

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

**INGENIERIA ELÉCTRICA**

**REPORTE DE RESIDENCIA**

**“DISEÑO DE UNA INSTALACION ELECTRICA EN MEDIA Y BAJA TENSION  
DE UNA ESTACION DE SERVICIO DE COMBUSTIBLE, DE ACUERDO A LA  
NOM-001-SEDE-2012”**

**ASESOR INTERNO:**

**MC. KARLOS VELÁZQUEZ MORENO**

**ASESOR EXTERNO:**

**ING. JORGE LUIS SUAREZ ZOZAYA**

**ALUMNO(A):**

**GONZALEZ CAMACHO DENIA DEL ROCIO**

**GRUPO LARUSU DE CHIAPAS, S.A. DE C.V.**

**TUXTLA GUTIERREZ, CHIAPAS, DICIEMBRE DEL 2017.**

## Listado de abreviaturas y símbolos.

kV	Kilo volt
F'c	Fuerza de compresión
KPa	Kilo pascales
N	Newton
I	Corriente
R	Resistencia
jX	Capacitancia
$\Delta V_{\square}$	Caída de tensión de línea en trifásico en voltios
R	Resistencia de la línea en $\Omega$ (Ohms/km)
X	Reactancia de la línea en $\Omega$ (Ohms/km)
P	Potencia en vatios transportada por la línea.
UU1	Tensión de la línea trifásica.
Tan $\varphi$	Tangente del ángulo correspondiente al factor de potencia.
R <sub>tca</sub>	Resistencia del conductor en corriente alterna a la temperatura $\theta$ .
R <sub>tcc</sub>	Resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura $\theta$ .
R <sub>20cc</sub>	Resistencia del conductor en corriente continua a la temperatura de 20°C.
Y <sub>s</sub>	Incremento de la resistencia debido al efecto piel (o efecto skin)
Y <sub>p</sub>	Incremento de la resistencia debido al efecto proximidad.
$\rho_{\theta}$	Resistividad del conductor a la temperatura $\theta$ .
$\rho_{20}$	Resistividades del conductor a 20°C.
S	Sección del conductor en mm <sup>2</sup> .

L	longitud de la línea en m.
S	Sección calculada según la caída de tensión máxima en mm <sup>2</sup> .
c	Incremento de la resistencia en alterna. (Se puede tomar c= 1,02).
$\rho_{\theta}$ ( $\Omega\text{mm}^2 / \text{m}$ ).	Resistividad del conductor a la temperatura para el conductor
P	Potencia activa prevista para la línea, en vatios.
L	Longitud de la línea en m.
$\Delta U_{III}$	Caída de tensión máxima admisible en voltios en líneas trifásicas.
Uu1	Tensión nominal de la línea.
T	Temperatura real estimada en el conductor
T <sub>máx</sub> aislamiento.	Temperatura máxima admisible para el conductor según su
T0	Temperatura ambiente del conductor.
I máx. instalación.	Intensidad máxima admisible para el conductor según el tipo de
Zred	Impedancia de la red
Ztrans	Impedancia del transformador
kVA base	Kilo volts amperes base (potencia base)
kVA	Kilo volts amperes
Icc simétrica	Corriente de corto circuito simétrica
Icc asimétrica	Corriente de corto circuito asimétrica
Pcc simétrica	Potencia de corto circuito simétrica
Pcc asim	Potencia de corto circuito asimétrica
Ib	Corriente base
p.u.	Por unidad

A	Sección transversal del conductor en mm <sup>2</sup> . (o también kcmil)
I	Corriente rcm en kA (debe considerarse el aumento de este valor a futuro).
T <sub>m</sub>	Temperatura máxima permisible en °C.
T <sub>a</sub>	Temperatura ambiente en °C.
T <sub>r</sub>	Temperatura de referencia para las constantes del material en °C.
α <sub>0</sub>	Coefficiente térmico de resistividad a °0 C en 1/°C.
α <sub>r</sub>	Coefficiente térmico de resistividad a la temp. de referencia °0 C en 1/°C.
T <sub>c</sub>	Tiempo de la duración de la corriente en segundos.
TCAP	Factor de capacidad térmica por unidad de volumen en J/(cm <sup>3</sup> /°C).
E <sub>m</sub>	nivel de iluminación medio (en LUX)
Φ <sub>T</sub>	flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (Lm)
S	Superficie a iluminar (en m <sup>2</sup> ).
C <sub>u</sub>	Coefficiente de utilización.
C <sub>m</sub>	Coefficiente de mantenimiento.
NL	Número de luminarias
Φ <sub>T</sub>	Flujo luminoso total necesario en la zona o local
Φ <sub>L</sub>	Flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)
n	Número de lámparas que tiene la luminaria
e%	Caída de tensión en porciento
CF	Número de conductores por fase
V	Tensión del sistema (volts)

## INDICE

<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>10</b>
1.1 Antecedentes	10
1.2 Estado del Arte	11
1.3 Justificación	12
1.4 Objetivo	12
1.5 Metodología	12
<b>2. FUNDAMENTO TEORICO</b>	<b>13</b>
2.1 Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones eléctricas (Utilización)	13
2.2 Artículo 514 Gasolineras y estaciones de servicio	13
2.3 Áreas peligrosas	14
2.4 Ubicación de áreas peligrosas	15
2.5 Instalaciones eléctricas	18
2.6 Sistemas de iluminación	22
2.7 Sistema de tierras	23
2.8 Sistema de pararrayos	25
2.9 Prueba de instalaciones	26
<b>3. DESARROLLO</b>	<b>26</b>
3.1 Calculo de corrientes de cortocircuito	29
3.2 Características de los cortocircuitos	29
3.3 Consecuencia de los cortocircuitos	30
3.4 Calculo de cortocircuito punto a punto falla trifásica	34
3.5 Calculo de cortocircuito punto a punto falla monofásica	36
3.6 Calculo de malla de tierra	40
3.7 Corriente de malla	41
3.8 Área del conductor	41
3.9 Factor de reflexión	43
3.10 Factor de reducción	43
3.11 Diseño de Malla	43
3.12 Longitud total del conductor.	44
3.13 Resistencia de la red eléctrica	45
3.14 Conductor efectivo de la malla:	46
3.15 Longitud efectiva del conductor enterrado	46
3.16 Factor de corrección para profundidad	46
3.17 Factor de irregularidad	46
3.18 Factor de corrección en esquina:	47
3.19 Factor de espaciamento para tensión de toque	47
3.20 Factor de espaciamento para la tensión de paso	47
3.21 Potencial de contacto en la malla	47
3.22 Potencial de paso en la malla	47
3.23 EVALUACIÓN DE DISEÑO	48
3.23.1 Comparación De Potenciales	48

<b>4. CALCULO DE TABLERO PRINCIPAL</b>	<b>48</b>
4.1 Objetivo	48
4.2 Alcance	48
4.3 Datos generales empleados	48
4.4 Datos del circuito para selección del tamaño nominal	49
<b>5. SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR</b>	<b>49</b>
5.1 Utilizando 1 conductor por fase	49
5.2 Selecciones por capacidad de conducción	49
5.3 Selección por caída de tensión	52
5.4 Selección del tamaño nominal del conductor de puesta a tierra	53
5.5 Resumen de la selección del tamaño nominal	54
5.6 Conclusiones	54
<b>6. CALCULO DE TABLERO “A”</b>	<b>55</b>
6.1 Objetivo	55
6.2 Alcance	55
6.3 Datos generales empleados	55
6.4 Datos del circuito para selección del tamaño nominal	55
<b>7. SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR</b>	<b>56</b>
7.1 Selección por capacidad de conducción	56
7.2 Selección por caída de tensión	59
7.3 Selección del tamaño nominal del conductor de puesta a tierra	60
7.4 Resumen de la selección del tamaño nominal	61
7.5 Conclusiones	61
<b>8. CALCULO DE TABLERO “B”</b>	<b>61</b>
8.1 Objetivo	61
8.2 Alcance	61
8.3 Datos generales empleados	61
8.4 Datos del circuito para selección del tamaño nominal	62
8.5 Selección del calibre del conductor	62
8.6 Utilizando 1 conductor por fase	62
8.7 Selección por capacidad de conducción	62
8.7.1 Selección por caída de tensión	64
8.7.2 Selección del tamaño nominal del conductor de puesta a tierra	66
8.8 Resumen de la selección del tamaño nominal	66
8.9 Conclusiones	67
<b>9. CALCULO DE TABLERO “C”</b>	<b>67</b>
9.1 Objetivo	67
9.2 Alcance	67
9.3 Datos generales empleados	67
9.4 Datos del circuito para selección del tamaño nominal	68

<b>10. SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR</b>	<b>68</b>
10.1 Utilizando 1 conductor por fase	68
10.2 Selección por capacidad de conducción	68
10.3 Selección por caída de tensión	70
10.4 Selección del tamaño nominal del conductor de puesta a tierra	72
10.5 Resumen de la selección del tamaño nominal	72
10.6 Conclusiones	73
<b>11. CALCULO DE TABLERO “D”</b>	<b>73</b>
11.1 Objetivo	73
11.2 Alcance	73
11.3 Datos generales empleados	73
11.4 Datos del circuito para selección del tamaño nominal	74
<b>12. SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR</b>	<b>74</b>
12.1 Utilizando 1 conductor por fase	74
12.2 Selección por capacidad de conducción	74
12.3 Selección por caída de tensión	76
12.4 Selección del tamaño nominal del conductor de puesta a tierra	77
12.5 Resumen de la selección del tamaño nominal	78
12.6 Conclusiones	78
12.7 Datos del circuito para selección del tamaño nominal	79
<b>13. SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR</b>	<b>80</b>
13.1 Utilizando 1 conductor por fase	80
13.2 Selección por capacidad de conducción:	80
13.3 Selección por caída de tensión	81
13.4 Selección del tamaño nominal del conductor de puesta a tierra	83
13.5 Resumen de la selección del tamaño nominal	83
13.6 Conclusiones	84
<b>14. CALCULO DE LUMINARIAS SEGÚN LA NOM-025-STPS-2008</b>	<b>84</b>
14.1 Baño de hombres y mujeres	84
14.2 Cuarto eléctrico y cuarto de máquinas	86
14.3 Facturación	88
14.4 Secretaria	89
14.5 Oficina	91
14.6 Gerencia	92
<b>16. CONCLUSION</b>	<b>94</b>
<b>17. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	<b>95</b>
<b>18. ANEXOS</b>	<b>96</b>

## INDICE FIGURAS

<b>Fig. 1.1</b>	<i>Diagrama de bloques del Proyecto</i>	12
<b>Fig. 3.1</b>	<i>Tipos de cortocircuitos</i>	30
<b>Fig. 3.2</b>	<i>Corriente de carga de la fuente del suministrador</i>	32
<b>Fig. 3.3</b>	<i>Corriente de cortocircuito simétrica y asimétrica.</i>	33
<b>Fig. 3.4</b>	<i>Cortocircuito desde el punto cero de la onda de tensión.</i>	33
<b>Fig. 3.5</b>	<i>Subestación tipo pedestal</i>	35
<b>Fig. 3.6</b>	<i>Subestación tipo pedestal</i>	39
<b>Fig. 3.7</b>	<i>Propuesta diseño malla de tierras</i>	44
<b>Fig. 14.1</b>	<i>Croquis área wc hombres y mujeres</i>	84
<b>Fig. 14.2</b>	<i>Descripción luminaria a utilizar</i>	85
<b>Fig. 14.3</b>	<i>Croquis área cuarto eléctrico y de máquinas</i>	86
<b>Fig. 14.4</b>	<i>Descripción luminaria a utilizar</i>	87
<b>Fig. 14.5</b>	<i>Croquis área facturación</i>	88
<b>Fig. 14.6</b>	<i>Descripción luminaria a utilizar</i>	89
<b>Fig. 14.7</b>	<i>Croquis área secretaria</i>	89
<b>Fig. 14.8</b>	<i>Descripción luminaria a utilizar</i>	90
<b>Fig. 14.9</b>	<i>Croquis parea oficina</i>	91
<b>Fig. 14.10</b>	<i>Descripción luminaria a utilizar</i>	92
<b>Fig. 14.11</b>	<i>Croquis área gerencia</i>	92
<b>Fig. 14.12</b>	<i>Descripción luminaria a utilizar</i>	93
<b>Fig. A1</b>	<i>Área de dispensario</i>	97
<b>Fig. A2</b>	<i>Medición de tierra electrodo de dispensario</i>	98
<b>Fig. A3</b>	<i>Medición de tierra electrodo de almacenamiento de combustible o diésel</i>	98



## INDICE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b> Ubicación de áreas peligrosas	18
<b>Tabla 3.1</b> Calculo de cortocircuito punto a punto falla trifásica	34
<b>Tabla 3.2</b> Calculo trifásico en tablero bus 00-2	35
<b>Tabla 3.3</b> Tabla 1, Constante C.	35
<b>Tabla 3.4</b> Bus	36
<b>Tabla 3.5</b> Bus	37
<b>Tabla 3.6</b> Tabla 2, Constante C	39
<b>Tabla 3.7</b> Datos de la malla	40
<b>Tabla 3.8</b> Datos de cobre	41
<b>Tabla 3.9</b> Valor de $\alpha$	42
<b>Tabla 3.10</b> Comparación de potenciales	48
<b>Tabla 5.1</b> Porcentaje de carga armónica	51
<b>Tabla 5.2</b> Calibre 1/0	53
<b>Tabla 5.3</b> Capacidad de conducción	54
<b>Tabla 5.4</b> Capacidad de conducción	58
<b>Tabla 5.5</b> Factor de ajuste tubo	58
<b>Tabla 5.6</b> Conductor por fase	60
<b>Tabla 5.7</b> Conductores	64
<b>Tabla 5.8</b> Factor de ajuste de tubo	64
<b>Tabla 5.9</b> Conductores	66
<b>Tabla 10.1</b> Conductores	69
<b>Tabla 10.2</b> Factor de ajuste de tubo	70
<b>Tabla 10.3</b> Conductores	71
<b>Tabla 12.1</b> Conductores	76
<b>Tabla 12.2</b> Conductores	77
<b>Tabla 13.1</b> Conductores	81
<b>Tabla 13.2</b> Factor de ajuste de tubo	81
<b>Tabla 13.3</b> Conductores	82

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

Hasta el año 2016, Pemex era responsable de realizar cualquier proyecto relacionado al tema de estaciones de combustible y/o gasolineras que se quisieran hacer dentro del territorio mexicano. Desde los años 40, Pemex tenía control absoluto para poder tomar decisiones en proyectos que beneficiaran al usuario y propietarios de las estaciones de combustible.

En la época de los años cuarenta, las gasolineras en el territorio mexicano eran negocios concentrados casi exclusivamente en la comercialización de gasolina o diésel en los que se ofrecía la venta de aceites y en algunos casos, servicio de mantenimiento a los transportistas que así lo deseaban. Hasta hoy en día los mismos servicios se cumplen, lo que cambió fue el responsable de obra.

La Red de Estaciones de Servicio de combustible ha estado sujeta 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 los más altos estándares de calidad en el Servicio de expendio de combustible o diésel.

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.

Una de las mejoras que se impusieron al cambiar a PEMEX, es que los proyectos de estaciones de combustibles deben de cumplir con la NOM-005-ASEA-2016; Diseño, Construcción, Operación y mantenimiento de estaciones de servicio para almacenamiento y expendio de Diésel y gasolinas. Así como también cumplir con los puntos establecidos en la NOM-001-SEDE-2012.

El presente proyecto tiene por objetivo definir y describir las instalaciones eléctricas en media y baja tensión a realizar, obtener los correspondientes permisos para la ejecución y puesta en servicio de la línea. Así como suministrar energía eléctrica al desarrollo y abastecimiento de combustible, promoviendo una mayor calidad, eficiencia, seguridad y estética de la red.

## 1.2 Estado del Arte

M. A. Pedraza et al., presentan los resultados del análisis del comportamiento de las protecciones eléctricas de una red de distribución para incluir la generación distribuida. Para ello modelan la red de prueba de nodos IEEE 37, y los recursos distribuidos fueron incluidos por dos tecnologías: máquina síncrona y generador estático. [1]

V. C. Cunha y J. R. S. Mantovani, miembros de la IEEE, presentan una técnica para resolver el problema de la planificación y el proyecto de sistemas de distribución de media tensión. El problema es modelado como un modelo de programación no lineal entero mixto. La técnica de solución propuesta para resolver este modelo se basa en un algoritmo de búsqueda tabú que es capaz de manejar problemas no lineales a gran escala. [2]

E. Fernández y A. Conde, presentan el impacto de varios diseños de limitadores de corriente de falla (FCL) en sistemas de distribución. La calidad del voltaje en alimentadores no fallados; se evalúa la tensión de recuperación transitoria en los interruptores automáticos y el funcionamiento en tiempo del relé de sobrecorriente. El objetivo de FCL en sistemas de distribución es reducir la corriente de falla a niveles por debajo de la capacidad nominal de los disyuntores. [3]

S. G. Bd. Pádua et al., el problema de planificación de sistemas de distribución de energía eléctrica (PEPDS) de media tensión la formulan como un modelo de programación no lineal mixta (MINLP). Para resolver este modelo proponen el algoritmo de búsqueda de dispersión (SS). La principal contribución del proyecto es la descripción de las cinco etapas básicas de SS para el problema PEPDS. [4]

Francisco Pérez Flores, en la Universidad Pontificia Comillas, Madrid Realizó 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. [5]

2017, Castro Jiménez Laura Patricia y González Camacho Denia del Rocio, del departamento de ingeniería eléctrica, se realizará el proyecto “Diseño de una instalación eléctrica en media y baja tensión de una estación de servicio de combustible, de acuerdo a la NOM-001-SEDE-2012. Cumpliendo con los puntos establecidos en la NOM-005-ASEA-2016.

