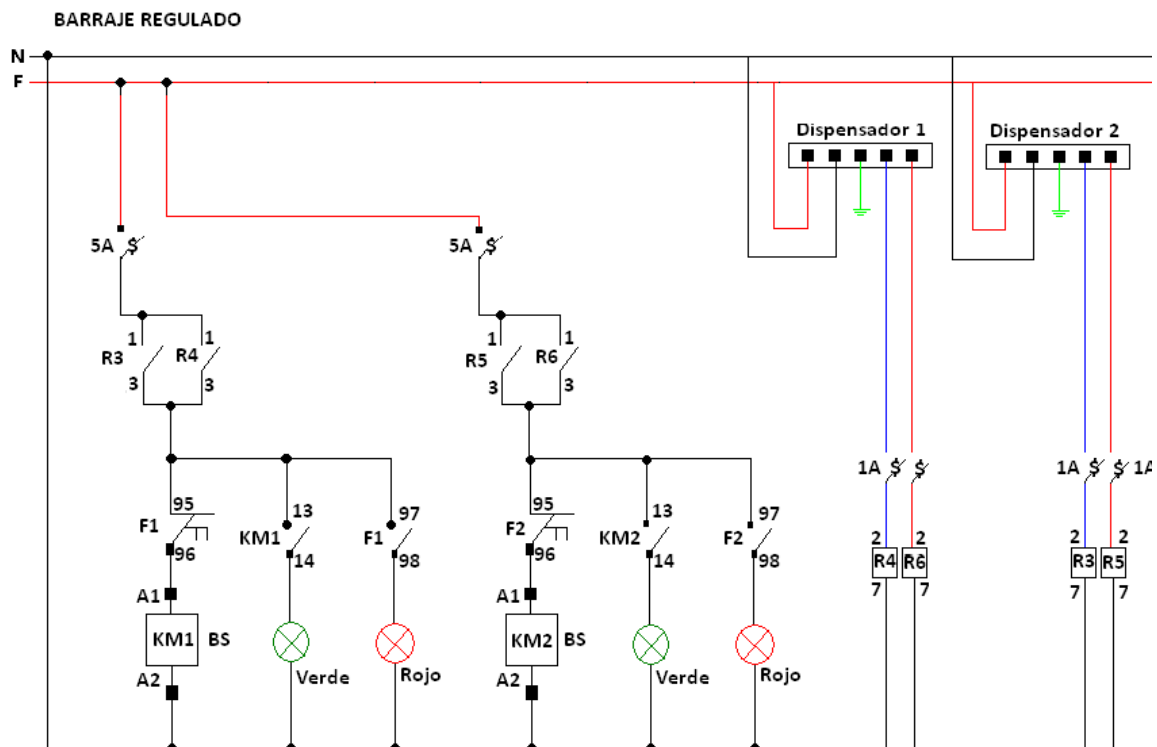


Figura 38. Circuito de Control de Dispensadores [10]

En esta sección, se observa el barraje regulado que energiza los dispensadores, los cuales debe ser alimentados con una fase y neutro regulado que es energizado por un regulador de voltaje, estos dispensadores están controlados por los contactores KM1 y KM2 (ver anexo B), los cuales se encuentran protegidos en caso de una sobre carga de corriente por los relés térmicos F1 y F2 (ver Anexo C) asociados a estos contactores, el funcionamiento de cada dispensador depende directamente de los relevos que son los que le envían la señal a los contactores de cada bomba sumergible, para este caso los relevos R4 y R6 están asociados al dispensador 1 y los relevos R3 y R5 al dispensador 2, el funcionamiento va a depender del tipo de producto que manejan, para este caso se trabajan dos tipos de combustibles corriente (cable azul) y ACPM (cable rojo), dependiendo del tipo de producto basta con apretar la válvula de la pistola dispensadora, al accionarse la bomba sumergible, todas las mangueras que contengan el producto quedan

activadas al mismo tiempo y accionando la válvula se inicia el despacho del producto en el dispensador elegido.

A continuación, en la figura 39 se muestra la estructura interna del relevo; en la cual, los contactos 1-3 y 6-8 corresponden a los normalmente abiertos y los pares 1-4 y 5-8 corresponden a los contactos normalmente cerrados.

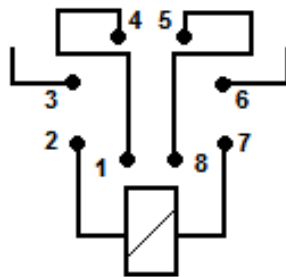


Figura 39. Estructura interna del relevo. [10]

## 5.8 CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO DE CONTROL.

Una vez revisado y aprobado el diagrama unifilar, se procede al montaje del tablero de acuerdo a dicho diagrama; en este caso, se implementó el tablero correspondiente al diagrama unifilar mostrado en la figura 26.

Al elegir los elementos a utilizar en la implementación del tablero de control, hay que tener en cuenta las cargas y demás elementos que serán conectados a este; en este caso vamos a controlar los motores de los surtidores y las bombas sumergibles que despacharan el combustible a los dispensadores, además se tendrán en cuenta los reguladores que serán instalados para alimentar el barraje regulado.

En las figuras 40 y 41 se muestra el tablero resultante; en la figura 40 la vista frontal del gabinete de control, en el cual se observan las luces piloto para las bombas sumergibles 1 y 2, para los motores de los surtidores 1, 2 y 3 y para cada una de las fases; además, se observan las llaves selectoras y los medidores de voltaje y corriente. Por otra parte, en la figura 41 se observa la parte interna del gabinete, donde se observan los demás elementos del tablero de control.

Las bombas sumergibles tienen una potencia de 1.5 Hp cada una y los motores de los surtidores son motores de 0.75 Hp cada uno, los reguladores tienen una potencia 1.2KVA. Teniendo en cuenta estas cargas procedemos a realizar el cuadro de distribución de cargas (ver tabla 5).



Figura 40. Tablero de control para Estación de Servicio. Vista frontal. [10]

Para realizar el cuadro de cargas debemos en primer lugar llevar todas las medidas de potencia a una misma unidad, en este caso vamos a pasar de Hp a watts; sabiendo que  $1\text{Hp} = 746\text{ W}$ .



Figura 41. Tablero de control para estación de servicio. Vista interna. [10]

Es importante al trabajar con motores tener en cuenta el factor de potencia y el rendimiento a la hora de hacer los cálculos. Para los motores se asume un factor de potencia de 0.8 y un rendimiento de 0.85 respectivamente, que será tenido en cuenta a la hora de obtener la carga en voltiamperios VA y usaremos la ecuación 4. En el caso de los reguladores tendremos un factor de potencia de 0.9 y usaremos la ecuación 3.

Las ecuaciones a tener en cuenta son las siguientes

$$\text{Potencia en VA} = \frac{W}{Fp} \quad (3)$$

w= Potencia en watts  
Fp= Factor de Potencia  
n= Rendimiento

$$\text{Potencia en VA} = \frac{W}{Fp*n} \quad (4)$$

Conociendo los voltiamperios podemos hallar la corriente con la ecuación 5.

$$I = \frac{VA}{V} \quad (5)$$

Estos valores de intensidad y la tabla de capacidad de corriente (tabla 1) de los conductores, nos permiten seleccionar adecuadamente el conductor.

Es importante conocer las constantes generalizadas (KG) para conductores de cobre aislado (tabla 2). Ya que con estos valores se obtendrá la constante de regulación K dividiendo el valor correspondiente de la constante generalizada KG por el voltaje de línea al cuadrado.

$$K = \frac{KG}{VLL^2} \quad (6)$$

En la tabla 8 se muestra la tabla que relaciona los valores de KG, respecto al calibre del cable utilizado, para un factor de potencia de 0.8. La utilización de estos valores se estudiará cuando se estudie la realización del cuadro de regulaciones de tensión (tabla 7).

NORMAS PARA CÁLCULO Y DISEÑO  
DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN

Conductor		Temperatura nominal del conductor					
		60 °C TW		75 °C THW		90 °C XLP	
Sección transv. [mm <sup>2</sup> ]	Calibre AWG ó kcmil	Cu	Al	Cu	Al	Cu	Al
0,82	18	-	-	-	-	14	-
1,31	16	-	-	-	-	18	-
2,08	14	20*	-	20*	-	25	-
3,3	12	25*	20*	25*	20*	30*	25*
5,25	10	30	25	35*	30*	40*	35*
8,36	8	40	30	50	40	55	45
13,29	6	55	40	65	50	75	60
21,14	4	70	55	85	65	95	75
26,66	3	85	65	100	75	110	85
33,62	2	95	75	115	90	130	100
42,2	1	110	85	130	100	150	115
53,5	0	125	100	150	120	170	135
67,44	00	145	115	175	135	195	150
85,02	000	165	130	200	155	225	175
107,21	0000*	195	150	230	180	260	205
126,67	250	215	170	255	205	290	230
152,01	300	240	190	285	230	320	255
177,34	350	260	210	310	250	350	280
202,68	400	280	225	335	270	380	305
253,35	500	320	260	380	310	430	350
304,02	600	355	285	420	340	475	385
354,69	700	385	310	460	375	520	420
380,02	750	400	320	475	385	535	435
405,36	800	410	330	490	395	555	450
456,03	900	435	355	520	425	585	480
506,7	1000	455	375	545	445	615	500
633,38	1250	495	405	590	485	665	545
760,05	1500	520	435	625	520	705	585
886,73	1750	545	455	650	545	735	615
1013,4	2000	560	470	665	560	750	630

Tabla 1. Capacidades de corriente permisibles para conductores aislados [9]



		PROCESO GESTIÓN EXPANSIÓN DEL SISTEMA				
		NORMAS PARA CÁLCULO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN				
Tensión	(KG) Baja tensión (*)					
Cos $\phi$	0,8	0,85	0,9	0,95	1	
14 AWG	752,235	797,3404	842,141	886,377	927,36	
12 AWG	476,467	504,4656	532,18	559,367	583,52	
10 AWG	302,877	320,1481	337,154	353,67	367,36	
8 AWG	196,463	207,1611	217,607	227,585	234,87	
6 AWG	126,254	132,6717	138,855	144,602	147,84	
4 AWG	81,9997	85,7495	89,2797	92,4032	93,184	
2 AWG	53,8566	55,93171	57,8007	59,2879	58,576	
1 AWG	44,2823	45,7401	46,9888	47,8501	46,48	
1/0 AWG	36,3697	37,37117	38,1696	38,592	36,848	
2/0 AWG	30,0602	30,70733	31,1578	31,244	29,232	
3/0 AWG	25,049	25,41483	25,5891	25,4085	23,184	
4/0 AWG	21,012	21,15945	21,1208	20,7374	18,368	
250 kcmils	18,349	18,40482	18,2864	17,8453	15,5456	
350 kcmils	14,5742	14,43523	14,1286	13,5115	11,1059	
500 kcmils	11,9212	11,61412	11,139	10,3527	7,7739	
750 kcmils	9,65586	9,242255	8,66627	7,78946	5,18	
1000 kcmils	8,50015	8,037757	7,41674	6,50182	3,8942	

Tabla 2. Constantes generalizadas para conductores de cobre aislado [9]

Es importante aclarar que los valores de la constante de regulación (K), obtenidos por medio de la ecuación 6, están dados para sistemas tetrafilares (3F+N) balanceados en baja tensión y balanceados en media tensión. Para otro tipo de conexiones se deben multiplicar por el valor obtenido por los factores indicados en la tabla 3.


	PROCESO GESTIÓN EXPANSIÓN DEL SISTEMA		
	NORMAS PARA CÁLCULO Y DISEÑO DE SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN		
Tipo de Subestación	Tipo de red		
	Monofásica (FN)	Bifilar (FF)	Trifilar (FFN)
Monofásica	8	2	2
Trifásica	6	2	2,25

Tabla 3. Factores de corrección para otras conexiones. [9]

El siguiente paso, es realizar el cálculo de regulación de tensión por el método de momento eléctrico calculado tramo a tramo.

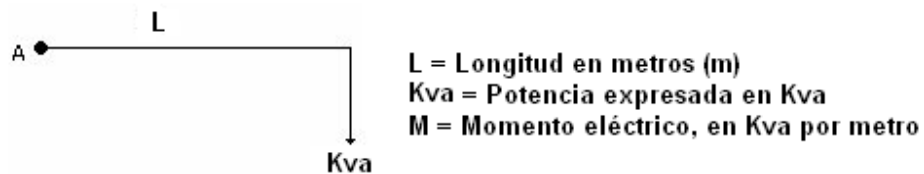


Figura 42. Momento Eléctrico.

$$M = Kva * mt \quad (7)$$

En el cuadro de cargas de la tabla 4, se observan los equipos que serán instalados y se indica la carga que cada equipo tiene respectivamente.

