



**TECNÓLOGICO NACIONAL DE MEXICO**  
Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

**INGENIERIA ELÉCTRICA**

**REPORTE DE RESIDENCIA**

**DISEÑO DE PROYECTO ELECTRICO DE UNA ESTACION DE  
SERVICIO DE ACUERDO A LA NOM-001-SEDE-2012**

**ASESOR INTERNO**

**ING. ARIOSTO MADUJANO CABRERA**

**ASESOR EXTERNO**

**ING. JUAN CHANDOQUI SOLIS**

**ALUMNO**

**SANCHEZ JUAREZ JORGE ALEJANDRO**

**TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS**

**DICIEMBRE 2019**

<b>Índice</b>	<b>pág.</b>
1. Introducción .....	3
1.1 Antecedentes .....	3
1.2 Estado del Arte .....	4
1.3 Objetivo.....	4
1.4 Metodología .....	5
1.5 Justificación.....	5
2. Fundamento Teórico .....	6
2.1 NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (Utilización).....	6
2.2 Artículo 514 Gasolineras y Estaciones de Servicio .....	6
2.3 Áreas peligrosas .....	7
2.4 Ubicación de áreas peligrosas.....	9
2.4 Instalaciones eléctricas .....	12
2.6 Sistemas de iluminación .....	15
2.7 Sistema de tierras .....	17
2.8 Sistema de pararrayos.....	18
2.9 Prueba de instalaciones .....	19
3.- Desarrollo .....	20
3.1 Cálculo de corrientes de cortocircuito .....	25
3.2 Características de los cortocircuitos .....	25
3.3 Consecuencias de los cortocircuitos .....	27
3.4 Como prevenir cortocircuitos .....	31
3.4 Calculo de cortocircuito por el Método por Unidad .....	33
3.6 Calculo de los Conductores Principales y Conductores de los Circuitos Derivados .....	46
4.- Resultados.....	55
5.- Referencias .....	56
ANEXO A.....	56
ANEXO B.....	59
6. Conclusiones .....	61

# 1. Introducción

## 1.1 Antecedentes

La primera estación de servicio para vehículos estuvo instalada fuera de una farmacia de la ciudad en Wiesloch, en Alemania llamada La Stadt-Apotheke (Farmacia Municipal) esta sigue en pie y es considerada la primera estación de servicio del mundo, Durante muchos años.

Los registros sobre establecimientos que iniciaron la comercialización de combustibles para motores en los Estados Unidos de Norteamérica se remontan al año 1905. Con el incremento del número de automóviles se expandió la distribución de combustibles y quienes se dedicaban a esa actividad se dieron cuenta de que los consumidores tenían otras necesidades, tanto de bienes y servicios relacionados con su automóvil, como para ellos mismos.

Fue así que, en 1913, la compañía GulfRefining Co. En Pittsburgh, Pennsylvania, comenzó a distribuir mapas de carreteras; otros comenzaron a incorporar talleres para la reparación y mantenimiento de los vehículos, reparación de llantas y cambio de aceite, con lo cual cambio el concepto de estación de llenado, a estación de servicio.

En 1992, con la creación del modelo de Franquicia, Petróleos mexicanos mostro su interés de impulsar al empresario gasolinero para que pudiera incorporar libremente negocios complementarios a la estación de servicio, tal como ocurrió en el mercado norteamericano. El crecimiento de ese modelo fue muy lento ya que se entendía que el negocio central era la comercialización de combustible.

La Red de Estaciones de Servicio ha estado sujeta desde marzo de 1992 a un proceso de modernización de sus instalaciones para garantizar elevados niveles de seguridad y cumplimiento de la normatividad en materia ambiental, a la vez que se atienden las necesidades de los consumidores con más altos estándares de calidad en el Servicio.

Por otro lado, se revisaron los procedimientos administrativos para incorporar nuevas Estaciones de Servicio al detectarse un rezago en el crecimiento de la red comercial, respecto a la dinámica socioeconómica del país. Esto condujo al acuerdo con la Comisión Federal de Competencia que se firmó en julio de 1994 y que dio lugar al Programa Simplificado para la Instalación de Nuevas Estaciones de Servicio.

Con ello se impulsa el interés por la Franquicia Pemex y se incrementa de manera constante la Red de Estaciones de Servicio que hoy significa contar con una Red de más de 10,150 Estaciones de Servicio distribuidas a lo largo del país.

## **1.2 Estado del Arte**

Francisco Pérez Flores, en la Universidad Pontificia Comillas, Madrid Realizo una remodelación de una Estación de Servicio. Con la remodelación se instalaron nuevas instalaciones las cuales ofrecen un servicio completo al cliente y de esa manera buscar una mejor rentabilidad de la misma. Las nuevas instalaciones estarán adaptadas a las actuales normativas relacionadas con estaciones de servicio.

Francisco Xavier Hurtado Ramírez, en la Universidad Politécnica Salesiana realizo un estudio de factibilidad y evaluación financiera en base a títulos negociables aplicados para la construcción de una estación de servicio el cual permitirá conocer una alternativa de financiamiento, con características y ventajas comparativas, frente a las modalidades tradicionales de intermediación financiera con el objetivo de construir una estación de servicio.

Miguel Ángel Magaña Moheno, en la Universidad Nacional Autonomía de México realizo una estrategia para el establecimiento de Estaciones de Servicio, esta estrategia tiene por objeto elaborar una guía que muestre los factores más importantes que intervienen para determinar la rentabilidad de una Estación de Servicio, considerando la ubicación del terreno, orografía y análisis del mercado.

José Juan Ramírez Ledesma, en el instituto politécnico nacional realizo una aportación de un modelo sistemático para el diseño y construcción de gasolineras ambientalmente sustentable el cual aborda el diseño y construcción de estaciones de servicio bajo una visión cibernética, analizando las características de la construcción actual, para así realizar una propuesta de un modelo eco sistemático que ayude a mitigar el impacto ambiental

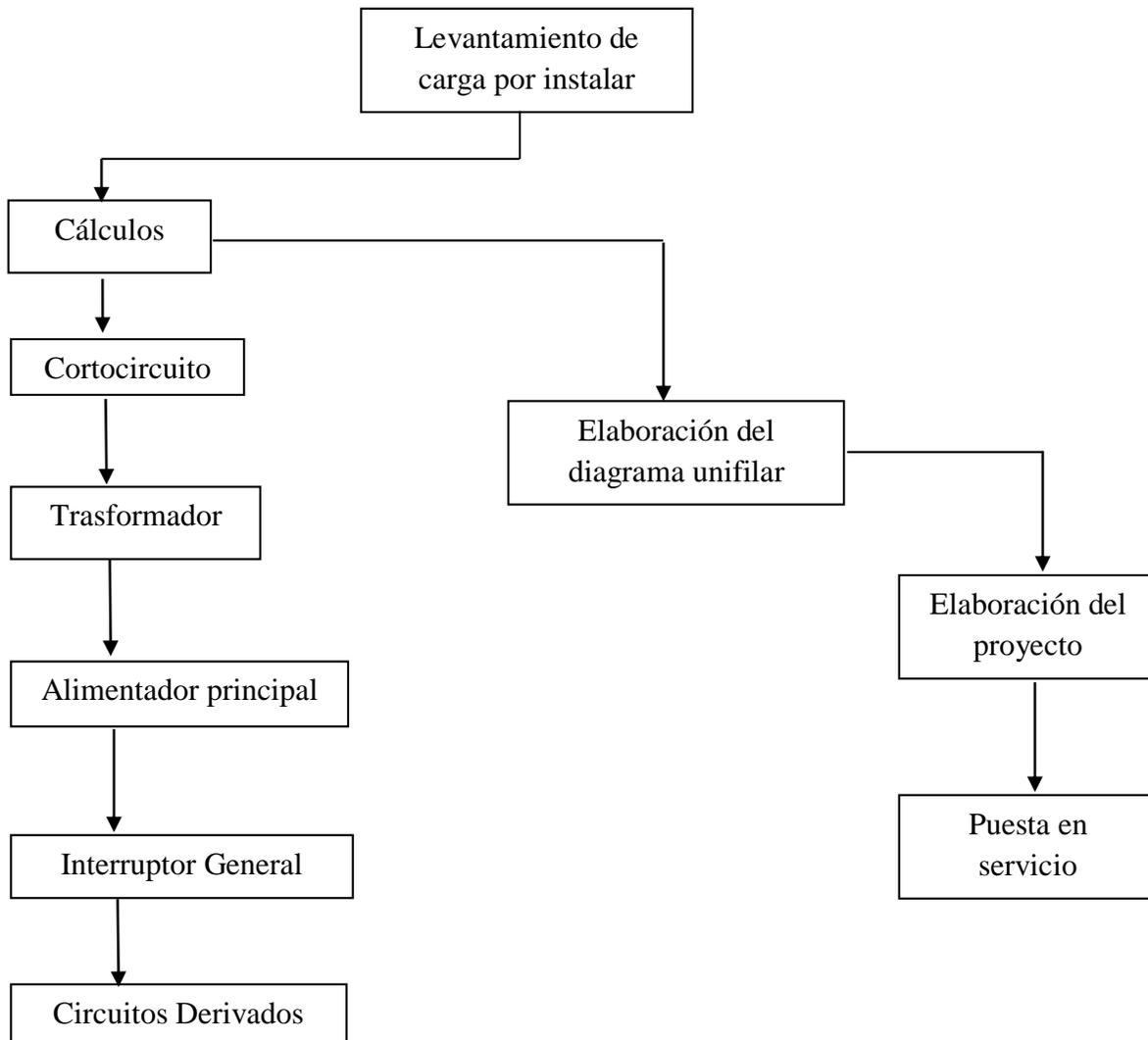
Miguel Ángel García García, en el Instituto Politécnico Nacional, realizo un Proyecto Ejecutivo de la Estación de Servicio Es. 7658 ubicado en Santa María Ajoloapan Municipio de Hueyoptla, Estado de México, con este proyecto se cumplen las Normas de Pemex, así como también las Normas de construcción.

Luis Gabriel Escarcega Navarro en el Instituto Politécnico Nacional realizo una Propuesta de Implantación de un Tablero de Control para Gasolineras Grupo Mexicano. El concepto de tablero de control parte de la idea de configurar un tablero de información cuyo objetivo y utilidad básica es diagnosticar adecuadamente una situación.

## **1.3 Objetivo**

Diseño de proyecto eléctrico en media y baja tensión de una Estación de Servicio de combustible la cual contara con cálculos de Cortocircuito y planos de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas de utilización.

## 1.4 Metodología



*Fig. 1.1 Diagrama de bloques del Proyecto*

## 1.5 Justificación

El presente proyecto es muy importante porque con el logramos establecer las especificaciones y los lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra las descargas eléctricas, los efectos térmicos y las corrientes de falla.

## 2. Fundamento Teórico

### 2.1 NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (Utilización)

La Norma NOM-001-SEDE-2012 es una norma que tiene como objetivo establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica en instalaciones eléctricas residenciales, comerciales o industriales, en el ámbito nacional, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente en protección contra:

- Las descargas eléctricas
- Los efectos térmicos
- Las sobrecorrientes
- Las corrientes de falla
- Las sobretensiones.

El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta NOM promueve el uso de la energía eléctrica en forma segura; asimismo esta NOM no intenta ser una guía de diseño, ni un manual de instrucciones para personas no calificadas.

### 2.2 Artículo 514 Gasolineras y Estaciones de Servicio

**514-1 Alcance:** Este artículo se debe aplicar a gasolineras y estaciones de servicio, para motores, motores marinos, dentro de edificios y para flotillas de vehículos.

#### 514-2. Definición

**Gasolineras y estaciones de servicio:** Parte de una propiedad donde se almacenan y despachan combustibles para motores desde un equipo fijo a los tanques de combustible de vehículos automotores o marítimos, o a recipientes aprobados, incluyendo todo el equipo utilizado en conexión con ellas.

#### 514-3. Clasificación de lugares.

**a) Lugares no clasificados.** Cuando una persona calificada determine que en un local no se van a manejar líquidos inflamables que tengan un punto de inflamación por debajo de los 38 °C, como la gasolina, no se requiere que esa área se clasifique como peligrosa.

#### **b) Lugares Clasificados**

**1) Áreas Clase I.** La Tabla 514-3(b) (1) debe ser aplicada donde sean almacenados, manejados o surtidos líquidos Clase I y usada para describir y clasificar las estaciones de servicio, talleres de servicio, de reparación y estacionamiento comercial para vehículos

automotores, que están definidos en el Artículo 511. Un área Clase I, no se debe extender más allá de una pared no perforada, techo u otra división sólida.

## **2) Áreas para gas natural comprimido, gas natural licuado y gas licuado de petróleo:**

La Tabla 514-3(b) (2) debe aplicarse y utilizarse para delinear y clasificar superficies en donde se almacene, maneje o surta gas natural comprimido, gas natural licuado o gas licuado de petróleo. Cuando los surtidores de gas natural comprimido o gas natural licuado se instalen debajo de algún tipo de techumbre, éste debe estar diseñado de forma tal que evite la acumulación o confinación de vapores de fácil ignición, o todo el equipo eléctrico instalado bajo la techumbre debe ser aprobado para áreas peligrosas (clasificadas) de Clase I, División 2. Los surtidores para gas licuado de petróleo deben instalarse a no menos de 1.50 metros de cualquier otro surtidor para líquidos de Clase I.

### **2.3 Áreas peligrosas**

#### **Presentación**

Las estaciones de servicio son establecimientos en los que se almacenan y manejan líquidos, gases o vapores inflamables, por lo que se clasifican como áreas peligrosas y se incorpora en áreas de la clase I, grupo D, divisiones 1 y 2, de acuerdo a lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 y en el código NFPA 70 (National Electrical Code).

#### **Clasificación**

Las áreas peligrosas en donde existen o pudieran existir concentraciones inflamables de vapores de hidrocarburos se clasifican de acuerdo a lo siguiente:

1. Lugares en donde bajo condiciones normales de operación existen concentraciones de gases o vapores inflamables, generados por hidrocarburos líquidos, se clasifican en la clase I, Grupo D, División 1.
2. Lugares en donde normalmente los líquidos, vapores o gases, se encuentran confinados en recipientes o sistemas cerrados de donde podrían escapar al presentarse una abertura no controlada o un mal funcionamiento del equipo, se clasifican en la clase I, grupo D, División 2.

#### **Características de las áreas peligrosas**

Clase I, grupo D, división 1

Sus características son las siguientes:

- Áreas en las cuales la concentración de gases o vapores existe de manera continua, independiente o periódicamente en el ambiente, bajo condiciones normales de operación.
- Zonas en las que la concentración de algunos gases o vapores puede existir frecuentemente por reparaciones de mantenimiento o por fugas de combustibles.
- Áreas en las cuales por falla del equipo de operación, los gases o vapores inflamables pudieran fugarse hasta alcanzar concentraciones peligrosas y simultáneamente ocurrir fallas del equipo eléctrico.

Esta clasificación generalmente incluye:

- • Los lugares donde se transfieren, de un recipiente a otro, líquidos volátiles inflamables ó gases licuados inflamables:
- • Interiores de las cabinas pulverizadoras de pintura, donde se usan solventes volátiles inflamables.
- • Lugares que contienen tanques de líquidos volátiles inflamables.
- • Lugares para el secado o compartimentos para la evaporación de solventes inflamables.
- • Lugares que contienen equipos para la extracción de grasas y aceites que usan solventes volátiles inflamables.
- • Secciones de las plantas de limpieza y teñido donde se utilizan líquidos inflamables.
- • Cuartos de los generadores de gas y otras secciones de plantas manufactureras de gas donde puede haber escape de gases inflamables o líquidos volátiles inadecuadamente ventilados.
- • Ventiladores de refrigeradores y congeladores que almacenan materiales volátiles inflamables al descubierto, o en recipientes ligeramente cubiertos o de fácil ruptura.
- • Todos los lugares donde pueden ocurrir durante el transcurso de una operación normal, concentraciones de vapor o gases inflamables.

Clase I, grupo D, división 2

Estas áreas tienen las características siguientes:

- Áreas en las cuales se manejan o usan líquidos volátiles o gases inflamables que normalmente se encuentran dentro de recipientes o sistemas cerrados, de los que pueden escaparse solo en caso de ruptura accidental u operación anormal del equipo.
- Áreas adyacentes a zonas de clase I, grupo D, división 1, en donde las concentraciones peligrosas de gases o vapores pudieran ocasionalmente llegar a comunicarse.

1.- Esta clasificación generalmente incluye lugares donde se usan líquidos volátiles inflamables, gases o vapores inflamables, pero que a juicio de una autoridad competente pueden volverse peligrosos, solamente en caso de accidentes o de alguna condición de operación inadecuada.

La cantidad de material inflamable que puede escaparse con fuerza, en caso de accidente, la capacidad del equipo de ventilación, el área total involucrada y el historial de la industria o negocio con respecto a explosiones o incendios, son los factores que merecen consideración al determinar la clasificación y extensión de cada lugar.

2.- No se considera que las tuberías sin válvulas, los puntos de inspección, medidores y dispositivos similares pueden, generalmente, causar condiciones de peligro aún al usarse líquidos o gases inflamables. Los lugares usados para el almacenamiento de líquidos inflamables o gases comprimidos dentro de depósitos sellados no se consideran generalmente peligrosos, a menos que se encuentren expuestos también a otras condiciones peligrosas.

Las tuberías eléctricas y sus accesorios, separadas de los líquidos de los procesos por medio de un sello o barrera deben ser clasificadas como lugares de la División 2, si la parte exterior de la tubería y sus accesorios están en un área no clasificada.

## **2.4 Ubicación de áreas peligrosas**

Todas las fosas, trincheras, zanjas y, en general, depresiones del terreno que se encuentren dentro de las áreas de las divisiones 1 y 2, serán consideradas dentro de la clase I, grupo D, división 1.