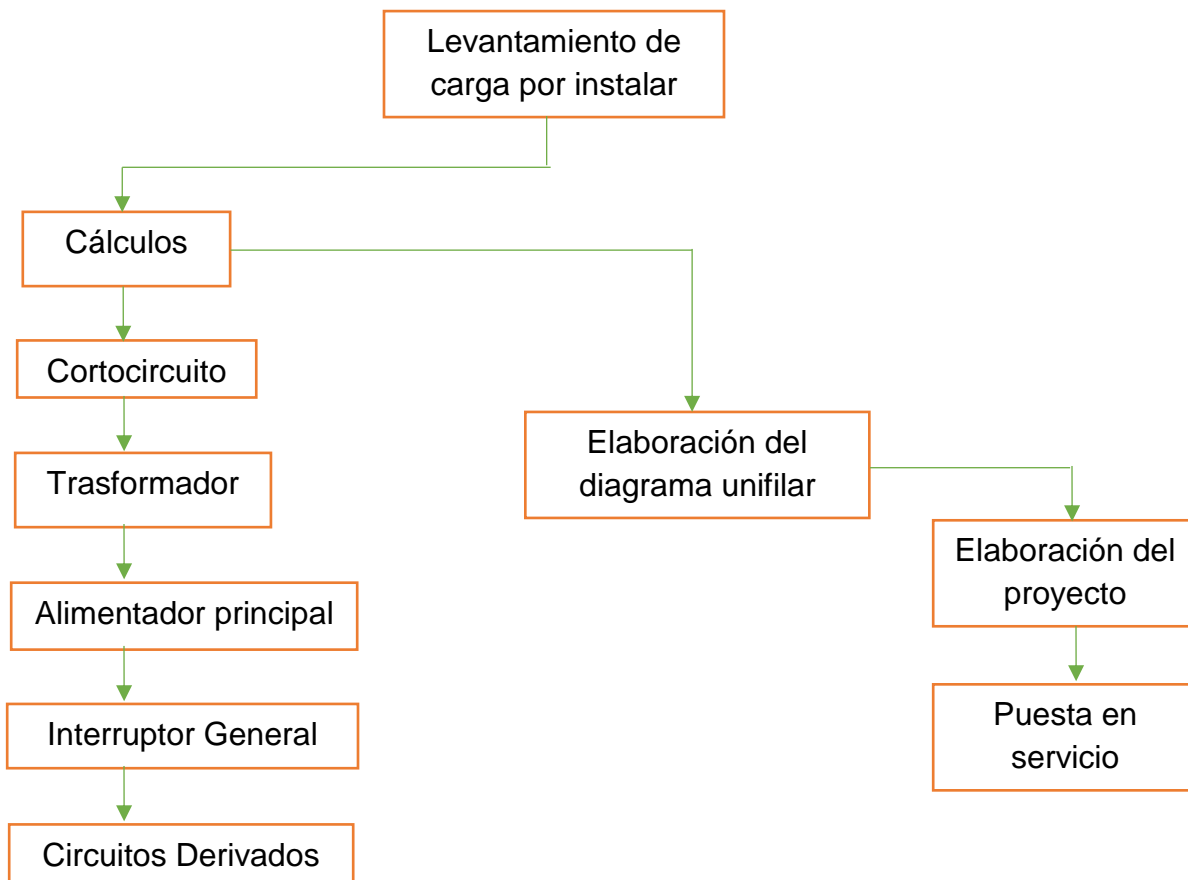
### 1.3 Justificación

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

### 1.4 Objetivo

Diseñar una instalación eléctrica en media y baja tensión de una Estación de Servicio de combustible considerándola como área peligrosa, que incluirá cálculos de Cortocircuito, Diagrama Unifilar y Verificación, sistemas de tierras de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas utilización y cumpliendo con la NOM-005-ASEA-2016.

### 1.5 Metodología



**Fig. 1.1** Diagrama de bloques del Proyecto

## 2. FUNDAMENTO TEÓRICO

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

La 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, 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
- Las sobrecorrientes
- Las corrientes de falla
- Las sobretensiones.

El cumplimiento de las disposiciones indicadas en esta Norma Oficial Mexicana promueve el uso de la energía eléctrica en forma segura; asimismo esta Norma Oficial Mexicana 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 2.1 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 2.1 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 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.

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.

## 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, 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 localizado total o parcialmente dentro de un área clasificada como peligrosa, todo el interior de la construcción quedará también dentro de dicha clasificación.

Elemento	Clase I grupo D División	Extensión del área clasificada
<b>Boquillas de llenado de tanques subterráneos</b>	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.
<b>Confinamientos o bóvedas de tanques superficiales</b>	1	Espacio interior del confinamiento o bóveda si son almacenados líquidos de la clase I.
<b>Venteo con descarga hacia arriba</b>	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.
<b>Venteos de tanques superficiales</b>	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.
<b>Surtidores (dispensarios) (excepto del tipo elevado)</b>	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.



<b>surtidores exteriores</b>	2	Espacio comprendido dentro de 0.50 metros medidos horizontalmente en todas las direcciones, extendiéndose hasta el nivel del piso terminado, desde envoltentes 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.
<b>Surtidores (dispensarios) tipo elevado (con carrete montado en el techo)</b>	1	El espacio dentro de la envoltente 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 envoltente 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 envoltente de cualquier surtidor.
<b>Pistola para despacho</b>	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.
<b>Bombas remotas en exteriores 1</b>	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.

<b>Bombas remotas en interiores</b>	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.

**Tabla 2.1** Ubicación de áreas peligrosas

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.

## 2.5 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, NEC (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 atmosfera 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 aran 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 limite.
- Si los ductos cruzan áreas clasificadas en las divisiones 1 y 2, se instalarán sellos eléctricos fueras 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 volts, 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 V, 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 V 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 harán 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 conectarán 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 trasversal).
- Las partes metálicas de los surtidores de combustible, canalizaciones metálicas, cubiertas metálicas y todas las partes metálicas del equipo eléctrico que no trasporten 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 isoceráunico 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 ohms. 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 en media tensión en forma subterránea con una subestación tipo pedestal particular propiedad del usuario, cálculo de su capacidad, protecciones eléctricas, tablero de distribución principal, alimentadores eléctricos, tableros de alumbrado, circuitos derivados, balanceo de cargas y cálculo de alumbrado. Todo lo anterior, tomando en consideración las recomendaciones (indicativas mas no restrictivas) de los fabricantes de materiales y equipos que se describen en los catálogos de

producto, mismos que están debidamente certificados y avalados por la norma oficial mexicana NOM, y de referencia NMX-J.

**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. El constructor deberá presentar los protocolos avisos de prueba de todos los materiales y equipos a instalarse 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 a instalarse deberá ser cedula 40. Toda la tubería de la instalación interior de circuitos derivados que vaya ahogada en concreto o bajo repello en muro será del tipo conduit de PVC servicio pesado.

Por ningún motivo se permite alojar en las mismas canalizaciones conductores de instalaciones eléctricas con otras instalaciones: 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 en la red exterior de alumbrado serán hechos con tabique rojo, blocks de cemento-arena o tabicón repellido 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, de la marca Square D, línea prime, duna, lunare, única o su equivalente aprobado.

**Contactos.** - Todos los contactos a instalar en la obra objeto de este proyecto serán polarizados, con terminal de puesta a tierra integrada y serán puestos a tierra con un conductor de puesta a tierra. Se recomienda instalar contactos dúplex polarizado de la marca arrow hart o su equivalente.

**Conductores.** - Los conductores serán del tipo THW-LS 90°C de la marca condumex, viakón o su equivalente. El código de colores para el cableado será: blanco o gris claro 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 (plano e-02 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 red 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 ABB o equivalente del catálogo indicado en los cuadros de carga respectivos (plano e-02 cuadros de carga y diagrama unifilar general) en gabinete de usos generales los cuales alojarán a los interruptores tipo termomagnéticos 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, bombas y cualquier parte metálica expuesta que pudiera transportar corrientes no deseadas deberán ser puestos a tierra.

**Subestación eléctrica.** - Se tomará del sistema de tierra. El cual se hará con varillas de tierra copperweld de 3.0 mts 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 mts.

**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-3h, 13.2 kv, ubicado en el punto descrito (ver plano eléctrico e-06 plano fuerza y control) que alimentará a una subestación tipo pedestal de 45 kva, 13,200-220/127 Vca, 60 HZ, operación radial propiedad del usuario.

La medición para la gasolinera estación de servicio, será directa con una base para medición de 7 terminales – 200 amperes tal como se describe en el plano e-06 (fuerza y control) y en el plano e-02 (cuadros de carga).

**Protección en lado primario.** - Por el tipo de subestación seleccionada: poste, es preciso tener presente que estos equipos cuentan con elementos de protección integrados desde fábrica 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 interruptiva 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.

### 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.

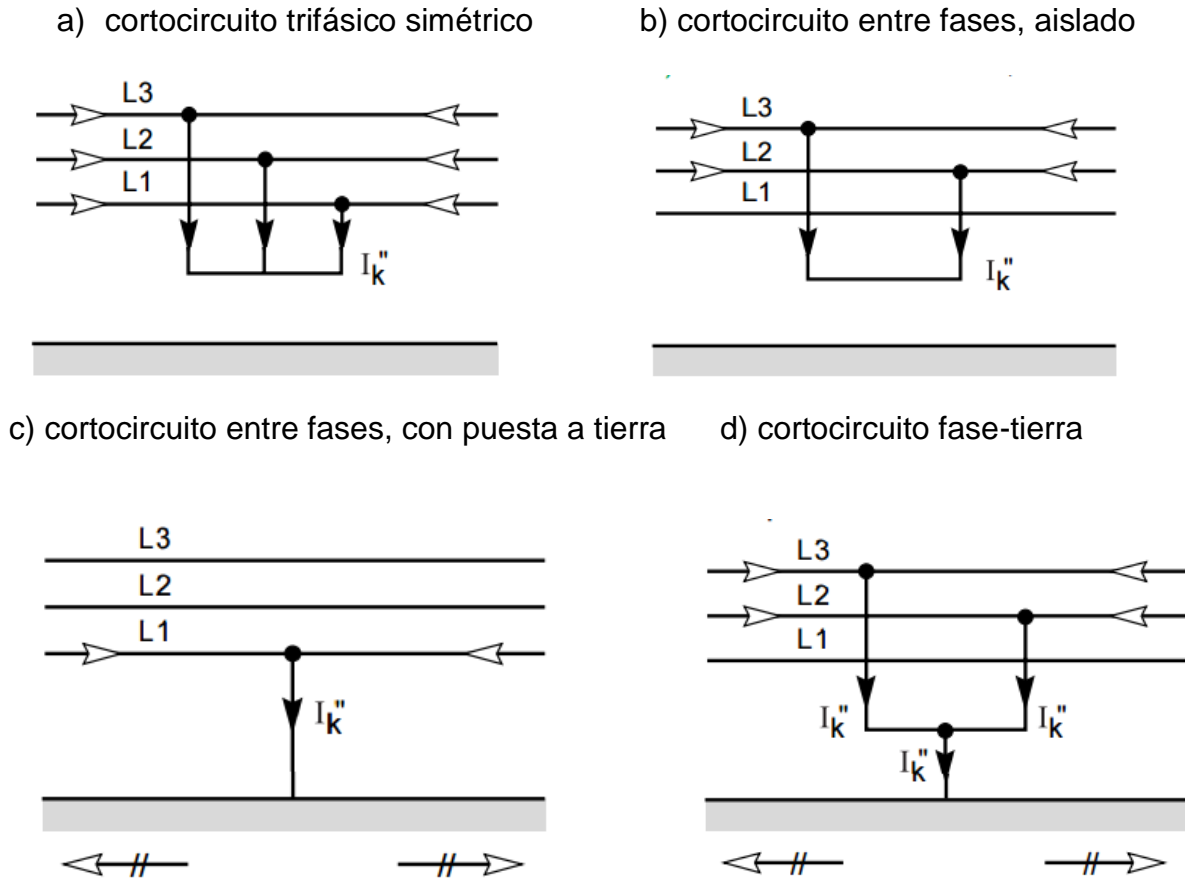
### 3.2 Características de los cortocircuitos

Las principales características de los cortocircuitos son:

- **Su duración:** auto extingible, 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 la **figura 3.1** se representan estos diferentes tipos de cortocircuitos.



**Fig. 3.1** Tipos de cortocircuitos

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

### 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: sobreesfuerzos 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:

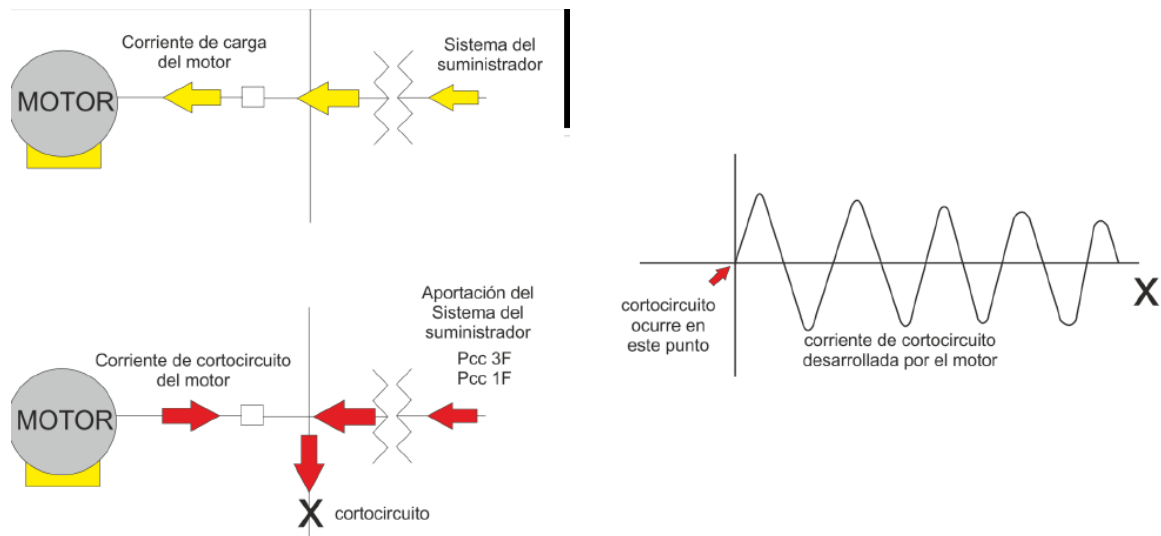
- El tipo de cortocircuito
- Fuentes de corriente de cortocircuito
- En instante en que se produce el cortocircuito
- El estado previo de la carga
- El punto del cortocircuito
- La forma de la red

- 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.

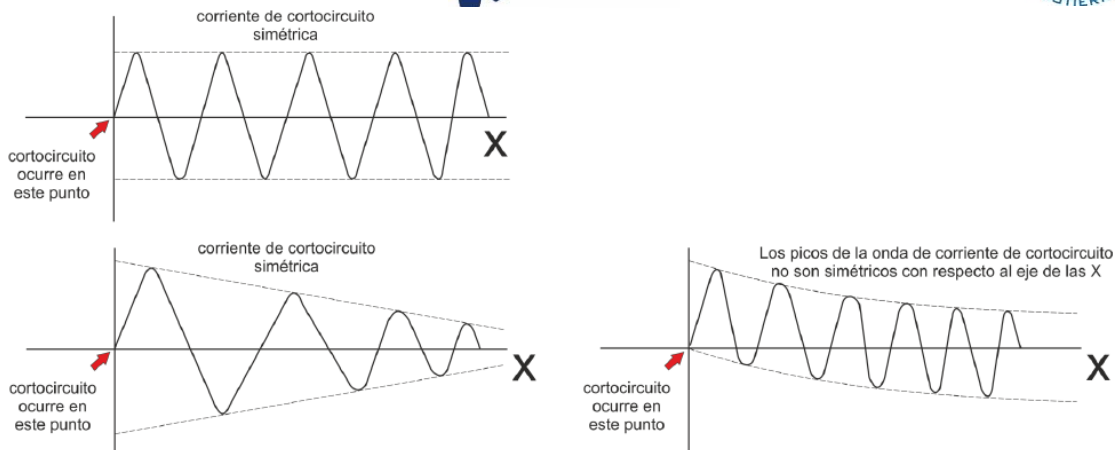


**Fig. 3.2** Corriente de carga de la fuente del suministrador.

### Corriente de cortocircuito simétrica y asimétrica

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

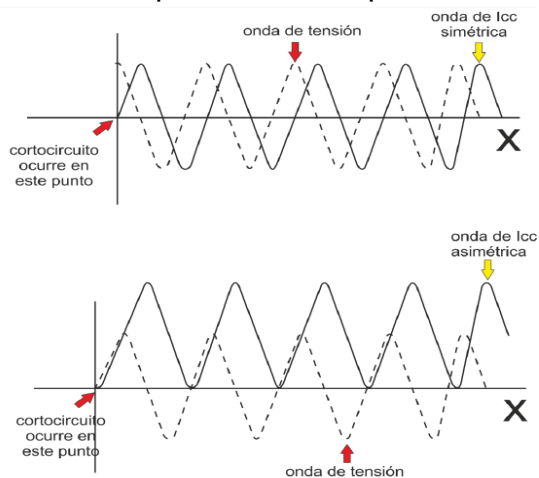




**Fig. 3.3** Corriente de cortocircuito simétrica y asimétrica.

**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.



**Fig. 3.4** Cortocircuito desde el punto cero de la onda de tensión.

### 3.4 Calculo de cortocircuito punto a punto falla trifásica.

Calculando  $I_{pc}$ :

$$I_{pc} = \frac{P}{1.73 * V} = \underline{\underline{118.09A}}$$

Se calcula la corriente de corto circuito en el bus 001(boquillas de transformador).

DATOS:

Transformador

Pedestal: 45 kva

Voltaje: 13,200/220-127

Z%: 3.5

BUS 00-1		
BUS NUM		
P	45	KVA
V	220	V
%Z	3.5	
IPC	118.09	A
Icco(A)	3,375	A
		RM
		S
		SIM

**Tabla 3.1** Calculo de cortocircuito punto a punto falla trifásica

$$Icco = \frac{100 * IPC}{\%Z} = \frac{100 * 118.9}{3.5} = 3,375 A SIM$$

Icco: Corriente De Corto Circuito En Bus 00-1 (Boquillas De Transformador). Amp Rms

Iccn: Corriente De Corto Circuito En Bus 00-2

Iccn-1: Corriente De Corto Circuito En Bus Alimentador Del Bus 00-2

Ipc: Corriente A Plena Carga Del Transformador

Mn: Factor De Reducción Del Corto Circuito Entre Buses. Amperes Rms Simétricos.

N: Número De Identificación Del Bus

C: Factor De Impedancia De Cables En Canalización.

Ver Tabla P: Potencia Del Transformador En Kva.

R: Numero De Cables En Paralelo Por Fase.

V: Voltaje De Línea A Línea. Volts

L: Longitud De Los Cables Entre Buses. Metros

%Z: Porcentaje De Impedancia De Transformador.