Como se tiene un sistema trifásico, las cargas trifásicas, bifásicas y monofásicas se distribuyen entre las fases con el fin de obtener un sistema equilibrado procurando que el desbalance entre las fases no sea mayor del 10%.

Las diferentes cargas se distribuyen con el fin de balancear el sistema y que las tres fases queden con cargas similares. Para hallar la potencia en voltiamperios,

se aplica, en el caso de los reguladores la ecuación 2 y para hallar la potencia de los motores la ecuación 3 y tomando un rendimiento de 0.85.

Para realizar los cálculos de corriente que se muestran en el cuadro de cargas (tabla 5), se deben tener en cuenta las siguientes formulas de conversión.

FÓRMULAS DE CONVERSIÓN		
DATOS DESEADOS	CORRIENTE ALTERNA	
	Monofásicos	Trifásicos
kW	$\frac{I E \text{ fp}}{1000}$	$\frac{1,73 I E \text{ fp}}{1000}$
kVA	$\frac{I E}{1000}$	$\frac{1,73 I E}{1000}$
HP	$\frac{I E \text{ fp} \times E_f}{746}$	$\frac{1,73 I E \text{ fp} \times E_f}{746}$
*I*Cuando se conoce HP	$\frac{HP \times 746}{E \text{ fp} \times E_f}$	$\frac{HP \times 746}{1,73 E \text{ fp} \times E_f}$
*I*Cuando se conoce kW	$\frac{kW \times 1000}{E \text{ fp}}$	$\frac{kW \times 1000}{1,73 E \text{ fp}}$
*I*Cuando se conoce kVA	$\frac{kVA \times 1000}{E}$	$\frac{kVA \times 1000}{1,73 E}$

Tabla 4. Formulas de conversión [16]

En la tabla 5 se muestra en cuadro de cargas para el tablero de control diseñado, en el cual, se especifican el tipo de carga, los voltajes, las corrientes, el factor de potencia, la distribución de las fases, y demás valores de interés de los elementos existentes en el tablero; en base a estos valores, se podrá estimar el calibre de los conductores y las protecciones a utilizar.

Tablero	Luces	Bomba	Bomba	Regul		Carga instalada			Carga	f.p	Eficien	Carga	Volt	I	IPC	conduct	Calibre	Protecc	Observaciones
						A	B	C											
T-ISLAS			1			279	280		559	0.8	0.85	822	208	4.0	4.9	TW	12	2x20A	Bomba 3/4 HP-2Ø-surtidor 1
		1					559	560	1,119	0.8	0.85	1,646	208	7.9	9.9	TW	12	2x20A	Bomba 1,5 HP-2Ø-Bomba Sumergible 1
			1			280	279		559	0.8	0.85	822	208	4.0	4.9	TW	12	2x20A	Bomba 3/4 HP-2Ø-surtidor 2
			1			279	280		559	0.8	0.85	822	208	4.0	4.9	TW	12	2x20A	Bomba 3/4 HP-2Ø-surtidor 3
		1					559	560	1,119	0.8	0.85	1,646	208	7.9	9.9	TW	12	2x20A	Bomba 1,5 HP-2Ø-Bomba Sumergible 2
				1				1,080	1,080	0.9	1.0	1,200	120	10.0	12.5	TW	12	1X20A	Regulador 1,2 kva-120v
				1		1,080			1,080	0.9	1.0	1,200	120	10.0	12.5	TW	12	1X20A	Regulador 1,2 kva-120v
		1				250	259		509	0.9	1.0	566	208	2.7	3.4	TW	14	2X15A	Consumo interno tablero
Subtotal	1	2	3	2	0	2,168	2,216	2,200	6,584	0.8		8,723	208	24.2	30.3	TW	8	3x40A	
			Bal de fases		2.2%														

Tabla 5. Cuadro de Cargas. [10]

Con el cuadro de cargas (tabla 5), procedemos a realizar el cuadro de regulación teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Longitud del cable entre equipos.
- Momento eléctrico.
- Constante de Regulación (K).

Los cálculos necesarios para el cuadro de regulación de tensión se realizaron utilizando el método de momento eléctrico calculado tramo a tramo; utilizando como valores de regulación máxima aceptada, los sugeridos por la Electrificadora de Santander S.A. E.S.P en su manual de normas para calculo y diseño de sistemas de distribución (numeral 2.1.4 de dicho manual); dichos valores, se muestran en la tabla 6. [9]

DESCRIPCIÓN		Descripción	%
		Redes de distribución, B.T., zona urbana	5
		Redes de distribución, B.T., zona rural	7
		Acometida y alimentador ( hasta tablero de distribución ) para cargas concentradas o multiusuarios desde bornes del transformador	3
		Acometida y alimentador (hasta tablero de distribución) desde redes de la empresa	2
		Circuito ramal	2
		Alumbrado público	4

Tabla 6. Porcentaje de regulación de tensión [9]

Es importante tener en cuenta que la caída de tensión del alimentador no debe ser superior al 3% trabajando a plena carga, de acuerdo a los parámetros que estipula la Electrificadora de Santander S.A. E.S.P.

Al tener motores como principal carga del tablero, debemos tener en cuenta que *“la caída de tensión del alimentador del motor no debe ser superior al 3% trabajando a plena carga”* [9].

En donde la caída de tensión en porcentaje, basado por el método del momento eléctrico esta dado por la siguiente expresión:

$$VD = K * M \quad (8)$$

En la tabla 7 se muestra el cuadro de regulación de tensión resultante para el tablero de control diseñado. La columna referente a la potencia en KVA, proviene del cuadro de cargas (tabla 4). Los valores de longitud utilizados en los diferentes tramos, son valores dados por la empresa que realizo el estudio en la EDS en la

que se instalaría el tablero, por lo que su obtención no forma parte del presente informe. Además, en el anexo F se muestra el cuadro de cargas total de los diferentes tableros que conforman la EDS en el que se utilizaría el tablero.

En la figura 43 se muestra un pequeño diagrama de la distribución de los diferentes tableros que conforman una EDS. Los cuales permiten identificar los diferentes tramos que se especifican en el cuadro de regulación de tensión (tabla 6).

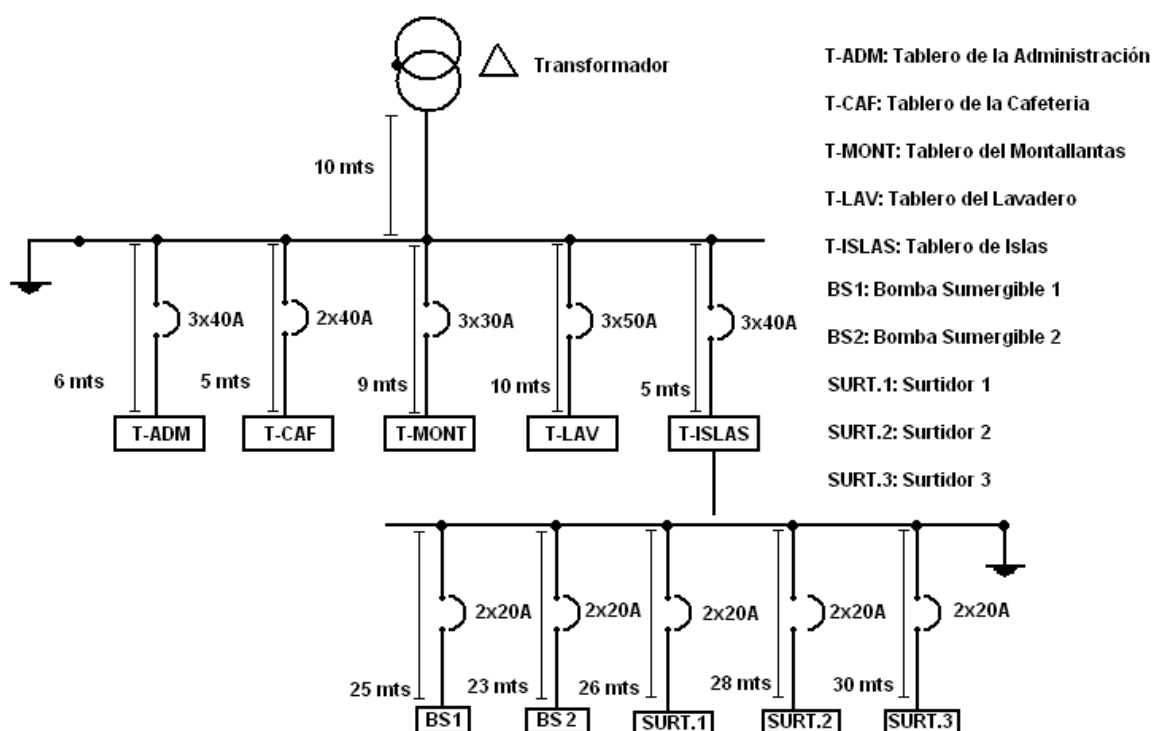


Figura 43. Distribución de la EDS. [10]

Los cálculos tipo utilizados para la construcción del cuadro de cargas y el cuadro de regulación de tensión se muestran en el anexo G.

TRAMO		long mts	Kva	Momento kva*m	Volts	I amp	Kg f.p=0.8	K	I Cond. (A) 125%*Ipc	Conductor		Regulación		I Protec (A) 115%*Ipc	Protección
DE	A									Tipo	Calibre	Parcial	Total		
RED	TEDS	10	41.3	412.7	208	114.7	36.3697	0.000841	143.36	THHN	1/0	0.347	0.347	132	3x70A
TEDS	T-ISLAS	5	8.7	43.61454	208	24.2	196.5	0.004541	30.30	THHN	8	0.198	<b>0.545</b>	28	3x40A
T-ISLAS	BS1	25	1.65	41.13971	208	7.9	476.5	0.022026	9.89	THHN	12	0.906	1.451	9	2x20A
T-ISLAS	BS2	23	1.65	37.84853	208	7.9	476.467	0.022026	9.89	THHN	12	0.834	1.379	9	2x20A
T-ISLAS	SURT. 1	26	0.82	21.37353	208	4.0	476.467	0.022026	4.94	THHN	12	0.471	1.016	5	2x20A
T-ISLAS	SURT. 2	28	0.82	23.01765	208	4.0	476.467	0.022026	4.94	THHN	12	0.507	1.052	5	2x20A
T-ISLAS	SURT.3	30	0.82	24.662	208	4.0	476.467	0.022026	4.94	THHN	12	0.543	1.088	5	2x20A

Tabla 7. Cuadro de Regulación. [10]

F.P 0.8	Kg
14 AWG	752.235
12 AWG	476.467
10 AWG	302.877
8 AWG	196.463
6 AWG	126.254
4 AWG	81.9997
2 AWG	53.8566
1 AWG	44.2823
1/0 AWG	36.3697
2/0 AWG	30.0602

Tabla 7. Constante Generalizada [10]

## 5.9 PRUEBAS REALIZADAS.

Una vez terminada la construcción del tablero de control, se procedió a realizar las pruebas de funcionamiento necesarias; a fin de asegurar la continuidad, aislamiento y correcto funcionamiento de los equipos. Para esto, se realizaron las pruebas explicadas a continuación.

- a) Prueba de continuidad. Para esta prueba se utilizó un multímetro Fluke 83 y se comprobó la continuidad o ausencia de esta, en cada uno de los puntos del tablero, según el caso; esta prueba se realizó tanto con los equipos desenergizados, como con los equipos accionados manualmente. El procedimiento se repitió uno por uno en los circuitos de potencia y de control.



Figura 44. Multímetro Fluke 83 [10]

- b) Prueba de aislamiento. Se procedió a verificar el aislamiento en los conductores con un megger o medidor de aislamiento Fluke 1583 (figura 44); aplicando un voltaje de 500Vcc a cada una de las fases con respecto a tierra y entre fases, el megger trabaja en base a la ley de ohm; de manera que, al aplicarse una tensión de corriente continua se obtiene una corriente. Por lo tanto, la resistencia será medida en Voltios/Amperios, así, al tener corrientes de fuga del orden de los microamperios, la medida registrada en el megger será del orden de los megaohmios.



Para el tablero de control implementado el resultado fue de 550MΩ como se observa en la figura 46.