Cuando las fosas o depresiones no se localicen dentro de las áreas de la clase I, grupo D, divisiones 1 y 2, como las definidas en el punto anterior, pero contengan tuberías de hidrocarburos, válvulas o accesorios, estarán clasificadas en su totalidad como áreas de la división 2.

Los edificios tales como oficinas, casetas, bodegas, cuartos de control, cuarto de máquinas o de equipo eléctrico que estén dentro de las áreas consideradas como peligrosas, estarán clasificadas de la siguiente manera: cuando una puerta, ventana, vano o cualquier otra abertura en la pared o techo de una construcción quede localizada total o parcialmente dentro de un área clasificada como peligrosa, todo el interior de la construcción quedara también dentro de dicha clasificación a menos que la vía de comunicación de vapores de gasolina se evite por medio de un sistema de ventilación de presión positiva a base de aire limpio, con dispositivos para evitar fallas en el sistema de ventilación.

La extensión de las áreas peligrosas debe estar verificadas por una Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas (UVIE) acreditada y autorizada en términos de la LFMN.

<b>Elemento</b>	<b>Clase I grupo D División</b>	<b>Extensión del área clasificada</b>
Boquillas de llenado de tanques subterráneos	1	Cualquier fosa, caja o espacio bajo el nivel del piso terminado estando cualquier parte de ellos dentro de un área clasificada División 1 o 2.
	2	Hasta 0.50 metros por encima del nivel del piso, dentro de un radio horizontal de 3.00 metros medidos desde una conexión no-hermética de llenado y dentro de un radio horizontal de 1.50 metros medidos desde una conexión hermética de llenado.
Confinamientos o bóvedas de tanques superficiales	1	Espacio interior del confinamiento o bóveda si son almacenados líquidos de la clase I.
Venteo con descarga hacia arriba	1	Espacio dentro de una esfera de 1.00 metros de radio desde el orificio de venteo.
	2	Espacio comprendido entre dos esferas de 1.00 metros y 1.50 metros de radio desde el orificio de venteo.
Venteos de tanques superficiales	1	Espacio comprendido dentro de 1.50 metros de radio desde el orificio del venteo, extendiéndose en todas direcciones.
	2	Espacio comprendido entre dos esferas de 1.50 y 3.00 metros de radio desde el orificio de venteo.
Surtidores (dispensarios) (excepto del tipo elevado)	1	Cualquier fosa, caja o espacio bajo el nivel del piso terminado estando cualquier parte de ellos dentro de un área clasificada División 1 o 2.
surtidores exteriores	2	Espacio comprendido dentro de 0.50 metros medidos horizontalmente en todas las direcciones, extendiéndose hasta el nivel del piso terminado, desde envolventes del surtidor que contiene los componentes que manejan líquidos.
	2	Hasta 0.50 metros por encima del nivel de piso, dentro de 6.10 metros horizontalmente, desde cualquier lado externo del surtidor.

Surtidores (dispensarios) tipo elevado (con carrete montado en el techo)	1	El espacio dentro de la envolvente del surtidor y todo el equipo eléctrico integrado que forma parte de la manguera surtidora o pistola para despacho.
	2	Un espacio que se extiende 0.50 metros horizontalmente en todas direcciones más allá de la envolvente extendiéndose hasta el piso.
	2	Hasta 0.50 metros por encima del nivel del piso, dentro de 6.10 metros medidos horizontalmente desde un punto verticalmente por debajo de la parte exterior de la envolvente de cualquier surtidor.
Pistola para despacho	1	Espacio dentro de una esfera de 1.00 metros de radio desde el orificio de la pistola extendiéndose en todas direcciones.
	2	Espacio comprendido entre dos esferas de 1.00 metros y 1.50 metros de radio desde el orificio de la pistola extendiéndose en todas direcciones.
Bombas remotas en exteriores 1	1	Cualquier fosa, caja o espacio bajo el nivel del piso terminado, si cualquier parte se encuentra dentro de una distancia horizontal de 8.00 metros desde cualquier lado exterior de la bomba.
	2	El espacio comprendido dentro de 1.50 metros desde cualquier lado exterior de la bomba, extendiéndose en todas direcciones. Hasta 1.00 metros sobre el nivel de piso terminado, dentro de 8.00 metros medidos horizontalmente desde cualquier lado exterior de la bomba.
Bombas remotas en interiores	1	Todo el espacio dentro de cualquier fosa.
	2	El espacio comprendido dentro de 1.50 metros desde cualquier lado exterior de la bomba, extendiéndose en todas direcciones. Hasta 1.00 metros sobre el nivel de piso terminado, dentro de 8.00 metros medidos horizontalmente desde cualquier lado exterior de la bomba.

Las áreas clasificadas como peligrosas que pudieran invadir la vía pública, deben quedar delimitadas por medio de bardas, muretes, camellones o jardineras con alturas superiores a 0.50 metros o 1.00 metros, dependiendo del origen de dichas áreas, dispensarios o bombas sumergibles de tanques de almacenamiento.

## **2.4 Instalaciones eléctricas**

### **Presentación**

El presente capítulo se fundamenta en lo señalado en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, así como en los códigos NFPA30, NFPA30A. Y NFPA70 (National electric code) y establece las características que deben cumplir las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica en las Estaciones de Autoconsumo.

### **Clasificación**

Las instalaciones eléctricas consideradas en estas especificaciones técnicas, se clasifican de acuerdo a lo que se indica a continuación:

- Sistema de alimentación a equipos eléctricos
- Sistemas de iluminación
- Sistemas de tierras
- Prueba de instalaciones

### **Características de los sistemas eléctricos**

#### **Sistemas de alimentación a equipos eléctricos**

Se describen las instalaciones dentro de las áreas clasificadas en las divisiones 1 y 2, la instalación de canalizaciones enterradas, los accesorios de unión con rosca, los sellos eléctricos, la conexión de las canalizaciones a dispensarios, bombas sumergibles y compresores, las conexiones a los tableros y centro de control de motores, cables y conductores, y las conexiones para el sistema de tierras, así como cajas de registro, cajas de conexiones, sellos, drenes, respiraderos y accesorios que sirvan para los sistemas de alimentación a equipos eléctricos en áreas de la clase I, grupo D, divisiones 1 y 2.

Las instalaciones ubicadas dentro de las áreas clasificadas en las divisiones 1 y 2, se harán con tubo metálico rígido roscado de pared gruesa, tipo 2, calidad A, de acuerdo con la Norma NMX-B-208-1994 o con cualquier otro material que cumpla con el requisito de ser a prueba de explosión, con recubrimiento externos e internos para evitar fugas por corrosión en ambientes con alto grado de salinidad. La sección transversal será circular con un diámetro nominal de 19 mm ( $\frac{3}{4}$ ").

La instalación de canalizaciones enterradas quedara totalmente protegida con un recubrimiento de concreto de por lo menos 5.0 cm de espesor.

Los accesorios de unión con rosca que usen con el tubo quedaran bien ajustados y sellados con un compuesto basado en resinas, con objeto de asegurar una continuidad efectiva en todo el sistema de ducto y evitar la entrada de materias extrañas al mismo.

Los sellos eléctricos serán de tipo “EYS” o similar y se instalarán a una distancia máxima de 50 cm de las cajas de conexiones.

La conexión de las canalizaciones a dispensarios, bombas sumergibles y compresores, debe efectuarse con conduit flexibles a prueba de explosión.

Las cajas de conexiones, de paso y uniones ubicados dentro de las áreas clasificadas en las divisiones 1 y 2, serán en su totalidad a prueba de explosión y tendrán rosca para su conexión con el tubo, por lo menos con 5 vueltas completa de rosca, no permitiéndose el uso de rosca corridas y se aplicara un compuesto sellador a base de resinas.

El cableado eléctrico estará de acuerdo a lo indicado en la Norma Oficial Mexicana (NOM-063-SCFI-2001) y será alojado dentro de ductos eléctricos en toda la estación de autoconsumo.

Fuera de las áreas clasificadas, pueden instalarse registros donde se efectuó la transición de ductos a prueba de explosión, a canalizaciones no metálicas, previa instalación de un sello eléctrico que mantenga la hermeticidad dentro de las áreas peligrosas.

En las estructuras de acero se utilizarán espaciadores, ganchos, charolas u otros elementos apropiados para asegurar rígidamente los conduit de acuerdo al espaciamiento mínimo que indiquen los reglamentos locales y federales.

Cuando se instalen conductores dentro de áreas clasificadas en las divisiones 1 y 2 se seguirá los lineamientos siguientes:

- Los cables deben ser introducidos a los conductos hasta que todos los trabajos o maniobras, de naturaleza riesgosa, se hallan concluido.
- Todos los circuitos ser rotulados en los registros y tableros a donde se conecten; así como los conductores en los tableros, fusibles, alumbrado, instrumentación y motores. La identificación se realizará con etiquetas o cinturones de vinil o similares.
- Los conductores de un circuito intrínsecamente seguro no se instalarán en el mismo ducto, caja de conexiones o de salida y otros accesorios, con conductores de otro circuito, a menos que pueda instalarse una barrera adecuada que separe los conductores de los respectivos circuitos.
- En la acometida a los dispensarios, interruptores y en general a cualquier equipo eléctrico que se localiza en áreas peligrosas, se colocaran sellos eléctricos en los ductos para impedir el paso de gases, vapores o flamas de un área a otra de la

instalación eléctrica. Se aplicará al sello eléctrico una fibra y compuesto sellador aprobado para su uso en áreas peligrosas para impedir la filtración de fluidos y humedad al aislamiento exterior de los conductores eléctricos.

- El tapón formado por el compuesto sellador no puede ser afectado por la atmósfera o los líquidos circundantes y tendrá un punto de fusión de 93 ° como mínimo. El espesor del compuesto sellante será por lo menos igual al diámetro del conduit, pero en ningún caso menor a 16 mm.
- Los sellos eléctricos se conectarán a los ductos que por su localización sean del tipo a prueba de explosión y que contengan conductores eléctricos capaces de producir arcos eléctricos, chispas o altas temperaturas y no existirá ningún otro dispositivo de unión o accesorio de conexión entre la caja y el sello.
- En los dispositivos del sello no se harán empalmes o derivaciones de los conductores eléctricos.
- Cuando los ductos entren o salgan de áreas con clasificaciones diferentes y existan cajas de accesorios o uniones en dichas áreas clasificadas se debe colocar un sello en cualquiera de los dos lados de la línea que divide las áreas clasificadas, de tal manera que los gases o vapores que puedan entrar en el sistema de tubería dentro del lugar peligroso no pasen al ducto que está más allá del sello. No existirá ningún tipo de unión, accesorio o caja entre el sello y la línea límite.
- Si los ductos cruzan áreas clasificadas en las divisiones 1 y 2, se instalarán sellos eléctricos fuera de las áreas peligrosas.
- Las estaciones de autoconsumo pueden utilizar sistemas alternativos de generación de energía eléctrica en regiones donde no se cuente con el suministro normal de energía eléctrica en corriente alterna.
- No es obligatorio instalar una planta de generación de energía eléctrica en la estación de autoconsumo. Cuando se instale, su capacidad estará en función de las necesidades particulares de cada proyecto.

Los registros de los ductos subterráneos no quedaran localizados dentro de las áreas peligrosas clasificadas en las divisiones 1 y 2. Estos registros deben ser lo suficientemente amplios para trabajos de mantenimiento.

Cuando los registros queden expuestos en áreas peligrosas, la compañía especializada será responsable de su diseño.

En lugares donde exista humedad excesiva o condensación, se debe prever un sistema de drenado y respiraderos en los registros y los puntos bajos del sistema.

La instalación eléctrica para la alimentación a motores se efectuará utilizando circuitos con interruptores independientes, de tal manera que permita cortar la operación de áreas definidas sin propiciar un paro total de la estación de autoconsumo. En todos los casos se instalarán interruptores con protección por falla a tierra.

Los tableros para el centro de control de motores estarán localizados en una zona exclusiva para instalaciones eléctricas, la cual por ningún motivo debe estar ubicada en el cuarto de máquina y procurando que no se ubique en las áreas clasificadas de las divisiones 1 y 2.

La estación de autoconsumo tendrá cuatro interruptores de emergencia (“paro de emergencia”) de golpe que desconecten de la fuente de energía a todos los circuitos de fuerza, así como al alumbrado en dispensarios, los cuales serán a prueba de explosión con clasificación aprobada para áreas de la clase I, grupo D, divisiones 1 y 2. El alumbrado general debe permanecer encendido.

Los interruptores estarán localizados en el interior de las oficinas, donde habitualmente exista personal; en la fachada principal de dicho edificio; en la zona de despacho; y en la zona de almacenamiento; independientemente de cualquier otro lugar. Los botones de estos interruptores serán de color rojo y se colocarán a una altura de 1.70 metros a partir del nivel del piso terminado.

Si por limitaciones de espacio el cuarto donde queden alojados los tableros y el centro de control de motores se localiza en áreas peligrosas los equipos eléctricos que se instalen serán a prueba de explosión o clase NEMA-7, o bien se instalara un equipo de presurización.

La estación de autoconsumo debe tener instalados dos contactos eléctricos independientes de 120 volt, con capacidad de suministrar 15 y 25 Amperes a laboratorios móviles, para que se realice la verificación de la calidad de los combustibles.

## **2.6 Sistemas de iluminación**

Las instalaciones de sistema de alumbrado se diseñarán considerando si su ubicación es dentro o fuera de áreas clasificadas como peligrosas y se utilizaran para iluminar los

pasillos, escaleras, accesos y salidas de los edificios, rutas de evacuación, zonas de despacho y almacenamiento y exteriores de la Estación de Autoconsumo, sirviendo además para alumbrar los señalamientos internos y el interior de las edificaciones.

El cable utilizado para el alumbrado debe ser de cobre de 600 Volt, clase THWN aislado con cubierta de plástico, de acuerdo a lo señalado en la norma Oficial Mexicana (NOM-063-SCFI-2001). No se instalarán conductores menores al No. 12 AWG o 600 Volt y los de control serán del No. 14 AWG y estarán identificados correctamente por el fabricante.

Los equipos de alumbrado serán instalados y tendrán fácil acceso para permitir su mantenimiento.

La selección de las luminarias se hará en función de las necesidades de iluminación y de las restricciones impuestas por la clasificación de áreas peligrosas, de acuerdo a lo indicado en la Norma Oficial Mexicana (NOM-064-SCFI-2000).

La iluminación de cada una de las áreas exteriores que componen la Estación de Autoconsumo se efectuara a base de luminarias de vapor de Mercurio, de haluros metálicos o lámparas fluorescentes.

No se usarán lámparas de vapor de sodio y/o cualquier otro tipo de lámparas que no proporcionen luz blanca.

La iluminación interior en los edificios se efectuará siguiendo los criterios expuestos en las Normas Técnicas para instalaciones eléctricas de la Secretaria de Energía.

Las luminarias en exteriores serán del tipo (“box”) o gabinete con difusor, con lámparas de luz blanca que proporcionen un nivel de iluminación no menor a los 200 luxes. Se instalarán a una altura de 4.50 metros del nivel del piso terminado cuando estén montadas sobre postes metálicos y la altura no puede ser menor a 2.50 metros cuando se encuentren adosadas directamente a los muros.

Las luminarias estarán ubicadas en los accesos y salidas, en las zonas de tanques de almacenamiento, en las áreas de despacho y en las circulaciones interiores de la Estación de Autoconsumo y estarán distribuidas de tal manera que proporcionen una iluminación uniforme en las áreas citadas.

La instalación de luminarias sobre las columnas o cualquier otro elemento vertical de áreas de despacho de gasolina, será empotrada o sobrepuesta en el plafón de las techumbres de dichas zonas.

Cuando la zona de despacho de diésel sea techada, la iluminación se apegará a lo indicado para la zona de gasolina.

La instalación eléctrica para el alumbrado, se efectuará utilizando circuitos con interruptores independientes, de tal manera que permita cortar la operación de áreas definidas sin propiciar un paro total en la estación de autoconsumo. En todos los casos se instalarán interruptores con protección por fallas a tierra.

Los tableros para el alumbrado estarán localizados en una zona exclusiva para instalaciones eléctricas, la cual por ningún motivo debe estar ubicada en el cuarto de máquinas y procurando que no se ubique en las áreas clasificadas en las divisiones 1 y 2.

Los niveles de iluminación que deben presentarse en las estaciones de autoconsumo se fundamentan en la Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, relativos a condiciones de iluminación en los centros de trabajos.

## **2.7 Sistema de tierras**

Se indican las características que deben tener las distintas conexiones realizadas al sistema general de tierras para cada uno de los equipos, edificios y elementos estructurales de la Estación de Autoconsumo.

Las conexiones para el sistema de tierra serán con cable de cobre desnudo suave y conectores para los diferentes equipos, edificios y elementos que serán aterrizados, según lo indicado en la Norma Oficial Mexicana NOM-063-SCFI-2001, y estarán de acuerdo a las características y los calibres que se mencionan a continuación:

- Los electrodos (varillas copperweld) utilizados en el sistema de tierras serán de por lo menos 2.50 metros de longitud y estarán enterrados verticalmente. Si se utiliza con otro sistema debe cumplir con lo señalado en la NOM-001-SEDE-2012.
- Las conexiones de la estructura de los edificios a la red general de tierras se aran mediante cable No. 2 AWG (34 mm<sup>2</sup> de sección transversal) o si existe un cálculo previo se puede utilizar el diámetro que indique el estudio; así mismo se conectaran todas las columnas de las esquinas e intermedias que sean necesarias para tener las conexiones o distancias que no excedan de 20.0 metros.
- Las cubiertas metálicas que contengan o protejan equipo eléctrico, tales como transformadores, tableros, carcasas de motores, generadores, estaciones de botones, bomba para suministro de combustible y dispensarios, serán conectadas a la red de tierras mediante cable calibre No. 2 AWG (34 mm<sup>2</sup> de sección transversal).
- El tanque de almacenamiento puede tener provista una punta o empaque dieléctrico no menor a 3.18 mm de espesor.
- La Estación de Autoconsumo debe contar con cable aislado flexible calibre No. 2 AWG (34 mm<sup>2</sup> de sección transversal), y pinzas para la conexión a tierra de auto tanques cuando realicen el proceso de descarga.