Calculo trifásico en tablero bus 00-2: Para realizar el cálculo de cortocircuito en el bus 00-2 aplicamos la siguiente formula:

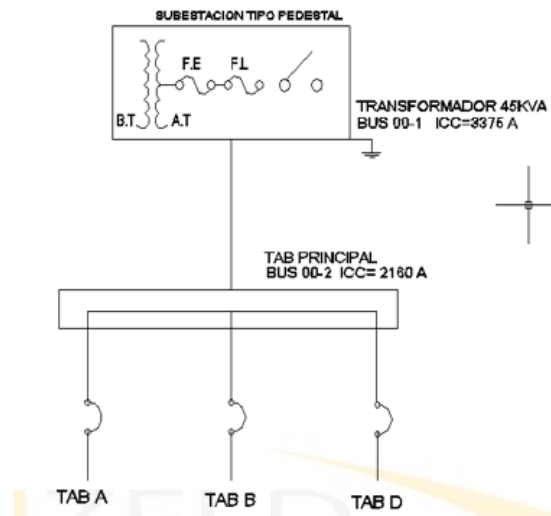
$$I_{ccn} = I_{ccn} - 1 * M_n = 3,375 - 1 * 0.64 = 2,160 \text{ A}$$

BUS NUM	00-2
R	1
L	60
C	2840
Mn	0.64
Iccn(A)	2160

**Tabla 3.2** *Calculo trifásico en tablero bus 00-2*

Calculamos Mn con la siguiente formula. Valor C se obtiene de la Tabla 3.2

Tabla 3.2 CONSTANTE C		
CONDUIT		
CALIBRE	ACERO	OTRO
14	119	119
12	188	188
10	299	299
8	475	475
6	739	741
4	1160	1166
2	1800	1842
1/0	2720	2840
2/0	3278	3482
3/0	3915	4244



**Fig. 3.5** *Subestación tipo pedestal*

**Tabla 3.3** *Constante C*

### 3.5 Cálculo de cortocircuito punto a punto falla monofásica.

$$I_{pc} = \frac{P}{\sqrt{3} * V} = \frac{45}{\sqrt{3} * 220} = 68.18A$$

BUS 00-1		
NUM		
P	45	KVA
V	220	V
%Z	3.5	
IPC	68.18	A
Icco(A)	1948	A RMS SIM

**Tabla 3.4 Bus**

Calculando Ipc monofásico:

DATOS.

Transformador Pedestal: 45kva

Voltaje: 13,200/220-127

Z%: 3.5

Se calcula la corriente de corto circuito monofásico en el bus 001(boquillas de transformador). Aplicando la siguiente formula:

$$I_{CC0} = 100 * 100 * 68.18 = 1948 \text{ A SIM } 3.5$$

$$I_{PC} = \%Z$$

Icco: Corriente De Corto Circuito En Bus 00-1 (Boquillas De Transformador). Amp Rms

Iccn: Corriente De Corto Circuito En Bus 00-2

Iccn-1: Corriente De Corto Circuito En Bus Alimentador Del Bus 00-2

Ipc: Corriente A Plena Carga Del Transformador

Mn: Factor De Reducción Del Corto Circuito Entre Buses. Amperes Rms Simétricos.

N: Número De Identificación Del Bus

C: Factor De Impedancia De Cables En Canalización.

Ver Tabla P: Potencia Del Transformador En Kva.

R: Numero De Cables En Paralelo Por Fase.

V: Voltaje De Línea A Línea. Volts

L: Longitud De Los Cables Entre Buses. Metros

%Z: Porcentaje De Impedancia De Transformador.

Calculo trifásico en tablero bus 00-2:

DATOS TAB BUS 00-2

R: 1

L: 60m

C: 2840

Mn: ¿?

BUS NUM	00-2
R	1
L	60
C	2840
Mn	0.60
Iccn(A)	1168.2

**Tabla 3.5 Bus**

Para realizar el cálculo de corto circuito en el bus 00-2 aplicamos la siguiente formula.

$$I_{CCn} = I_{ccn} - 1 * M_n = 1948 - 1 * 0.60 = \mathbf{1168.2 A}$$

Calculamos  $M_n$  con la siguiente formula. Valor de C se obtiene de la tabla 1.

$$C * R * vl \qquad 2840 * 1 * 127$$

$$M_n = C * R * vl + 2 * L * I_{ccn} - 1 = 2840 * 1 * 127 + 2 * 60 * 1948 - 1 = \mathbf{0.6}$$

**Tabla 2**

CONSTANTE C		
CALIBRE	CONDUIT	
	ACERO	OTRO
14	119	119
12	188	188
10	299	299
8	475	475
6	739	741
4	1160	1166
2	1800	1842
1/0	2720	2840
2/0	3278	3482
3/0	3915	4244
4/0	4597	5082
250	5024	5667
300	5540	6360
350	6005	6930
400	6268	7405

Tabla 3.6 Tabla 2, Constante C

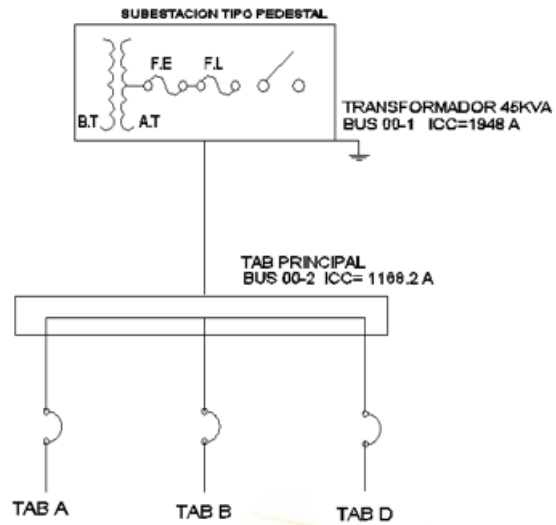


Fig. 3.6 Subestación tipo pedestal

$$M_n = \frac{C * R * V}{C * R * V + 1.73 * L * I_{ccn} - 1} = \frac{2840 * 1 * 220}{2840 * 1 * 220 + 1.73 * 60 * 3375 - 1} = 0.64$$

### 3.6 Cálculo de malla de tierra.

Cálculo de red de tierras: El presente cálculo toma como base la norma de IEEE 80-2000 "IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding"

Datos De La Malla.

<b>CORRIENTE MONOFASICA</b>	<b>1.94 KA</b>
<b>RESISTIVIDAD SUPERFICIAL <math>\rho_s</math></b>	<b>5000 <math>\Omega^*m</math> (Concreto)</b>
<b>RESISTIVIDAD DEL TERRENO <math>\rho</math></b>	<b>65 <math>\Omega^*m</math></b>
<b>PROFUNDIDAD DE LA RED</b>	<b>0.60 m</b>
<b>ESPESOR DE LA CAPA SUPERFICIAL <math>h_s</math></b>	<b>0.15 m</b>
<b>LONGITUD DE LA RED</b>	<b>8 m</b>
<b>ANCHO DE LA RED</b>	<b>6 m</b>
<b>TIEMPO DE DURACION DE FALLA (30 CICLOS) <math>t_f</math></b>	<b>0.5 s</b>
<b>RELACION X/R EN EL BUS DE LA ACOMETIDA</b>	<b>10</b>
<b>LONGITUD DE VARILLA DE TIERRA</b>	<b>3 m</b>
<b>DIAMETRO DE VARILLA DE TIERRA (5/8)</b>	<b>0.0159 m</b>
<b>NUMERO DE VARILLAS DE TIERRA</b>	<b>14</b>
<b>FACTOR DE CORRIENTE (<math>C_p</math>)</b>	<b>1</b>

*Tabla 3.7 Datos de la malla*

Para el cálculo de la malla de la red de tierras se debe tener en cuenta el efecto que causa la magnitud y duración de la corriente en el cuerpo humano. De acuerdo a la IEEE std. 80-2000.

Constante de tiempo:

$$T_a = \frac{X}{R} = \frac{1}{2 * 3.14 * 60} I_{CC0} = T_a = 10 * \frac{1}{2 * 3.14 * 60} = T_a = 0.02$$

Factor de decremento

$$D_f = \sqrt{1 + \frac{T_a}{t_f} (1 - e^{-\frac{2t_f}{T_a}})} = \sqrt{1 + \frac{0.027}{0.50} (1 - e^{-0.027})} = D_f = 1.02$$



Factor de crecimiento: como no se prevé crecimiento:

$$C_p = 1$$

### 3.7 Corriente de malla:

$$I_G = D_f * C_P * I_g = 1.026 * 1 * 1940 = I_G = 1990.44$$

### 3.8 Área del conductor:

$$A_{mm^2} = \sqrt{\frac{TCAP * 10^{-4}}{r} \ln \frac{K_0 + T_m}{K_0 + T}}$$

Dónde:

A= Sección transversal del conductor en mm<sup>2</sup>. (o también kcmil)

I=Corriente rcm en kA (debe considerarse el aumento de este valor a futuro).

T<sub>m</sub>= Temperatura máxima permisible en °C.

T<sub>a</sub>= Temperatura ambiente en °C.

T<sub>r</sub>= Temperatura de referencia para las constantes del material en °C.

α<sub>0</sub>= Coeficiente térmico de resistividad a 0 °C en 1/°C.

α<sub>r</sub>= Coeficiente térmico de resistividad a la temp. de referencia 0 °C en 1/°C.

ρ<sub>r</sub>= Resistividad del conductor de tierra a la temp., de referencia T<sub>r</sub> en μΩ-cm.

t<sub>c</sub>= Tiempo de la duración de la corriente en segundos.

TCAP= Factor de capacidad térmica por unidad de volumen en J/(cm<sup>3</sup>/°C).

Descripción	Conductividad del material (%)	Factor α a 20 °C	K <sub>0</sub> al =0°C (0°)	Temp. de Fusión T <sub>m</sub> (0°)	ρ a 20 °C (μΩ*cm)	Factor de Capacidad Térmica por Unidad de Volumen TCAP (J/(cm <sup>3</sup> *°C))	K <sub>r</sub>
Cobre Recocido Suave Inmersión	100.00	0.00393	234.00	1083.00	1.72	3.42	7.00
Cobre Recocido Comercial Inmersión	97.00	0.00381	242.00	1084.00	1.78	3.42	7.06
Cobre Revestido Alambre de Acero	40.00	0.00378	245.00	1084.00	4.40	3.85	10.45
Cable Revestido Alambre de Acero	30.00	0.00378	245.00	1084.00	5.86	3.85	12.06
Cable Revestido Barra de Acero	20.00	0.00378	245.00	1084.00	8.62	3.85	14.64
Acero 1020	10.80	0.00160	605.00	1510.00	15.90	3.28	15.95
Acero Revestido Barra de Acero	9.80	0.00160	605.00	1400.00	17.50	4.44	14.72
Zinc Bañado Barra de Acero	8.80	0.00320	293.00	419.00	20.10	3.93	28.96
Acero Inoxidable 304	2.40	0.00130	749.00	1400.00	72.00	4.03	30.05

**Tabla 3.8** Datos de cobre

<b><math>\alpha r =</math></b>	<b>0.00381</b>
<b><math>T_a =</math></b>	<b>20.00 °C</b>
<b><math>T_m =</math></b>	<b>1084.00 °C</b>
<b><math>\rho r =</math></b>	<b>1.78 (<math>\mu\Omega \cdot \text{cm}</math>)</b>
<b>TCA P=</b>	<b>3.42 (<math>\text{J}/(\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C})</math>)</b>
<b>TCA P=</b>	<b>0.000342 (<math>\text{J}/(\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C})</math>)</b>
<b><math>K_f =</math></b>	<b>7.06</b>
<b><math>K_0 =</math></b>	<b>242 °C</b>

**Tabla 3.9** Valor de  $\alpha$

Resolviendo tenemos:

$$TCAP * 10^{-4} = \frac{K_0 + T_m}{A_{mm^2} \sqrt{t_c \alpha r} \rho \ln \frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}}$$

La tabla 3.8 proporciona los datos para las constantes antes mencionada

La fórmula simplificada en unidades inglesas se simplifica por:

$$A_{CM} = I_F * K_f * \sqrt{t_c}$$

Sustituyendo valores:

$$A_{CM} = 1990.44 * 7.06 * \sqrt{0.5} = A_{CM} = 9336.62$$

Convirtiendo CM a mm<sup>2</sup>:

$$1 \text{ CMIL} = 0.000506707479098 \text{ mm}^2$$

$$9336.62 = 4.73 \text{ mm}^2$$

Resulta tamaño nominal no. 10 awg = 5.26mm<sup>2</sup>, pero de acuerdo a la NOM-001-SEDE-2012 artículo 924 el calibre mínimo a utilizar por cuestiones mecánicas es 4/0 awg con una sección de 107.20 mm<sup>2</sup>.

El diámetro del conductor es:

$$d = \sqrt[4]{\frac{A}{\pi}} = \sqrt[4]{\frac{107.20}{3.14}} = 11.68 \text{ mm} = 0.01168 \text{ m}$$

### 3.9 Factor de reflexión:

$$k = \frac{\rho - \rho_s}{\rho + \rho_s} \quad k = \frac{65 - 5000}{65 + 5000} \quad k = -0.97$$

### 3.10 Factor de reducción:

$$C_s = 1 - \frac{\rho_s}{2h_s + 0.09} = 1 - \frac{5000}{2 * 0.15 + 0.09} = 0.81$$

$C_s$  = Factor de disminución de la capa superficial.  
 $\rho$  = Resistividad del terreno ( $\Omega$ -m).  
 $\rho_s$  = Resistividad de la capa superficial ( $\Omega$ -m).  
 $h_s$  = Espesor de la capa superficial.

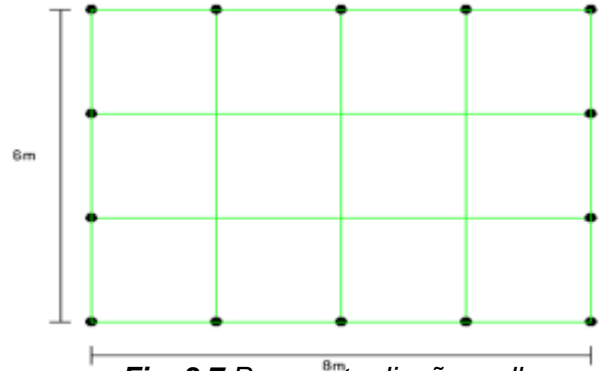
Tensión de paso tolerable:

$$E_{pt} = (1000 + 6C_s\rho_s) \frac{0.157}{\sqrt{t_s}} = (1000 + 6 * 0.81 * 5000) \frac{0.157}{\sqrt{0.5}} = E_{pt} = 5566 \text{ V}$$

### 3.11 Diseño de Malla:

Asumir la malla de 8.0m x 4.0 m con los conductores igualmente espaciados y varilla en el perímetro e interior de la misma.

$A = 48.00 \text{ m}^2$   
 $d_c = 0.01168 \text{ m}$   
 $D_m = 2.00 \text{ m}$   
 $h = 0.60 \text{ m}$   $L_r = 3.05 \text{ m}$   $L_x = 8.00 \text{ m}$   
 $L_y = 6.00 \text{ m}$   
 $M = 5.00$   
 $N = 4.00$



**Fig. 3.7** Propuesta diseño malla de tierras

Dónde:

$D_m$ = Distancia máxima entre dos puntos cualesquiera de la malla, en m.

$h$ = Profundidad de la red

$L_c$ = Longitud total de los conductores de la malla horizontal en m.

$L_p$ = Longitud del perímetro de la malla en m

$L_r$ = Longitud de cada varilla.

$L_r$ = Longitud total de todas las varillas.

$L_x$ = Longitud máxima de la malla en la dirección X, en m.

$L_y$ = Longitud máxima de la malla en la dirección Y, en m.

$M$ = Número de conductores de longitud  $L_y$ .

$N$ = Número de conductores de longitud  $L_x$

$n_r$ = Numero de varillas.

### 3.12 Longitud total del conductor.

$LT = L_c + LR$	$= 54 + 42.7 =$	$LT = 104.7$	m
$LR = n_r L_r$	$= (14) (3.05) =$	$LR = 42.7$	m
$L_c = N L_x + M L_y$	$= (4) (8) + (5) (6) =$	$L_c = 62$	m
$LP = 2L_x + 2L_y$	$= (2) (8) + (2) (6) =$	$LP = 28$	m

### 3.13 Resistencia de la red eléctrica:

$$R_g = \rho \frac{l}{L_T} + \frac{1}{\sqrt{20A}} \left[ 1 + \frac{1}{1 + h\sqrt{A}} \right] \frac{1}{20}$$

Sustituyendo valores

$$R_n = 65 \frac{1}{104.7} + \frac{1}{\sqrt{20 * 48}} \left[ 1 + \frac{1}{1 + 0.60\sqrt{20}} \right] \frac{1}{48} = R_n = 4.63 \Omega$$

Se cumple  $R_G < 10$  ohms (es decir  $4.63 < 10$  ohms)

Conductores paralelos de la malla

$$n = n_a n_b n_c n_d$$

Dónde:

$n$  = número de conductores paralelos de una malla rectangular equivalente

$$n_a = \frac{2L_c}{L_p} \quad n_b = \frac{L_p}{4\sqrt{A}} \quad n_c = \frac{L_x L_y \frac{0.7A}{L_x L_y}}{A} \quad n_d = \frac{D_m}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}}$$

$n_c = n_d = 1.00$  para mallas rectangulares:

$$n_a = \frac{2(62)}{28} = 4.42 \quad n_b = \frac{28}{4\sqrt{48}} = 1.0 \quad n_c = \frac{8 * \frac{0.7 * 48}{8 * 6}}{48} = 0.58$$

$$n_d = \frac{2}{\sqrt{8^2 + 6^2}} = 0.18$$

$$\sqrt{8^2 + 6^2}$$

$$n = n_a n_b n_c n_d = 4.42 * 1 * 0.58 * 0.18$$

$$n = 0.46$$

### 3.14 Conductor efectivo de la malla:

$$L_m = L_c + [1.55 + 1.22 \left( \frac{L_r}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right)] L_R$$

$$L_m = 62 + [1.55 + 1.22 \left( \frac{3.05}{\sqrt{8^2 + 6^2}} \right)] 42.7 = L_m = 144.07 \text{ m}$$

### 3.15 Longitud efectiva del conductor enterrado:

$$L_s = 0.75L_c + 0.85L_R$$

$$L_s = 0.75 * 62 + 0.85 * 42.7 = L_s = 82.79 \text{ m}$$

### 3.16 Factor de corrección para profundidad:

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}}$$

Donde  $h_0 = 1.0 \text{ m}$  (Profundidad de referencia)