Figura 45. Medidor de Aislamiento Fluke 1587 [10]

Es importante tener en cuenta que, para realizar la prueba se debe tener el tablero sin energía, estando así se procede como sigue:

- Se aplica tensión entre dos fases, se lee y se registra la medida, se repite para cada par de fases.
- Se aplica tensión entre cada fase y neutro, se lee y se registra la medida.



Figura 46. Medida de aislamiento de los conductores [10]

- c) Prueba con el tablero energizado. A fin de comprobar el funcionamiento de los accionamientos y los equipos presentes en el tablero, se procedió a conectar una línea trifásica tetrafilar (3F+N) a 220V<sub>CA</sub>, a la entrada del interruptor termomagnético general (totalizador), a fin de energizar y poder revisar los niveles de voltaje en el barraje principal y en barraje regulado. A continuación, y siguiendo el orden indicado en el diagrama unifilar (izquierda a derecha) se fueron energizando cada uno de los circuitos y mediante la simulación de los interruptores de la manguera de los dispensadores y los surtidores, también, se energizó un motor monofásico de 0.5HP con el fin de simular los motores de los diferentes equipos con los cual se observó que los circuitos responden de acuerdo a lo diseñado.

Al comprobar el funcionamiento del tablero, se obtuvieron los siguientes valores:

- Fases A y B: 206V
- Fases B y C: 208V
- Fases A y C: 205V



Figura 47. Motor Monofásico 0.5Hp 427-IDB-35 [10]



Figura 48. Voltajes de Fase y corriente [10]

Se considera que con estas tres pruebas es suficiente para comprobar el funcionamiento del tablero de control de islas.

Gracias a que el tablero fue marcado de acuerdo a la numeración que se observa en el diagrama unifilar, se facilitó la revisión y corrección de algunos errores en el cableado.

## 6. CONCLUSIONES

Se diseñó e Implementó satisfactoriamente, un tablero de control aplicable a una estación de combustibles líquidos con tres surtidores y dos dispensadores; de acuerdo a los parámetros y disposiciones establecidos por el reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) y las normas ESSA epm.

Dado que la industria petrolera está en crecimiento y evolución día a día, es indispensable para los nuevos ingenieros conocer los conceptos básicos relacionados a esta, sus componentes, funcionamiento y principales normativas asociadas; de manera que puedan ser elementos activos en el desarrollo de la industria petrolera.

Al diseñar un diagrama unifilar, deben siempre incluirse los diferentes elementos, de protección; para garantizar la integridad de los operarios, instalaciones, equipos y componentes del tablero de control. Estas protecciones deben escogerse teniendo en cuenta las corrientes de plena carga, las cuales se multiplican por un factor equivalente al 115% de la corriente de plena carga, y teniendo en cuenta que dicha protección debe ser menor o igual que la capacidad de corriente del conductor seleccionado.

Para diseñar un tablero de control, es de gran importancia tener en cuenta la carga que será conectada ya que si no se conocen exactamente las necesidades no podemos dar un buen servicio, por esto es importante obtener un estudio detallado permitiendo una fácil revisión, modificación y ejecución.

La selección de los calibres de los conductores se realiza teniendo en cuenta la capacidad de corriente y la regulación de tensión. Adicionalmente, como factor de diseño se aplica un porcentaje del 125% de la corriente de plena carga para la selección de los calibres del tablero de este proyecto.

Al escoger los conductores que se utilizaron en el tablero de distribución, es importante haber asegurado previamente el cumplimiento de la capacidad de corriente de los diferentes equipos, la caída de tensión que se pueda llegar a tener de acuerdo a la distancia final del equipo con respecto al tablero de control (debido a la resistencia eléctrica, el material, el calibre y la temperatura).

## 7. BIBLIOGRAFIA

- [1] Código Eléctrico Colombiano. NTC 2050 Primera Actualización Instituto Colombiano De Normas Técnicas **ICONTEC**
- [2] Ministerio De Minas Y Energía Decreto No 1521. Agosto 4 De 1998
- [3] Ministerio De Minas Y Energía Decreto No 4229 De 25 De Noviembre De 2005
- [4] [www.ecopetrol.com.co](http://www.ecopetrol.com.co)  
<http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?catID=30&conID=37994>  
Marzo 15 de 2010.
- [5] Reglamento Técnico De Instalaciones Eléctricas. RETIE versión agosto de 2008
- [6] Especificaciones técnicas para proyecto y construcción de estaciones de autoconsumo. PEMEX. 2006
- [7] Instalaciones Industriales Controles y Automatismos. Telemecanique. Luis Flower. 1985, Telemecanique.
- [8] Electrónica Básica, Principios. J.A WILSON primera Edición. MCGRAW-HILL 1979
- [9] Normas para cálculo y diseño de sistemas de distribución. Electrificadora de Santander epm.
- [10] CARDOZO GALVIS, Carlos Alfredo. Diseño y construcción de un tablero de control aplicable a una estación de combustibles líquidos. Bucaramanga, 2011. Trabajo de Grado (Ingeniero Electrónico). Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga. Facultad de Ingeniería Electrónica.
- [11] <http://www.assa.cl>  
Marzo 10 de 2010

[12] [www.eldiario24.com/nota/219363/empleados-de-estaciones-de-servicio-ratifican-el-paro-para-semana-santa.html](http://www.eldiario24.com/nota/219363/empleados-de-estaciones-de-servicio-ratifican-el-paro-para-semana-santa.html)  
Marzo 10 de 2010

[13] <http://tuning.deautomoviles.com.ar/galeria-de-fotos/imagenes/combustible.html>  
Marzo 10 de 2010

[14] <http://es.chinalanfeng.com/Productos.html>  
Marzo 10 de 2010

[15] [www.existest.com/catalog/index.php?cPath=133\\_31&osCsid=e2cc18c50222e57d0a392228f9c40815](http://www.existest.com/catalog/index.php?cPath=133_31&osCsid=e2cc18c50222e57d0a392228f9c40815)  
Marzo 15 de 2010

[16] [www.procables.com.co](http://www.procables.com.co)

[17] [www.breter.it](http://www.breter.it)

## **ANEXOS**

## ANEXO A. Totalizador LZM

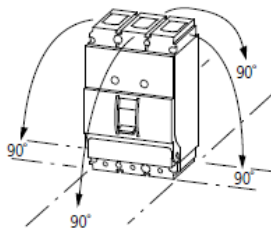
**EATON**

Powering Business Worldwide

01/11 IL01203007Z  
(AWA1230-2380)

Instruction Leaflet  
Montageanweisung  
Notice d'installation  
Instrucciones de montaje  
Istruzioni per il montaggio  
安裝說明  
Инструкция по монтажу

### LZME(B)(C)(N)(S)1(-4)-A(ASF)(S)... LN1



**(en)** Electric current! Danger to life!

Only skilled or instructed persons may carry out the following operations.

**(de)** Lebensgefahr durch elektrischen Strom!

Nur Elektrofachkräfte und elektrotechnisch unterwiesene Personen dürfen die im Folgenden beschriebenen Arbeiten ausführen.

**(fr)** Tension électrique dangereuse !

Seules les personnes qualifiées et averties doivent exécuter les travaux ci-après.

**(es)** ¡Corriente eléctrica! ¡Peligro de muerte!

El trabajo a continuación descrito debe ser realizado por personas cualificadas y advertidas.

**(it)** Tensione elettrica: Pericolo di morte!

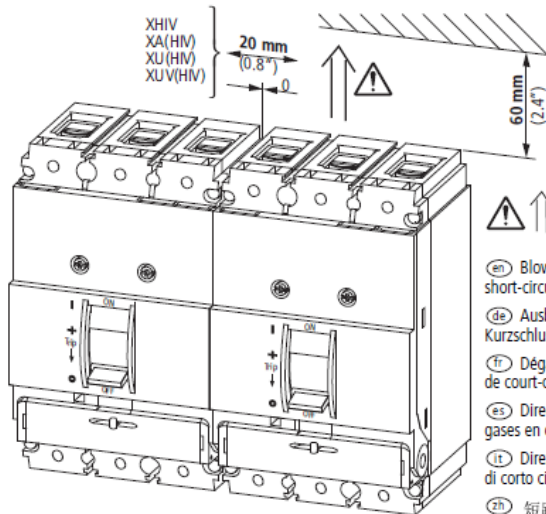
Solo persone abilitate e qualificate possono eseguire le operazioni di seguito riportate.

**(zh)** 触电危险!

只允许专业人员和受过专业培训的人员进行下列工作。

**(ru)** Электрический ток! Опасно для жизни!

Только специалисты или проинструктированные лица могут выполнять следующие операции.



**(en)** Blowout direction in case of a short-circuit

**(de)** Ausblasrichtung im Kurzschlussfall

**(fr)** Dégagement gazeux en cas de court-circuit.

**(es)** Dirección de salida de los gases en caso de cortocircuito

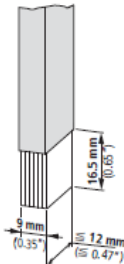
**(it)** Direzione di estinzione in caso di corto circuito

**(zh)** 短路时的排空方向

**(ru)** Направление продувки в случае короткого замыкания



16.5 mm  
(0.65")



16.5 mm  
(0.65")

12 mm  
(0.47")

1 x 10 - 70 mm<sup>2</sup> (95 mm<sup>2</sup>)\*

≥ 2 x 9 x 0.8 mm  
≥ 2 x 0.35" x 0.03"

2 x 6 - 25 mm<sup>2</sup>

1 x AWG 12 - 1 x AWG 2/0

\* **(en)** Max. 95 mm<sup>2</sup> can be connected depending on the cable manufacturer

**(de)** Je nach Kabelhersteller bis zu 95 mm<sup>2</sup> anschließbar

**(fr)** Selon le fabricant de câble, possibilité de raccorder jusqu'à 95 mm<sup>2</sup>

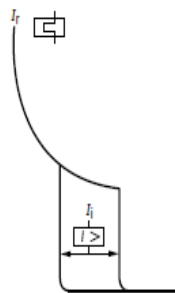
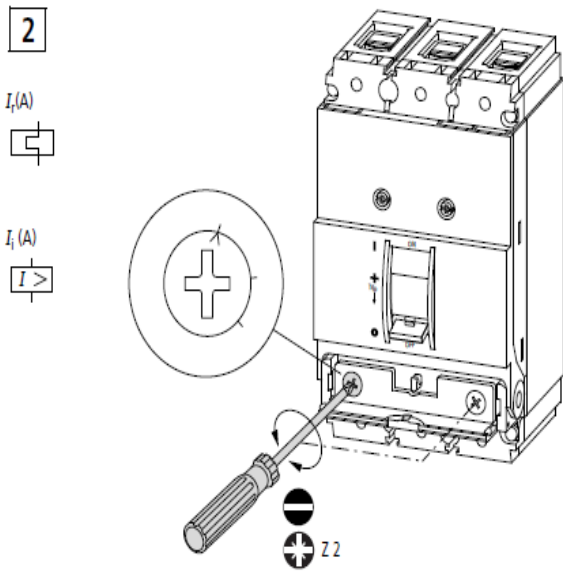
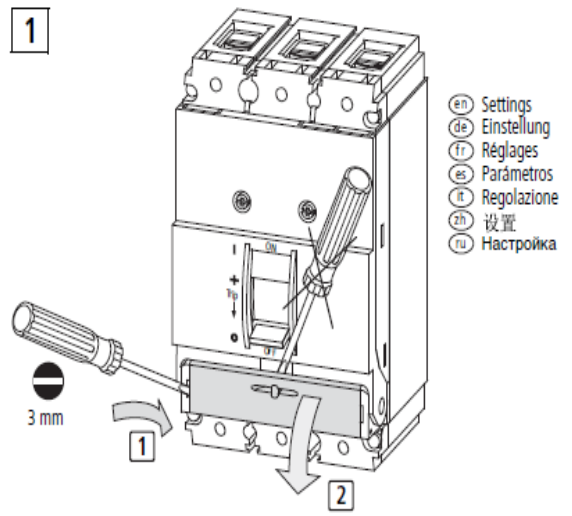
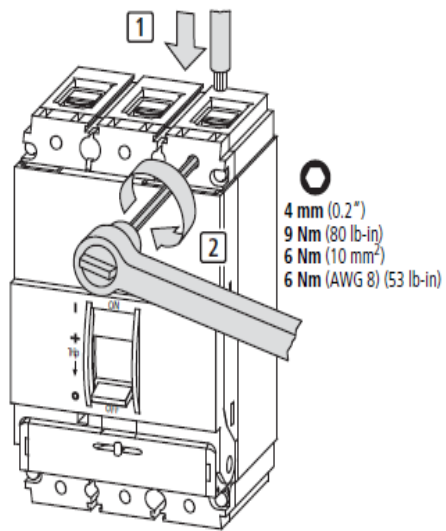
**(es)** Dependiendo del fabricante del cable pueden conectarse hasta 95 mm<sup>2</sup>