- Las tuberías metálicas que conduzcan líquidos o vapores inflamables en cualquier área de la estación de autoconsumo estarán conectadas a la red general de tierras mediante cable calibre No 2 AWG.
- Los conductores que formen la red para la puesta a tierra serán de cobre calibre No 4/0 AWG (107.2 mm<sup>2</sup> de sección transversal).
- Las partes metálicas de los surtidores de combustible, canalizaciones metálicas, cubiertas metálicas y todas las partes metálicas del equipo eléctrico que no transporten corriente, independientemente del nivel de tensión, deben ser puestas a tierra.
- Los cuerpos de los equipos son conectados exclusivamente en el sistema de tierras y no pueden ser aterrizados en los tanques de almacenamiento ni a las estructuras metálicas.
- La puesta a tierra de columnas de concreto armado se hará con conexiones cable-varilla, de acuerdo a las especificaciones de la Secretaria de Energía, dejando visible mediante registro cualquier conexión.
- Todos los aparatos eléctricos e instalaciones que tengan partes metálicas estarán aterrizados.
- Todos los conductores estarán permanentemente asegurados al sistema.
- Cuando el tipo de suelo posea un nivel freático alto, humedad excesiva y una alta salinidad, el cable será aislado para protegerlo de la corrosión, en concordancia con las especificaciones de los códigos federales.

## **2.8 Sistema de pararrayos**

La instalación de sistemas de pararrayos en las Estaciones de Autoconsumo tiene como objeto establecer las condiciones de seguridad para prevenir los riesgos por descargas eléctricas atmosféricas.

Su instalación se requiere cuando la Estación de Autoconsumo se construya con materiales, sustancias o equipos que puedan almacenar o generar cargas eléctricas estáticas, o cuando se localicen en zonas donde puedan recibir descargas eléctricas atmosféricas; y no se tenga una protección adecuada.

En cumplimiento a la Norma Oficial Mexicana NOM-022-STPS-2008, relativa a la electricidad estática en los centros de trabajo- condiciones de seguridad e higiene, se debe observar lo siguiente:

- Los factores que se deben considerar para determinar si se requiere instalar pararrayos en una Estación de Autoconsumo y, en su caso, el tipo de pararrayos a utilizar para drenar a tierra las descargas eléctricas atmosféricas, son:
  1. El nivel isoceraunico de la región.
  2. Las características fisicoquímicas de los combustibles que se almacenan.

3. Las características físicas de las estructuras e instalaciones metálicas que soportan descargas eléctricas atmosféricas.
4. Las estructuras e instalaciones conectadas al sistema de tierras.
5. La altura de los edificios colindantes.
6. Las características y resistividad del terreno,
7. La existencia de equipo e instalaciones superficiales (tanques, tuberías y venteos).
8. El Angulo o zona de protección del pararrayos.
9. La altura del pararrayos y el sistema para drenar a tierra las corrientes generadas por las descargas eléctricas atmosféricas.
  - La resistencia de la red de tierras para colocar los sistemas de pararrayos no debe ser en ningún caso mayor a 10 ohm.
  - No se deben utilizar pararrayos que funcionen a base de materiales radiactivos.

Cuando se determine que se requiere proteger la Estación de Autoconsumo de descargas eléctricas atmosféricas, no se pueden colocar pararrayos a menos de 1.50 metros de separación de las tuberías de venteo de tanques de almacenamiento y la altura será de tal manera que las áreas clasificadas como peligrosas de la descarga de los venteos queden protegidas de las descargas eléctricas atmosféricas. Las varillas de conexión a tierra del sistema de protección se colocarán fuera de las áreas clasificadas como peligrosas de dispensarios y tanques de almacenamiento.

En el caso de que no exista más opción de colocar un pararrayos del sistema de protección en alguna de las tuberías de venteo, se debe asegurar que la sección inferior del pararrayos se localice a más de 1.50 metros de altura del punto más alto del venteo, que los materiales, diámetros y conexiones de los cables eléctricos sean los adecuados, y que se incorpore en la descarga del venteo un dispositivo que impida el paso de flama al interior de la tubería, el cual debe estar certificado.

Por ningún motivo se permitirá instalar pararrayos en la tubería de venteo cuando la Estación de Autoconsumo opere con sistema de recuperación de vapores fase II.

Corresponde a la Unidad de Verificación acreditada, sancionar los estudios realizados para la instalación del sistema de pararrayos y emitir el Dictamen de conformidad con la NOM-022-STPS-2008.

## **2.9 Prueba de instalaciones**

Las pruebas tienen como objeto verificar que la instalación eléctrica se encuentre perfectamente balanceada, libre de cortos circuitos y tierras mal colocadas.

Todos los circuitos deben estar totalmente verificados antes de ser energizados y serán evaluados antes de ser conectados a sus respectivas cargas.

El sistema de control, los circuitos y la instalación eléctrica deben ser inspeccionados y puestos en condiciones de operación, realizando los ajustes que se consideren necesarios. Toda la instalación eléctrica estará certificada por la Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas.

Después de concluir la obra, los instaladores procederán a realizar las pruebas de funcionamiento de los aparatos y equipos que hayan instalado.

### **3.- Desarrollo**

#### **Alcance**

El alcance de esta memoria incluye la propuesta para el suministro de energía eléctrica a la gasolinera, (en media tensión, baja tensión, tableros generales, centros de carga, protecciones eléctricas, alimentadores eléctricos, alumbrado interior y exterior, contactos, y equipos de aire acondicionado), lo anterior tomando en consideración las recomendaciones (indicativas mas no restrictivas) de los fabricantes de materiales y equipos y que se describen en sus catálogos de productos, mismos que están debidamente certificados Y avalados por la normas oficiales mexicanas (NOM).

#### **Materiales**

Todos los materiales a instalarse en esta obra serán nuevos y de primera calidad, mismos que deben estar certificados bajo las siglas “NOM” (norma oficial mexicana). De tal forma que se garantice la calidad, seguridad y vida útil de los mismos.

Cuando en la presente memoria o en el proyecto se haga mención a determinados modelos de materiales y/o equipos de las distintas marcas comerciales, estas deberán respetarse ya que sus características técnicas sirvieron de base para el cálculo del proyecto y con los cuales se pretende alcanzar los parámetros proyectados.

#### **Canalizaciones**

Las canalizaciones son los elementos que alojan en su interior a los conductores eléctricos.

- toda la tubería de la instalación interior de circuitos derivados que vaya ahogada en firme, loza o en muro será del tipo conduit pvc servicio pesado.
- las tuberías en las instalaciones exteriores que no estén en zona de aéreas peligrosas, para el banco de ductos de media tensión y para el alumbrado exterior será del tipo pvc servicio pesado.
- toda la tubería que se encuentren en áreas clasificadas o peligrosas será del tipo conduit de aluminio (cedula 40), con sellos tipo eys a prueba de explosión.
- por ningún motivo se permite alojar en las mismas canalizaciones conductores de instalaciones eléctricas con otras instalaciones como: telefonía, voz, datos, etc.

### **Cajas de registro.**

Las cajas de conexiones eléctricas empotradas en concreto, muros o aparentes, deberán ser reforzadas de lámina galvanizada o de pvc de las dimensiones adecuadas a los tubos que van a recibir.

### **Registros en piso**

- los registros de conexiones eléctricas de baja tensión serán hechos con tabique rojo, blocks de cemento-arena o tabicón repellado interiormente en terminado aplanado o prefabricados dejando en el fondo interior una capa de grava y arena que servirá como dren de los escurrimientos pluviales.

### **Apagadores**

En los lugares en donde se requiera el control de encendido y apagado de luminarias se utilizarán apagadores ocultos con tapa de aluminio anodizado o de plástico tipo normal o su equivalente aprobado.

### **Contactos**

Los contactos irán a una altura general de 0.40 metros sobre el nivel de piso terminado y en cuanto a su selección corresponderá a lo siguiente:

- En áreas administrativas debe ser grado residencial o comercial.
- En áreas clasificadas como húmedas deben ser con interruptor de falla a tierra
- En áreas donde existan sistemas de informática deben ser con tierra física aislada
- En áreas abiertas de exteriores debe ser grado residencial o comercial tipo intemperie.
- Los receptáculos en piso, deben ser en caja moldeada de aluminio empotrada con tapa para uso intemperie.

### **Conductores**

Los conductores serán del tipo thhn 90°C de la marca condumex, viakón o su equivalente en áreas clasificadas o peligrosas.

El código de colores para el cableado será:

Blanco o gris para los conductores puestos a tierra (neutros), verde o desnudo para los conductores de puesta a tierra (p. a t.) y el resto de los colores para los conductores de fase. El calibre de los conductores a instalarse se indica en los cuadros de carga.

### **Empalmes**

Queda estrictamente prohibido hacer conexiones eléctricas en el interior de los tubos conduit.

Todos los empalmes, uniones y extremos libres de los conductores deben aislarse con cinta plástica de vinilo scotch 33 o su equivalente. en el caso de la instalación exterior el aislamiento deberá hacerse de tal manera que evite la entrada de humedad a las partes portadoras de corriente.

### **Tableros**

todos los tableros a instalar en el interior del edificio serán del tipo o marca square'd o equivalente del catálogo indicado en los cuadros de carga respectivos en gabinete de usos generales los cuales alojarán a los interruptores tipo termo magnéticos que protegerán a los circuitos derivados. la capacidad interruptiva de los interruptores no será menor a 10,000 a rms.

### **Puesta a tierra**

Todos los contactos, tableros, y cualquier parte metálica expuesta que pudiera transportar corrientes no deseadas deberán ser puestos a tierra. Esta se tomara de un sistema de tierras o malla de tierra que estará distribuido en toda el área del terreno con varillas de cobre o copperweld de 3.0 metros. De longitud por 5/8" de diámetro enterradas verticalmente y debidamente soldadas.

### **Subestación eléctrica**

Se tomará del sistema de tierra. El cual se hará con varillas de tierra copperweld de 3.0 metros de longitud por 5/8" de diámetro enterradas verticalmente y que serán unidas entre sí por un conductor de cobre desnudo número 4/0 AWG en forma de anillo. El arreglo quedará enterrado por lo menos a 0.80 metros.

### **Selección y cálculos descriptivos**

El suministro de energía eléctrica será en media tensión 13.2 KV 3f-3h, se propone alimentarse del ramal trifásico aéreo existente 3f-4h, 13.2 KV, ubicado en el punto descrito (ver plano eléctrico ie-03 plano instalación eléctrica alimentadores y alumbrado exterior) que alimentará a una subestación tipo pedestal de 75 KVA, 13,200-220/127 VCA, 60 HZ, operación radial propiedad del usuario.

La medición para la gasolinera estación de servicio en Tuxtla S.A. de C.V. será directa con una base para medición de 7 terminales – 200 amperes tal como se describe en el plano ie-01 (alimentadores principales y alumbrado ext.) y ie-du (diagrama unifilar).

## Capacidad

La capacidad de la subestación eléctrica se elige en función de la densidad de la carga por servir, del cuadro general de carga del plano ie-cc (cuadros de carga), observamos la carga instalada en cada uno de los tableros derivados obteniendo que la carga total sea de **38,015.00 watts**, eso sí anexando dos servicios por que la subestación será tipo compartida la misma que suministrara energía eléctrica en baja tensión a 2 servicio que es un lavado con una carga de **10,156 watts** y una llantera con una carga de **20,000 watts**.

Para efectos de cálculo de esta memoria, el factor de potencia a considerar es del 90% y de acuerdo al levantamiento de carga de la gasolinera se determina la suma de sus circuitos derivados y después de la suma se anexa los dos servicios que compartirá la subestación que será el lavado y la llantera y se concluye con lo siguiente:

Tipo de Carga	Carga Instalada (w)	Factor de Demanda	Demanda Máxima
TAB. O	23,228.00	0.9	25,808.88
TAB. D	5,200.00	0.9	5,777.78
TAB. F	9,587.00	0.9	10,652.22
Total	38,015.00		42,238.88
Tipo de Carga	Carga Instalada (w)	Factor de Demanda	Demanda Máxima
GASOLINERA	38,015.00	0.9	42,238.88
LAVADO	10,156.00	0.9	11,284.44
LLANTERA	20,000.00	0.9	22,222.22
Total	68,150.00		75,745.54

La capacidad del transformador se determina con los siguientes valores de watts y para calcular la capacidad del transformador en KVA se realiza la siguiente operación.

Gasolinera = 38,015 watts

Lavado = 10,156 watts

Llantera = 20,000 watts

$$KVA = \frac{KW}{F.p.} = \frac{68.17}{0.9} = 75.74 KVA$$

Dónde:

KVA= Kilo Volt Amper

KW= carga total en watts

F.P.= factor de potencia

Recomendamos elegir a un transformador de capacidad inmediata superior al valor obtenido, y es el de **75 KVA**, que tendrá un factor de utilización máximo del 83.43% de su capacidad.

Se instalará un transformador trifásico tipo pedestal operación radial norma j sin protocolo conexión delta-estrella con relación de transformación 13,200-220/127 Vca, 60 HZ, con cambiador de derivaciones de cuatro rangos de 2.5% cada una, dos arriba y dos abajo del voltaje nominal.

### **Protección en lado primario**

Por el tipo de subestación seleccionada: subterránea, es preciso tener presente que estos equipos cuentan con elementos de protección integrados desde fabrica como son: fusibles de expulsión, fusibles limitadores de corriente y fusibles de aislamiento y que se encuentran debidamente aprobados por NOM-J-409 y ANSI C-57.91

La selección y coordinación del fusible de expulsión para la transición, así como el marco interruptivo es responsabilidad de la compañía suministradora y lo determinará en las bases de proyecto, sin embargo, se propone el siguiente en función del tamaño de la subestación.

### **Protección contra sobrecorriente para la acometida en media tensión**

$$I_n = (kva \times 1000) / (1.732 \times e)$$

$$I_n = (75 \times 1000) / (1.732 \times 13,200)$$

$$I_n = 3.280 \text{ Amperes.}$$

$$I_c = I_n \times 250\%$$

$$I_c = 3.280 \times 250\%$$

$$I_c = 8.2 \text{ Amperes}$$

Por lo tanto, utilizaremos corta fusibles de 8 Amperes.

Donde:

$I_n$  = corriente nominal del transformador en el lado primario

KVAT = capacidad del transformador expresada en kva

E = voltaje en el lado primario

$I_c$  = corriente corregida

Lo anterior en cumplimiento con la sección 450-3 a) NOM-001-SEDE-2012, cada transformador de más de 600 volt nominales debe tener dispositivos de protección con fusibles para el primario con ajuste del 300% como máximo de la corriente nominal.

Por lo tanto, el tamaño del fusible de expulsión que recomendamos es de 10 amperes.

### **Protección contra sobrevoltajes.**

La protección contra sobrevoltajes se hará a través de apartarrayos tipo rider pole clase 15 KV, que deberán ser conectados sólidamente a tierra mediante un conductor de cobre desnudo cal. 4 AWG.

### **3.1 Cálculo de corrientes de cortocircuito**

Las dimensiones de una instalación eléctrica y de los materiales que se instalan, así como la determinación de las protecciones de personas y bienes precisan el cálculo de las corrientes de cortocircuito en cualquier punto de la red. Se refiere al caso de los circuitos radiales en BT y AT. También se pretende ofrecer un buen conocimiento de los métodos de cálculo para determinar las corrientes de cortocircuito, incluso utilizando los medios informáticos.

Cualquier instalación eléctrica debe de estar protegida contra los cortocircuitos y esto, salvo excepción, en cada punto que se presenta una discontinuidad eléctrica, lo que corresponde casi siempre con un cambio de sección de los conductores. La intensidad de la corriente de cortocircuito debe calcularse para cada uno de los diversos niveles de la instalación para poder determinar las características de los componentes que deberán soportar o cortar la corriente de defecto.

### **3.2 Características de los cortocircuitos**

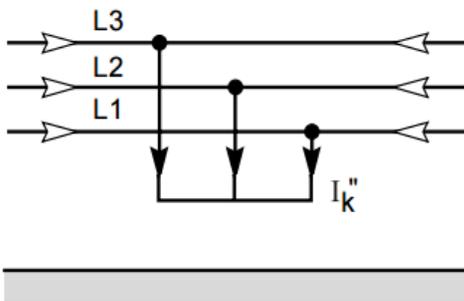
Las principales características de los cortocircuitos son:

- **Su duración:** autoextinguible, transitorio, permanente
- **Su origen:** originados por factores mecánicos (rotura de conductores, conexión eléctrica accidental entre dos conductores producida por un objeto conductor extraño, como herramientas o animales), o debidos a sobretensiones eléctricas de origen interno o atmosférico.  
Causados por la degradación del aislamiento provocada por el calor, la humedad o un ambiente corrosivo.
- **Su localización:** dentro o fuera de una máquina o un tablero eléctrico.

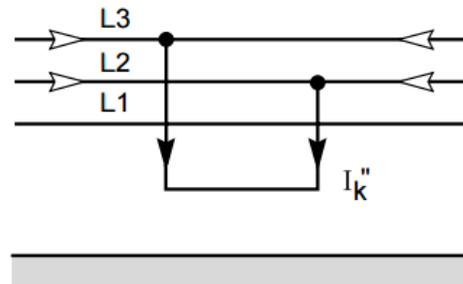
Desde otro punto de vista, los cortocircuitos pueden ser:

Monofásicos: 80% de los casos, bifásicos: 15% de los casos. Los de este tipo, suelen degenerar en trifásicos, trifásicos: de origen, sólo el 5% de los casos. En las siguientes imágenes se representan estos diferentes tipos de cortocircuitos.