$h =$  Profundidad de la malla

$$K_h = \sqrt{1 + \frac{0.6}{1}} = K_h = 1.26$$

### 3.17 Factor de irregularidad:

$$K_i = 0.644 + 0.148n \quad K_i = 0.644 + 0.148 * 0.46 \quad K_i = 0.71$$

### 3.18 Factor de corrección en esquinas:

$$k_{ii} = \frac{1}{2(n^{2/n})}$$

En el caso de mallas rectangulares con varillas en las esquinas:

$$k_{ii} = 1.00$$

### 3.19 Factor de espaciamento para tensión de toque:

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left[ \ln \left( \frac{D_m^2}{16hd_c} + \frac{(D_m + 2h)^2}{8D_md_c} - \frac{h}{4d_c} \right) + \frac{k_{ii}}{k_h} \ln \left( \frac{8}{\pi(2n-1)} \right) \right]$$

$$K_m = \frac{1}{2 * 3.14} \left[ \ln \left( \frac{2^2}{16 * 0.6 * 0.011} + \frac{(2 + 2 * 0.6)^2}{8 * 2 * 0.011} - \frac{0.6}{4 * 0.011} \right) + \frac{1}{1.26} \ln \left( \frac{8}{3.14 (2 * 0.46 - 1)} \right) \right]$$

$$K_m = 0.66$$

### 3.20 Factor de espaciamento para la tensión de paso:

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{2h} + \frac{1}{D_m + h} + \frac{1}{D_m} (1 - 0.5^{n-2}) \right]$$

$$K_s = \frac{1}{3.14} \left[ \frac{1}{2 * 0.6} + \frac{1}{2 + 0.6} + \frac{1}{2} (1 - 0.5^{0.46-2}) \right] = K_s = 0.06$$

### 3.21 Potencial de contacto en la malla:

$$E_m = \frac{\rho I_G K_m K_i}{L_m} \quad E_m = \frac{65 * 1990.44 * 0.66 * 0.70}{144.07} \quad E_m = 439.28 \text{ V}$$

Se cumple  $E_m < E_{m75}$  (es decir  $439.28 < 1557 \text{ V}$ )

### 3.22 Potencial de paso en la malla:

$$E_P = \frac{\rho I_G K_s K_i}{L_s} \quad E_P = \frac{65 * 1990.44 * 0.06 * 0.70}{76.79} \quad E_P = 70.76 \text{ V}$$

Se cumple  $E_p < E_{p75}$  (es decir  $70.76 < 5566$  V)

### 3.23 EVALUACIÓN DE DISEÑO.

#### 3.23.1 Comparación De Potenciales:

POTENCIALES TOLERABLES		COMPARACION		POTENCIALES EN MALLA		RESISTENCIA RED DE TIERRA
CONTACTO	1557 V	>	439.28 V	CONTACTO	4.63 $\Omega$	
PASO	5566 V	>	70.76 V	PASO		

**Tabla 3.10** Comparación de potenciales

Debido a que los potenciales tolerables de contacto y de paso son mayores que los que se presentan en la malla, se concluye que la malla de tierra es segura.

## 4. CALCULO DE TABLERO PRINCIPAL

### 4.1 Objetivo:

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

### 4.2 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 con temperatura máxima de operación de 60.00 °C.

### 4.3 Datos generales empleados:

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

Tensión nominal del sistema: 220.00 V. Temperatura ambiente: 40.00 °C Material del conductor: Cobre

Material del aislamiento: THW Máxima



Temperatura de operación del Conductor: 60.00 °C Máxima

Caída de tensión en por ciento permitida para el circuito: 2.00 %

#### 4.4 Datos del circuito para selección del tamaño nominal:

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

Tipo de Carga: Alimentador

Potencia:	36,572 KW
Tensión Nominal:	220.00 V
Número de Fases:	3
Factor de Potencia del sistema:	0.9000
Eficiencia:	1.00
Factor de Demanda:	0.8000
Longitud del circuito:	60 m
Tipo de Conductor:	Monopolar
Temperatura de terminales:	60 °C
Sistema de soporte o canalización:	Tubo conduit
Material del soporte o canalización:	ALUMINIO CED 40
Tipo de protección:	Interruptor Termomagnético
Marco:	125 Amperes
Ajuste:	125.00 Amperes

## 5. SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR

5.1 Utilizando 1 conductor por fase:

5.2 Selecciones por capacidad de conducción:

Se calcula el valor de la corriente nominal a partir de la ecuación:

$$IN = [kW*1000] / [SQR (3) *V*FP*Eff]$$

Dónde:

IN Corriente nominal [Amp].

KW Capacidad nominal del limFå [KW].

FS Factor de servicio.

V Tensión nominal [Volts]. 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 **85.31 Amps**.

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 **106.63 Amperes**.

Se determina el factor de corrección por temperatura considerando una temperatura máxima de operación de 60.00 °C, una temperatura de terminales

de 60 °C y una temperatura ambiente de 30.00 °C + 0.00 °C por instalación de tubo conduit en azoteas. El factor de corrección por temperatura es de 1.

Se considera que el conductor se instalará en Tubo conduit, la corriente del conductor no deberá ser mayor que la capacidad de Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts 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) (Amp)	Capacidad de Cond. (75 °C)	Fact. Dec. Canal/Charola	Factor Dec. temp a 30.0°C	Capacidad de Cond. decre.
12	25AMP	0.8	1.00	20 AMP
10	35AMP	0.8	1.00	28 AMP
8	50AMP	0.8	1.00	40 AMP
6	65AMP	0.8	1.00	52 AMP
4	85AMP	0.8	1.00	68 AMP
2	115AMP	0.8	1.00	92 AMP
1/0	150AMP	0.8	1.00	120 AMP

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)	De 4 a 6 cond.	0.8
Puesta a tierra en 2 puntos (Fs)		1.000
Definida usuario[---](Fu)		1.000
<b>Factor = Fa * Fag * Frs * Fs * Fu</b>		

**Tabla 5.1** Porcentaje de carga armónica

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 **1/0 AWG (120 Amp.)**. 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.

### 5.3 Selección por caída de tensión:

Aplicando la nota 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 define una máxima caída de tensión permisible en el circuito de 3.00 % y aplicando la ecuación:

$$e\% = \frac{[SQR(3) * L * (I/CF) * (R * \cos(TETA) + X * \text{SEN}(TETA))]}{[V * 10]}$$

Dónde:

e% Caída de tensión en porcentaje.

L Longitud del conductor [metros].

IN Corriente nominal. [Amp.]

CF Número de conductores por fase.

R Resistencia [Ohms/km].

X Reactancia [Ohms/km].

V Tensión del sistema [Volts].

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 for 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 volts, 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 60 °C de acuerdo con la fórmula:

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

Dónde:

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/k CM)	Resistencia 90°C (OHMS/km)	Resistencia 60°C (OHMS/km)	Reactancia 60 Hz(OHMS/km)	Caída de Tensión (%)
1/0	0.3474	0.3153	0.1397	1.50

**Tabla 5.2** Calibre 1/0

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

#### 5.4 Selección del tamaño nominal del conductor de puesta a tierra:

En la tabla 250-122 de la misma sección, se describe el calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra considerando el ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente. De acuerdo con la información del Ajuste del Interruptor Termo magnético es de **125.00 Amperes** al que corresponde un conductor de puesta a tierra calibre **6 AWG**.

Se realizó la compensación de calibre por caída de tensión para los conductores de fuerza, se realiza el ajuste para el conductor de puesta a tierra.

Compensando por tamaños nominales de los conductores de fase  
 $AC=[ACOND]*[ACC/ACCT]$

Dónde:

AC Área corregida [mm<sup>2</sup>].

ACOND Área del conductor de la tabla 250-122 [mm<sup>2</sup>].

ACCT Área del conductor seleccionado por caída de tensión [mm<sup>2</sup>].

ACCC Área del conductor seleccionado por capacidad conducción [mm<sup>2</sup>].

El calibre nominalmente seleccionado para el conductor de puesta a tierra es **6 AWG**

### 5.5 Resumen de la selección del tamaño nominal:

A continuación, se presenta el tamaño nominal seleccionado, aplicando diferentes criterios, para los conductores del circuito IPRINC:

Criterio de selección	Tamaño Nominal Conductor(es) por fase		
	1/0	AWG	1
<b>Capacidad de conducción</b>			
<b>Caída de tensión</b>	1/0	AWG	1
<b>Selección final</b>	1/0	AWG	1
<b>Conductor de puesta a tierra</b>	<b>6</b>	<b>AWG</b>	<b>1</b>

**Tabla 5.3** Capacidad de conducción

### 5.6 Conclusiones:

De acuerdo con la selección realizada el conductor de Cobre de tamaño nominal **1/0 AWG** cumple con los criterios de capacidad de conducción y caída de tensión bajo operación normal. Así mismo el conductor de Cobre con tamaño nominal de

**6 AWG** cumple con los criterios para asegurar una correcta protección del equipo contra fallas a tierra.

## 6. CALCULO DE TABLERO “A”

### 6.1 Objetivo:

Establecer los criterios utilizados en el cálculo y selección del tamaño nominal de los conductores para el circuito TAB "A", que opera con una tensión de 220.00 volts a 60 Hz.

### 6.2 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 con temperatura máxima de operación de 60.00 °C.

### 6.3 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.

Tensión nominal del sistema: 220.00 V.

Temperatura ambiente: 40.00 °C

Material del conductor: Cobre

Material del aislamiento: THW Máxima

Temperatura de operación del Conductor: 60.00 °C

Máxima caída de tensión en porciento permitida para el circuito: 2.00 %

### 6.4 Datos del circuito para selección del tamaño nominal.

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

Tipo de Carga: Alimentador	
Potencia:	22.472 KW
Tensión Nominal:	220.00 V 3
Número de Fases:	0.9000
Factor de Potencia del sistema:	1.00
Eficiencia:	0.8000
Factor de Demanda: Longitud del circuito: Tipo de Conductor:	5 m
Temperatura de terminales:	Monopolar
Sistema de soporte o canalización: Material del soporte o canalización: 40	60 °C
Tipo de protección:	Tubo conduit
Termomagnético Marco:	ALUMINIO CED
Ajuste:	Interruptor
	70 Amperes
	70.00 Amperes

## 7. SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR

Utilizando 1 conductor por fase:

### 7.1 Selección por capacidad de conducción:

Se calcula el valor de la corriente nominal a partir de la ecuación:

$$I_N = \frac{[kW * 1000]}{[\sqrt{3} * V * FP * Eff]}$$

Dónde:

$I_N$  Corriente nominal [Amp].

KW Capacidad nominal del limFå [KW]. FS Factor de servicio.



V Tensión nominal [Volts]. 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 **52.42 Amps**.

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 **65.52 Amperes**.

Se determina el factor de corrección por temperatura de la tabla 310-15(B)(2)(A), considerando una temperatura máxima de operación de 60.00 °C, una temperatura de terminales de 60 °C y una temperatura ambiente de 30.00 °C + 0.00 °C por instalación de tubo conduit en azoteas. El factor de corrección por temperatura es de 1.

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 volts 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).

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:

Calibre	Capacidad de	de	Fact. Dec.	Fact Dec.	Capacidad de
Cond. (AWG/kCM)	Cond. (60	°C)	Canal/Charola	temp a 30.0°C	decre.
(Amp)					
12	20A MP		0.8	1.00	16 AMP
10	30A MP		0.8	1.00	24 AMP
8	40A MP		0.8	1.00	32 AMP
6	55A MP		0.8	1.00	44 AMP
4	70A MP		0.8	1.00	56 AMP
2	95A MP		0.8	1.00	76 AMP

**Tabla 5.4** Capacidad de conducción

Factor de ajuste tubo	Condición	Valor
Porcentaje de Carga Armónica (Fa)	0 %	1.000
Agrupamiento (Fag)	De 4 a 6 cond.	0.8
Puesta a tierra en 2 puntos (Fs)		1.000
Definido usuario[---](Fu)		1.000
<b>Factor = Fa * Fag * Frs * Fs * Fu</b>		

**Tabla 5.5** Factor de ajuste tubo

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

Un conductor por fase de calibre **2 AWG (76 Amp.)**. 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.

## 7.2 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:

$$e\% = \frac{[SQR(3) * L * (I/CF) * (R * \cos(TETA) + X * \text{SEN}(TETA))]}{[V * 10]}$$

Dónde:

e% Caída de tensión en por ciento.

L Longitud del conductor [metros].

IN Corriente nominal. [Amp.]

CF Número de conductores por fase.

R Resistencia [Ohms/km].

X Reactancia [Ohms/km].

V Tensión del sistema [Volts].

TETA Angulo de desfasamiento 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 for 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 volts, 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 60 °C de acuerdo con la fórmula:

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

Dónde:

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	Resistencia	Resistencia	Reactancia	Caída de
(AWG/kCM)	90 °C (OHMS/km)	60 °C (OHMS/km)	60 Hz (OHMS/km)	Tensión
(%)				
2	0.3474	0.3153	0.1397	<b>0.12</b>

**Tabla 5.6 Conductor por fase**

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

### 7.3 Selección del tamaño nominal del conductor de puesta a tierra:

En la tabla 5.6 de la misma sección, se describe el calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra considerando el ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente. De acuerdo con la información del Ajuste del Interruptor Termo magnético es de **70.00 Amperes** al que corresponde un conductor de puesta a tierra calibre **8 AWG**.

Según la sección 250-122(b) y considerando que se realizó la compensación de calibre por caída de tensión para los conductores de fuerza, se realiza el ajuste para el conductor de puesta a tierra.

Compensando por tamaños nominales de los conductores de fase  
 $AC=[ACOND]*[ACC/ACCT]$

Dónde:

AC Área corregida [mm<sup>2</sup>].

ACOND Área del conductor de la tabla 250-122 [mm<sup>2</sup>].

ACCT Área del conductor seleccionado por caída de tensión [mm<sup>2</sup>].

ACCC Área del conductor seleccionado por capacidad conducción [mm<sup>2</sup>].

El calibre nominalmente seleccionado para el conductor de puesta a tierra es **8 AWG**

#### 7.4 Resumen de la selección del tamaño nominal:

A continuación, se presenta el tamaño nominal seleccionado, aplicando diferentes criterios, para los conductores del circuito TAB "A":

Criterio de selección	Tamaño Nominal	Conductor(es) por fase
Capacidad de conducción	2 AWG	1
Caída de tensión	2 AWG	1
Selección final	2 AWG	1
Conductor de puesta a tierra	8 AWG	1

#### 7.5 Conclusiones:

De acuerdo con la selección realizada el conductor de Cobre de tamaño nominal 2 AWG cumple con los criterios de capacidad de conducción y caída de tensión bajo operación normal. Así mismo el conductor de Cobre con tamaño nominal de 8 AWG cumple con los criterios para asegurar una correcta protección del equipo contra fallas a tierra.

## 8. CALCULO DE TABLERO "B"

### 8.1 Objetivo:

Establecer los criterios utilizados en el cálculo y selección del tamaño nominal de los conductores para el circuito TAB "B", que opera con una tensión de 220.00 volts a 60 Hz.

### 8.2 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 con temperatura máxima de operación de 60.00 °C.

### 8.3 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.

Tensión nominal del sistema:	220.00 V.
Temperatura ambiente: Material del conductor: Material del aislamiento:	40.00 °C Cobre
Máxima Temperatura de operación del Conductor: Máxima caída de tensión en porciento permitida para el circuito:	THW 2.00 %

#### 8.4 Datos del circuito para selección del tamaño nominal:

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

Tipo de Carga:	Alimentador
Potencia:	13.430 KW
Tensión Nominal:	220.00 V
Número de Fases:	3
Factor de Potencia del sistema:	0.9000
Eficiencia:	1.00
Factor de Demanda:	1.0000
Longitud del circuito:	5 m
Tipo de Conductor:	Monopolar
Temperatura de terminales:	60 °C
Sistema de soporte o canalización:	Tubo conduit
Material del soporte o canalización:	ALUMINIO CED 40
Tipo de protección:	Interruptor Termomagnético
Marco:	50 Amperes
Ajuste:	50.00 Amperes

#### 8.5. Selección del calibre del conductor:

#### 8.6 Utilizando 1 conductor por fase:

#### 8.7 Selección por capacidad de conducción:

Se calcula el valor de la corriente nominal a partir de la ecuación:

$$I_N = \frac{KW \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot V \cdot FP \cdot Eff}$$

Dónde:

$I_N$  Corriente nominal [Amp].

KW Capacidad nominal del limFå [KW].

FS Factor de servicio.

V Tensión nominal [Volts].

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 **39.16 Amps**.

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 **48.95 Amperes**.

Se determina el factor de corrección por temperatura de la tabla 310-15(B)(2)(A), considerando una temperatura máxima de operación de 60.00 °C, una temperatura de terminales de 60 °C y una temperatura ambiente de 30.00 °C + 0.00 °C por instalación de tubo conduit en azoteas. El factor de corrección por temperatura es de 1.

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 volts 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	Capacidad	de	Fact. Dec.	Fact Dec.	Capacidad de Cond.
(AWG/kC M)	Cond. (60	°C	Canal/Charol	temp a 30.0°C	decre. (Amp)
12	20AMP	)	a	1.00	16 AMP
			0.8		

10	30AMP		0.8	1.00	<b>24 AMP</b>
8	40AMP		0.8	1.00	<b>32 AMP</b>
6	55AMP		0.8	1.00	<b>44 AMP</b>
4	<b>70AMP</b>		<b>0.8</b>	<b>1.00</b>	<b>56 AMP</b>

**Tabla 5.7 Conductores**

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
<b>Porcentaje de Carga Armónica (Fa)</b>	0 %	<b>1.000</b>
<b>Agrupamiento (Fag)</b>	De 4 a 6 cond.	<b>0.8</b>
<b>Puesta a tierra en 2 puntos (Fs)</b>		<b>1.000</b>
<b>Definida usuario[---](Fu)</b>		<b>1.000</b>
<b>Factor = Fa * Fag * Frs * Fs * Fu</b>		

**Tabla 5.8 Factor de ajuste de tubo**

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 **4 AWG (56 Amp.)**.

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.

### 8.7.1 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:

$$e\% = \frac{[SQR(3) * L * (I/CF) * (R * \cos(TETA) + X * \text{SEN}(TETA))]}{[V * 10]}$$



Dónde:

e% Caída de tensión en por ciento.

L Longitud del conductor [metros].

IN Corriente nominal. [Amp.]

CF Número de conductores por fase.

R Resistencia [Ohms/km].

X Reactancia [Ohms/km].

V Tensión del sistema [Volts].