**(it)** Sezione max collegabile 95 mm<sup>2</sup> in base al produttore del cavo

**(zh)** 根据不同的电缆制造商，可连接最大 95 mm<sup>2</sup>

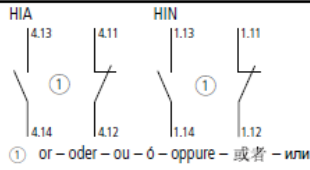
**(ru)** В зависимости от производителя кабеля можно подключать до 95 мм<sup>2</sup>





01/11 1101203007Z

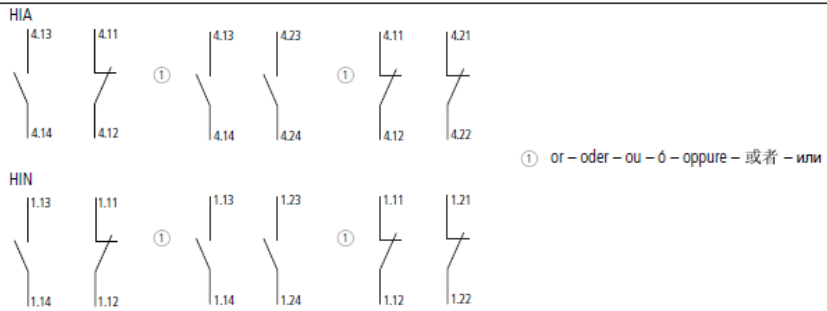
M22-K10  
M22-K01  
M22-CK10  
M22-CK01  
Auxiliary Switches



$I_{th} = I_e$

	$U_e$ (V)	$I_e$ (A)
AC-15	115	4
	230	4
	400	2
	500	1
DC-13	24	3
	42	1.7
	60	1.2
	110	0.8
	220	0.3

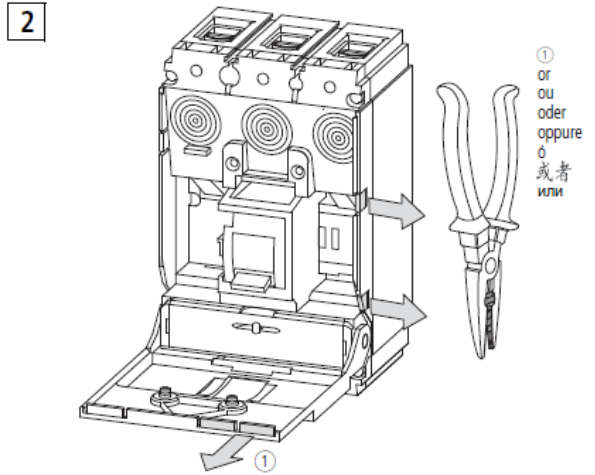
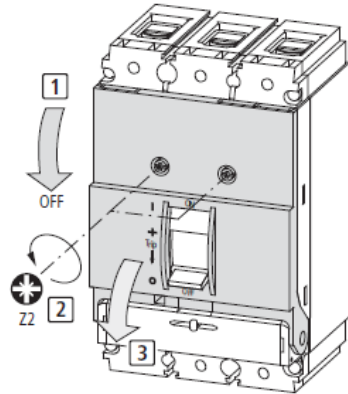
M22-CK11  
M22-CK20  
M22-CK02



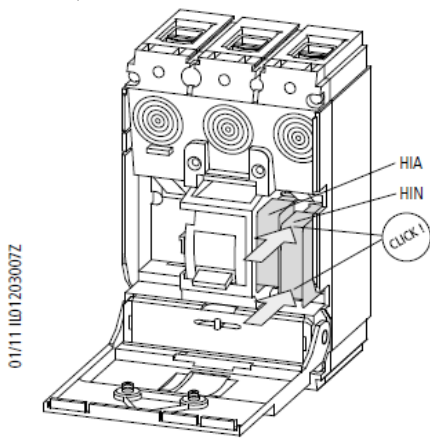
2/5

Emergency On Call Service: Local representative (<http://www.eaton.com/moeller/aftersales>) or +49 (0) 180 5 223822 (de, en)

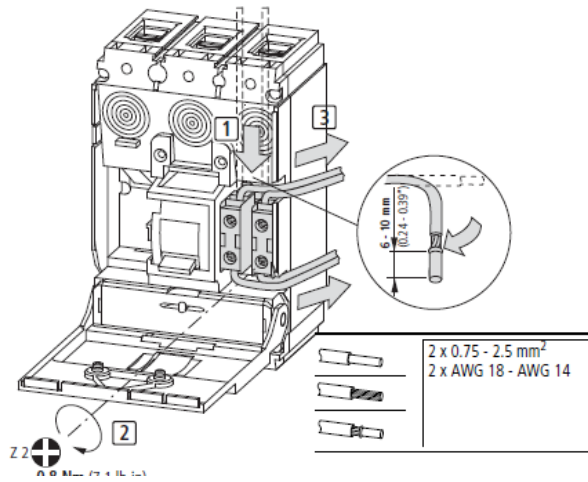
- 1**
- (en) Mounting
  - (de) Montage
  - (fr) Montage
  - (es) Montaje
  - (it) Montaggio
  - (zh) 安装
  - (ru) Монтаж



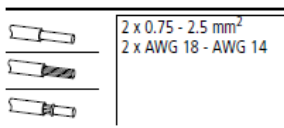
3



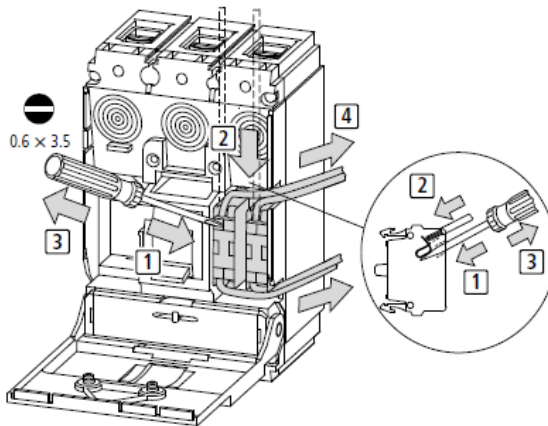
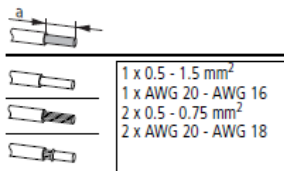
4a M22-K10  
M22-K01



4b M22-CK10  
M22-CK01



4c M22-CK11  
M22-CK02, M22-CK20



## Anexo B. Contactor CWM

Los contactores de la línea CWM fueron desarrollados para atender a las severas aplicaciones industriales con total seguridad.

Con capacidad de maniobrar cargas inductivas nominales hasta 800 A o 440kW @ 380V/400V, WEG puede suministrar el contactor más adecuado para su aplicación.

Contactores CWM permiten optimización total de espacio en el tablero, con solamente algunos tamaños compactos es posible maniobrar potencias de 4 hasta 440kW @ 400/415V. Para reducir stock, los contactores CWM poseen accesorios comunes. Por ejemplo, los bloques de contactos auxiliares laterales son los mismos de 9 hasta 300A (AC-3) @ 440V.

Desarrollados para tener elevada vida eléctrica y mecánica, pueden ser utilizados en las más severas aplicaciones industriales. Todos los contactores WEG son testeados y aprobados para aplicaciones de acuerdo con las coordinaciones Tipo 1 y Tipo 2.

Para tener una aceptación global, todos los componentes están de acuerdo a las normas UL508 (USA y Canadá), IEC60497 y CE.

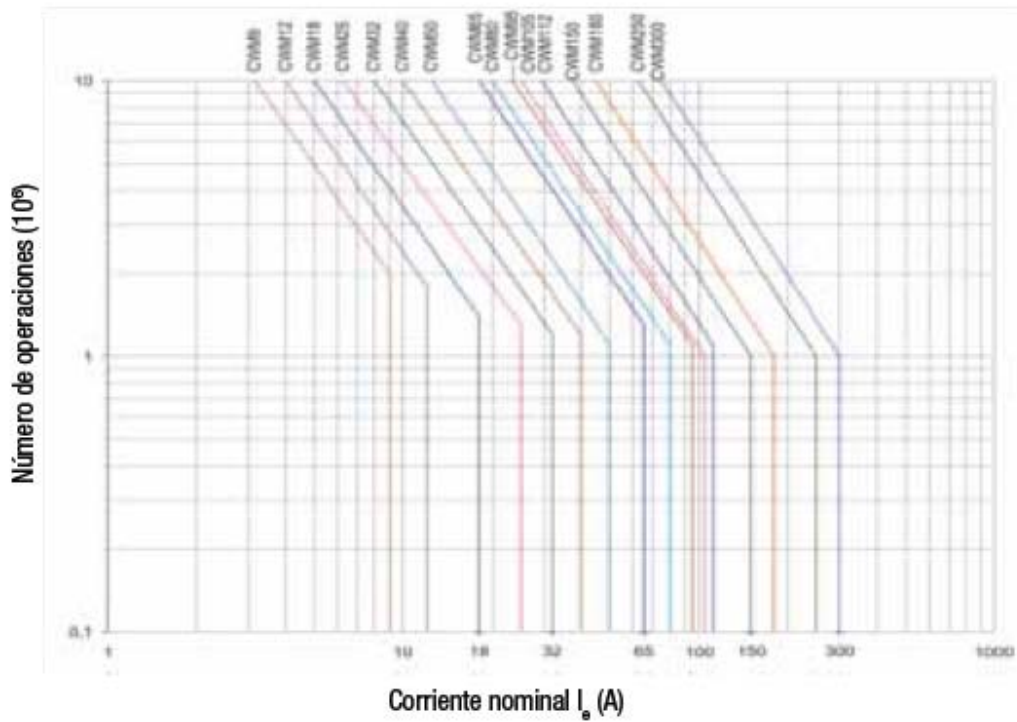
Todos los contactores WEG son fabricados con procesos y materiales de alta calidad.