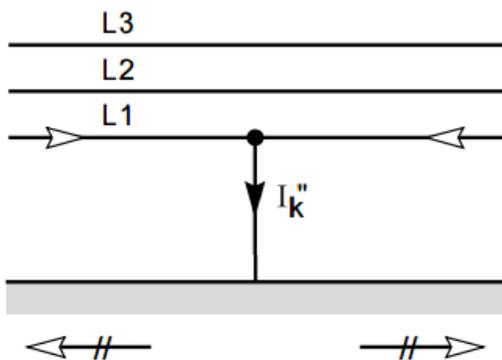
a) cortocircuito trifásico simétrico



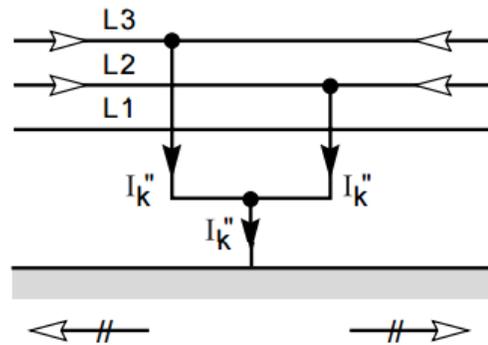
b) cortocircuito entre fases, aislado



c) cortocircuito entre fases, con puesta a tierra



d) cortocircuito fase-tierra



← Corriente de cortocircuito

←// Corrientes de cortocircuito parciales en los conductores de tierra

### Cortocircuito Trifásico

Los cortocircuitos trifásicos son los únicos cortocircuitos que se comportan como sistemas equilibrados, ya que todas las fases están afectadas por igual, las tensiones en el punto de cortocircuito, tanto si el cortocircuito se cierra a través de tierra como si está aislado de ella, son nulas, presentando las intensidades igual modulo, pero con argumentos desfasados  $120^\circ$ . Es uno de los cortocircuitos más violentos y de obligado calculo. Al ser un sistema equilibrado, para su cálculo solo será necesario utilizar la red de secuencia directa.

### **Corto circuito bifásico**

Generalmente las corrientes iniciales simétricas de cortocircuito son menores que las de fallo trifásico, aunque si el cortocircuito se produce en inmediaciones de máquinas síncronas o asíncronas de cierta potencia, las corrientes de esta falta pueden llegar a presentar valores incluso mayores que las del corto circuito trifásico. Al presentarse en dos de las tres fases del sistema, este cortocircuito ya no es equilibrado, obligado su cálculo de utilización tanto de la red de secuencia directa como la red de secuencia inversa.

### **Cortocircuito bifásico con contacto a tierra**

Dispone de las mismas características del corto circuito bifásico sin contacto a tierra, pero en este caso, con pérdida de energía hacia tierra. Es necesario considerar para este fallo, además de las redes de secuencia directa e inversa, la red de secuencia homopolar debido a la pérdida de energía.

### **Cortocircuito monofásico a tierra**

Este el cortocircuito más frecuente y violenta, produciéndose con mayor frecuencia en redes rígidamente puestas a tierra, o mediante impedancias de bajo valor. Su cálculo es importante, tanto por lo elevado de sus corrientes por su conexión a tierra, las tensiones de contacto de pasos, o valorar las interfaces que estas corrientes puedan provocar. Para su cálculo, al ser desequilibrado y con pérdida de energía, son necesarias de las tres redes de secuencia (directa, inversa y homopolar).

### **Cortocircuito de doble contacto a tierra**

En redes con neutro aislado o puesta a tierra con impedancias de gran valor, puede aparecer el doble contacto a tierra. Este cortocircuito presenta valores de corrientes inferiores al resto de los cortocircuitos. Si consideramos que es poco frecuente y la complejidad que me representa su cálculo, se comprenderá que sea el más escasamente analizado.

## **3.3 Consecuencias de los cortocircuitos**

Depende de la naturaleza y duración de los defectos, del punto de la instalación afectado y de la magnitud de la intensidad. Según el lugar del defecto, la presencia de un arco puede: degradar los aislantes, fundir los conductores, provocar un incendio o representar un peligro para las personas.

Según el circuito afectado, pueden presentarse: sobre esfuerzos electrodinámicos, con deformación de los juegos de barras y arrancado o desprendimiento de los cables.

Sobrecalentamiento debido al aumento de pérdidas por efecto Joule, con riesgo de deterioro de los aislantes.

Para los otros circuitos eléctricos de la red afectada o de redes próximas: bajadas de tensión durante el tiempo de la eliminación del defecto, de algunos milisegundos a varias centenas de milisegundos, desconexión de una parte más o menos importante de la instalación, según el esquema y la selectividad de sus protecciones, inestabilidad dinámica y/o pérdida de sincronismo de las máquinas y perturbaciones en los circuitos de mando y control.

Las corrientes de cortocircuito son en general varias veces mayores que las nominales

- Provocan sobrecargas dinámicas y térmicas elevadas.
- Las corrientes de cortocircuito que circulan por tierra pueden ser también la causa de las tensiones de paso y de contacto y de interferencias inadmisibles.

Los cortocircuitos pueden provocar la destrucción de aparatos y componentes o causar daños a las personas, si al proyectar no se toman en cuenta las corrientes máximas de cortocircuito. Se deben de determinar las corrientes mínimas de cortocircuito, ya que resultan importantes para dimensionar y seleccionar los dispositivos de protección del sistema eléctrico.

Los cortocircuitos provocan en las redes eléctricas modificaciones en los parámetros de servicio. El paso al nuevo estado va acompañado de fenómenos electromagnéticos y electromecánicos transitorios, de los que dependen la magnitud y las variaciones temporales de la corriente de cortocircuito.

Los fenómenos transitorios están influidos por:

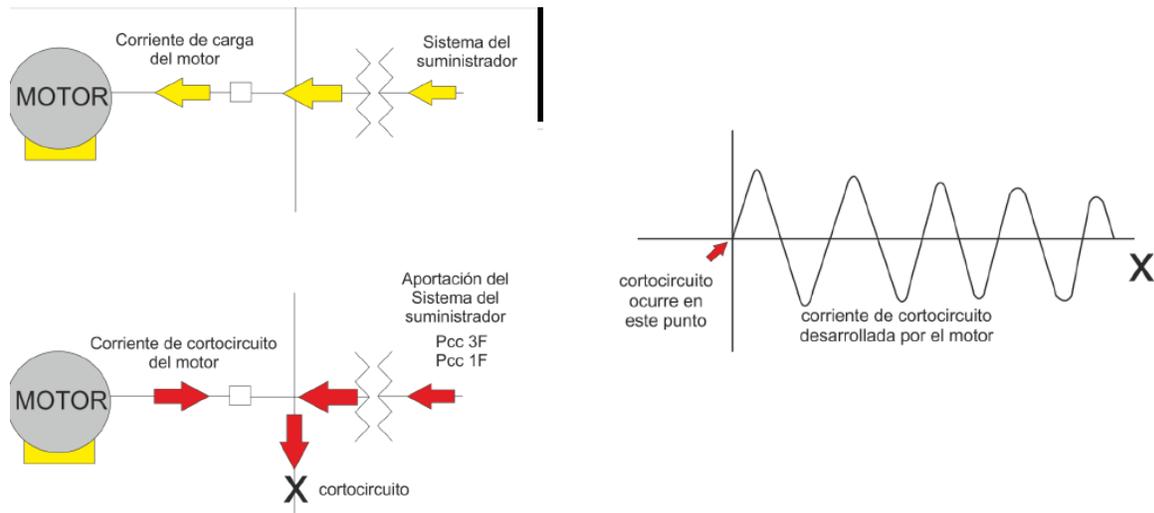
- El tipo de cortocircuito
- Fuentes de corriente de cortocircuito
- En instante en que se produce el cortocircuito
- El estado previo de la carga
- El punto del cortocircuito
- La forma de la red
- La duración del cortocircuito

#### **Fuentes de corriente de cortocircuito:**

- Distintos tipos de máquinas síncronas
- Generadores asíncronos
- Motores síncronos

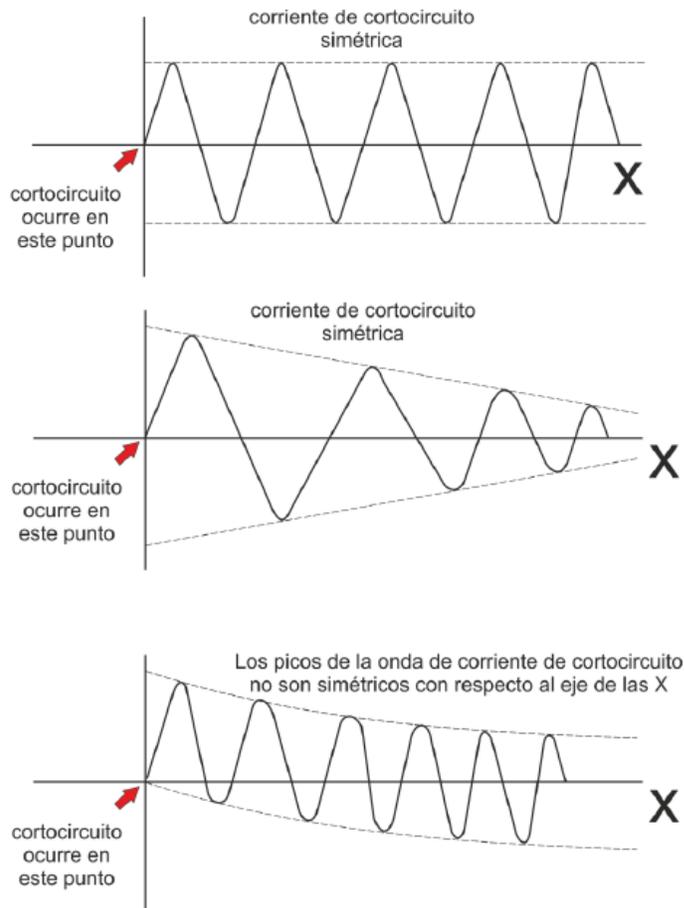
- Motores asíncronos
- Accionamientos alimentados por convertidores estáticos.
- La potencia de cortocircuito de la alimentación del suministrador

Normalmente los motores demandan su corriente de carga de la fuente del suministrador, pero producen corriente de cortocircuito cuando ocurre un cortocircuito en la planta.



### Corriente de cortocircuito simétrica y asimétrica

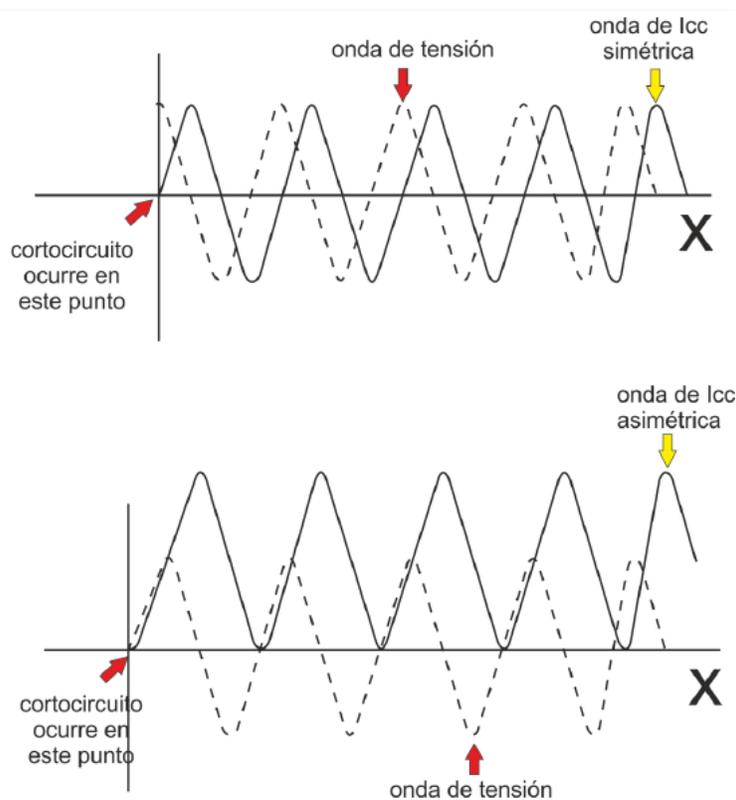
Los términos utilizados describen la simetría de las ondas senoidales con respecto al eje de las X.



### Corriente de cortocircuito simétrica

Cuando ocurre un cortocircuito las ondas de la corriente de cortocircuito son senoidales, si un circuito contiene principalmente reactancia, cuando ocurre un cortocircuito en el pico de la onda de tensión, la corriente de cortocircuito inicia en cero y se traza una onda senoidal la cual podrá ser simétrica con respecto al eje de las X.

Si en el mismo circuito ocurre un cortocircuito en el punto cero de la onda de tensión, la corriente iniciará en cero, pero no seguirá una onda senoidal simétrica con respecto al eje de las X, debido a que la corriente puede estar en fase con la tensión.



### Corriente de cortocircuito Asimétrica

Se denomina corriente asimétrica a aquella que inicialmente no es simétrica respecto al eje de cero. Partiendo de un circuito desenergizado, los picos de corriente iniciales pueden ser sustancialmente superiores a los valores pico de corriente eficaz previsible en régimen permanente. La desviación de esta corriente disminuye hasta alcanzarse una corriente simétrica al cabo de unos pocos ciclos.

El aumento de la desviación de estos picos puede dar lugar a la rotura mecánica de las grapas de los conjuntos de puesta a tierra, puesto que la fuerza mecánica aumenta en

función del cuadrado de la corriente. Es decir, si el pico de corriente se duplica, la fuerza mecánica será momentáneamente cuatro veces mayor. Un problema adicional es el aumento del calentamiento debido a la desviación acumulada de la corriente que circula. Esto reduce aún más el tiempo de fusión del cable de conexión.

### **3.4 Como prevenir cortocircuitos**

Existe una multiplicidad de eventos que pueden presentarse en las instalaciones eléctricas residenciales, comerciales e industriales. Gran parte de los “cortocircuitos” pueden evitarse utilizando personal y equipo calificado en su construcción, mantenimiento y operación.

A continuación, Schneider Electric hace un conteo de razones por las cuales usted puede ser víctima de un evento como este y las recomendaciones que debe seguir:

#### **1. Amarres, empalmes, derivaciones o uniones defectuosas:**

Las acometidas eléctricas deben ser desempeñadas por personal técnico calificado, y deben seguir los lineamientos RETIE, (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas)

#### **2. Sobrecargas en los conductores por conexión de aparatos de gran consumo eléctrico:**

Limitar las corrientes de trabajo; con un correcto dimensionamiento de protecciones eléctricas, se resguardan las instalaciones y equipos ante una elevada demanda de corriente que puede desencadenar un corto circuito. Seleccionar los conductores de acuerdo a la demanda de la carga.

#### **3. Utilización de accesorios de baja calidad, “clones”:**

Utilizar materiales y equipamientos eléctricos homologados ante el CIDET (Corporación Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Sector eléctrico).

#### **4. Conexiones erróneas en la ampliación de instalaciones eléctricas:**

Verificar cuadros de carga, en especial revisar si hay disponibilidad de energía para acometer la ampliación deseada.

#### **5. Realización de actos intencionales o accidentales en contactos:**

Proteger los equipos de las personas; salvaguardar las instalaciones y equipos eléctricos del error humano mediante protecciones activas tales como barreras físicas.

#### **6. Baja calidad de los conductores eléctricos:**

Utilizar materiales eléctricos homologados por el CIDET

### **7. Conexión de aparatos de consumo eléctrico con mal funcionamiento:**

Realizar mantenimiento periódico a los equipos eléctricos. Advertir sobre el aumento inusual en los consumos de los equipos; ello se refleja en el incremento de la factura de energía.

### **8. Colocación o reemplazo de fusibles o pastillas termomagnéticas de mayor capacidad a la necesaria en el Interruptor de Seguridad y en el tablero eléctrico:**

Entre más ajustado esté el fusible o la pastilla termomagnética a la instalación eléctrica la respuesta a un “corto circuito” será más rápida, evitando por lo tanto que los aparatos conectados a la instalación estén mucho tiempo expuestos a sufrir daños: preservar lo especificado en los diseños eléctricos en lo referente al dimensionamiento de protecciones en las instalaciones eléctricas.

### **9. Reparaciones temporales tipo “parches” en toda la instalación:**

No importa el tipo de reparación o trabajo que se haga en la instalación eléctrica, siempre se debe dar cumplimiento al RETIE.

### **10. En general actos inseguros:**

Cuando se trabaja con electricidad más vale que esté seguro de lo que está haciendo: siempre seguir las normas y protocolos de seguridad para trabajos con equipos e instalaciones eléctricas. Ello incluye reconocer los riesgos potenciales al trabajar con instalaciones eléctricas, usar herramientas adecuadas y elementos de protección física para el trabajador.

El desconocimiento de los anteriores factores, unido al exceso de confianza del personal técnico puede ocasionar daños a las instalaciones eléctricas y lesiones a las mismas personas, que en un escenario trágico puede conducir al deceso del trabajador.