TETA Angulo de desfaseamiento entre la tensión y la corriente.  $\cos(\text{TETA})$  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 volts, 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 60 °C de acuerdo con la fórmula:

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

Dónde:

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 60°C (OHMS/km)	Reactancia 60 Hz(OHMS/km)	Caída de Tensión
(%)				
<b>4</b>	<b>0.3474</b>	<b>0.3153</b>	<b>0.1397</b>	<b>0.14</b>

**Tabla 5.9 Conductores**

Se observa que la caída de tensión para el arreglo de 1 conductor por fase de tamaño nominal 4 AWG cumple con los requisitos de caída de tensión.

### 8.7.2 Selección del tamaño nominal del conductor de puesta a tierra:

En la tabla 5.9 de la misma sección, se describe el calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra considerando el ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente. De acuerdo con la información del Ajuste del Interruptor Termo magnético es de **50.00 Amperes** al que corresponde un conductor de puesta a tierra calibre **10 AWG**.

Según la sección 250-122(b) y considerando que se realizó la compensación de calibre por caída de tensión para los conductores de fuerza, se realiza el ajuste para el conductor de puesta a tierra.

Compensando por tamaños nominales de los conductores de fase  
 $AC=[ACOND]*[ACC/ACCT]$

Dónde:

AC Área corregida [mm<sup>2</sup>].

ACOND Área del conductor de la tabla 250-122 [mm<sup>2</sup>].

ACCT Área del conductor seleccionado por caída de tensión [mm<sup>2</sup>].

ACCC Área del conductor seleccionado por capacidad conducción [mm<sup>2</sup>].

El calibre nominalmente seleccionado para el conductor de puesta a tierra es **10 AWG**.

### 8.8 Resumen de la selección del tamaño nominal:

A continuación, se presenta el tamaño nominal seleccionado, aplicando diferentes criterios, para los conductores del circuito TAB "B":

Criterio de selección	Tamaño Nominal	Conductor(es) por fase
Capacidad de conducción	4 AWG	1
Caída de tensión	4 AWG	1
Selección final	4 AWG	1
Conductor de puesta a tierra	10 AWG	1

### 8.9 Conclusiones:

De acuerdo con la selección realizada el conductor de Cobre de tamaño nominal **4 AWG** cumple con los criterios de capacidad de conducción y caída de tensión bajo operación normal. Así mismo el conductor de Cobre con tamaño nominal de **10 AWG** cumple con los criterios para asegurar una correcta protección del equipo contra fallas a tierra.

## 9. CALCULO DE TABLERO “C”

### 9.1 Objetivo:

Establecer los criterios utilizados en el cálculo y selección del tamaño nominal de los conductores para el circuito TAB "C", que opera con una tensión de 220.00 volts a 60 Hz.

### 9.2 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 con temperatura máxima de operación de 60.00 °C.

### 9.3 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

Tensión nominal del sistema: 127.00 V.

Temperatura ambiente: 40.00 °C

Material del conductor: Cobre

Material del aislamiento: THW Máxima

Temperatura de operación del Conductor: 60.00 °C

Máxima caída de tensión en por ciento permitida para el circuito: 2.00 %

#### 9.4 Datos del circuito para selección del tamaño nominal:

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

Tipo de Carga:	Alimentador
Potencia:	3.6000 KW
Tensión Nominal:	127.00 V
Número de Fases:	1
Factor de Potencia del sistema:	0.9000
Eficiencia:	1.00
Factor de Demanda:	1.0000
Longitud del circuito:	5 m
Tipo de Conductor:	Monopolar
Temperatura de terminales:	60 °C
Sistema de soporte o canalización:	Tubo conduit
Material del soporte o canalización:	ALUMINIO CED 40
Tipo de protección:	Interruptor Termomagnético
Marco:	40 Amperes
Ajuste:	40.00 Amperes

## 10. SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR

### 10.1 Utilizando 1 conductor por fase:

### 10.2 Selección por capacidad de conducción:

Se calcula el valor de la corriente nominal a partir de la ecuación:

$$IN=[kW*1000]/ [SQR (3) *V*FP*Eff]$$

Dónde:

IN Corriente nominal [Amp].

KW Capacidad nominal del limFå [KW].

FS Factor de servicio.

V Tensión nominal [Volts].

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 **31.49 Amps**.

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 **39.37 Amperes**.

Se determina el factor de corrección por temperatura de la tabla 310-15(B)(2)(A), considerando una temperatura máxima de operación de 60.00 °C, una temperatura de terminales de 60 °C y una temperatura ambiente de 30.00 °C + 0.00 °C por instalación de tubo conduit en azoteas. El factor de corrección por temperatura es de 1.

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 volts 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	Capacidad de	de	Fact. Dec.	Fact Dec.	Capacidad de
Cond. (AWG/kCM) (Amp)	Cond. (60	°C)	Canal/Charola	temp a 30.0°C	decre.
12	20AM P		0.8	1.0 0	16 AMP
10	30AM P		0.8	1.0 0	24 AMP
8	40AM P		0.8	1.0 0	32 AMP
6	55AM P		0.8	1.0 0	44 AMP

**Tabla 10.1 Conductores**

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)	De 4 a 6 cond.	0.8
Puesta a tierra en 2 puntos (Fs)		1.000
Definido usuario[---](Fu) Factor = Fa * Fag * Frs * Fs * Fu		1.000

*Tabla 10.2 Factor de ajuste de tubo*

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 **6 AWG (44 Amp.)**. 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.

### 10.3 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:

$$e\% = \frac{[SQR(3) * L * (I/CF) * (R * \cos(TETA) + X * \text{SEN}(TETA))]}{[V * 10]}$$

Donde:

e% Caída de tensión en por ciento.

L Longitud del conductor [metros].

IN Corriente nominal. [Amp.]

CF Número de conductores por fase.

R Resistencia [Ohms/km].

X Reactancia [Ohms/km].

V Tensión del sistema [Volts].

TETA Angulo de desfasamiento entre la tensión y la corriente.  $\cos(\text{TETA})$  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 volts, 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 60 °C de acuerdo con la fórmula:

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

Dónde:

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/kC M) (%)	Resistencia 90°C (OHMS/km)	Resistencia 60°C (OHMS/km)	Reactancia 60 Hz(OHMS/km)	Caída de Tensión
6	0.3474	0.3153	0.1397	0.37

**Tabla 10.3 Conductores**

Se observa que la caída de tensión para el arreglo de 1 conductor por fase de tamaño nominal 6 AWG cumple con los requisitos de caída de tensión.

#### 10.4 Selección del tamaño nominal del conductor de puesta a tierra:

En la tabla 10.3 de la misma sección, se describe el calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra considerando el ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente. De acuerdo con la información del Ajuste del Interruptor Termo magnético es de **40.00 Amperes** al que corresponde un conductor de puesta a tierra calibre **10 AWG**.

Según la sección 250-122(b) y considerando que se realizó la compensación de calibre por caída de tensión para los conductores de fuerza, se realiza el ajuste para el conductor de puesta a tierra.

Compensando por tamaños nominales de los conductores de fase  
 $AC=[ACOND]*[ACC/ACCT]$

Dónde:

AC Área corregida [mm<sup>2</sup>].

ACOND Área del conductor de la tabla 250-122 [mm<sup>2</sup>].

ACCT Área del conductor seleccionado por caída de tensión [mm<sup>2</sup>].

ACCC Área del conductor seleccionado por capacidad conducción [mm<sup>2</sup>].

El calibre nominalmente seleccionado para el conductor de puesta a tierra es **10 AWG**.

#### 10.5 Resumen de la selección del tamaño nominal:

A continuación, se presenta el tamaño nominal seleccionado, aplicando diferentes criterios, para los conductores del circuito TAB "C":

Criterio de selección	Tamaño Conductor(es)	
Nominal por fase		
Capacidad de conducción	6 AWG	1
Caída de tensión	6 AWG	1
Selección final	6 AWG	1
Conductor de puesta a tierra	10 AWG	1



## 10.6 Conclusiones:

De acuerdo con la selección realizada el conductor de Cobre de tamaño nominal **6 AWG** cumple con los criterios de capacidad de conducción y caída de tensión bajo operación normal. Así mismo el conductor de Cobre con tamaño nominal de **10 AWG** cumple con los criterios para asegurar una correcta protección del equipo contra fallas a tierra.

## 11. CALCULO DE TABLERO "D"

### 11.1 Objetivo:

Establecer los criterios utilizados en el cálculo y selección del tamaño nominal de los conductores para el circuito TAB "D", que opera con una tensión de 220.00 volts a 60 Hz.

### 11.2 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 con temperatura máxima de operación de 60.00 °C.

### 11.3 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

Tensión nominal del sistema: 220.00 V.

Temperatura ambiente: 40.00 °C

Material del conductor: Cobre

Material del aislamiento: THW Máxima

Temperatura de operación del Conductor: 60.00 °C

Máxima caída de tensión en porciento permitida para el circuito: 2.00 %

## 11.4 Datos del circuito para selección del tamaño nominal:

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

Tipo de Carga:	Alimentador
Potencia:	5.164 KW
Tensión Nominal:	220.00 V
Número de Fases:	3
Factor de Potencia del sistema:	0.9000
Eficiencia:	1.00
Factor de Demanda:	1.0000
Longitud del circuito:	5 m
Tipo de Conductor:	Monopolar
Temperatura de terminales:	60 °C
Sistema de soporte o canalización:	Tubo conduit
Material del soporte o canalización:	ALUMINIO CED 40
Tipo de protección:	Interruptor Termomagnético
Marco:	20 Amperes
Ajuste:	20.00 Amperes

## 12. SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR

### 12.1 Utilizando 1 conductor por fase:

### 12.2 Selección por capacidad de conducción:

Se calcula el valor de la corriente nominal a partir de la ecuación:

$$IN = \frac{[kW * 1000]}{[\sqrt{3} * V * FP * Eff]}$$

Dónde:

IN Corriente nominal [Amp].

KW Capacidad nominal del limFå [KW].

FS Factor de servicio.

V Tensión nominal [Volts].

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 **15.05 Amps**.

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 **18.81 Amperes**.

Se determina el factor de corrección por temperatura de la tabla 12.1, considerando una temperatura máxima de operación de 60.00 °C, una temperatura de terminales de 60 °C y una temperatura ambiente de 30.00 °C + 0.00 °C por instalación de tubo conduit en azoteas. El factor de corrección por temperatura es de 1.

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 volts y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores portadores de corriente en una canalización, cableo 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	Capacidad	de	Fact. Dec.	Fact Dec.	Capacidad de Cond.
(AWG/kC M)	Cond. (60 °C)	°C	Canal/Charol a	temp a 30.0°C	decre. (Amp)
12	20AMP		0.8	1.00	16 AMP

10	30AMP	0.8	1.00	24 AMP
----	-------	-----	------	--------

**Tabla 12.1 Conductores**

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)	De 4 a 6 cond.	0.8
Puesta a tierra en 2 puntos (Fs) Definida usuario[---](Fu)		1.000
		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 **10 AWG (24 Amp.)**. 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.

### 12.3 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:

$$e\% = \frac{[\sqrt{3} * L * (I/CF) * (R * \cos(\text{TETA}) + X * \text{SEN}(\text{TETA}))]}{[V * 10]}$$

Dónde:

e% Caída de tensión en por ciento.

L Longitud del conductor [metros].

IN Corriente nominal. [Amp.]

CF Número de conductores por fase.

R Resistencia [Ohms/km].

X Reactancia [Ohms/km].

V Tensión del sistema [Volts].

TETA Angulo de desfaseamiento entre la tensión y la corriente.  $\cos(\text{TETA})$  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 volts, 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 60 °C de acuerdo con la fórmula:

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

Dónde:

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].

(AWG/kC M) (%)	90°C (OHMS/km)	60°C (OHMS/km)	60 Hz(OHMS/km)	Tensión
10	4.1278	3.7461	0.2132	0.22

**Tabla 12.2 Conductores**

Se observa que la caída de tensión para el arreglo de 1 conductor por fase de tamaño nominal 10 AWG cumple con los requisitos de caída de tensión.

#### 12.4 Selección del tamaño nominal del conductor de puesta a tierra:

En la tabla 12.2 de la misma sección, se describe el calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra considerando el ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente. De acuerdo con la información del Ajuste del Interruptor Termo magnético es de **20.00 Amperes** al que corresponde un conductor de puesta a tierra calibre **12 AWG**.

Según la sección 250-122(b) y considerando que se realizó la compensación de calibre por caída de tensión para los conductores de fuerza, se realiza el ajuste para el conductor de puesta a tierra.

Compensando por tamaños nominales de los conductores de fase  
 $AC=[ACOND]*[ACC/ACCT]$

Dónde:

AC Área corregida [mm<sup>2</sup>].

ACOND Área del conductor de la tabla 250-122 [mm<sup>2</sup>].

ACCT Área del conductor seleccionado por caída de tensión [mm<sup>2</sup>].

ACCC Área del conductor seleccionado por capacidad conducción [mm<sup>2</sup>].

El calibre nominalmente seleccionado para el conductor de puesta a tierra es **12 AWG**.

### 12.5 Resumen de la selección del tamaño nominal:

A continuación, se presenta el tamaño nominal seleccionado, aplicando diferentes criterios, para los conductores del circuito TAB "D":

Criterio de selección	Tamaño Nominal	Conductor(es) por fase
Capacidad de conducción	10	AWG 1
Caída de tensión	10	AWG 1
Selección final	10	AWG 1
Conductor de puesta a tierra	12	AWG 1

### 12.6 Conclusiones:

De acuerdo con la selección realizada el conductor de Cobre de tamaño nominal **10 AWG** cumple con los criterios de capacidad de conducción y caída de tensión bajo operación normal. Así mismo el conductor de Cobre con tamaño nominal de **12 AWG** cumple con los criterios para asegurar una correcta protección del equipo contra fallas a tierra.

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

Tensión nominal del sistema: 220.00 V.

Temperatura ambiente:	40.00 °C
Material del conductor:	Cobre
Material del aislamiento:	THW
Máxima Temperatura de operación del Conductor:	60.00 °C
Máxima caída de tensión en por ciento permitida para el circuito:	2.00 %

### 12.7 Datos del circuito para selección del tamaño nominal:

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

Tipo de Carga:	Alimentador
Potencia:	3.9 KW
Tensión Nominal:	220.00 V
Número de Fases:	3
Factor de Potencia del sistema:	0.9000
Eficiencia:	1.00
Factor de Demanda:	1.0000
Longitud del circuito:	5 m
Tipo de Conductor:	Monopolar
Temperatura de terminales:	60 °C
Sistema de soporte o canalización:	Tubo conduit
Material del soporte o canalización:	PVC
Tipo de protección:	Interruptor Termomagnético
Marco:	30 Amperes
Ajuste:	30.00 Amperes

## 13. SELECCIÓN DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR

### 13.1 Utilizando 1 conductor por fase:

### 13.2 Selección por capacidad de conducción:

Se calcula el valor de la corriente nominal a partir de la ecuación:

$$I_N = \frac{[kW * 1000]}{[\sqrt{3} * V * FP * Eff]}$$

Dónde:

$I_N$  Corriente nominal [Amp].

$KW$  Capacidad nominal del limFå [KW].

$FS$  Factor de servicio.

$V$  Tensión nominal [Volts].

$FP$  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 **19.69 Amps**.

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 **24 Amperes**. Se determina el factor de corrección por temperatura de la tabla 310-15(B)(2)(A), considerando una temperatura máxima de operación de 60.00 °C, una temperatura de terminales de 60 °C y una temperatura ambiente de 30.00 °C + 0.00 °C por instalación de tubo conduit en azoteas. El factor de corrección por temperatura es de 1.

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 13.1 - Ampacidades permisibles en conductores aislados para tensiones hasta 2000 volts 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/kC M)	Capacidad de Cond. (60 °C)	Fact. Dec. Canal/Charol a	Fact Dec. Cond. temp a 30.0°C	Capacidad de decre. (Amp)
12	20AMP	0.8	1.00	16 AMP
10	30AMP	0.8	1.00	24 AMP

**Tabla 13.1 Conductores**

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)	De 4 a 6 cond.	0.8
Puesta a tierra en 2 puntos (Fs)		1.000
Definida usuario[---](Fu)		1.000
<b>Factor = Fa * Fag * Frs * Fs * Fu</b>		

**Tabla 13.2 Factor de ajuste de tubo**

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 **10 AWG (24 Amp.)**. 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.

### 13.3 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:

$$e\% = \frac{[SQR(3) * L * (I/CF) * (R * \cos(TETA) + X * \text{SEN}(TETA))]}{[V * 10]}$$

Dónde:

e% Caída de tensión en por ciento.

L Longitud del conductor [metros].

IN Corriente nominal. [Amp.]

CF Número de conductores por fase.

R Resistencia [Ohms/km].

X Reactancia [Ohms/km].

V Tensión del sistema [Volts].

TETA Angulo de desfaseamiento entre la tensión y la corriente.  $\cos(\text{TETA})$  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 volts, 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 60 °C de acuerdo con la fórmula:

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

Dónde:

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/kC M) (%)	Resistencia 90°C (OHMS/km)	Resistencia 60°C (OHMS/km)	Reactancia 60 Hz(OHMS/km)	Caída de Tensión
10	4.1278	3.7461	0.2132	0.34

**Tabla 13.3 Conductores**

Se observa que la caída de tensión para el arreglo de 1 conductor por fase de tamaño nominal 10 AWG cumple con los requisitos de caída de tensión.

#### 13.4 Selección del tamaño nominal del conductor de puesta a tierra:

En la tabla 13.3 de la misma sección, se describe el calibre mínimo de los conductores de puesta a tierra considerando el ajuste del dispositivo de protección contra sobrecorriente. De acuerdo con la información del Ajuste del Interruptor Termo magnético es de **30.00 Amperes** al que corresponde un conductor de puesta a tierra calibre **10 AWG**.

Según la sección 250-122(b) y considerando que se realizó la compensación de calibre por caída de tensión para los conductores de fuerza, se realiza el ajuste para el conductor de puesta a tierra.

Compensando por tamaños nominales de los conductores de fase  
 $AC = [ACOND] * [ACC/ACCT]$

Dónde:

AC Área corregida [mm<sup>2</sup>].

ACOND Área del conductor de la tabla 250-122 [mm<sup>2</sup>].

ACCT Área del conductor seleccionado por caída de tensión [mm<sup>2</sup>].

ACCC Área del conductor seleccionado por capacidad conducción [mm<sup>2</sup>].

El calibre nominalmente seleccionado para el conductor de puesta a tierra es **10 AWG**.