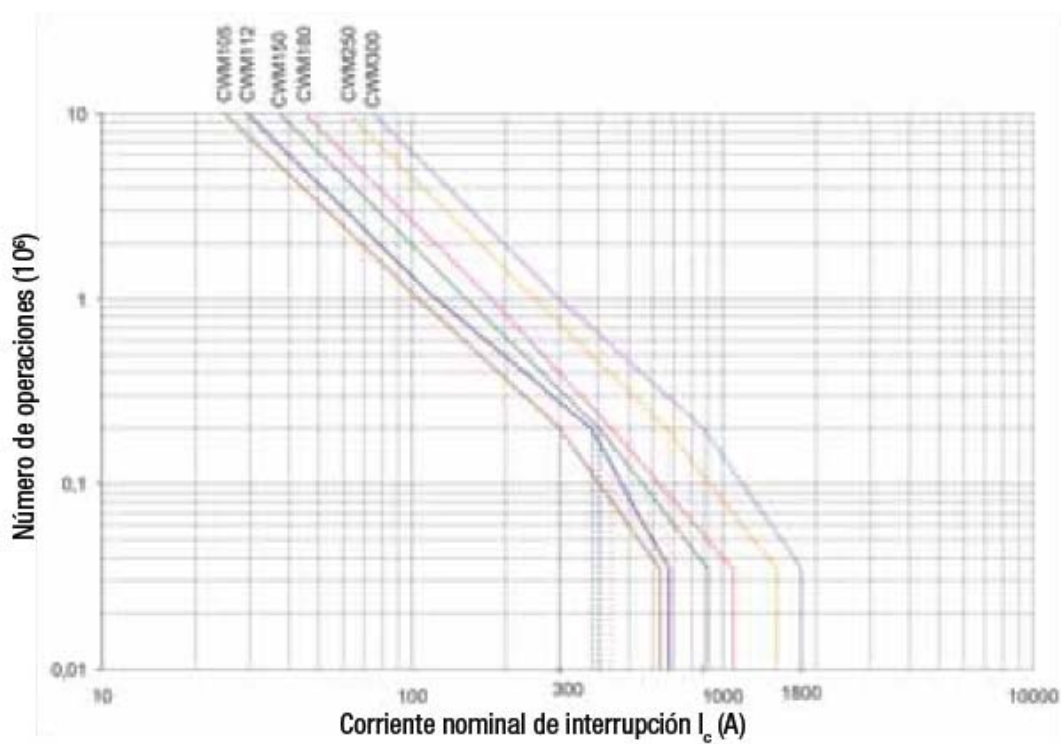
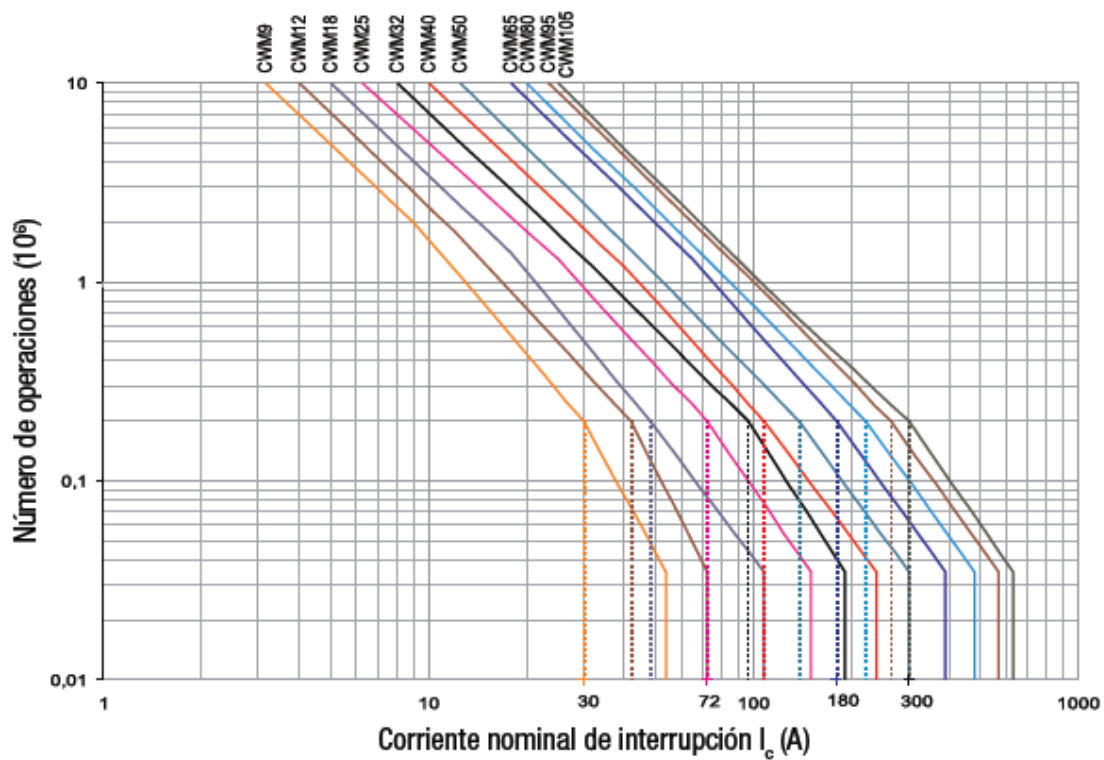
De esta manera, WEG ofrece soluciones para aplicaciones en baja tensión para tableros, fabricantes de equipo original, distribuidores y usuarios.



Corriente nominal de operación $I_n$ AC-3 ( $U_n \leq 440V$ )	Corriente térmica convencional $I_n = I_n$ AC-1	Potencia Nominal Máxima de Operación Motores trifásicos 50/60 Hz <sup>1)</sup>						Contactos Auxiliares Integrados por Contactor		Bloques de contactos auxiliares - suministrados separadamente		Referencia	Peso kg
		220V 230V	380V	400V 415V	440V	500V	660V 690V	*3 *4	*1 *2	BCXMF10	BCXMF01		
A	A	kW / hp	kW / hp	kW / hp	kW / hp	kW / hp	kW / hp	NA	NC	NA	NC		
9	25	2.2 / 3	4 / 5	4 / 5	4.5 / 6	4.5 / 6	5.5 / 7.5	1	0	-	-	CWM9-10-30 ♦	0.520
								0	1	-	-	CWM9-01-30 ♦	
								1	0	-	1	CWM9-11-30 ♦	
								1	0	1	2	CWM9-22-30 ♦	

### Vida Eléctrica

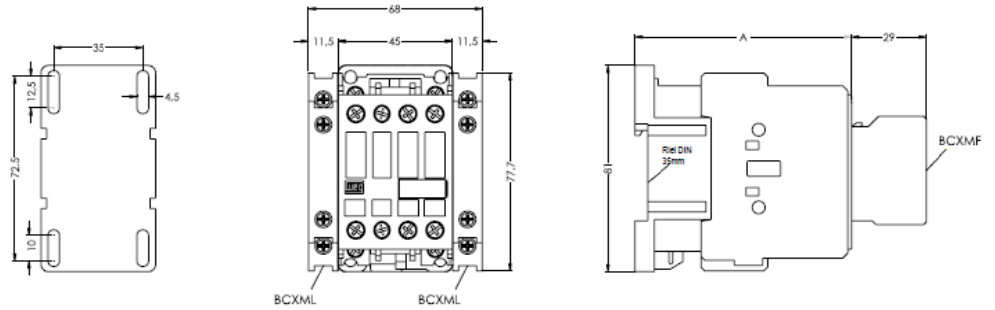




Dimensiones (mm)

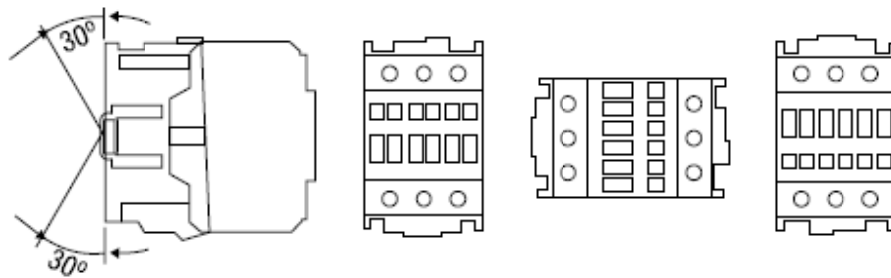
Bobina	
AC	CC
A = 87	A = 115

### CWM9, CWM12, CWM18



### Posición de montaje

### CWM9...105



## **Anexo C. Relé de sobrecarga RW 27.**

Los relés de sobrecarga RW son aparatos importantes en la gama de productos WEG-Controls. Como siempre en los productos WEG, un largo tiempo de vida operacional es una de las principales características en los relés de sobrecarga RW. Los relés de sobrecarga RW, clase 10, son desarrollados para perfecta utilización con los contactores y minicontadores.

Efectivamente, los relés de sobrecarga RW pueden ser conectados directamente en los contactores y minicontadores WEG, asegurando operaciones eléctricas y mecánicas de un arrancador. Un adaptador está disponible para montaje en separado del contactor.

Los relés de sobrecarga poseen bimetálicos fijos, que elimina la necesidad de sensores PTC para la protección térmica de los motores o cambio de relé cuando los motores son sustituidos por otros de mayor eficiencia. Todos los tamaños ofrecen protección completa a través de:

- Compensación de temperatura ambiente
- Protección sensible a falta de fase

### **Ajuste del Dial FLC**

La corriente de actuación es definida a través de un dial ajustable, desarrollado para ser ajustado en la corriente nominal del motor.

### **Compensación de temperatura**

Debido a la existencia de un cuarto bimetálico, en complemento a los tres ya existentes y que son calentados directamente por la corriente del motor, variaciones severas de temperatura entre -20°C e +60°C no son barreras para la protección confiable del motor mismo en condiciones más severas.

### **Sensibilidad a Falta de Fase**

Los relés de sobrecarga WEG incluyen por estándar protección sensible a falta de fase. Esta característica asegura actuación rápida en caso de falta de fase, protegiendo el motor y evitando costosos caros y servicios de mantenimiento preventivo.

### **Botón Multifunción**

El botón RESET programable puede ser seleccionado para operar en Manual o Automático, con o sin posibilidad de testes aislados de actuación NC y alarma NA en los contactos auxiliares. El botón multifunción RESET/TEST puede ser seleccionado para cuatro posiciones distintas: H (solamente RESET manual), HAND (RESET/TEST manual), AUTO (RESET/TEST automáticos), A (solamente


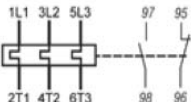


RESET automático). En las posiciones HAND y AUTO, cuando el botón RESET es presionado, los dos contactos NA (97-98) y NF (95-96) cambian de estado.

## Relés de Sobrecarga

- Relés de sobrecarga térmicos
- Sensibilidad a falta de fase de acuerdo a las normas IEC/EN 60947-4-1, DIN VDE 0660 T. 102
- Clase de disparo 10
- Contactos auxiliares 1NA+1NC
- Compensación de temperatura
- Botón Manual / Auto / Reset



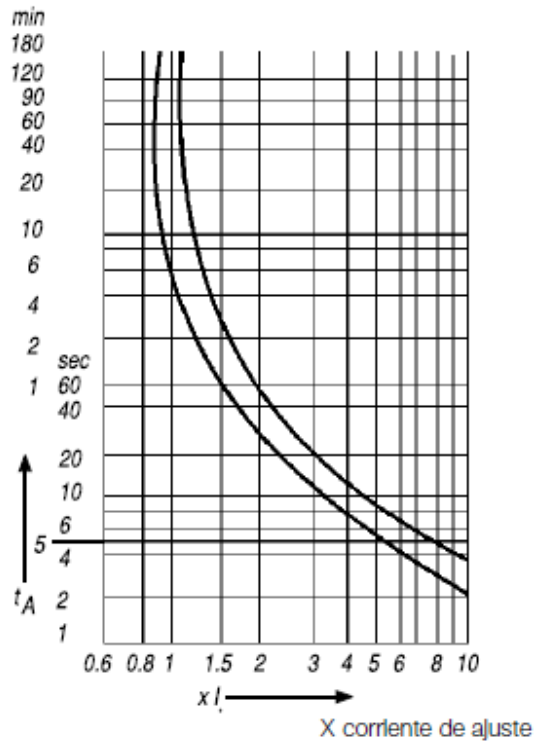
Para uso con	Rango de ajuste de corriente  Ir (A)	Diagrama	Fusible gL-gG <sup>1)</sup> A	Referencia	Peso kg
CWM9...CWM32	0.28...0.4		2	RW27-1D3-D004	0.147
	0.4...0.63		2	RW27-1D3-C063	
	0.56...0.8		2	RW27-1D3-D008	
	0.8...1.2		4	RW27-1D3-D012	
	1.2...1.8		6	RW27-1D3-D018	
	1.8...2.8		6	RW27-1D3-D028	
	2.8...4.0		10	RW27-1D3-U004	
	4.0...6.3		16	RW27-1D3-D063	
	5.6...8.0		20	RW27-1D3-U008	
	7.0...10		25	RW27-1D3-U010	
	8.0...12.5		25	RW27-1D3-D125	
	10...15		35	RW27-1D3-U015	
	11...17		35	RW27-1D3-U017	
	15...23		50	RW27-1D3-U023	
22...32	63	RW27-1D3-U032			