En conclusión, para evitar accidentes de tipo eléctrico se debe cumplir con las normativas vigentes del Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas “RETIE” del Ministerio de Minas y Energía. Todo trabajo eléctrico debería ser desempeñado por personal técnico calificado. En el caso de Colombia se exige a los técnicos electricistas la certificación ante el Consejo Nacional de Técnicos Electricistas “CONTE”

### 3.4 Calculo de cortocircuito por el Método por Unidad

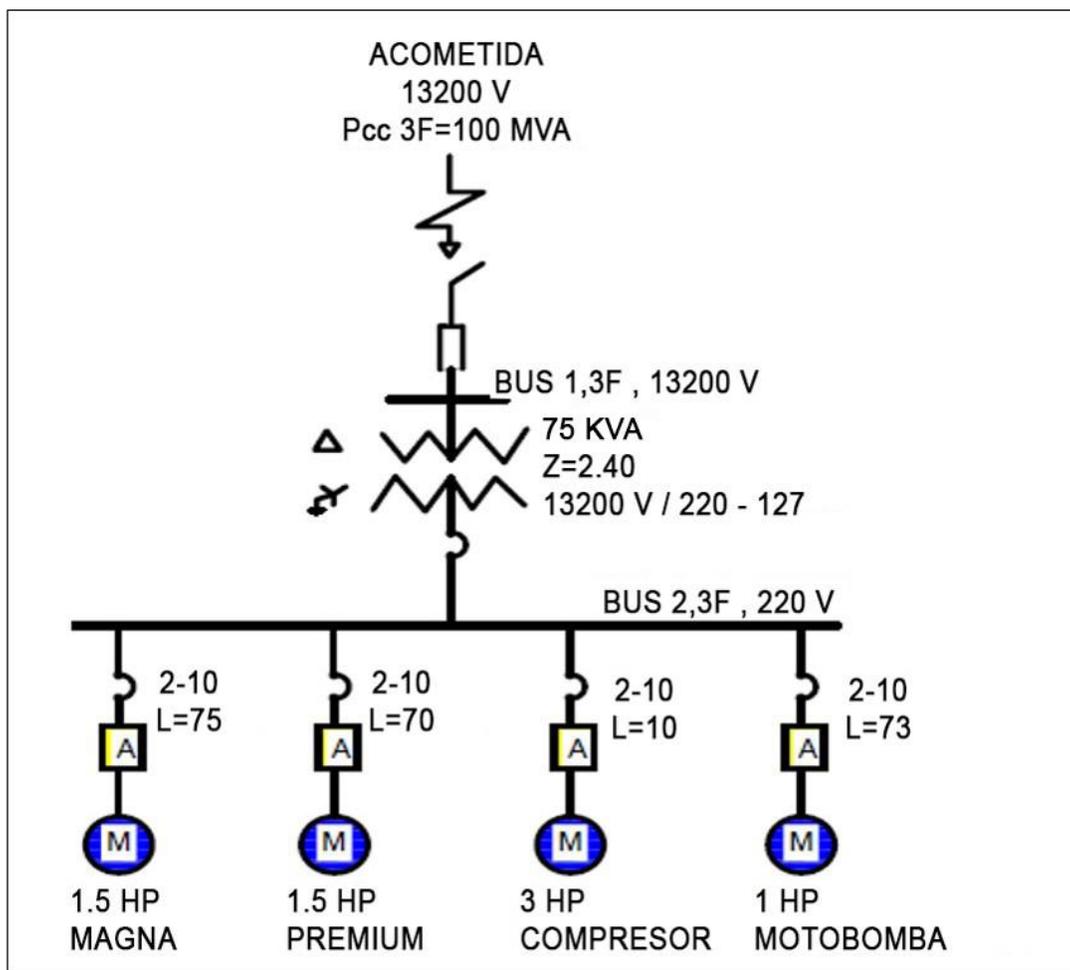


Fig. 3.4.1.- Diagrama unifilar

#### 1° Paso: Seleccionamos la Potencia base.

$P_{cc} = 100 \text{ MVA}$

Tensión del Bus= 13.2 KV

Pcc= Potencia de Cortocircuito

#### 2° Paso: Conversión de las impedancias a una base común.

Tenemos un transformador tipo pedestal de 75 KVA el cual se convierte en MVA y se obtiene 0.0750 MVA. Lo que sigue es dividir esa cantidad entre la PCC.

Suministrador  $X = 0.075 / 100 = 0.0007 \text{ P.U.}$

**Transformador:**

La fórmula que se utilizó para calcular la impedancia en P.U. del transformador es la siguiente:

$$Z_{pu} = \frac{\%Z \times KVA \text{ BASE}}{KVA \text{ TRANSFORMADOR} \times 100} \dots\dots\dots \text{Fórmula 01}$$

Z<sub>pu</sub>= Impedancia en PU del Transformador

%Z= Impedancia del transformador

$$Z_{pu} = \frac{2.40 \times 75}{75 \times 100} = 0.024$$

**Motores:**

**Reactancias de secuencia positiva y secuencia negativa**

La fórmula que se utilizó para calcular la reactancia en P.U. de los motores es la siguiente:

$$X_{pu} = x_{pu} \times \frac{KVA \text{ BASE}}{KVA \text{ MOTOR}} \dots\dots\dots \text{Fórmula 02}$$

X<sub>pu</sub>= reactancia en PU

x<sub>pu</sub>= Pcc/1000

Para el primer motor tenemos:

$$X_{pu} = 0.1 \times \frac{75}{1.5} = 5 \text{ P.U.}$$

Para el segundo motor tenemos:

$$X_{pu} = 0.1 \times \frac{75}{1.5} = 5 \text{ P.U.}$$

Para el tercer motor tenemos:

$$X_{pu} = 0.1 \times \frac{75}{3} = 2.5 \text{ P.U.}$$

Para el cuarto motor tenemos:

$$X_{pu} = 0.1 \times \frac{75}{1} = 7.5 \text{ P.U.}$$

## Cables

En la NOM-001-SEDE-2012 Tabla 9 Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volt, 3 fases a 60 Hz y 75 °C tres conductores individuales en un tubo conduit, se obtiene la Reactancia y Resistencia de los conductores de acuerdo a su Tamaño (AWG O kcmil) o su área en mm<sup>2</sup> para su cálculo.

### Alimentador 1

Calibre N° 10 AWG, Distancia = 75 metros

$$Z = 3.9 + 0.207j$$

1. Se multiplica la impedancia del conductor por la distancia, la resistencia y la reactancia viene en la tabla 9 de la NOM por cada kilómetro así que tenemos que dividir la distancia entre 1000.

$$Z = (3.9 + 0.207j) (0.075)$$

$$Z = 0.2925 + 0.0155j$$

Para convertirlo a Z<sub>pu</sub> se aplica la siguiente formula:

$$Z_{pu} = Z \text{ (Ohms)} / Z_{base} \dots \text{ F\acute{o}rmula 03}$$

$$Z_{base} \text{ (ohms)} = (V_{base})^2 / (KVA \text{ Base} \times 1000) \dots \dots \dots \text{ F\acute{o}rmula 04}$$

$$V_{base} = 220 \text{ volt}$$

$$KVA \text{ Base} = 75 \text{ KVA}$$

Se tiene que calcular primero Z<sub>base</sub> que es la variable que se desconoce

$$Z_{base} \text{ (ohms)} = (200)^2 / (75 \times 1000) = 0.5333 \text{ Ohms}$$

Ahora ya se aplica la fórmula 03

$$Z_{pu} = \frac{(0.2925 + 0.0155 j)}{(0.5333)} = 0.5484 + 0.0290 j$$

### **Alimentador 2**

Calibre N° 10 AWG, Distancia = 70 metros

$$Z = 3.9 + 0.207j$$

$$Z = (3.9 + 0.207j) (0.070)$$

$$Z = 0.273 + 0.0144 j$$

$$Z_{pu} = \frac{(0.273 + 0.0144 j)}{(0.5333)} = 0.5119 + 0.0270 j$$

### **Alimentador 3**

Calibre N° 10 AWG, Distancia = 10 metros

$$Z = 3.9 + 0.207j$$

$$Z = (3.9 + 0.207j) (0.010)$$

$$Z = 0.039 + 0.0020 j$$

$$Z_{pu} = \frac{(0.039 + 0.0020 j)}{(0.5333)} = 0.0731 + 0.003 j$$

### **Alimentador 4**

Calibre N° 10 AWG, Distancia = 73 metros

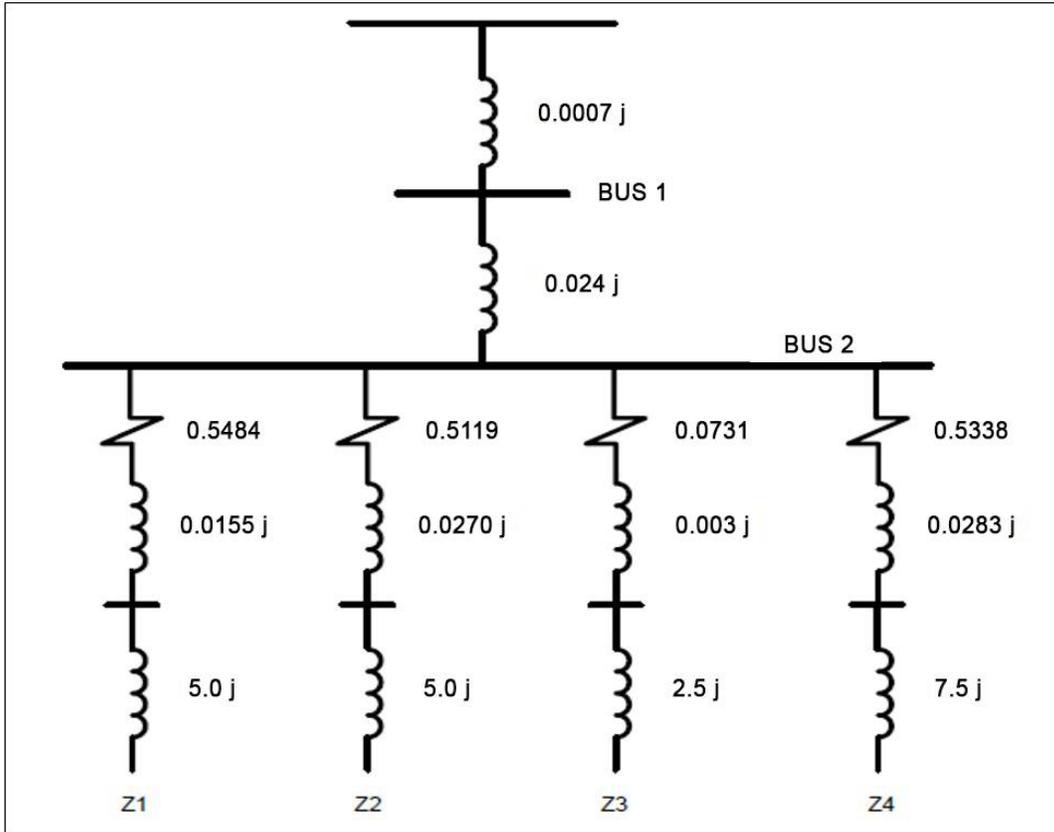
$$Z = 3.9 + 0.207j$$

$$Z = (3.9 + 0.207j) (0.073)$$

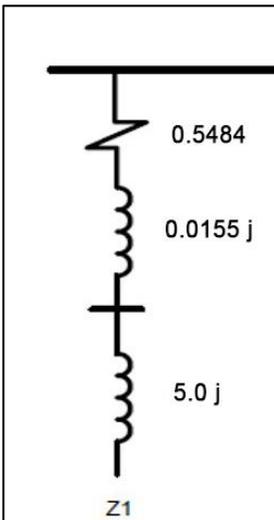
$$Z = 0.2847 + 0.0151 j$$

$$Z_{pu} = \frac{(0.2847 + 0.0151 j)}{(0.5333)} = 0.5338 + 0.0283 j$$

**3° Paso: se elabora el diagrama de impedancias**



**4° Paso: se calcula la falla en el bus 1**



$$Z1 = 0.5484 + 0.0155 j + 5 j$$

$$Z1 = 0.5484 + 5.0155 j$$

Para cambiar el número de forma rectangular a forma polar se realiza las siguientes formulas:

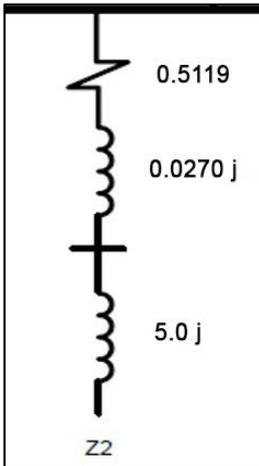
$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2} \dots \dots \dots \text{Fórmula 05}$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{XL}{R} \right) \dots \dots \dots \text{Fórmula 06}$$

$$Z = \sqrt{0.5484^2 + 5.0155^2} = 5.0453$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{5.0155}{0.5484}\right) = 83.7600$$

$$Z1 = 5.5484 \angle 83.7600$$



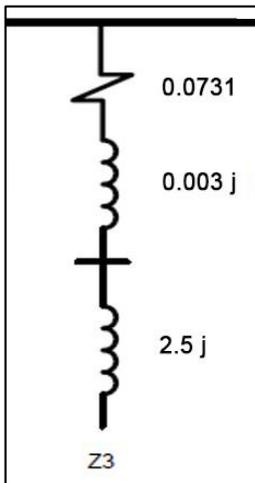
$$Z2 = 0.5119 + 0.0270j + 5j$$

$$Z2 = 0.5119 + 5.0270j$$

$$Z = \sqrt{0.5119^2 + 5.0270^2} = 2.2997$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{5.0270}{0.5119}\right) = 84.1856$$

$$Z2 = 2.2997 \angle 84.1856$$



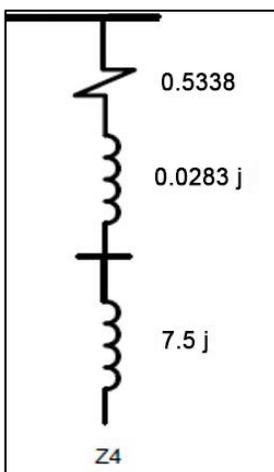
$$Z3 = 0.0731 + 0.003j + 2.5j$$

$$Z3 = 0.0731 + 2.503j$$

$$Z = \sqrt{0.0731^2 + 2.503^2} = 2.5040$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{2.503}{0.0731}\right) = 88.3271$$

$$Z3 = 2.5040 \angle 88.3271$$



$$Z4 = 0.5338 + 0.0283j + 7.5j$$

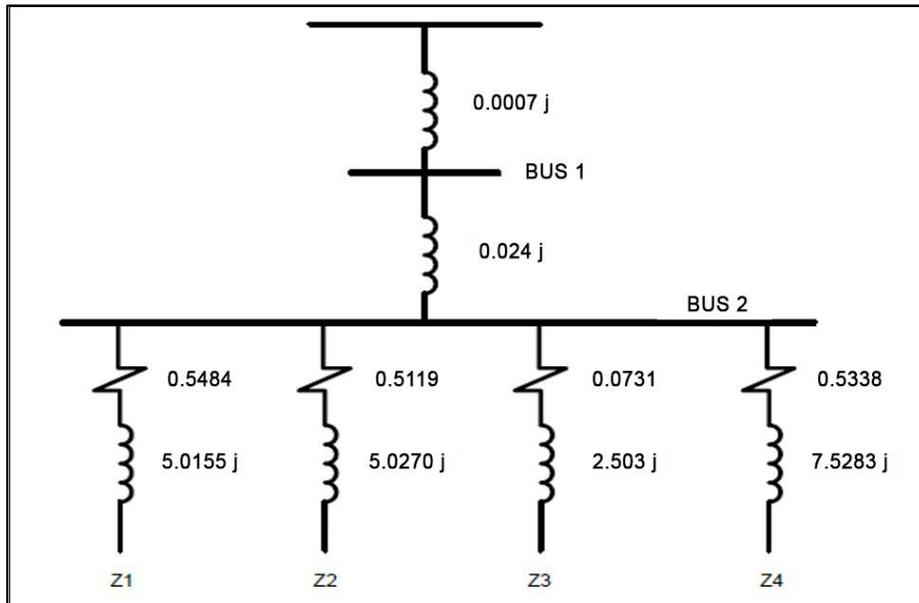
$$Z4 = 0.5338 + 7.5283j$$

$$Z = \sqrt{0.5338^2 + 7.5283^2} = 7.5472$$

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{7.5472}{0.5338} \right) = 85.9441$$

$$Z4 = 7.5472 \angle 85.9441$$

### Diagrama simplificado 1.1



Reduciendo impedancias:

$$Z5 = \frac{Z1 \times Z2}{Z1 + Z2}$$

$$Z5 = \frac{(5.0453 \angle 83.7600) \times (2.2997 \angle 84.1856)}{(0.5484 + 5.0155 j) + (0.5119 + 2.503 j)}$$

$$Z5 = \frac{(11.6026 \angle 167.9456)}{(1.0603 + 7.5185 j)}$$

$$Z5 = \frac{(11.6026 \angle 167.9456)}{(7.5928 \angle 81.9727)} = 1.5281 \angle 85.9729 = 0.1073 + 1.5243 j$$

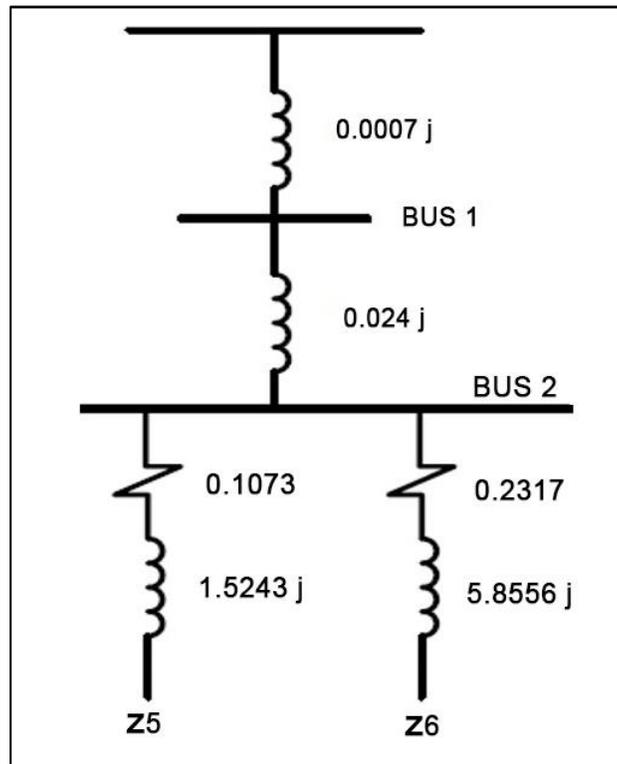
$$Z6 = \frac{Z3 \times Z4}{Z3 + Z4}$$

$$Z6 = \frac{(2.5040 \angle 88.327^\circ) \times (7.5472 \angle 85.9441^\circ)}{(0.0731 + 2.503j) + (0.5338 + 7.5283j)}$$

$$Z5 = \frac{(18.8981 \angle 174.2712^\circ)}{(0.6069 + 10.0313j)}$$

$$Z6 = \frac{(18.8981 \angle 174.2712^\circ)}{(3.2248 \angle 86.5377^\circ)} = 5.8602 \angle 87.7335^\circ = 0.2317 + 5.8556j$$