#### 13.5 Resumen de la selección del tamaño nominal:

A continuación, se presenta el tamaño nominal seleccionado, aplicando diferentes criterios, para los conductores del circuito TAB "E":

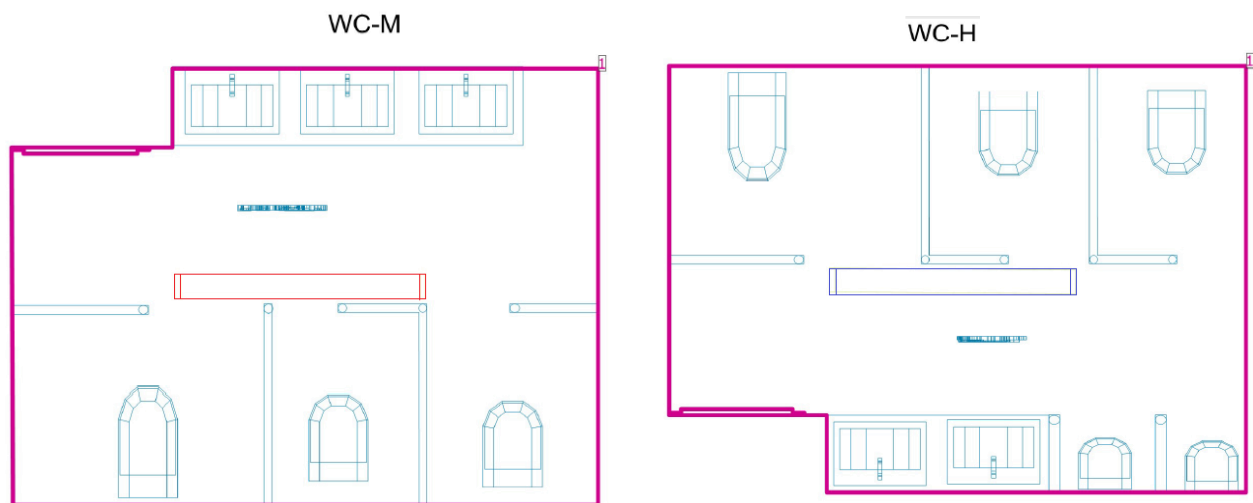
Criterio de selección	Tamaño Nominal	Conductor(es) por fase
Capacidad de conducción	10 AWG	1
Caída de tensión	10 AWG	1
Selección final	10 AWG	1
Conductor de puesta a tierra	10 AWG	1

### 13.6 Conclusiones:

De acuerdo con la selección realizada el conductor de Cobre de tamaño nominal **10 AWG** cumple con los criterios de capacidad de conducción y caída de tensión bajo operación normal. Así mismo el conductor de Cobre con tamaño nominal de **14 AWG** cumple con los criterios para asegurar una correcta protección del equipo contra fallas a tierra.

## 14. CALCULO DE LUMINARIAS SEGÚN LA NOM-025-STPS-2008

### 14.1 Baño de hombre y mujeres:



**Fig. 14.1** Croquis área wc hombres y mujeres

DATOS:

Nivel de iluminación requerido: 200 LUX h total = 3 m.

a = 3 m. b = 4 m. Cm = 0.6

Cu = 0.78

Flujo de la lámpara: 6650 lm Grado de reflexión:

Techo = 70%

Suelo = 75% Pared = 79.2 %

$$\Phi T = \frac{E_m}{C_u} \frac{S}{C_m} = \frac{200 * 12}{0.6 * 0.78} = 5128.20$$

Dónde:

$E_m$  = nivel de iluminación medio (en LUX)

$\Phi T$  = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES)

$S$  = superficie a iluminar (en m<sup>2</sup>).  $C_u$  = Coeficiente de utilización.

$C_m$  = Coeficiente de mantenimiento. Cálculo del número de luminarias.

$$NL = \frac{\Phi T}{n * \Phi_L} = \frac{5128.20}{1 * 6650} = 0.77 \text{ que es igual a 1 luminaria.}$$

Dónde:

NL = número de luminarias

$\Phi T$  = flujo luminoso total necesario en la zona o

local  $\Phi_L$  = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)  $n$  = número de lámparas que tiene la

luminaria

Datos de la lámpara:

Grado de eficacia de funcionamiento: 62.45%

Flujo luminoso de lámparas: 6650 lm

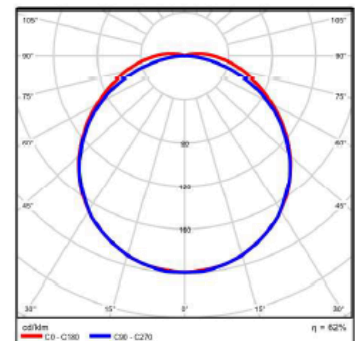
Flujo luminoso de las luminarias: 4153 lm

Potencia: 77.0 W

Rendimiento lumínico: 53.9 lm/W

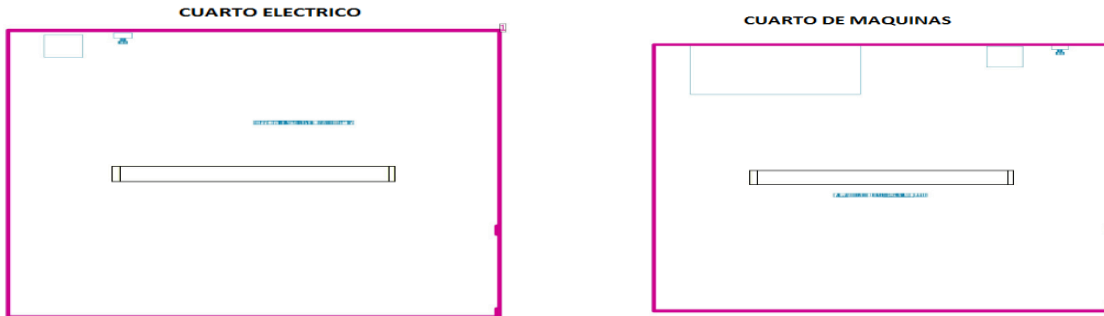
Temperatura de color: 3000 K

Índice de reproducción de color: 100



**Fig. 14.2** Descripción luminaria a utilizar

## 14.2 Cuarto eléctrico y cuarto de máquinas:



**Fig. 14.3** Croquis área cuarto eléctrico y de máquinas

DATOS:

Nivel de iluminación requerido: 200 LUX

h total = 3 m.

a = 3 m.

b = 3 m.

C<sub>m</sub> = 0.6

C<sub>u</sub> = 0.67

Techo = 70%

Flujo de la lámpara: 6650 lm Grado de reflexión:

$$\Phi T = \frac{E_m S}{C_u C_m} = \frac{200 * 9}{0.6 * 0.67} = 4477.61$$

Donde:

E<sub>m</sub> = nivel de iluminación medio (en LUX)

Φ T = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES)

S = superficie a iluminar (en m<sup>2</sup>). C<sub>u</sub> = Coeficiente de utilización.

C<sub>m</sub> = Coeficiente de mantenimiento.

Cálculo del número de luminarias.

$$NL = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L} = \frac{4477.61}{1 * 6650} = 0.67 \text{ que es igual a 1 luminaria.}$$

Dónde:

NL = número de luminarias

$\Phi_T$  = flujo luminoso total necesario en la zona o local

$\Phi_L$  = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)

n = número de lámparas que tiene la luminaria

Datos de la lámpara:

Grado de eficacia de funcionamiento: 62.45%

Flujo luminoso de lámparas: 6650 lm

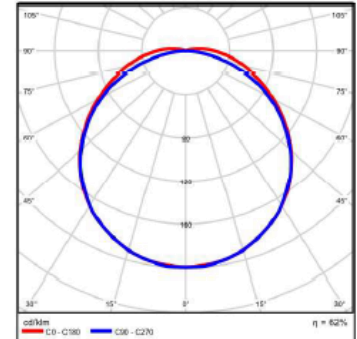
Flujo luminoso de las luminarias: 4153 lm

Potencia: 77.0 W

Rendimiento lumínico: 53.9 lm/W

Temperatura de color: 3000 K

Índice de reproducción de color: 100



**Fig. 14.4** Descripción luminaria a utilizar

### 14.3 Facturación:

Datos:

Nivel de iluminación requerido: 300

LUX h total = 3 m.

a = 3 m.

b = 2 m.

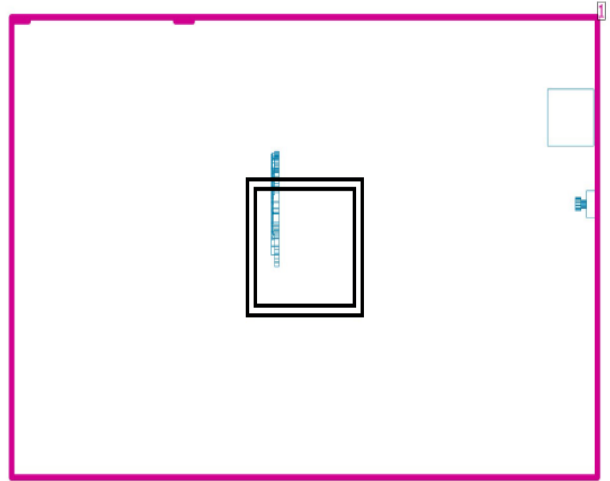
C<sub>m</sub> = 0.6

C<sub>u</sub> = 1.09

Flujo de la lámpara: 3761

Im Grado de reflexión:

Techo = 70%



**Fig. 14.5** Croquis área facturación

$$\Phi T = \frac{E_m \quad S}{C_u \quad C_m} = \frac{300 * 6}{0.6 * 1.09} = 2752.29$$

Donde:

E<sub>m</sub> = nivel de iluminación medio (en LUX)

Φ T = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES)

S = superficie a iluminar (en m<sup>2</sup>).

C<sub>u</sub> = Coeficiente de utilización.

C<sub>m</sub> = Coeficiente de mantenimiento.

Cálculo del número de luminarias.

$$NL = \frac{\Phi T}{n * \Phi_L} = \frac{2752.29}{1 * 3761} = 0.73 \text{ que es igual a 1 luminaria.}$$

Dónde:

NL = número de luminarias

ΦT = flujo luminoso total necesario en la zona o local

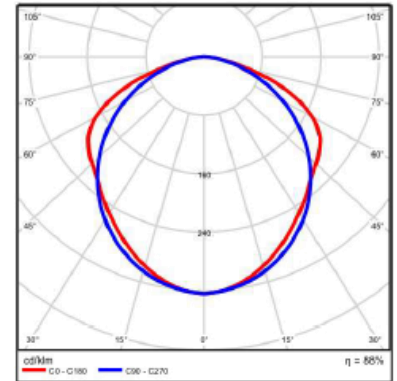
ΦL = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)

n = número de lámparas que tiene la luminaria



### Datos de la lámpara:

Grado de eficacia de funcionamiento: 88.29%  
 Flujo luminoso de lámparas: 4260 lm  
 Flujo luminoso de las luminarias: 3761 lm  
 Potencia: 43.2 W  
 Rendimiento lumínico: 87.1 lm/W  
 Temperatura de color: 4200 K  
 Índice de reproducción de color: 84



**Fig. 14.6** Descripción luminaria a utilizar

### 14.4 Secretaria:

#### DATOS:

Nivel de iluminación requerido: 500 LUX h  
 total =3 m.

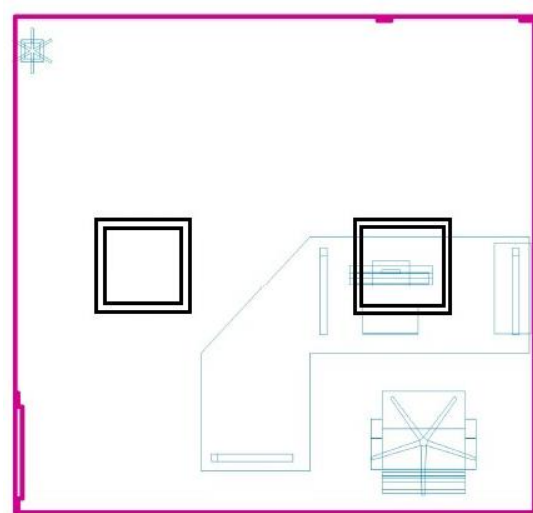
$a = 3 \text{ m. } b = 3 \text{ m. } C_m = 0.6$

$C_u = 1.09$

Flujo de la lámpara: 3761 lm Grado de reflexión:

Techo = 70%

Suelo = 75% Pared = 86 %



**Fig. 14.7** Croquis área secretaria

$$\Phi T = \frac{E_m}{C_u} \frac{S}{C_m} = \frac{500 * 9}{0.6 * 1.09} = 6880.73$$

Dónde:

$E_m$  = nivel de iluminación medio (en LUX)

$\Phi T$  = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES)

$S$  = superficie a iluminar (en m<sup>2</sup>).  $C_u$  = Coeficiente de utilización.

$C_m$  = Coeficiente de mantenimiento.

Cálculo del número de luminarias.

$$NL = \frac{\Phi T}{n * \Phi_L} = \frac{6880.73}{1 * 3761} = 1.82 \text{ que es igual a 2 luminaria.}$$

Dónde:

NL = número de luminarias

$\Phi T$  = flujo luminoso total necesario en la zona o local

$\Phi_L$  = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)

$n$  = número de lámparas que tiene la luminaria

Datos de la lámpara:

Grado de eficacia de funcionamiento: 88.29%

Flujo luminoso de lámparas: 4260 lm

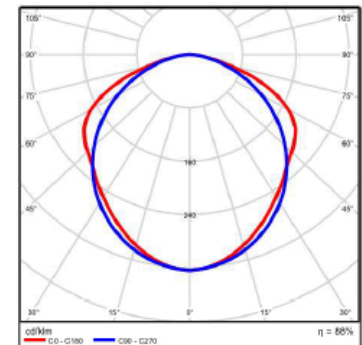
Flujo luminoso de las luminarias: 3761 lm

Potencia: 43.2 W

Rendimiento lumínico: 87.1 lm/W

Temperatura de color: 4200 K

Índice de reproducción de color: 84



**Fig. 14.8** Descripción luminaria a utilizar

## 14.5 Oficina:

### DATOS:

Nivel de iluminación requerido: 500 LUX  
h total = 3 m.

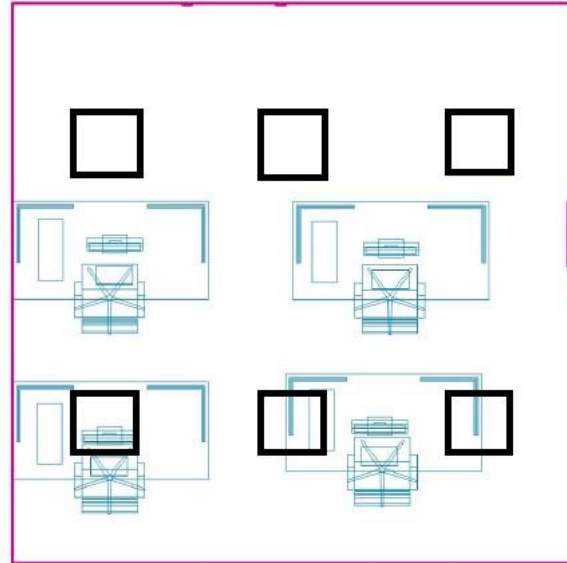
a = 5 m. b = 5 m.  $C_m = 0.6$

$C_u = 1.04$

Flujo de la lámpara: 3761 lm Grado de reflexión:

Techo = 70%

Suelo = 75% Pared = 86 %



**Fig. 14.9** Croquis área oficina

$$\Phi T = \frac{E_m \quad S}{C_u \quad C_m} = \frac{500 * 25}{0.6 * 1.04} = 20032.05$$

$E_m$  = nivel de iluminación medio (en LUX)

$\Phi T$  = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES)

$S$  = superficie a iluminar (en m<sup>2</sup>).  $C_u$  = Coeficiente de utilización.

$C_m$  = Coeficiente de mantenimiento.

Cálculo del número de luminarias.

$$NL = \frac{\Phi T}{n * \Phi_L} = \frac{20032.05}{1 * 3761} = 5.32 \text{ que es igual a 6 luminaria.}$$

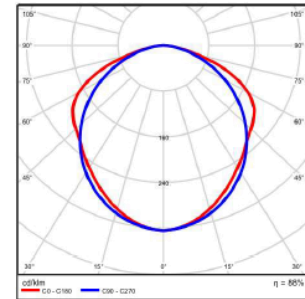
Dónde:

NL = número de luminarias

$\Phi_T$  = flujo luminoso total necesario en la zona o local  $\Phi_L$  = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo) n = número de lámparas que tiene la luminaria

Datos de la lámpara:

Grado de eficacia de funcionamiento: 88.29%  
Flujo luminoso de lámparas: 4260 lm  
Flujo luminoso de las luminarias: 3761 lm  
Potencia: 43.2 W  
Rendimiento lumínico: 87.1 lm/W  
Temperatura de color: 4200 K  
Índice de reproducción de color: 84



**Fig. 14.10** Descripción luminaria a utilizar

## 14.6 Gerencia:

DATOS:

Nivel de iluminación requerido: 500 LUX  
h total = 3 m.

a = 2.5 m.

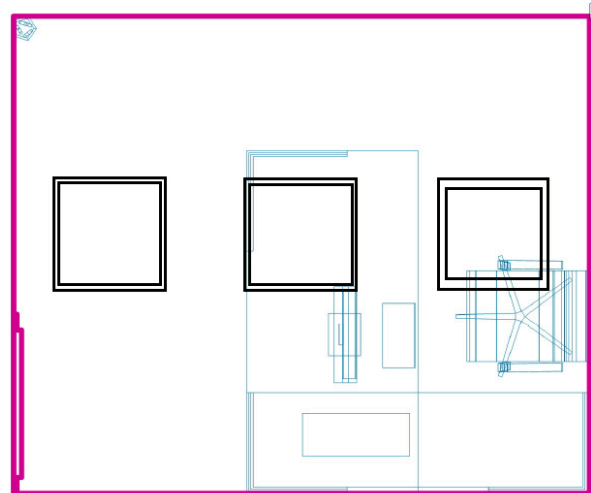
b = 4 m.  $C_m = 0.6$

$C_u = 0.54$

Flujo de la lámpara: 3761 lm Grado de reflexión:

Techo = 70%

Suelo = 75% Pared = 86 %



**Fig. 14.11** Croquis área gerencia

$$\Phi T = \frac{E_m S}{C_u C_m} = \frac{500 * 7.5}{0.6 * 0.54} = 11574.07$$

Dónde:

$E_m$  = nivel de iluminación medio (en LUX)

$\Phi T$  = flujo luminoso que un determinado local o zona necesita (en LÚMENES)

$S$  = superficie a iluminar (en m<sup>2</sup>).  $C_u$  = Coeficiente de utilización.