## Características Técnicas.

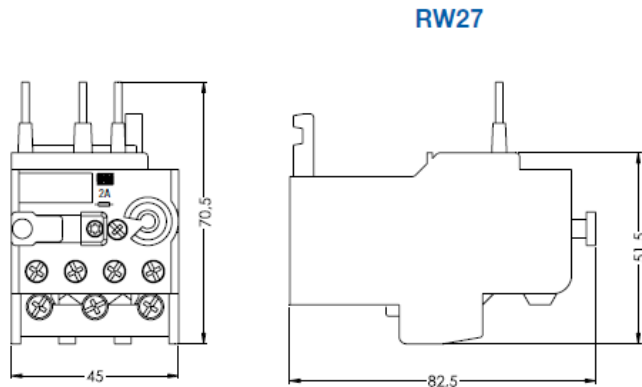
Referencia		RW17	RW27	RW67	RW117	RW317	RW407
Normas		IEC/EN 60 947, DIN VDE 0660, UL, CSA			IEC/EN 60 947, DIN VDE 0660		
Rango de ajuste de corriente	(A)	0.28...17	0.28...32	25...80	75...112	100...420	400...840
Clase de disparo		10					
Compensación de temperatura		Continua					
Tensión nominal de aislamiento U <sub>i</sub> IEC/EN 60 947/DIN VDE 0660 UL/CSA	(V)	690			600		1000
	(V)	600			600		1000
Tensión soportada a los impulsos U <sub>imp</sub>	(kV)	6			6		8
Frecuencia nominal de operación	(Hz)	0...400					
Grado de protección		IP 20					
Protección contra contacto directo frontal cuando actuado por un dedo de ensayo perpendicular (IEC 536)		IP 20					
Temperatura ambiente		-25 °C hasta +60 °C					
Temperatura de operación		-25 °C hasta +60 °C					
Temperatura de almacenado		-40 °C hasta +70 °C					
Prueba climática IEC 60 068-2-3 IEC 60 068-2-30		Constante caliente y húmedo					
Pérdida por pasaje de corriente							
Ajuste más bajo del rango	(W)	0.9	0.9	1.5	2.3	1	
Ajuste más alto del rango	(W)	1.4	1.7	4.7	4.7	1.9	
Capacidad del terminal principal							
Hilo sólido	mm <sup>2</sup>	2x 1.5 ... 6		1x 6 ...35	1x 25 ... 35	-	-
Cable con terminal	mm <sup>2</sup>	2x 1.5 ... 10		1x 6 ...35	1x 25 ... 35	-	-
Sólido y flexible	mm <sup>2</sup>	2x 1.5 ... 6		1x 6 ...35	1x 25 ... 35	-	-
Solid y stranded	AWG	14 ... 6		18 ... 2	8 ... 1/0	8...1/0	8...1/0
Barramiento	mm	-		-	-	2x (25x5)	2x (60x10)
Par de apriete		-		-	-	-	-
Circuito principal	Nm	1.4...2.3		4 ... 6	4 ... 6	14...26	23...26
Circuitos auxiliares y control	Nm	1...1.5		1...1.5	1...1.5	1...1.5	1...1.5

### Características de disparo

Las características de disparo del RW muestran el tiempo de disparo con relación a la corriente. Muestra el valor medio del rango de ajuste en la temperatura ambiente de 20°C empezando del estado frío. El tiempo de disparo de los relés en la temperatura operacional es reducida aproximadamente 25% del valor ajustado. En condiciones normales de operación, todas las tres fases del RW deben pasar corriente.

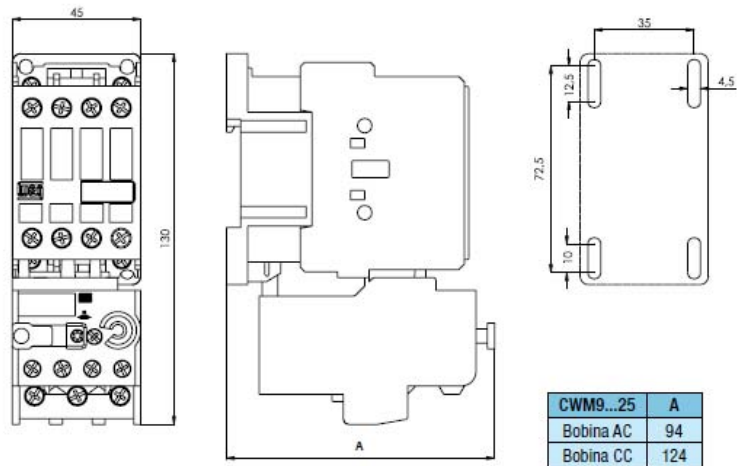


### Dimensiones (mm)



## Contactores y Relés de Sobrecarga – Dimensiones (mm)



### CWM9...25 + RW27



## Anexo D. Guardamotor MPW 25

### Característica general de los guardamotores MPW

Con la más alta tecnología y diseño, la línea MPW ahorra espacio en el tablero y es adecuado para ser utilizado en aplicaciones de control de motores. Las protecciones de cortocircuito y sobrecarga están combinadas en solamente un aparato. El guardamotor posee una manija rotativa con tres posiciones ON, Trip y OFF, que tiene la posibilidad de poner un candado en la posición OFF garantizando la seguridad en el mantenimiento.

		MPW16 hasta 16A		MPW25 hasta 32A		
						
Corriente Nominal Máxima $I_{nmax}(I_b)$		16A		32A		32
Número de polos		3		3		3
Cortocircuito Instantáneo		13 x $I_b$ máx	13 x $I_b$ máx	12 x $I_b$ máx	12 x $I_b$ máx	19 x $I_b$ máx
Tensión de Trabajo $U_o$		690V	690V	690V	690V	690V
Frecuencia de Trabajo		50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz
Categoría de Utilización	IEC 60 947-2 (Interruptor)	A	A	A	A	A
	IEC 60 947-4-1 (Arranque de Motores)	AC-3	AC-3	AC-3	AC-3	AC-3
Ensayo de Trip		Si	Si	Si	Si	Si
Protección de Sobrecarga		Si	No	Si	No	Si
Sensibilidad a falta de fase		Si	No	Si	No	Si
Indicación de Trip		Si	Si	Si	Si	Si
Clase de Disparo		10	-	10	-	10
Vida Mecánica	Operaciones	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Vida Eléctrica	Operaciones	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Compensación de temperatura		-20...+60°C	-	-20...+60°C	-	-20...+60°C
Tipo de Protección		Termomagnética	Magnética	Termomagnética	Magnética	Termomagnética

## Guardamotor MPW25 - Tabla de Selección

### Guardamotor MPW25 hasta 32A - Termomagnético y Solamente Magnético

- Protección contra sobrecarga y cortocircuito de motores eléctricos
- Disparador de cortocircuito ajustado en el valor de 12 veces la corriente nominal del guardamotor
- Sensible a falta de fase de acuerdo con norma IEC/EN 60947-4-1 y DIN VDE 0660 T.102
- Compensado por temperatura
- Utilización como interruptor general
- Auto protegido contra cortocircuito hasta 6,3A en 500Vca
- Capacidad de interrupción de 100kA hasta 6,3A en 440Vca de acuerdo IEC/EN 60947-4-
- Certificación UL/CSA



### Guardamotor MPW25 - Protección Termomagnética

Tabla orientativa para selección de la protección de motores trifásicos 60Hz - 4 polos <sup>1)</sup>						Corriente Nominal In(A)	Rango de Ajuste de Corriente Nominal In(A)	Disparo Magnético Instantáneo Im(A)	Referencia	Peso kg
220-240V cv / kW	380-415V cv / kW	440-480V cv / kW	500V cv / kW	550-600V cv / kW	690V cv / kW					
-	-	-	-	-	-	0,16	0,1...0,16	1,92	MPW25-3-C016	0,36
-	-	-	-	-	0,16 / 0,12	0,25	0,16...0,25	3,0	MPW25-3-C025	
-	-	0,16 / 0,12	0,16 / 0,12	0,16 / 0,12	0,25 / 0,18	0,4	0,25...0,4	4,8	MPW25-3-D004	
-	0,16 / 0,12	0,25 / 0,18	0,25 / 0,18	0,33 / 0,25	0,33 / 0,25	0,63	0,4...0,63	7,56	MPW25-3-C063	
0,16 / 0,12	0,33 / 0,25	0,33 / 0,25	0,5 / 0,37	0,5 / 0,37	0,75 / 0,55	1	0,63...1	12	MPW25-3-U001	
0,33 / 0,25	0,5 / 0,37	1 / 0,75	1 / 0,75	1 / 0,75	1,5 / 1,1	1,6	1...1,6	19,2	MPW25-3-D016	
0,5 / 0,37	1 / 0,75	1,5 / 1,1	1,5 / 1,1	1,5 / 1,1	2 / 1,5	2,5	1,6...2,5	30,0	MPW25-3-D025	
1 / 0,75	2 / 1,5	2 / 1,5	2 / 1,5	3 / 2,2	4 / 3	4	2,5...4	48	MPW25-3-U004	
1,5 / 1,1	3 / 2,2	4 / 3	4 / 3	5 / 3,7	5,5 / 4	6,3	4...6,3	75,6	MPW25-3-D063	
3 / 2,2	6 / 4,5	7,5 / 5,5	5,5 / 4	7,5 / 5,5	10 / 7,5	10	6,3...10	120	MPW25-3-U010	
5 / 3,7	10 / 7,5	12,5 / 9,2	12,5 / 9,2	15 / 11	15 / 11	16	10...16	192	MPW25-3-U016	
7,5 / 5,5	12,5 / 9,2	15 / 11	15 / 11	-	20 / 15	20	16...20	240	MPW25-3-U020	
-	15 / 11	-	20 / 15	20 / 15	25 / 18,5	25	20...25	300	MPW25-3-U025	
12,5 / 9,2	20 / 15	20 / 15	25 / 18,5	30 / 22	30 / 22	32	25...32	384	MPW25-3-U032	

## Datos Técnicos

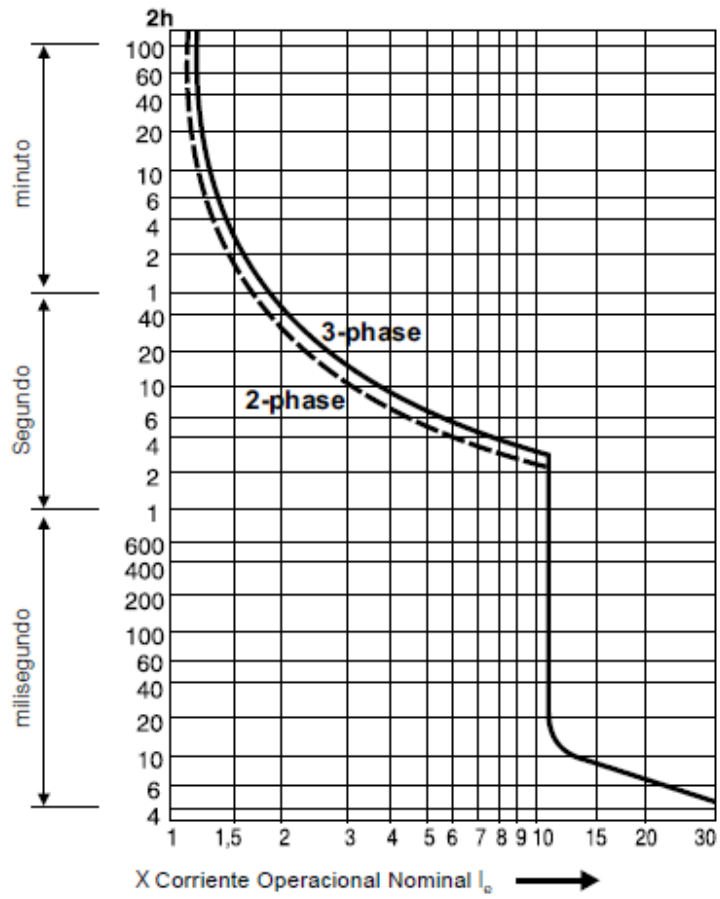
Modelos		MPW16	MPW16i	MPW25	MPW25i	MPW25t
Corriente Nominal Máxima $I_{max}(I_p)$		16A	16A	32A	32A	32A
Número de polos		3	3	3	3	3
Cortocircuito Instantáneo		13 x lemáx.	13 x lemáx.	12 x lemáx.	13 x lemáx.	19xlemáx.
Tensión de Trabajo $U_g$		690V <sup>1)</sup>	690V <sup>1)</sup>	690V <sup>1)</sup>	690V <sup>1)</sup>	690V <sup>1)</sup>
Frecuencia de Trabajo <sup>2)</sup>		50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz	50/60Hz
Tensión de Aislamiento $U_i$		690V	690V	690V	690V	690V
Tensión de impulso nominal soportable $U_{imp}$		6kV	6kV	6kV	6kV	6kV
Categoría de Utilización	IEC 60 947-2 (Guardamotor)	A	A	A	A	A
	IEC 60 947-4-1 (Arranque de motores)	AC-3	AC-3	AC-3	AC-3	AC - 3
Ensayo de Trip		Si	Si	Si	Si	Si
Protección de Sobrecarga		Si	No	Si	No	Si
Sensibilidad a falta de fase		Si	No	Si	No	Si
Indicación de Trip		Si	Si	Si	Si	Si
Clase de Disparo		10	-	10	-	10
Máxima frecuencia de maniobra Op./h		15	15	15	15	15
Altitud	m	2000	2000	2000	2000	2000
Grado de protección		IP20	IP20	IP20	IP20	IP20
Vida Mecánica	Operaciones	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Vida Eléctrica	Operaciones	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Temperaturas Ambientes Permitidas						
Transporte y almacenado		-50...+80°C	-50...+80°C	-50...+80°C	-50...+80°C	-50...+80°C
Operación <sup>3)</sup>		-20...+70°C	-20...+70°C	-20...+70°C	-20...+70°C	-20...+70°C
Compensación de temperatura		-20...+60°C	-	-20...+60°C	-	-20...+60°C
Resistencia al Impacto:	g	15	15	15	15	15
Normas						
IEC/EN 60 947-1, DIN VDE 0660 (parte 100)		Si	-	Si	-	Si
IEC/EN 60 947-2, DIN VDE 0660(parte 101)		Si	-	Si	-	Si
IEC/EN 60 947-4-1, DIN VDE 0660(parte 102)		Si	-	Si	-	Si
Conexión						
Tipo del terminal		Plano	Plano	Plano	Plano	Plano
Par de aprieto	N.m	1,2...1,7	1,2...1,7	2...2,5	2...2,5	2...2,5
	lb.in	11...16	11...16	18...22	18...22	18...22
Tipo de tornillo		Fenda-Phillips(Nº2)	Fenda-Phillips(Nº2)	Fenda-Phillips(Nº2)	Fenda-Phillips(Nº2)	Fenda-Phillips (Nº2)
Dimensiones						
Ancho	mm	45	45	45	45	45
Altura	mm	90	90	97	97	97
Profundidad	mm	77	77	98	98	98