**Diagrama simplificado 1.2**

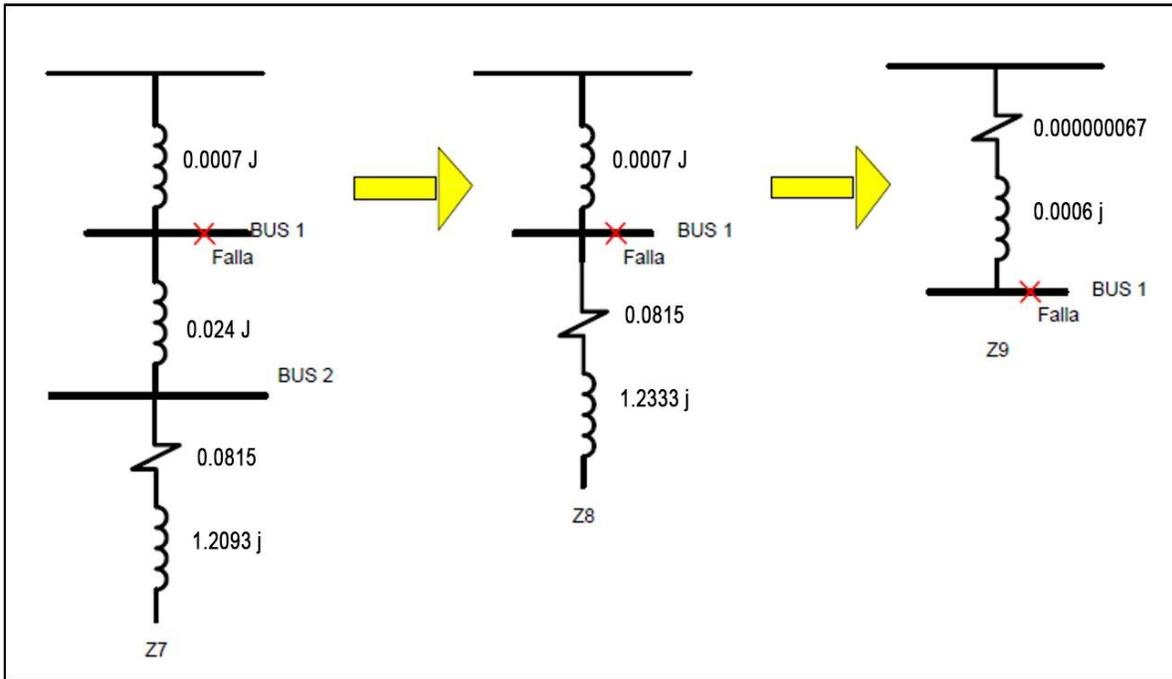


$$Z7 = \frac{Z5 \times Z6}{Z5 + Z6}$$

$$Z7 = \frac{(1.5281 \angle 85.9729^\circ) \times (5.8602 \angle 87.5377^\circ)}{(0.1073 + 1.5243j) + (0.2317 + 5.8556j)}$$

$$Z5 = \frac{(8.9549 \angle 173.5106)}{(0.339 + 7.3799 j)}$$

$$Z7 = \frac{(8.9549 \angle 173.5106)}{(7.3876 \angle 87.3699)} = 1.2121 \angle 86.1407 = 0.0815 + 1.2093 j$$



Calculo de Z8, para calcular Z8 se observa que está en serie con la impedancia del transformador lo cual se suma y da como resultado lo siguiente:

$$Z8 = 0.0815 + 1.2333 j$$

Para calcular Z9 se observa que está en paralelo con la impedancia del suministrador, se hace el siguiente cálculo:

$$Z9 = \frac{(0.0007 \angle 90) (1.2359 \angle 86.2192)}{0.0007 j + 0.0814 + 1.2332 j}$$

$$Z9 = \frac{(0.0008 \angle 176.2192)}{0.0814 + 1.2339 j}$$

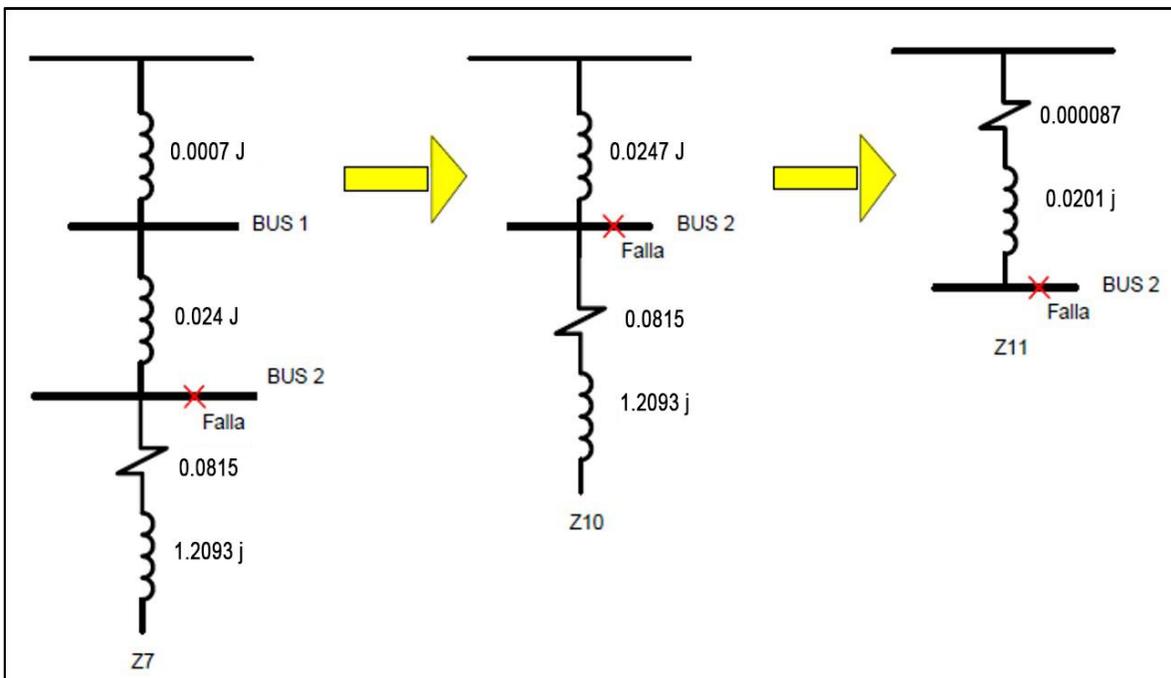
$$Z_9 = \frac{(0.0008 \text{ L } 176.2192)}{1.2365 \text{ L } 86.2256} = 0.0006 \text{ L } 89.9936 = 0.000000067 + 0.0006 j$$

$$I_{\text{c bus 1}} = \frac{1}{0.0006} = 1,666.67 \text{ P. U.}$$

$$I_{\text{base}} = \frac{75}{1.73 \times 13.2} = 3.285 \text{ A}$$

$$I_{\text{c bus 1}} = 1,666.67 \times 3.285 \text{ A} = \mathbf{5,475.0109 \text{ Amperes}}$$

**5° Paso: se calcula la falla en el bus 2**



Calculo de Z10, para calcular Z10 se observa que en Z7 está en serie la impedancia del transformador con la del suministrador, la cual se suma y da como resultado lo siguiente:

$$\mathbf{Z_8 = 0.0247 j}$$

Para calcular Z11 se observa que está en paralelo con la impedancia del suministrador, se hace el siguiente cálculo:

$$Z_{11} = \frac{(0.0247 \text{ L } 90) (1.2120 \text{ L } 86.1444)}{0.0247 j + 0.0814 + 1.2092 j}$$

$$Z_9 = \frac{(0.0299 \angle 176.144)}{0.0814 + 1.2339j}$$

$$Z_9 = \frac{(0.0299 \angle 176.144)}{1.4782 \angle 86.2256} = 0.0202 \angle 89.9184 = 0.000087 + 0.0201j$$

$$I_{\text{c bus 2}} = \frac{1}{0.0201} = 47.6190 \text{ P.U.}$$

$$I_{\text{base}} = \frac{75}{1.73 \times 0.220} = 197.0572 \text{ A}$$

$$I_{\text{c bus 2}} = 47.6190 \times 197.0572 \text{ A} = \mathbf{9,383.6668 \text{ Amperes}}$$

### 3.5 Calculo de cortocircuito por el Método de MVA'S

Método de los MVA'S

Este método de cálculo más sencillo se utiliza cuando no es necesario considerar la resistencia de los elementos que conforman el sistema.

La impedancia del equipo debe convertirse directamente a MVA de cortocircuito.

$MVA_{\text{cc}} = MVA_{\text{equipo}} / X_{\text{pu del equipo}}$

El cálculo de cortocircuito también se puede realizar por el método de los MVA'S.

#### Paso 1 convertir impedancias a MVA'S $MVA_{\text{cc}} = MVA / Z_{\text{p.u.}}$

Suministrador  $MVA_{\text{cc}} = 100$

Transformador =  $0.0750 / 0.024 = 3.125$

Motor de 1.5 hp

$$= 0.0015 / 0.1 = 0.015$$

Motor de 1.5 hp

$$= 0.0015 / 0.1 = 0.015$$

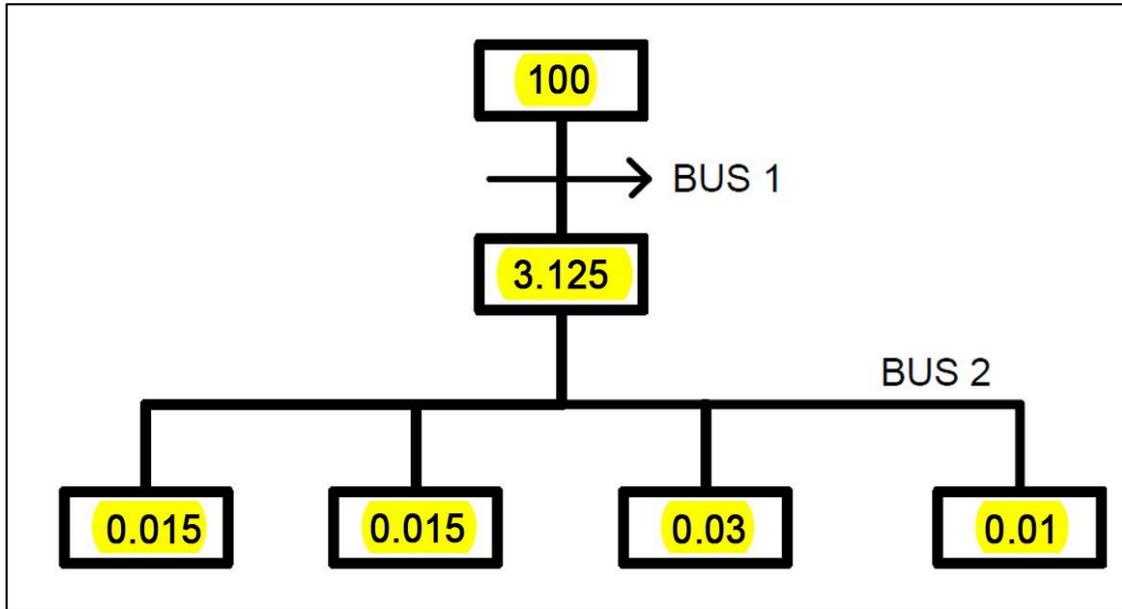
Motor de 3 hp

$$= 0.003 / 0.1 = 0.03$$

Motor de 1 hp

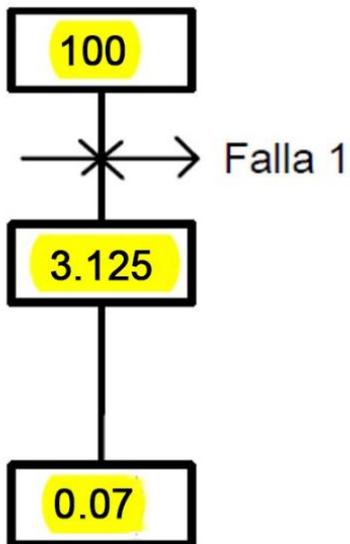
$$= 0.001 / 0.1 = 0.01$$

**Paso 2 Se elabora el Diagrama de MVA'S**

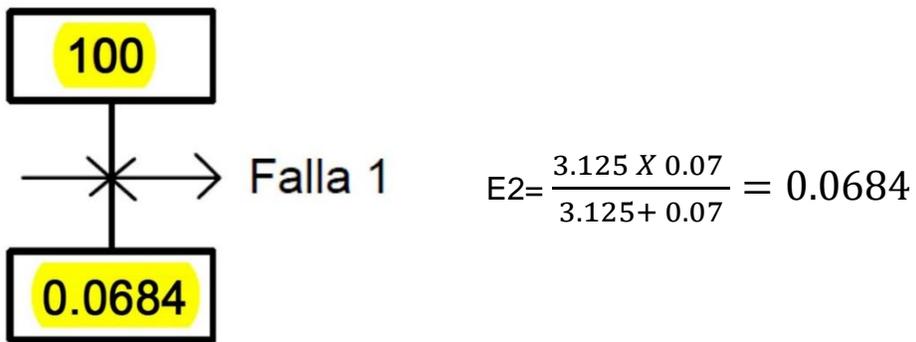


**Paso 3 Se reduce el diagrama**

- ✓ MVA'S en serie: se reducen en **paralelo**
- ✓ MVA'S en paralelo: se reducen en **serie**



$$E1 = 0.015 + 0.015 + 0.03 + 0.01 = 0.07$$



$$E_3 = 100 + 0.0684 = 100.0684$$

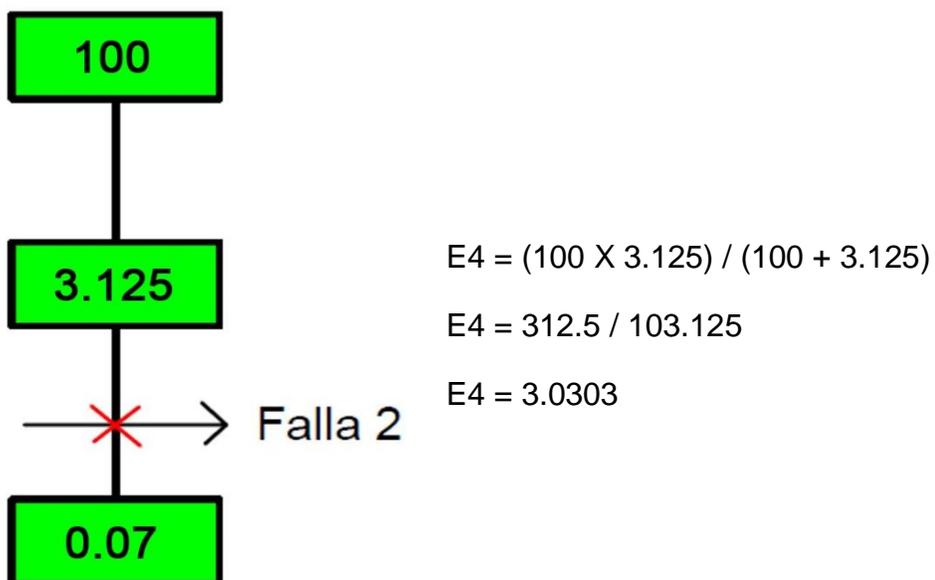
$$E_{eq} = 100.0684 \text{ MVA}$$

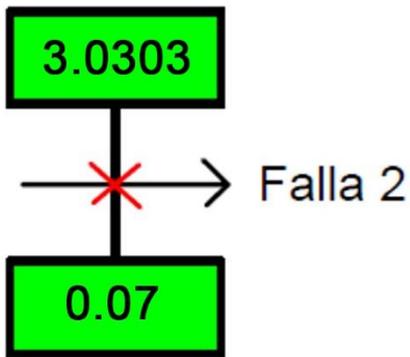
$$I_{cc1} = 100.0684 \text{ MVA} / (1.7321 \times 13.2 \text{ KVA})$$

$$I_{cc1} = 100.0684 / (1.7321 \times 0.0132)$$

$$I_{cc1} = 4,376.4331 \text{ Amperes.}$$

Para la falla en el BUS 2





$$E_{eq} = 3.0303 + 0.07$$

$$E_{eq} = 3.1003 \text{ MVA} = 3,100.30 \text{ KVA}$$

$$I_{cc 2} = 3,100.30 / (1.7321 \times 0.22 \text{ KVA})$$

$$I_{cc 2} = 8.13 \text{ KA}$$

$$I_{cc 2} = 8,135.9463 \text{ Amperes.}$$

### Resumen de cálculo de cortocircuito

Método por Unidad	Método por MVA'S
BUS 1 = 5,475.0109 Amperes	BUS 1 = 4,376.4331 Amperes
BUS 2 = 9,383.6668 Amperes	BUS 2 = 8,135.9463 Amperes

#### Resumen:

En el bus 1 se requiere un interruptor con corriente de interrupción de **5,475.010 Amperes**.

En el bus 2 se requiere interruptores con corriente de interrupción de **9,383.6668 Amperes**.

### 3.6 Calculo de los Conductores Principales y Conductores de los Circuitos Derivados

#### Alimentador principal

##### Objetivo

Establecer los criterios utilizados en el cálculo y selección del tamaño nominal de los conductores para un circuito que opera con una tensión de 220.00 volt a 60 Hz.