$C_m$  = Coeficiente de mantenimiento.

Cálculo del número de luminarias.

$$NL = \frac{\Phi_T}{n * \Phi_L} = \frac{11574.07}{1 * 3761} = 3.07 \text{ que es igual a 3 luminaria.}$$

Dónde:

NL = número de luminarias

$\Phi T$  = flujo luminoso total necesario en la zona o local

$\Phi_L$  = flujo luminoso de una lámpara (se toma del catálogo)

$n$  = número de lámparas que tiene la luminaria

Datos de la lámpara:

Grado de eficacia de funcionamiento: 88.29%

Flujo luminoso de lámparas: 4260 lm

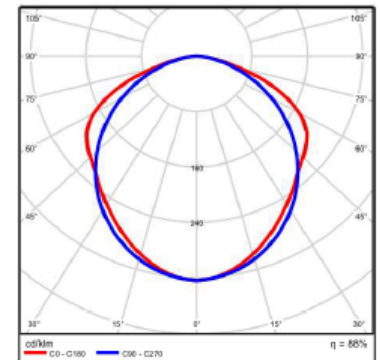
Flujo luminoso de las luminarias: 3761 lm

Potencia: 43.2 W

Rendimiento lumínico: 87.1 lm/W

Temperatura de color: 4200 K

Índice de reproducción de color: 84



**Fig. 14.12** Descripción luminaria a utilizar

## 15. CONCLUSIÓN

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.

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.

Se realizó la verificación eléctrica por parte de una Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas (UVIE) acreditada por la Secretaria de Energía, la cual verifico que la instalación eléctrica tanto de Baja y Media tensión cumplen con los lineamientos requeridos por la NOM-001-SEDE-2012 y entrega Dictamen de Verificación.

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 instaló en la estación de servicio cumple con las normas correspondientes que son la NOM-005-ASEA-2016 y con la NOM-001-SEDE-2012. 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 establezcan la tensión a tierra durante la operación normal.

En general el proyecto eléctrico se realizó de acuerdo a las Normas Oficiales Mexicanas, tomando en cuenta la normatividad de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), que tienen como objetivo principal salvaguardar la integridad de los usuarios, las personas que laboran en ella y a proteger los equipos instalados. Así como también cuidando el medio ambiente, pero brindando un servicio con calidad y excelencia.

## 16. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Harper, G. E. (1994). Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas: basada en las normas técnicas para instalaciones eléctricas (NOM-EM-001-SEMP-1993). Editorial Limusa. [1]

Utterman Pinto, M. A., Rosero Bohórquez, G. D., & Bravo Aguilar, M. S. (2009). Estudio del grado de riesgos y determinación de radio de peligro de áreas clasificadas peligrosas de instalaciones de equipos eléctricos en el campus petrolero ing. Gustavo Galindo Velasco-ancón (Bachelor's thesis). [2]

Rosero Bohorquez, G., Utterman Pinto, M., & Bravo Aguilar, M. (2010). Estudio del grado de riesgos y determinación de radio de peligro de áreas clasificadas peligrosas de instalaciones de equipos eléctricos en el campus petrolero ing. Gustavo Galindo Velasco ancon (Bachelor's thesis). [3]

Yáñez, V., & Matheus, P. (2012). Estudio técnico de las instalaciones eléctricas de baja tensión y evaluación de su clasificación como áreas riesgosas de acuerdo al artículo 500 del NEC en las torres de maltería y cocimiento en la empresa Cervecería Nacional, CN. SA (Bachelor's thesis). [4]

Bustillo López, J., & Yagloa Palate, E. (2005). Diagnóstico de seguridad en las instalaciones de servicio de combustible por muestreo del Distrito Metropolitano de Quito (Doctoral dissertation). [5]

Enríquez Domínguez, J. (2013). Análisis de áreas susceptibles a riesgos químicos por gaseras y gasolineras de ciudad Cuauhtémoc Chihuahua: Evaluación mediante técnicas de Sistemas de Información Geográfica. Licenciatura en Geoinformática. [6]

López Morales, A. C. (2012). Sistema de gestión orientado al mejoramiento de normas y políticas ambientales en las gasolineras. [7]

López Morales, A. C. (2012). Sistema de gestión orientado al mejoramiento de normas y políticas ambientales en las gasolineras del grupo empresarial Villacis Filiales de Petrocomercial (Bachelor's thesis). [8]

## 17. ANEXOS

### Anexos A.



*Fig. A1 Área de dispensario*





**Fig. A2** Medición de tierra  
electrodo de dispensario



**Fig. A3** Medición de tierra  
electrodo de almacenamiento de  
combustible o diésel

## Anexo B.

### NOTA:

En el disco se encuentran anexados los planos digitales.

E-01: Diagrama unifilar.

E-02: Cuadro de carga.

E-03: Áreas peligrosas.

E-04: Sistema de tierra.

E-05: Luminaria patios, techumbre, faldón y distintivo.

E-06: Fuerza y control.

E-07: Comunicación y monitoreo.

E-08: Instalación Eléctrico en oficina.

E-09: Rango de Protección pararrayo.

## Anexo C.

### **Norma oficial mexicana nom-005-asea-2016, diseño, construcción, operación y mantenimiento de estaciones de servicio para almacenamiento y expendio de diésel y gasolinas.**

La presente Norma Oficial Mexicana fue elaborada por el Comité Consultivo Nacional de Normalización en Materia de Seguridad Industrial, Operativa y Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos, con la colaboración de los siguientes organismos e instituciones:

- Agencia Nacional de Seguridad Industrial y de Protección al Medio Ambiente del Sector Hidrocarburos/Unidad de Normatividad y Regulación/Dirección General de Procesos Industriales, Transporte y Almacenamiento
- Secretaría de Energía/Subsecretaría de Hidrocarburos/Dirección General de Petrolíferos
- Procuraduría Federal del Consumidor/Subprocuraduría de Verificación/Dirección General de Verificación de Combustibles
- Asociación Mexicana de Proveedores de Estaciones de Servicio, A.C.
- Asociación Mexicana de Distribuidores de Gas Licuado y Empresas Conexas, A.C.
- Asociación de Distribuidores de Gas LP, A.C.
- Consorcio Gasolinerio G500
- Organización Nacional de Expendedores de Petróleo, A.C.
- Instituto Mexicano del Petróleo/Dirección de Servicios de Ingeniería
- Petróleos Mexicanos Transformación Industrial/Dirección Corporativa de Planeación, Coordinación y Desempeño

### **OBJETIVO**

El Objetivo de la presente Norma Oficial Mexicana es establecer las especificaciones, parámetros y requisitos técnicos de Seguridad Industrial, Seguridad Operativa, y Protección Ambiental que se deben cumplir en el diseño, construcción, operación y mantenimiento de Estaciones de Servicio para almacenamiento y expendio de diésel y gasolinas.

### **DEFINICIONES.**

Para una mejor comprensión y entendimiento de la presente Norma Oficial Mexicana, aplican las definiciones siguientes:

**Accesos, circulaciones y estacionamientos:** Áreas constituidas por rampas, guarniciones y banquetas, para la circulación vehicular, circulación de Auto-tanques y cajones de estacionamiento.

**Cisterna:** Instalación o contenedor de agua para uso en la Estación de Servicio.

**Contenedor de transición:** Recipiente hermético donde se realiza la interconexión de tubería subterránea a tubería superficial o las derivaciones de tuberías.

**Cuarto de sucios:** Instalación para almacenar residuos no peligrosos derivados de la operación y el mantenimiento de la Estación de Servicio.

**Defensas de atraque:** Son dispositivos amortiguadores que se utilizan para proteger los muelles y a las embarcaciones de los efectos por impacto durante las maniobras para el despacho de combustible, para reducir los daños y desgaste entre la embarcación y el muelle.

**Dispensario:** Barbarismo utilizado en los gremios de almacenadores y expendedores de gasolinas y diésel, para referirse al sistema automático para medición y despacho de gasolina y otros combustibles líquidos.

**Elementos de amarre:** Son dispositivos a los que se sujetan las embarcaciones por medio de cabos, cables o cadenas para atracarse o fondearse. Los elementos de amarre más comunes son las bitas, las cornamusas, las argollas y las anclas.

**Estación de Servicio:** Instalación para el almacenamiento, abastecimiento y expendio de gasolinas y/o diésel.

**Fosa Seca:** Aquella cuya profundidad no alcance el manto freático.

**Fosa Húmeda:** Aquella cuya profundidad alcance el manto freático.

**LFMN:** Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

**Mantenimiento preventivo:** Se refiere a la realización de actividades programadas para la limpieza, lubricación, ajuste y sustitución de piezas para mantener los equipos e instalaciones en óptimas condiciones de uso.

**Mantenimiento correctivo:** Se refiere a la realización de actividades no programadas para reparar o sustituir equipos o instalaciones dañadas o que no funcionan, para operar en condiciones seguras las Estaciones de Servicio.

**Módulos de despacho o abastecimiento de combustible:** Elemento junto al cual el vehículo o embarcación se abastecen de combustible a través de un dispensario.

**Módulo Satélite:** Dispositivo de despacho auxiliar para abastecer de combustibles a los vehículos con tanques en ambos lados.

**Muelles para instalaciones marinas:** Son estructuras destinadas para abastecer de combustible a embarcaciones turísticas o pesqueras.

**Norma:** Norma Oficial Mexicana NOM-005-ASEA-2016, Diseño, construcción, operación y mantenimiento de Estaciones de Servicio para almacenamiento y expendio de diésel y gasolinas.

**Personal competente:** Personal capacitado y entrenado en los procedimientos operativos, de mantenimiento y de seguridad para el arranque, la operación y el mantenimiento de la Estación de Servicio.

**Pozo de condensados:** Punto de recolección que consta de un tanque de captación de condensados o trampa de líquidos que permite el libre flujo de vapores de regreso al tanque de almacenamiento.

**Programa de mantenimiento:** Actividades o tareas de mantenimiento asociadas a los elementos constructivos (edificaciones), equipos e instalaciones, con indicaciones sobre las acciones, plazos y recambios a realizar.

**Responsable de la Estación de Servicio:** La persona física o moral que lleva a cabo la actividad de operación y administración.

**Sistema de Recuperación de Vapores (SRV):** Conjunto de accesorios, tuberías, conexiones y equipos diseñados para controlar, recuperar, almacenar y/o procesar las emisiones de vapores a la atmósfera, producidos en las operaciones de transferencia de gasolinas en:

- a. Fase 0, de la terminal de almacenamiento al Auto-tanque.

- b. Fase I, del Auto-tanque al tanque de almacenamiento de la Estación de Servicio.
- c. Fase II, del tanque de almacenamiento de la Estación de Servicio al tanque del vehículo automotor.

**Vehículo ligero:** Transporte con peso bruto vehicular hasta de 3,856 Kg.

**Vehículo pesado:** Transporte con peso bruto vehicular mayor a 3,856 Kg.

## DISEÑO

El diseño de obras civiles comprende las etapas de Proyecto arquitectónico y Proyecto básico.

Previo a la construcción de la Estación de Servicio, el Regulado debe contar con un Análisis de Riesgos elaborado por una persona moral con reconocimiento nacional o internacional, de conformidad con la regulación que emita la Agencia.

Para la elaboración de Planos remitirse al ANEXO 3.

No se diseñarán e instalarán Estaciones de Servicio debajo de puentes vehiculares.

### **Etapas 1. Proyecto arquitectónico.**

Previo a la elaboración del proyecto arquitectónico, el Director Responsable de Obra debe contar con el estudio de mecánica de suelos, de topografía, de vientos dominantes y en el caso de Estación de Servicio Marina también estudio de batimetría, información de movimiento de mareas (proporcionado por el Servicio Mareográfico Nacional, dependiente del Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México) y de corrientes, para desarrollar la obra civil.

El proyecto arquitectónico debe tener la firma del responsable del proyecto (profesionista de cualquier área de ingeniería de construcción o arquitectura). Además de lo anterior, debe tener la firma del Director Responsable de Obra, con los respectivos datos de la cédula profesional y acreditación como perito por parte de las autoridades competentes y fechas de otorgamiento y vigencia respectivas.

### **Mecánica de suelos.**

El estudio de mecánica de suelos debe incluir como mínimo, lo siguiente:

- a. La capacidad de carga del suelo a la profundidad de desplante de las estructuras.
- b. La estratigrafía del subsuelo con clasificación de SUCS (Sistema Único de Clasificación de Suelos), salvo cuando haya rellenos.
- c. Cálculo para la estabilidad de taludes para excavaciones proyectadas en obra.
- d. Determinación de los bulbos de presión de las cargas procedentes de las construcciones colindantes a los tanques y obras o edificaciones del proyecto, de acuerdo al tipo y tamaño de construcciones colindantes.
- e. Sondeos con un mínimo de 10 m para la determinación del nivel de manto freático.
- f. Conclusiones y recomendaciones para el alojamiento de los tanques de almacenamiento.

Determinar la sismicidad del predio estudiado. Podrá utilizarse como referencia el Manual de diseño de obras civiles de la Comisión Federal de Electricidad.

Dependiendo de la zona donde se pretenda construir la Estación de Servicio se realizará la determinación de estructuras geológicas tales como fallas, fracturas, subsidencia, fenómenos de tubificación, oquedades o fenómenos de disolución y licuación.

## Proyecto arquitectónico.

El Proyecto arquitectónico debe contener lo siguiente:

- a. Elementos estructurales y memorias de cálculo.
- b. Poligonal del predio o de la zona federal marítima, terrestre, fluvial o lacustre, indicar el sentido de las vialidades, accesos, carreteras o caminos colindantes.
- c. Plantas arquitectónicas y azoteas (según diseño) de oficinas, casetas.
- d. Zona de despacho y proyección de techumbre, cuando aplique, indicar dispensarios y productos asignados, así como el número de mangueras por dispensario, número de posición de carga y número de Módulo de despacho o abastecimiento de combustible.
- e. Interruptores de emergencia en zona de despacho, fachada, interior de oficinas y zona de almacenamiento.
- f. Delimitación de áreas verdes.
- g. Niveles de piso terminado.
- h. Área de tanques, indicar su capacidad y producto.
- i. Pozos de observación (en la fosa de tanques subterráneos).
- j. Pozos de monitoreo en los límites del predio, cuando sea requerido según lo indicado en el numeral 6.3.4 inciso b) de esta Norma.
- k. Sistema contra incendios, extintores.
- l. Gabinetes en islas de diésel (planta y elevación).
- m. Rejillas, registros de drenaje de aguas aceitosas, trampa de combustibles y trampa de grasa (opcional), indicar el volumen útil de éstas; las trampas de grasa deben ser obligatorias cuando se cuente con auto lavado.
- n. Cuarto de sucios.
- o. Almacén de residuos peligrosos.
- p. Cuarto de máquinas y/o cuarto de tablero eléctrico.
- q. Croquis de localización, indicar el sentido de las vialidades internas, accesos, carreteras, calles o caminos colindantes.
- r. Cisterna (indicar su capacidad y dimensiones: largo, ancho y profundidad).
- s. Localización de venteos.
- t. Tipo de pavimentos.
- u. Banquetas con anchos y rampas de acceso.
- v. Indicación de vialidad interna del usuario y del Auto-tanque.
- w. Las Estaciones de Servicio que se construyen al margen de carreteras requieren diseñar y habilitar carriles para facilitar el acceso y salida segura.
- x. Posición de descarga del Auto-tanque.
- y. Pisos de circulación.
- z. Fachadas.
- aa. Cortes.
- bb. Cuadro de simbología.
- cc. Cuadro de áreas y porcentajes.
- dd. Acotaciones.
- ee. Muelles para instalaciones marinas.
- ff. Señales y avisos.

## Etapa 2. Proyecto básico.

El proyecto básico debe tener la firma del responsable del proyecto (profesionista de cualquier área de ingeniería de construcción o arquitectura). Además de lo anterior, debe tener la firma del Director Responsable de Obra, con los respectivos datos de la cédula profesional y acreditación como perito por parte de las autoridades competentes y fechas de otorgamiento y vigencia respectivas.

En el proyecto básico, además de incluir lo señalado en el numeral 5.1 Proyecto arquitectónico, se debe incluir lo siguiente:

### Planos de instalaciones mecánicas.

Los planos de planta de conjunto y plano isométrico deben contener la información siguiente:

- a. Marcar la distribución de líneas de producto, recuperación de vapores y venteos, con la indicación de sus diámetros, pendientes y el tipo de material de las tuberías, señalar cada uno de los tipos de combustibles; se especificará la presión de operación máxima a que estarán sometidas las tuberías de proceso y con base en ella deben ser probadas.
- b. Instalación del Sistema de Recuperación de Vapores (SRV) el cual debe cumplir la regulación en materia de protección ambiental emitida por la Agencia.
- c. Especificaciones técnicas de cada tanque (tipo, material, dimensiones, capacidad, conexiones, producto almacenado)
- d. Tipo y características (materiales y presión de operación máxima) de dispensarios.
- e. Indicar válvulas, accesorios y conexiones de seguridad, detalle de contenedores en dispensarios y bombas sumergibles, sistemas de detección de fugas, sistemas contra incendios, válvulas de paro de emergencia (shut-off valve), válvulas de presión vacío en venteos de gasolina, válvulas de venteo para combustible diésel, pozos de observación, pozos de monitoreo, pozos de condensados y válvulas de emergencia.
- f. Indicar cortes de trincheras.
- g. Especificar el sistema electrónico de detección, alarma y mitigación por fugas en dispensarios, contenedores de dispensarios y bombas sumergibles, espacio anular de tanques de almacenamiento y, en su caso, pozos de observación y monitoreo.

### Instalaciones hidráulicas.

Planta de conjunto y plano isométrico.

- a. Marcar la distribución de las líneas de agua, su diámetro, sus válvulas, sus conexiones, tipo de tubería y lista de materiales.
- b. Especificar la presión de operación máxima a que estarán sometidas las tuberías de agua y con base en ella será probada.
- c. Señalar capacidad de la Cisterna y ubicación de sus equipos.
- d. Diagrama de la instalación incluyendo conexiones y tomas de las redes, indicar válvulas de no retorno (check valve) para prevenir contra flujos.

## **Drenajes.**

Planta de conjunto con la distribución de la red de drenajes pluviales y aceitosos. Es opcional especificar el drenaje de aguas residuales.