## Guardamotores MPW - Curvas Características

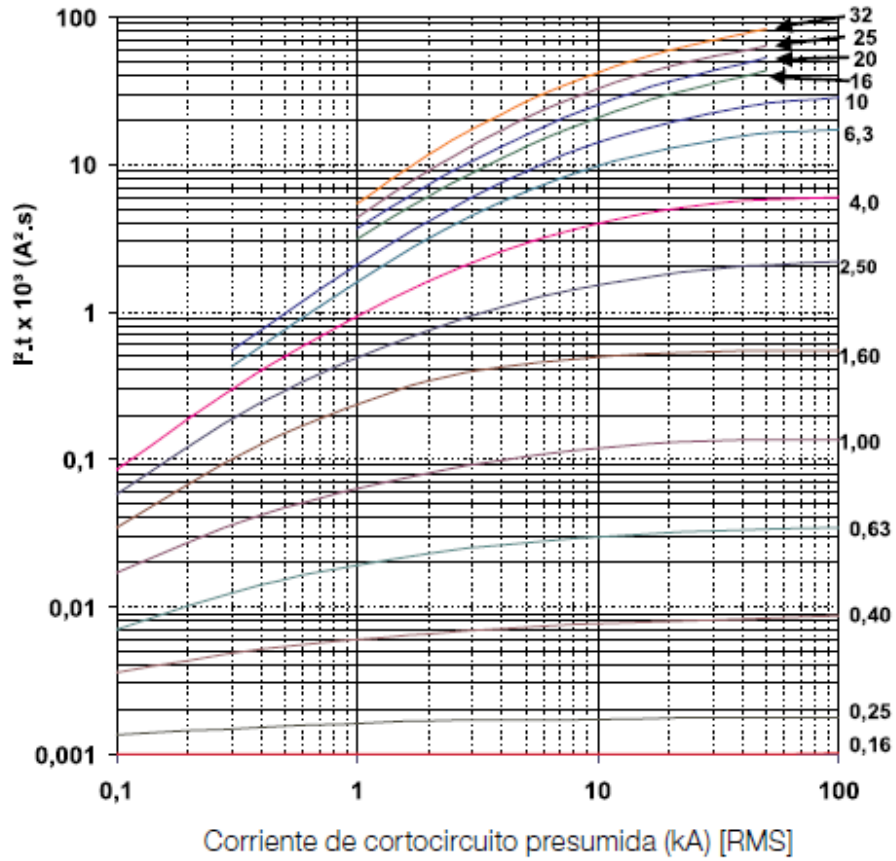
La característica de disparo presenta el tiempo de disparo del guardamotor en relación a corriente nominal.

Las curvas muestran valores medios de los rangos de tolerancias para temperatura ambiente de 20oC, iniciando del estado frio. El tiempo de disparo térmico cuando trabaja en la temperatura de operación es reducida para aproximadamente 25% de los valores presentados. Bajo condiciones normales de operación, todas las 3 fases de los interruptores deben estar conduciendo.

# MPW16/25/65

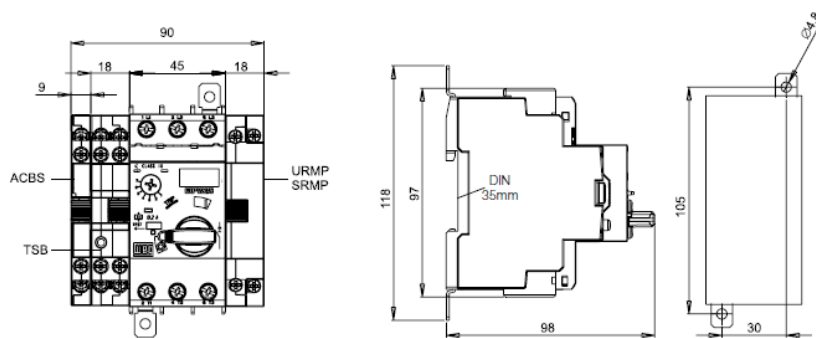


## I<sup>2</sup>t en 415V - MPW25/25i

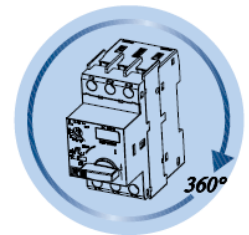


Dimensiones (mm)

### MPW25 + Accesorios



### Posición de Montaje



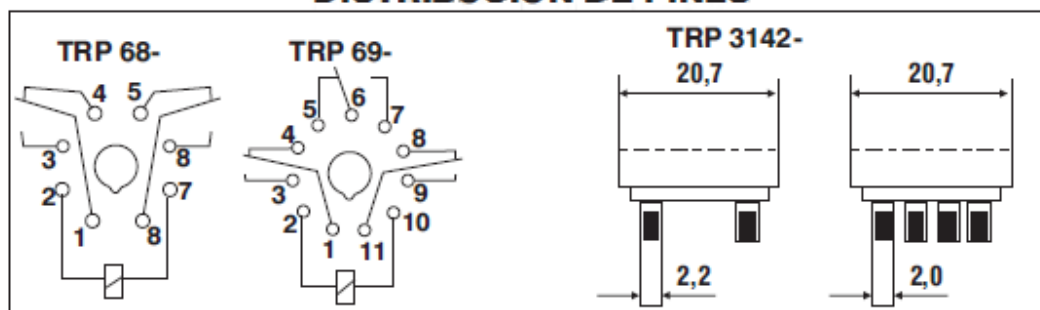


## Anexo E. Relevo VCP TRP 68



Cód.	Ref.	DESCRIPCIÓN.	
<b>RELEVOS 8 PINES, VOLTAJE AC, 10 Amp, AC1, 2500 VA</b>			
REV0001	TRP 68-012 AC	2 Contactos	12V AC
REV0002	TRP 68-024 AC	2 Contactos	24V AC
REV0003	TRP 68-110 AC	2 Contactos	110V AC
REV0004	TRP 68-220 AC	2 Contactos	220V AC
<b>RELEVOS 8 PINES, VOLTAJE DC, 10 Amp, AC1, 2500 VA</b>			
REV0005	TRP 68-012 DC	2 Contactos	12V DC
REV0006	TRP 68-024 DC	2 Contactos	24V DC
REV0007	TRP 68-048 DC	2 Contactos	48V DC
REV0008	TRP 68-110 DC	2 Contactos	110V DC

### DISTRIBUCIÓN DE PINES



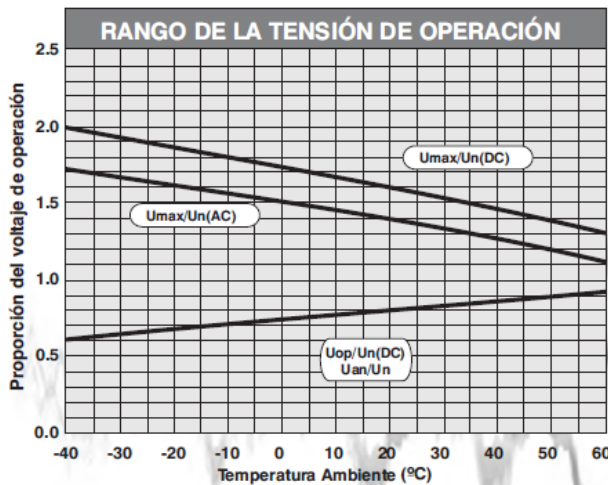
## CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE RELEVOS DE 8 Y 11 PINES



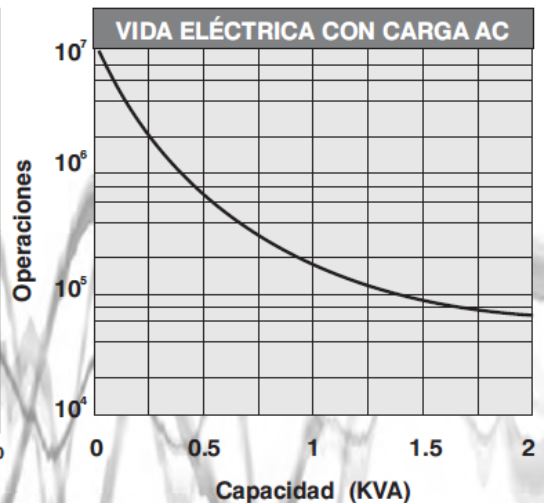
### RELEVOS DE 8 Y 11 PINES

DATOS DE EXCITACIÓN						
Voltaje nominal de bobina	Resistencia de bobina a 20°C			Rango de Voltaje de operación a 20°C		
	Relevo DC	Relevo AC 50 Hz/60Hz		voltaje operación	Umax DC	Umax AC
Un (VDC/AC)	Rn (Ω) ±10%	Rn (Ω) ±10%		Uop ≤ (V)	≤ (V)	≤ (V)
6	28	5.7	5	4.8	9	9.5
12	110	25	20	9.6	18	19
24	440	100	80	19.2	36	38
48	1740	400	320	38.4	73	76
60	2750	630	510	48	91	95
110	9000	2000	1750	88	168	174
220	36000	7700	7000	176	336	349
230	39000	8800	7500	184	351	365

INFORMACIÓN TÉCNICA GENERAL	
<b>Voltaje de Prueba entre:</b>	
contacto - bobina	≥ 2 KV rms, 50 Hz
contacto - contacto	≥ 1 KV rms, 50 Hz
bases de contactos	≥ 2 KV rms, 50 Hz
<b>Vida mecánica</b>	> 107 operaciones
Máxima tensión de operación	250 VAC / DC
Máxima potencia de suicheo	2500 VA / 4000W
Máxima carga de suicheo	12 VAC, 100 mA
<b>Tiempo de operación</b>	≤ 15 ms a Un
<b>Tiempo de apertura</b>	≤ 15 ms
<b>Máxima frecuencia de operación</b>	1000/h - carga especificada
<b>Máxima frecuencia de operación</b>	36000/h - mínima carga
<b>Resistencia de aislamiento (500 VDC)</b>	< 103 MΩ
<b>Resistencia a la vibración (11 - 55 Hz)</b>	3gn
<b>Resistencia de choque (11ms)</b>	
funcional	10gn
destruictiva	100gn
<b>Temperatura ambiente</b>	
para operación	- 25 a 50° C
para almacenamiento	- 40 a 80° C
<b>Grado de protección (IP)</b>	IP 50, IEC 529
<b>Clase de aislamiento</b>	3-250, IEC 60669-1
<b>Posición de montaje</b>	Distancia entre relés 10mm
<b>Peso</b>	aprox. 75 gr