##### Alcance

Esta memoria de cálculo cubre los criterios utilizados para el cálculo y selección de los conductores para un Alimentador por capacidad de conducción de corriente y caída de tensión bajo operación normal. Los conductores seleccionados para el circuito son de Cobre y tienen aislamiento THW-LS con temperatura máxima de operación de 75.00 °C.

#### Datos Generales Empleados

Los datos listados a continuación constituyen los criterios considerados como base para el cálculo de los parámetros que intervienen en la selección del tamaño nominal de los

conductores.

<b>Tensión nominal del sistema:</b>	<b>220.00 V.</b>
Temperatura ambiente:	35.00 °C
Material del conductor:	Cobre
Material del aislamiento:	THW-LS
Máxima Temperatura de operación del Conductor:	75.00 °C
Máxima caída de tensión en porciento permitida para el circuito:	3.00 %

**Datos del Circuito para Selección del Tamaño Nominal.** - Para la selección del tamaño nominal del conductor se consideraron los datos listados a continuación:

<b>Tipo de Carga</b>	<b>Alimentador</b>
<b>Potencia</b>	38.015 KW
<b>Tensión Nominal</b>	220.00 V
<b>Número de Fases</b>	3
<b>Factor de Potencia del sistema</b>	0.90
<b>Eficiencia</b>	1.00
<b>Factor de Demanda</b>	1.0000
<b>Longitud del circuito</b>	1 m
<b>Temperatura de terminales</b>	75 °C
<b>Sistema de soporte o canalización</b>	Tubo conduit
<b>Material del soporte o canalización</b>	Acero

**Selección del Usuario.** - El conductor final, ha sido seleccionado por el usuario: 2/0 AWG con 1 conductor por fase. Se valida que cumpla con los criterios de selección del calibre del conductor.

**Selección del Calibre del Conductor**

**Por capacidad de conducción.** - Se calcula el valor de la corriente nominal a partir de la ecuación:

$$IN=[kW*1000]/[1.73 *V*FP]$$

Dónde:

- IN Corriente nominal [Amperes].
- kW Capacidad nominal del Alimentador [kW].
- FS Factor de servicio.
- V Tensión nominal [Volt].
- FP Factor de potencia.

Se determina el valor de la corriente nominal del equipo considerando la capacidad nominal del mismo. Obteniendo un valor de 110.84 Amperes. De acuerdo con lo indicado en la sección 220-10 la capacidad de conducción del circuito no deberá ser menor a la carga no continua más el 125% de la carga continua que es 138.55 Amperes.

Se determina el factor de corrección por temperatura de la tabla 310-15(B)(2)(A), considerando una temperatura máxima de operación de 75.00 °C, una temperatura de terminales de 75 °C y una temperatura ambiente de 35.00 °C + 0.00 °C por instalación de tubo conduit en azoteas. El factor de corrección por temperatura es de 0.94.

Se considera que el conductor se instalará en Tubo Conduit, la corriente del conductor no deberá ser mayor que la capacidad indicada en la "Tabla 310-15(b) (16). - Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volt y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C\*" de la norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-2012.

Se selecciona el conductor por capacidad de conducción aplicando el factor de corrección por temperatura y el factor decremental debido al tipo de canalización (para tubo, factor de corrección por agrupamiento).

Calibre (AWG/kCM)	Capacidad de Cond. (75 °C)	Fact. Dec. Canal/Charola	Fact Dec. temp a 35.0 °C	Capacidad de Conducción (Amperes)
2/0	175.00 A	1.000	0.94	164.50

El factor de ajuste de la capacidad de conducción de la tercera columna de la tabla anterior es: 1.000. Calculado de acuerdo con el siguiente desglose:

Factor de ajuste tubo	Condición	Valor
Porcentaje de Carga Armónica (Fa)	0 %	1.000
Agrupamiento (Fag)	Otro	1.000
Puesta a tierra en 2 puntos (Fs)		1.000
Definida usuario [---](Fu)		1.000

$$\text{Factor} = Fa * Fag * Frs * Fs * Fu$$

Se determina el conductor con tamaño nominal adecuado de la tabla referida con anterioridad, aplicando los factores de ajuste y calculando la capacidad de conducción corregida para 1 conductor por fase de calibre 2/0 AWG (141.00 Amperes). Y se verifica que cumpla la condición de que la capacidad de conducción de corriente corregida del conductor sea mayor que la corriente para selección del conductor.

### **Selección por caída de tensión.**

Aplicando la nota del artículo 310-15(a)(1) Nota 1, la cual indica que esa sección no toma en consideración la caída de tensión en los circuitos. Se verifica que el calibre del conductor propuesto cumpla con los requisitos de caída de tensión. En cumplimiento con el art. 215-2 (a)(1) en su nota 3 (para alimentadores) y/o con el art. 210-19 (a)(1) en su nota 4 (para circuitos derivados); se define una máxima caída de tensión permisible en el circuito de 3.00 % y aplicando la ecuación:

$$e\% = [1.73] * L * (I/CF) * (R * \text{COS}(TETA) + X * \text{SEN}(TETA)) / [V * 10]$$

Donde:

- e% Caída de tensión en por ciento.
- L Longitud del conductor [metros].
- IN Corriente nominal. [Amperes.]
- CF Número de conductores por fase.
- R Resistencia [Ohms/km].
- X Reactancia [Ohms/km].
- V Tensión del sistema [Volt].
- TETA Angulo de desfaseamiento entre la tensión y la corriente.
- Cos (TETA) Factor de potencia.

Aplicando los valores de Resistencia y Reactancia para un conductor Monopolar, en canalización no magnética, de las tablas de resistencia indicada en la "Tabla 4A-7-60Hz impedance data for three-phase copper cable circuits, in approximate ohms per 1000 ft at 75C (a) Three single conductors" del estándar IEEE Std 141, Recommended practice for

Electric Power distribution por Industrial Plants (Red Book) para calibres 8 AWG en adelante y de la tabla 9.- Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volt, 3 fases a 60 Hz y 75 °C.

Tres conductores individuales en un tubo conduit para calibres 14, 12 y 10 AWG Debido a que la aplicación almacena estos valores referidos a 90°C, se corrige el valor de la resistencia de 90°C a la temperatura de terminales de 75 °C de acuerdo con la fórmula:

$$[R2/R1] = [(T2+Tk) / (T1+Tk)]$$

Donde:

- Tk 234.5 °C Para cobre recocido estirado en frío con 100 % de conductividad.
- R2 Resistencia a la temperatura del ambiente [Ohms]
- R1 Resistencia determinada a la temperatura de referencia T1 [Ohms].
- T2 Temperatura ambiente del lugar de instalación [°C].
- T1 Temperatura empleada para la determinación de la resistencia R1 [°C].

Calibre (AWG/kCM)	Resistencia 90°C (OHMS/km)	Resistencia 75°C (OHMS/km)	Reactancia 60 Hz(OHMS/km)	Caída de Tensión (%)
2/0	0.3474	0.3313	0.1397	0.6675

Se observa que la caída de tensión para el arreglo de 1 conductor por fase de tamaño nominal 2/0 AWG cumple con los requisitos de caída de tensión.

**Resumen de la selección del tamaño nominal.** - A continuación, se presenta el tamaño nominal seleccionado, aplicando diferentes criterios, para los conductores del circuito ALIMENTADOR:

Criterio de selección	Tamaño Nominal	Conductor(es) por fase
Capacidad de conducción	2/0 AWG	1
Caída de tensión	2/0 AWG	1
Selección usuario	2/0 AWG	1
Selección final	2/0 AWG	1
Diámetro de tubo conduit sugerido (cm/plg): 4.10 / 1.50 llenado al 38.78 % de acuerdo al 100%		

## Conclusiones

De acuerdo con la selección realizada el conductor de Cobre de tamaño nominal 2/0 AWG cumple con los criterios de capacidad de conducción y caída de tensión bajo operación normal.

## Circuito C- A1

**Datos generales empleados.** - Los datos listados a continuación constituyen los criterios considerados como base para el cálculo de los parámetros que intervienen en la selección del tamaño nominal de los conductores

<b>Tensión nominal del sistema:</b>	<b>127.00 V.</b>
<b>Temperatura ambiente:</b>	35.00 °C
<b>Material del conductor:</b>	Cobre
<b>Material del aislamiento:</b>	THW-LS
<b>Máxima Temperatura de operación del Conductor:</b>	75.00 °C
<b>Máxima caída de tensión en porciento permitida para el circuito:</b>	3.00 %

## Datos del circuito para selección del tamaño nominal

Para la selección del tamaño nominal del conductor se consideraron los datos listados a continuación:

<b>Tipo de Carga</b>	<b>Alumbrado</b>
<b>Potencia</b>	0.533 KW
<b>Tensión Nominal</b>	127.00 Volt
<b>Número de Fases</b>	1
<b>Factor de Potencia del sistema</b>	0.9000
<b>Eficiencia</b>	1.00
<b>Factor de Demanda</b>	1.0000
<b>Longitud del circuito</b>	15 m
<b>Tipo de Conductor</b>	Monopolar
<b>Temperatura de terminales</b>	75 °C

<b>Sistema de soporte o canalización</b>	Tubo conduit
<b>Material del soporte o canalización</b>	Acero

### **Selección del calibre del conductor utilizando un conductor por fase**

**Selección por capacidad de conducción.** -Se calcula el valor de la corriente nominal a partir de la ecuación:

$$IN=[KW*100]/[V*FP*Eff]$$

Donde:

- IN Corriente nominal [Amperes].
- kW Capacidad nominal del Alumbrado [kW].
- FS Factor de servicio.
- V Tensión nominal [Volt].
- FP Factor de potencia.
- Eff Eficiencia.

Se determina el valor de la corriente nominal del equipo considerando la capacidad nominal del mismo. Obteniendo un valor de 4.66 Amperes., La capacidad de conducción del circuito no deberá ser menor a la carga máxima del equipo que es de 100.00% equivalente a 4.66 Amperes. Se determina el factor de corrección por temperatura de la tabla 310-15(B)(2)(A), considerando una temperatura máxima de operación de 75.00 °C, una temperatura de terminales de 75 °C y una temperatura ambiente de 35.00 °C + 0.00 °C por instalación de tubo conduit en azoteas. El factor de corrección por temperatura es de 0.94.

Se considera que el conductor se instalará en Tubo conduit, la corriente del conductor no deberá ser mayor que la capacidad indicada en la "Tabla 310-15(b)(16).- Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volt y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cable o directamente enterrados, basados en una temperatura ambiente de 30 °C\*" de la norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-2012.

Se selecciona el conductor por capacidad de conducción aplicando el factor de corrección por temperatura y el factor decremental debido al tipo de canalización (para tubo, factor de corrección por agrupamiento).

Calibre (AWG/kCM)	Capacidad de Cond. (75 °C)	Fact. Dec. Canal/Charola	Fact Dec. temp a 35.0 °C	Capacidad de Cond. decre. (Amp)
12	25.00 Amp	1.000	0.9400	23.50

El factor de ajuste de la capacidad de conducción de la tercera columna de la tabla anterior es: 1.000. Calculado de acuerdo con el siguiente desglose:

Factor de ajuste tubo	Condición	Valor
Porcentaje de Carga Armonica (Fa)	0 %	1.000
Agrupamiento (Fag)	Otro	1.000
Puesta a tierra en 2 puntos (Fs)		1.000
Definida usuario [---](Fu)		1.000

$$\text{Factor} = Fa * Fag * Frs * Fs * Fu$$

Se determina el conductor con tamaño nominal adecuado de la tabla referida con anterioridad, aplicando los factores de ajuste y calculando la capacidad de conducción corregida para 1 conductor por fase de calibre 12 AWG (23.50 Amperes.). Y se verifica que cumpla la condición de que la capacidad de conducción de corriente corregida del conductor sea mayor que la corriente para selección del conductor.

### Selección por caída de tensión

Aplicando la nota del artículo 310-15(a)(1) Nota 1, la cual indica que esa sección no toma en consideración la caída de tensión en los circuitos. Se verifica que el calibre del conductor propuesto cumpla con los requisitos de caída de tensión. En cumplimiento con el art. 215-2 (a)(1) en su nota 3 (para alimentadores) y/o con el art. 210-19 (a)(1) en su nota 4 (para circuitos derivados); se define una máxima caída de tensión permisible en el circuito de 3.00 % y aplicando la ecuación:

$$e\% = [2 * L * (I/CF) * (R * \cos(\text{TETA}) + X * \text{SEN}(\text{TETA}))] / [V * 10]$$

Donde:

e%	Caída de tensión en porciento.
L	Longitud del conductor [metros].
IN	Corriente nominal. [Amperes.]
CF	Número de conductores por fase.
R	Resistencia [Ohms/km].
X	Reactancia [Ohms/km].
V	Tensión del sistema [Volt].

TETA      Angulo de defasamiento entre la tensión y la corriente.  
 cos(TETA)    Factor de potencia.

Aplicando los valores de Resistencia y Reactancia para un conductor Monopolar, en canalización magnetica, de las tablas de resistencia indicada en la "Tabla 4A-7-60Hz impedance data for three-phase copper cable circuits, in approximate ohms per 1000 ft at 75C (a) Three single conductors" del estándar IEEE Std 141, Recommended practice for Electric Power distribution por Industrial Plants (Red Book) para calibres 8 AWG en adelante y de la tabla 9.- Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volt, 3 fases a 60 Hz y 75 °C. Tres conductores individuales en un tubo conduit para calibres 14, 12 y 10 AWG Debido a que la aplicación almacena estos valores referidos a 90°C, se corrige el valor de la resistencia de 90°C a la temperatura de terminales de 75 °C de acuerdo con la fórmula:

$$[R2/R1]=[T2+Tk)/(T1+Tk)]$$

Donde:

Tk      234.5 °C Para cobre recocido estirado en frío con 100 % de conductividad. R2 Resistencia a la temperatura del ambiente [Ohms]

R1      Resistencia determinada a la temperatura de referencia T1 [Ohms].

T2      Temperatura ambiente del lugar de instalación [°C].

T1      Temperatura empleada para la determinación de la resistencia R1 [°C].

Calibre (AWG/kCM)	Resistencia 90°C (OHMS/km)	Resistencia 75°C (OHMS/km)	Reactancia 60 Hz(OHMS/km)	Caída de Tensión (%)
12	6.8796	6.5616	0.2066	0.6645

Se observa que la caída de tensión para el arreglo de 1 conductor por fase de tamaño nominal 12 AWG cumple con los requisitos de caída de tensión.

**Resumen de la Selección del Tamaño Nominal.** -A continuación, se presenta el tamaño nominal seleccionado, aplicando diferentes criterios, para los conductores del circuito C-A1:

Criterio de selección	Tamaño Nominal	Conductor(es) por fase
Capacidad de conducción	12 AWG	1

Caída de tensión	12 AWG	1
Selección usuario	12 AWG	1
Selección final	12 AWG	1
Diámetro de tubo conduit sugerido (cm/plg): 1.60 / 0.50 llenado al 17.11 % de acuerdo al 100%		

**Conclusiones.** - De acuerdo con la selección realizada el conductor de Cobre de tamaño nominal 12 AWG cumple con los criterios de capacidad de conducción y caída de tensión bajo operación normal.

#### 4.- Resultados

El cálculo de cortocircuito del sistema eléctrico se realizó por dos métodos los cuales son, el método por unidad y el método de MVA'S. En el diagrama unifilar que se muestra en la figura 3.4.1 del capítulo 3, se realiza el cálculo en dos puntos los cuales son: BUS 1 Y BUS 2.

Primero se realiza el cálculo de cortocircuito por el método por unidad obteniendo una corriente de cortocircuito en el bus 1 de 5,475.0109 A Amperes y en el bus 2 de 9,383.6668 Amperes, posteriormente se realiza el método del MVA'S por el cual obtenemos una corriente de cortocircuito en el bus 1 de 4,376.4331 Amperes y en el bus 2 de 8,135.9463 Amperes.

Para proteger a la instalación eléctrica se instala interruptores con una capacidad interruptiva de 10 KA como mínimo ya que de los cálculos antes realizados nos permiten calcular la corriente de cortocircuito en el sistema y está por debajo a los 10 KA.

## 5.- Referencias

- De Metz-Noblat, B., Dumas, F., & THOMASSET, G. (2000). Cálculo de corrientes de cortocircuito. *SCHNEIDER Electric, Cuaderno Técnico*, (158).
- No, C. T. 158 “Calculo de Corrientes de cortocircuito”.
- Harper, G. E. (2006). *Elementos de diseño de subestaciones eléctricas*. Editorial Limusa.
- Clase, A., & Clase, B. NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (utilización) (Continúa de la Octava Sección).
- Hernández Peralta, H. (2014). Instalación eléctrica en media y baja tensión para la Ptar Filomeno Mata, Ver.

## ANEXO A

### Diagrama Unifilar de la Instalación Eléctrica

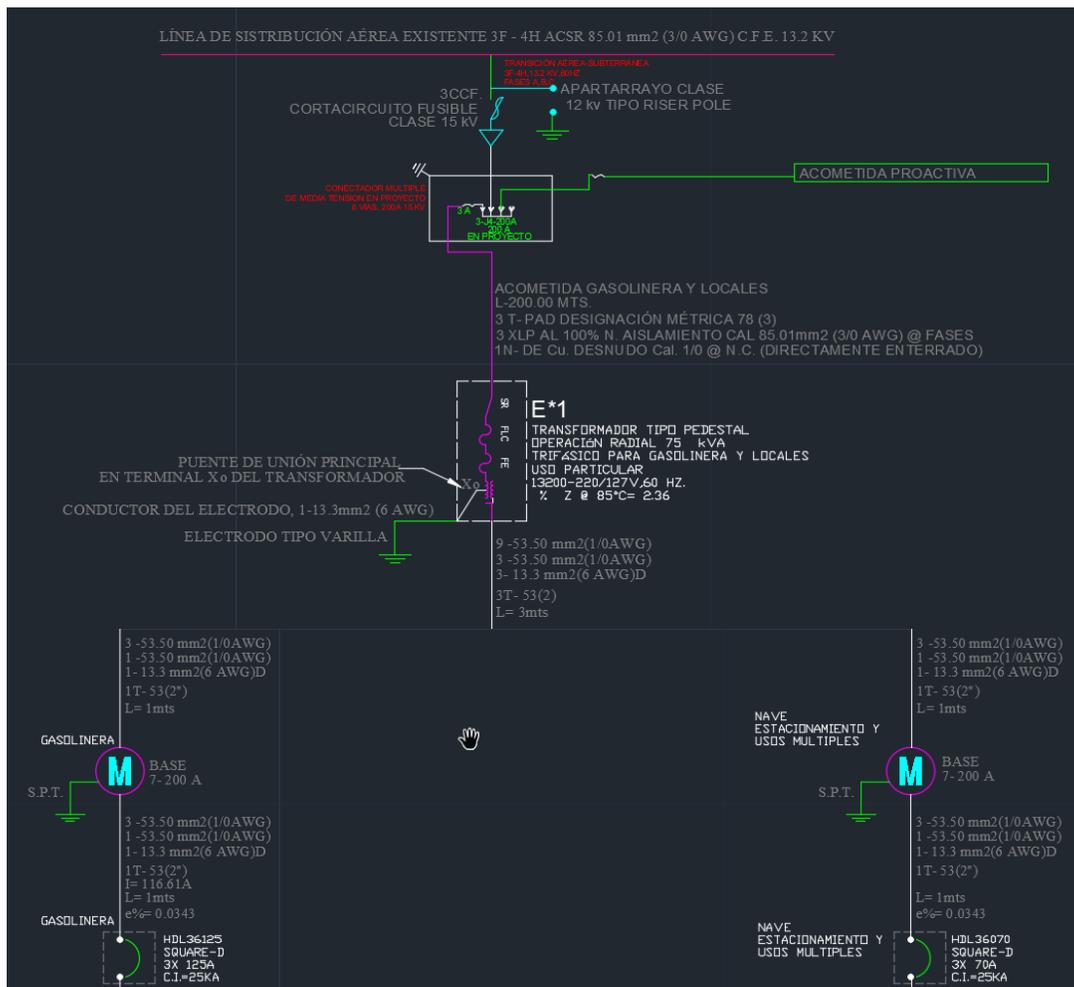


Fig. A.1 Acometida Aérea – Subterránea



Fig. A.2 Tablero "O" oficinas

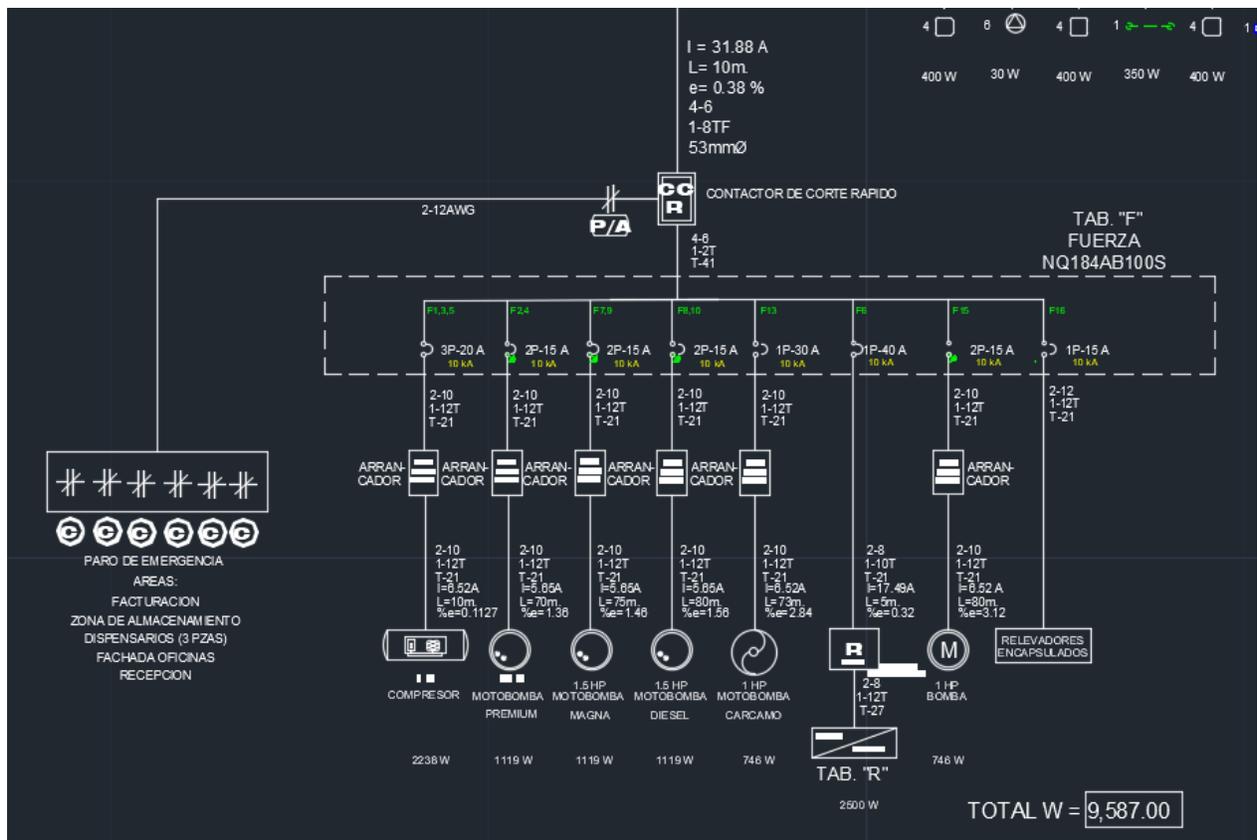


Fig. A.3 Tablero "F" FUERZA

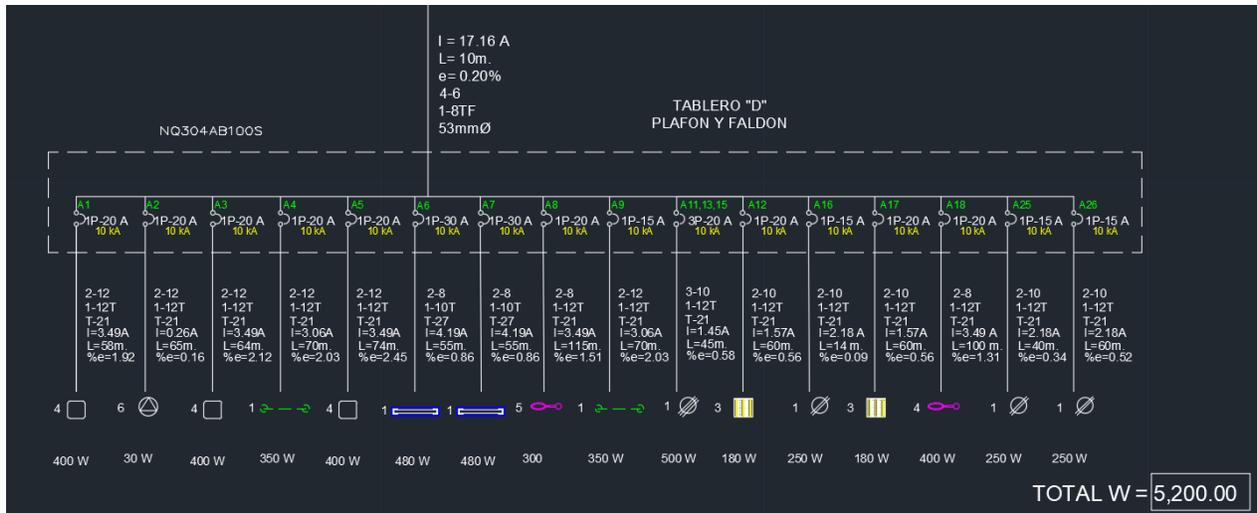


Fig. A.4 Tablero "D" PLAFON Y FALDON



Fig. A.5 Tablero "R" REGULADO

Para ver detalladamente el diagrama unifilar del proyecto eléctrico se adjunta el archivo en AutoCAD 2016.

Imágenes del proyecto eléctrico realizado

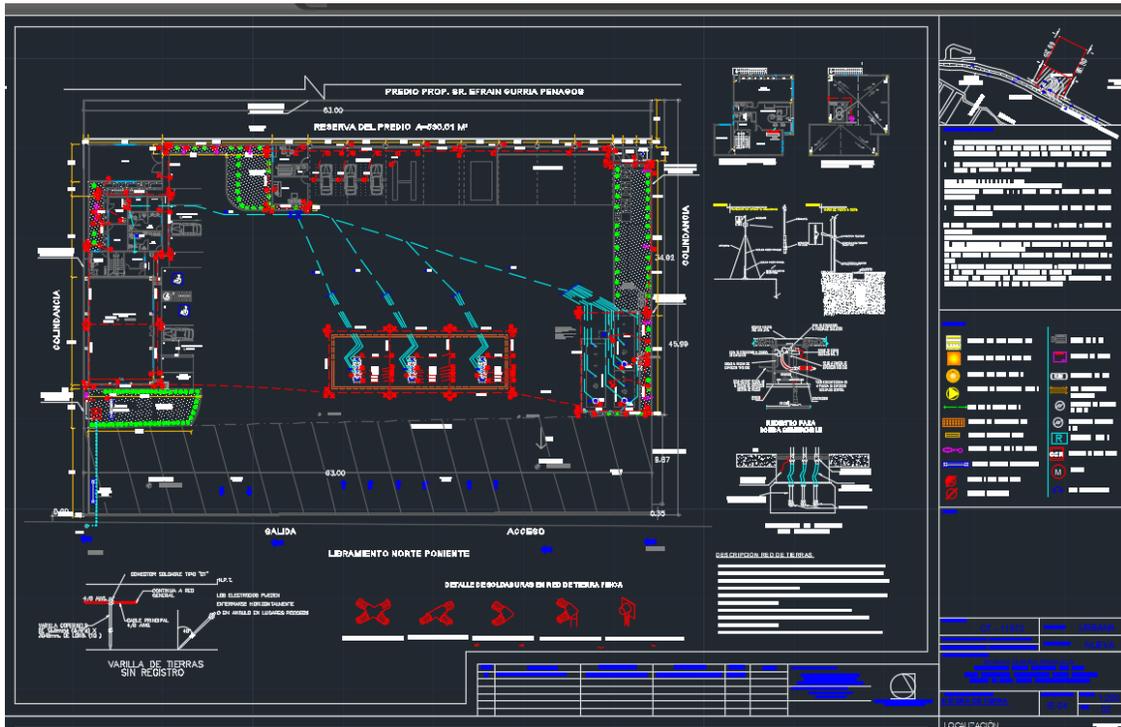


Fig. B.1 PLANO SISTEMA DE TIERRA

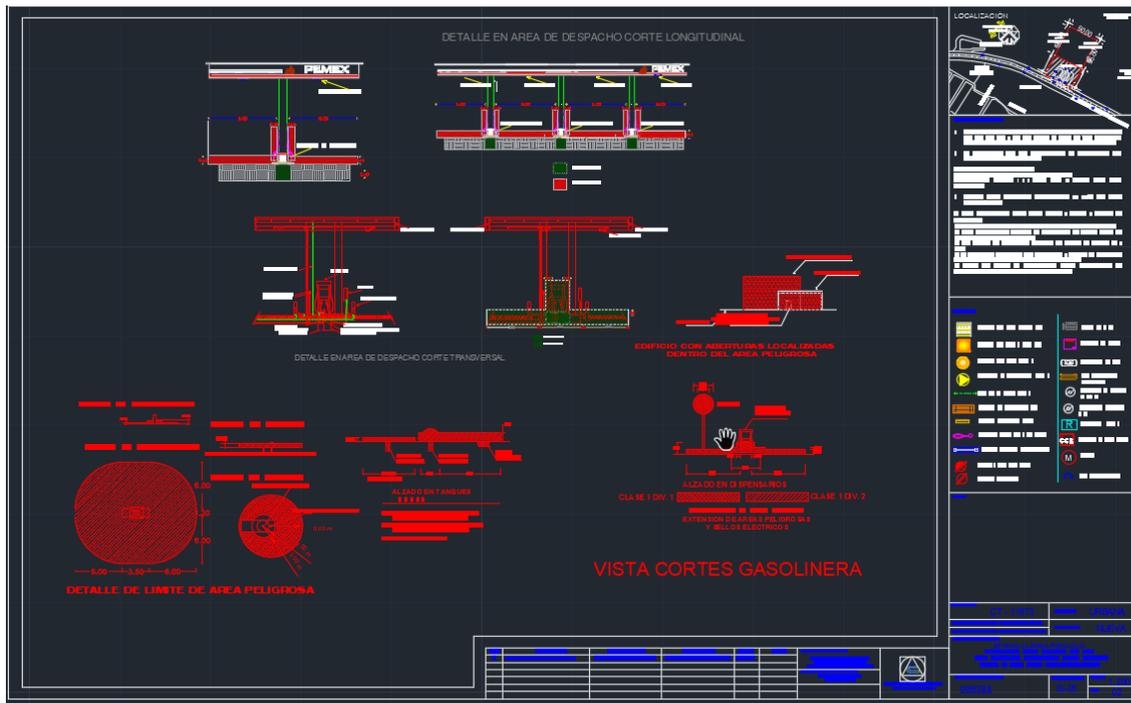


Fig. B.2 PLANO DE CORTES



Fig. B.3 PLANO AREAS PELIGROSAS

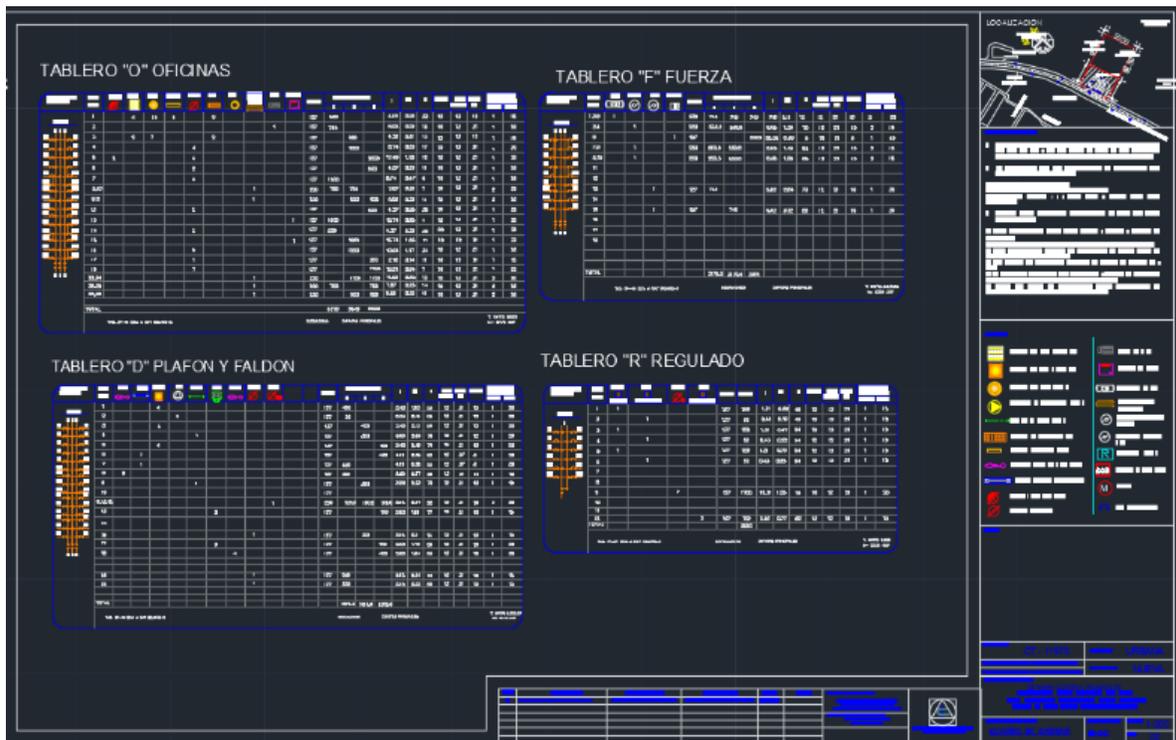


Fig. B.4 PLANO CUADRO DE CARGAS

## **6. Conclusiones**

La elaboración de este proyecto se basa principalmente en los cálculos de corto circuito y cálculos de los circuitos derivados, estos cálculos nos permiten seleccionar la capacidad de los interruptores y conductores a utilizar, para que al momento de que ocurra la falla, los interruptores funcionen en base a sus características de funcionamiento y protejan a los conductores.

La instalación eléctrica se encuentra dentro de la clasificación de áreas peligrosas de la NOM y esta nos dice que los conductores de baja tensión deben de ser del tipo THHN ya que su aislamiento de PVC no propaga la flama. La cubierta de Nylon brinda protección mecánica y resistencia a los derivados del petróleo, agentes químicos, grasas y aceites.

Además, brinda mayor resistencia a la abrasión, lo que permite mayor deslizamiento y facilidad de instalación. Los productos con pigmentación negra, resisten a los rayos ultravioleta de la luz solar. La sección transversal de estos conductores es menor, que los conductores TW y THW, lo cual permite una reducción considerable en los costos de instalación.

La Red de puesta a tierra que se proyectó en la estación de servicio cumple con las normas de PEMEX y con la NOM-001-SEDE-2012, obteniendo resultados de la resistencia dentro de lo aceptable por la NOM. Los sistemas eléctricos se deben conectar a tierra de manera que limiten la tensión impuesta por descargas atmosféricas, sobretensiones en la línea, o contacto no intencional con líneas de tensión mayor y que estabilicen la tensión a tierra durante la operación normal.

En general el proyecto eléctrico se realizó de acuerdo a las Normas de PEMEX, de CFE y de la NOM-001-SEDE-2012, que tienen como objetivo principal salvaguardar la integridad de las personas que laboran en ella y a proteger los equipos instalados de cortocircuitos.