Uop = Tensión de operación de bobina  
 Umax = Máxima tensión de bobina



## Anexo F. Cuadros de cargas de la EDS

Tablero	Ficte 2x75w	Toma 162w	Toma GFCI	T-Comp 300w	Toma A:A	Carga instalada			Carga wattios	f.p	Carga v.a	Volt	I amp	conduct Tipo	Calibre AWG	Protecc	Observaciones	
						A	B	C										
T-ADM		4	1	1		1,446			1,446	0.9	1,607	120	13.39	TW	12	1X20A	Luces y tomas primer piso	
		6	1	1				1,434	1,434	0.9	1,593	120	13.28	TW	12	1X20A	Tomas oficina gerencia	
		2						798	798	0.9	887	120	7.4	TW	14	1x15A	Luces y tomas segundo piso	
		5			2		1,410		1,410	0.9	1,567	120	13.1	TW	12	1X20A	Tomas secretaria segundo piso	
						1		600	600	1,200	0.8	1,500	208	7.2	TW	12	2x20A	Aire Acondicionado
						1		900	900	1,800	0.8	2,250	208	10.8	TW	12	2x20A	Aire Acondicionado-ventana
Subtotal	0	17	2	4	2	2,856	2,934	2,298	8,088	0.9	9,403	208	26.1	TW	8	3X40A		

Tablero	Toma 600w	toma 1080w	toma 1200w			Carga instalada			Carga wattios	f.p	Carga v.a	Volt	I amp	conduct Tipo	Calibre AWG	Protecc	Observaciones
						A	B	C									
T-CAF								742	742	0.9	824	120	6.9	TW	14	1X15A	Luces tomas cafetería
		2						1,200	1,200	0.8	1,500	120	12.5	TW	12	1x20A	Neveras Hipinto-Cocacola
			1					1,200	1,200	0.8	1,500	120	12.5	TW	12	1x20A	Nevera Pilsen
			1					1,200	1,200	0.8	1,500	120	12.5	TW	12	1x20A	Enfriador industrial
		1						1,080	1,080	0.9	1,200	120	10.0	TW	12	1x20A	Vitrina Calentador
Totales	2	1	2	0	0		3,022	2,400	5,422	0.8	6,524	208	31.4	TW	8	2x40A	

Tablero	Esmeril	Toma	Motor	Motor		Carga instalada			Carga	f.p	Carga	Volt	I	conduct	Calibre	Protecc	Observaciones
	0,5 hp	500w	1 hp	3 hp		A	B	C	watios		v.a		amp		Tipo	AWG	
T-MONT						978			978	0.9	1,087	120	9.1	TW	14	1x15A	Luces y tomas
	1	1					873		873	0.9	1,027	120	8.6	TW	12	1X20A	Esmeril ½hp,vulcanizador 0,5kw
			1					746	746	0.8	933	120	7.8	TW	12	1X20A	Balanceadora 1hp-1Ø
			1			248	249	249	746	0.8	1,260	208	3.5	TW	12	3X15A	Desmontadora 1 hp-3Ø
				1		746	746	746	2,238	0.8	3,454	208	9.6	TW	12	3X20A	Compresor 3 hp -3Ø
Totales	1	1	2	1	0	1,972	1,868	1,741	5,581	0.7	7,760	208	21.57	TW	8	3x30A	

Tablero	Toma	Bomba	Bomba	Motor		Carga instalada			Carga	f.p	Carga	Volt	I	conduct	Calibre	Protecc	Observaciones
	162w	1 hp	5 hp	5 hp		A	B	C	watios		v.a		amp		Tipo	AWG	
T-LAV	2							1,246	1,246	0.9	1,384	120	11.54	TW	14	1x15A	Luces y tomas
		1					373	373	746	0.8	933	208	4.483	TW	12	2x15A	Bomba sumergida
			1			1,243	1,243	1,244	3,730	0.8	5,686	208	15.8	TW	10	3X30A	Bomba de presión-5 hp-3Ø
				1		1,243	1,243	1,244	3,730	0.8	5,686	208	15.8	TW	8	3x30A	Motor aspiradora-5 hp-3Ø
														TW			
Totales	2	1	1	1	0	2,486	2,859	4,107	9,452	0.8	13,689	208	38.0	TW	6	3x50A	

## Resumen de los cuadros de cargas

Tablero	Carga instalada			Carga wattios	f.p	Carga v.a	Volt	I amp	conduct	Calibre AWG	Protecc	Observaciones
	A	B	C									
T-ADM	2,856	2,934	2,298	8,088	0.86	9,403	208	26.1	TW	8	3X40A	
T-ISLAS	2,168	2,216	2,200	6,584	0.80	8,723	208	24.2	TW	8	3x40A	
T-CAF	0	3,022	2,400	5,422	0.83	6,524	208	31.4	TW	8	2x40A	
T-MONT	1,972	1,868	1,741	5,581	0.72	7,760	208	21.6	TW	8	3x30A	
T-LAV	2,486	2,859	4,107	9,452	0.80	13,689	208	38.0	TW	6	3x50A	
<b>TOTAL</b>	<b>9,482</b>	<b>12,899</b>	<b>12,746</b>	<b>35,127</b>	<b>0.85</b>	<b>41,270</b>	<b>208</b>	<b>114.7</b>	<b>TW</b>	<b>1/0</b>	<b>3x125A</b>	

## Anexo G. Cálculos tipo del cuadro de cargas y regulación

### Cuadro de cargas

- Motores Surtidores: 3 (3/4 Hp) Volt: 208V  
Fp:0,8 Eficiencia: 0.85
- Bombas Sumergibles: 2 (1.5 Hp) Volt: 208V  
Fp:0,8 Eficiencia: 0.85
- Reguladores de voltaje: 2 (1.2KVa). Volt: 120V  
Fp:0,9 Eficiencia: 1,0

Cálculo para el Motor del Surtidor1:

Pasamos los Hp a Watt:  $0.75 \times 746 = 559w$

Tenemos como factor de potencia: 0.8

Eficiencia del motor: 0.85

Voltaje: 208

$$P_{va} = \frac{Watt}{Fp * Eff} = \frac{559w}{0.8 * 0.85} = 822VA$$

$$I = \frac{VA}{Vol} = \frac{822 VA}{208V} = 3.95A$$

También podemos hallar la I si conocemos los Hp con la siguiente ecuación:

$$I = \frac{HP * 746}{Vol * Fp * Eff} = \frac{0.75Hp * 746}{208V * 0.8 * 0.85} = 3.95A$$

Con estas ecuaciones podemos hallar las potencias y las corrientes de los demás equipos a controlar en el tablero de islas de la EDS

- Surtidor 2

$$P_{va} = \frac{Watt}{Fp * Eff} = 822VA$$

$$I = \frac{VA}{Vol} = 3.95A$$

- Surtidor 3

$$P_{va} = \frac{Watt}{Fp * Eff} = 822VA$$

$$I = \frac{VA}{Vol} = 3.95A$$

- Bomba Sumergible 1

Pasamos los Hp a Watt:  $1.5 \times 746 = 1119w$

Tenemos como factor de potencia: 0.8

Eficiencia del motor: 0.85

Voltaje: 208

$$Pva = \frac{Watt}{Fp * Eff} = 1.645VA = 1.6Kva$$

$$I = \frac{VA}{Vol} = 7.9A$$

- Bomba Sumergible 2

$$Pva = \frac{Watt}{Fp * Eff} = 1.645VA = 1.6Kva$$

$$I = \frac{VA}{Vol} = 7.9A$$

### **Cálculos para la regulación.**

Para el cálculo de la regulación es importante tener en cuenta el momento eléctrico y la constante de regulación K.

Momento eléctrico

$$M = Kva * mt$$

Constante de regulación

$$K = \frac{KG}{(VII)^2}$$

En donde la regulación se halla de acuerdo a la siguiente ecuación

$$VD = K * M$$

Vamos a calcular la caída de tensión de la red al tablero general de la estación de servicio, la cual nos va a indicar la caída de tensión en esta primera parte de la estación de servicio.

### 1. De red a T.EDS

Longitud: 10mts  
Kva: 41,270Kva  
Voltaje: 208  
Sistema 3Ø (3F+N)  
Fp=0,8

$$M = Kva * mt = 41,2kva * 10mts = 412,7$$

$$I = \frac{KVA}{\sqrt{3} * Volt} = \frac{41,2KVA}{\sqrt{3} * 208V} = 114,5A$$

De la tabla 8 obtenemos la kg del conductor 1/0 AWG para un factor de potencia 0,8

$$KG(1/0) = 36,3697$$

$$K = \frac{KG}{(VI)^2} = \frac{36,3697}{(208)^2} = 0,0008486$$

$$VD = K * M = 0,0008486 * 412,7 = 0,347$$

$$VD = 0,347$$

Esta es la caída de voltaje que se tiene desde los bornes del transformador hasta el tablero general de la estación de servicio.

### 2. A continuación se hace el cálculo para la caída de tensión del Tablero de la estación de servicio hasta el tablero de control de las islas

T.eds a T.islas

Long: 5mts  
KVA: 8,723Kva  
Volt: 208V  
Sistema 3Ø (3F+N)  
Fp=0,8



$$M = Kva * mt = 43,615$$

$$I = \frac{KVA}{\sqrt{3} * Volt} = 114,5A$$

De la tabla 8 obtenemos la kg del conductor 8 AWG para un factor de potencia 0,8

$$KG(8) = 196,463$$

$$K = \frac{KG}{(Vll)^2} = 0,004541$$

$$VD = K * M = 0,198$$

Este resultado me indica la caída de tensión que se presente desde el tablero de la EDS hasta el tablero de islas, pero como se necesita conocer la caída total hasta este punto, por lo cual sumamos las caídas que llevamos y esa será la caída total hasta el tablero de islas.

$$VDtotal = 0,198 + 0,347 = 0,545$$

Esta caída de tensión será la referencia para la regulación del tablero de islas a las respectivas cargas que están conectadas a este mismo.

3) de T-islas a Bomba sumergible 1

Long: 25mts

KVA: 1,6Kva

Volt: 208V

Sistema 2Ø (F+F)

Fp=0,8

$$M = Kva * mt = 41,125$$

$$I = \frac{KVA}{Volt} = 7,9A$$

De la tabla 8 obtenemos la kg del conductor 12 AWG para un factor de potencia 0,8

$$KG(12) = 476,467$$

Al ser un sistema 2Ø (F+F), aplicamos el factor de corrección de la tabla 3

$$K = \frac{2 * KG}{(Vll)^2} = 0,022026$$

$$VD \text{ parcial} = K * M = 0,96 \text{ Parcial}$$

$$VD \text{ total} = 0,96 + 0.545 = 1,451;$$

4) de T-islas a Bomba sumergible 2

Long: 23mts  
KVA: 1,6Kva  
Volt: 208V  
Sistema 2Ø (F+F)  
Fp=0,8

$$M = Kva * mt = 37,835$$

$$I = \frac{KVA}{Volt} = 7,9A$$

De la tabla 8 obtenemos la kg del conductor 12 AWG para un factor de potencia 0,8

$$KG(12) = 476,467$$

Al ser un sistema 2Ø (F+F), aplicamos el factor de corrección de la tabla 3

$$K = \frac{2 * KG}{(Vll)^2} = 0,022026$$

$$VD \text{ parcial} = K * M = 0,833 \text{ Parcial}$$

$$VD \text{ total} = 0,833 + 0.545 = 1,379$$

**Cuadro de regulación.**

TRAMO		long	Kva	Momento	Volts	I	Kg	K	I Cond. (A)	Conductor		Regulación		I Protec (A)	Protección
DE	A	mts		kva*m		amp	f.p=0.8		125%*Ipc	Tipo	Calibre	Parcial	Total	115%*Ipc	
RED	TEDS	10	41.3	412.7	208	114.7	36.3697	0.000841	143.36	THHN	1/0	0.347	0.347	132	3x70A
TEDS	T-ISLAS	5	8.7	43.61454	208	24.2	196.5	0.004541	30.30	THHN	8	0.198	<b>0.545</b>	28	3x40A
T-ISLAS	BS1	25	1.65	41.13971	208	7.9	476.5	0.022026	9.89	THHN	12	0.906	1.451	9	2x20A
T-ISLAS	BS2	23	1.65	37.84853	208	7.9	476.467	0.022026	9.89	THHN	12	0.834	1.379	9	2x20A
T-ISLAS	SURT. 1	26	0.82	21.37353	208	4.0	476.467	0.022026	4.94	THHN	12	0.471	1.016	5	2x20A
T-ISLAS	SURT. 2	28	0.82	23.01765	208	4.0	476.467	0.022026	4.94	THHN	12	0.507	1.052	5	2x20A
T-ISLAS	SURT.3	30	0.82	24.662	208	4.0	476.467	0.022026	4.94	THHN	12	0.543	1.088	5	2x20A