- a. Señalar su diámetro y pendientes de tuberías y su descarga a la red municipal, incluyendo los detalles en planta y corte de registros y rejillas.
- b. Cuando no exista red municipal indicar pozo de absorción, o en su caso el sistema de desecho de aguas a utilizar.
- c. Se indicarán por separado los registros que capten aguas aceitosas.
- d. En el caso de sistemas de drenaje para aguas aceitosas, indicar planta, cortes y detalles de trampa de combustibles.
- e. Señalar sistemas para el aprovechamiento y reúso de aguas residuales, en su caso.
- f. Señalar cuadro de simbología hidráulica y lista de materiales.

## **Instalaciones eléctricas.**

Planta de conjunto y planos eléctricos adicionales que se requieran. El Regulado debe evidenciar que cuenta con el dictamen donde demuestre que la Estación de Servicio fue verificada por una Unidad de Verificación de Instalaciones Eléctricas (UVIE) acreditada y aprobada en términos de la LFMN.

- a. Indicar la acometida, el centro de control eléctrico y radios de áreas peligrosas.
- b. Indicar diagrama unifilar.
- c. Señalar el o los cuadros de cargas.
- d. Indicar detalles del tablero de control.
- e. Indicar distribución eléctrica de corriente alterna (CA), y cuando exista, indicar la corriente directa (CD).
- f. Indicar control eléctrico de los sistemas de medición y del sistema electrónico de detección y alarma por fugas, señalar el equipo a prueba de explosión necesario para cada caso. Indicar tanto cédula de tuberías como sellos eléctricos tipo "EYS" o similar, de acuerdo a la clasificación de áreas peligrosas del grupo D, clase I, divisiones 1 o 2.
- g. Señalar sistema de alumbrado, controles de iluminación y anuncios.
- h. Señalar sistema de comunicación en línea, u otro medio de transmisión, de tanques de almacenamiento y dispensarios a través de la consola o la unidad central de control.
- i. Señalar sistema de tierras y paros de emergencia.
- j. Indicar suministro de fuerza a equipo con activador eléctrico.
- k. Señalar interruptores manuales o de fotocelda.
- l. Indicar instalaciones especiales de acuerdo a las necesidades de la Estación de Servicio (aire acondicionado, sistema de purgado y presión positiva, teléfono, sonido, sistemas inteligentes, Circuito Cerrado de Televisión/CCTV, periféricos electrónicos intrínsecamente seguros, entre otros).
- m. Indicar cuadro de simbología eléctrica.



## **CONSTRUCCIÓN**

El Regulado debe observar las disposiciones del ANEXO 4 (incisos 1 y 2) y las siguientes:

**Áreas, delimitaciones y restricciones.**

**Desarrollo del proyecto básico.**

**Diseño y construcción de sistemas de almacenamiento.**

**Sistemas de conducción.**

**Áreas peligrosas.**

**Clasificación de áreas peligrosas.**

Las áreas peligrosas se clasifican como áreas de la clase I, grupo D, divisiones 1 y 2, respetando la clasificación indicada en la NOM-001-SEDE-2012 o el Código NFPA 70, o Código o Norma que las modifique o sustituya.

**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, deben ser consideradas dentro de la clase 1, grupo D, división 1.

Cuando las fosas o depresiones no se localicen dentro de las áreas de la clase 1, 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 (Clase 1, división 1 y 2), todo el interior de la construcción quedará 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; o bien se separe por paredes o diques, que cumpla con lo señalado en el Código NFPA 30A y el Código NFPA 70, o Códigos que las modifiquen o sustituyan.

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.

**Instalaciones eléctricas.**

**Señales y avisos.**

## **OPERACIÓN**

**Disposiciones Operativas.**

**Disposiciones de Seguridad.**

## MANTENIMIENTO

Para un adecuado mantenimiento el Regulado debe cumplir las disposiciones del ANEXO 4 (inciso 3).

La Estación de Servicio debe contar con un programa de mantenimiento para conservar en condiciones óptimas de seguridad y operación los elementos constructivos, equipos e instalaciones. El regulado debe desarrollar su(s) procedimiento(s) de mantenimiento de conformidad con lo establecido en la presente Norma.

El mantenimiento debe ser de carácter preventivo y correctivo, a efecto de identificar y corregir situaciones que pudieran generar riesgos e interrupciones repentinas en la operación de equipos e instalaciones, así como para reparar o sustituir equipos o instalaciones que estén dañadas o que no funcionan. Se debe elaborar un programa mensual de detección de fugas y derrames tomando como base la información del sistema de control de inventarios para detectar situaciones de riesgo en la Seguridad Operativa y la protección al ambiente.

El programa de mantenimiento debe elaborarse conforme lo prevean los manuales de mantenimiento de cada equipo, o en su caso, conforme a las indicaciones de los fabricantes, proveedores de materiales y constructores.

En este programa se debe establecer la periodicidad de las actividades que se llevarán a cabo en un año calendario.

### **Aplicación del programa de mantenimiento.**

El programa de mantenimiento debe aplicarse a todos los elementos y sistemas de la Estación de Servicio indicados en esta Norma.

### **Procedimientos en el programa de mantenimiento.**

El programa de mantenimiento de los sistemas debe contar con los procedimientos enfocados a:

- a. Verificar el funcionamiento seguro de los equipos relacionados con la operación;
- b. Asegurar que los materiales y refacciones que se usan en los equipos cumplen con las especificaciones requeridas;
- c. Testificar que se lleven a cabo las revisiones y pruebas periódicas a los equipos;
- d. Realizar el mantenimiento con base en las recomendaciones del fabricante y el procedimiento de la empresa;
- e. Revisar el cumplimiento de las acciones correctivas resultantes del mantenimiento;
- f. Revisar los equipos nuevos y de reemplazo, para el cumplimiento con los requerimientos de diseño donde estarán instalados, y
- g. Definir los criterios o límites de aceptación; la frecuencia de las revisiones y pruebas, conforme a las recomendaciones del fabricante; las buenas prácticas de ingeniería; los requerimientos regulatorios y las políticas del Regulado, entre otros.

Por seguridad y para evitar riesgos, las actividades de mantenimiento deben ser realizadas cumpliendo las medidas de seguridad descritas en el punto 8.4 de esta Norma, y se utilizarán herramientas, equipos de seguridad y refacciones que garanticen los trabajos de mantenimiento.

Todo trabajo de mantenimiento debe quedar documentado en la(s) bitácora(s) y registrado en los expedientes correspondientes.

### **Bitácora.**

Para efectos de control y verificación de las actividades de mantenimiento la Estación de Servicio debe contar con uno o varios libros de bitácoras foliadas, para el registro de lo siguiente: mantenimiento preventivo y correctivo de edificaciones, elementos constructivos, equipos, sistemas e instalaciones de la Estación de Servicio, pruebas de hermeticidad, incidentes e inspecciones de mantenimiento, entre otros.

- a. La(s) bitácora(s) no debe(n) contener tachaduras y en caso de requerirse alguna corrección, ésta será a través de un nuevo registro, sin eliminar ni tachar el registro previo.
- b. La(s) bitácora(s) estará(n) disponible(s) en todo momento en la Estación de Servicio y en un lugar de fácil acceso tanto para el responsable de dicha estación como para los trabajadores autorizados.
- c. La(s) bitácora(s) debe(n) contener como mínimo, lo siguiente: nombre de la Estación de Servicio, domicilio, nombre del equipo y firmas de los trabajadores autorizados, firma autógrafa del o los trabajadores que realizaron el registro de actividades, así como la fecha y hora del registro.

Se permite el uso de aplicaciones (software) de base(s) de datos electrónica(s) para dar el seguimiento a las labores que deben ser registradas en la(s) bitácora(s), éstas deben permitir la rastreabilidad de las actividades y los registros requeridos de operación y/o mantenimiento, tales como actividades ejecutadas por personal competente o interacción con personal competente externo en la actividad, informes externos, evidencias objetivas (reportes de servicio, fotografías, manejo de residuos, manifiestos de disposición de residuos, entre otros). Se deben de incluir todos los registros de concepto requeridos a lo largo de esta Norma.

### **Previsiones para realizar el mantenimiento a equipo e instalaciones.**

Preparativos para realizar actividades de mantenimiento.

Medidas de seguridad para realizar trabajos "en caliente" o que generen fuentes de ignición.

Medidas de seguridad para realizar trabajos en áreas cercanas a líneas eléctricas de media y alta tensión.

Medidas de seguridad en caso de derrames de combustibles.

Mantenimiento a Tanques de almacenamiento.

Pruebas de hermeticidad.

Drenado de agua.

Trabajos en el tanque.

Consideraciones de seguridad, para trabajos en espacios confinados.

Monitoreo al interior en espacios confinados.

Limpieza interior de tanques.

Requisitos previos para limpieza interior de tanques.

Requisitos de la atmósfera para trabajos en el interior del tanque.

Retiro temporal de operación de tanques de almacenamiento.

Requisitos del programa de trabajo de limpieza.

Retiro definitivo de tanques de almacenamiento.  
Accesorios de los tanques de almacenamiento.  
Motobombas y bombas de transferencia.  
Válvulas de prevención de sobrellenado.  
Equipo del sistema de control de inventarios.  
Protección catódica.  
Limpieza de contenedores de derrames de boquillas de llenado  
Registros y tapas en boquillas de tanques.  
Conectores rápidos y codos de descarga de mangueras de llenado y de recuperación de vapores.  
Tuberías de producto y accesorios de conexión  
Pruebas de hermeticidad  
Registros y tapas para el cambio de dirección de tuberías.  
Conectores flexibles de tubería en contenedores.  
Válvulas de corte rápido (shut-off).  
Válvulas de venteo o presión vacío.  
Arrestador de flama.  
Juntas de expansión (mangueras metálicas flexibles).  
Sistemas de drenaje.  
Registros y tubería.  
Dispensarios.

### **Filtros.**

Sustituir los filtros cuando se encuentren saturados.

### **Mangueras para el despacho de combustible y recuperación de vapores.**

Comprobar que las mangueras y sus uniones no presenten daños, o cuarteaduras que permitan fuga de producto o vapores.

### **Válvulas de corte rápido (break-away).**

Las válvulas deben funcionar de acuerdo con las recomendaciones y especificaciones del fabricante.

### **Pistolas para el despacho de combustibles.**

Las pistolas de despacho no deben presentar fuga por la boquilla al suspender el despacho de combustible.

### **Sistema de recuperación de vapores fase II.**

Debe cumplir con las recomendaciones y especificaciones del fabricante y con la regulación que emita la Agencia.

### **Anclaje a basamento.**

Revisar el sistema de anclaje y los elementos de sujeción constatando que no esté suelto el dispensario.

### **Zona de despacho.**

### **Elementos Protectores de módulos de despacho o abastecimiento.**

El mantenimiento consistirá en reparar o sustituir los elementos dañados o golpeados.

#### **Cuarto de máquinas.**

##### **Equipo hidroneumático.**

Donde aplique, se debe constatar que el equipo funcione conforme a las recomendaciones y especificaciones del fabricante.

##### **Planta de emergencia de energía eléctrica y en su caso colectores que aprovechen energías renovables.**

En su caso, el mantenimiento de la planta de emergencia se hará conforme a las especificaciones del fabricante. En el caso de colectores solares, si aplica, se hará conforme a las recomendaciones del fabricante.

##### **Extintores.**

El mantenimiento de extintores se sujetará al programa de mantenimiento y a las buenas prácticas de seguridad de la Estación de Servicio.

##### **Instalación eléctrica.**

##### **Canalizaciones eléctricas.**

Para el mantenimiento de las instalaciones eléctricas se realizará el corte en el suministro de energía eléctrica del circuito donde se llevarán a cabo los trabajos para la protección del trabajador que realice los trabajos de mantenimiento.

El mantenimiento de las instalaciones eléctricas debe ser realizado por lo menos cada seis meses y se debe:

Revisar que los accesorios eléctricos (interruptores; contactos, cajas de conexiones, sellos eléctricos, tableros, etc.) tengan su correspondiente tapa y contratapa de protección firmemente colocada.

Revisar el funcionamiento de interruptores de circuitos de fuerza e iluminación desde los tableros. Corregir en caso de falla.

##### **Sistemas de tierras y pararrayos.**

La revisión de los sistemas de tierras y pararrayos se debe realizar en apego al programa de mantenimiento.

##### **Otros equipos, accesorios e instalaciones.**

##### **Detección electrónica de fugas (sensores).**

- a. Comprobar que el sensor funcione de acuerdo a las recomendaciones y especificaciones del fabricante.
- b. Comprobar que las alimentaciones eléctricas son las adecuadas de acuerdo al diseño de la ingeniería y sean acordes a la clasificación de áreas.
- c. Comprobar que funcionan las alarmas audibles y/o visibles.

##### **Contenedores de dispensarios, bombas sumergibles y de accesorios.**

Se revisarán por lo menos cada 30 días para verificar que no estén dañados y sean herméticos.

##### **Paros de emergencia.**

- a. Comprobar que el paro de emergencia esté operable, que se encuentre firmemente sujeto en el lugar donde está instalado y que el pulsador o botón tipo hongo no esté flojo o roto.
- b. Comprobar que, al activar los interruptores de emergencia, se corte el suministro de energía eléctrica a todos los circuitos de fuerza.

c. Comprobar que a falla eléctrica del sistema de Paro de Emergencia sus elementos se vayan a posición segura.

#### **Pozos de observación y monitoreo.**

a. Comprobar que el sello que se localiza alrededor del tubo, en la parte superior del pozo sea hermético y no presente filtraciones.

b. Comprobar que la parte superior metálica del registro esté sellada con cemento pulido y materiales epóxicos para evitar la infiltración de agua o líquido.

#### **Bombas de agua.**

Las bombas de agua para servicio o diversas instalaciones deben funcionar conforme a las especificaciones del fabricante. Cuando aplique, las bombas de Agua del sistema contra incendio deben funcionar conforme a las especificaciones del fabricante y lo establecido en el Código NFPA 20, o Código o Norma que lo modifique o sustituya.

#### **Tinacos y cisternas.**

a. Los tinacos y cisternas se deben mantener limpios y no presentar fugas.

b. Comprobar el funcionamiento de las válvulas conforme a las especificaciones del fabricante.

#### **Sistemas de ventilación de presión positiva.**

Comprobar que el sistema de ventilación de presión positiva funciona conforme a las especificaciones del fabricante.

#### **Señalamientos verticales y marcaje horizontal en pavimentos.**

Se debe comprobar por lo menos cada 4 meses que las señales y avisos verticales y el marcaje horizontal estén visibles y completos.

#### **Pavimentos.**

Comprobar que no existan fracturas o fisuras en pisos de zonas de carga y descarga y en su caso, que exista el material sellador en las juntas de expansión.

Comprobar que no existan baches en zonas de circulación, los cuales deben ser reparados.

#### **Edificaciones.**

##### **Edificios.**

a. Reparar las áreas dañadas, aplicar recubrimientos para acabados específicos e impermeabilizar azoteas, así como limpieza en general.

b. Comprobar que las canaletas y bajadas del agua pluvial no se encuentren obstruidas o dañadas.

##### **Casetas.**

a. En su caso, se debe aplicar recubrimientos a interiores y exteriores en función de las necesidades del lugar.

b. En su caso, comprobar continuamente que los elementos metálicos no presenten oxidación y asegurar el funcionamiento de puertas y ventanas incluyendo cerraduras y herrajes.

##### **Muelles flotantes.**

a. Mantener limpias todas las áreas del muelle.

b. Reparar daños causados por fenómenos naturales, impactos de embarcaciones, cortos circuitos, derrames de combustibles, uso inadecuado de herramientas o materiales sobre los módulos y partes de los muelles.

c. Comprobar que los elementos de amarre y defensas de atraque no estén dañados y se encuentren fijos al muelle.

### **Áreas verdes.**

a. Podar plantas y árboles para que no obstruyan cables, canaletas, ni presionen sobre techos o muros, ni sean un peligro para la zona de seguridad.

b. De manera cotidiana se debe dar atención a jardineras, limpieza en general, remoción de tierra, plantas, flores secas y riego con agua.

### **Limpieza.**

Los productos que se utilicen para las tareas de limpieza de Hidrocarburos, deben ser biodegradables, los desechos serán enviados a los drenajes aceitosos que conducen a la trampa de combustible, para su posterior disposición como material contaminado.

El desarrollo y frecuencia de estas actividades se divide como se indica a continuación:

a. Actividades que se deben realizar diariamente:

1. Limpieza general en áreas comunes, paredes, bardas, herrería en general, puertas, ventanas y señales y avisos. Lavar con agua y productos biodegradables para la remoción o emulsión de grasas. Lavar con agua y productos biodegradables pisos de zonas de despacho y la zona próxima a la bocatoma de llenado de tanques.

2. Limpieza de dispensarios por el exterior, mangueras y pistolas de despacho.

b. Actividades que se deben de realizar cada 30 días:

1. Limpieza de registros y rejillas. Retirar rejillas y lavar con agua y productos biodegradables.

2. Realizar revisión y hacer limpieza de trampas de combustibles y de grasas, cuando se requiera lavar con agua y productos biodegradables y recolectar los residuos flotantes y lodos en depósitos de cierre hermético.

c. Actividades que se deben de realizar cada 90 días:

Limpieza de drenajes. Desazolvar drenajes.

Las actividades de limpieza deben ser ejecutadas con personal interno o externo, competente y ser registrado en bitácora.

### **Procedimientos.**

Para Diseño y construcción se debe evaluar el cumplimiento de lo contenido en los numerales 5 y 6 de acuerdo a las necesidades del proyecto.

Para operación, mantenimiento y cambios se debe evaluar el cumplimiento de lo contenido en los numerales 7 y 8:

### **Sistema de tierras y pararrayos.**

Corresponde a la Unidad de Verificación acreditada, y aprobada por la Agencia, verificar el cumplimiento de conformidad de los estudios realizados para la instalación del sistema de tierras y pararrayos.

### **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.

El sistema de control, los circuitos y la instalación eléctrica deben ser inspeccionados, verificados 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.

### **Pruebas de hermeticidad.**

Verificación documental del resultado de las pruebas de hermeticidad inicial y anual con sistema móvil y las mensuales con sistema fijo, según corresponda.

### **Tuberías para combustibles.**

Las características y materiales empleados deben cumplir con los requisitos establecidos en el Código NFPA 30 o Código o Norma que lo modifique o sustituya y contar con certificación UL-971.

### **Tuberías de agua.**

Verificación documental del resultado de las pruebas de hermeticidad solicitada en el numeral 6.4.6 inciso b.

### **Dispensarios.**

El Regulado debe evidenciar el cumplimiento en el programa de mantenimiento las pruebas de funcionalidad y operatividad de los dispensarios.

### **Verificación y prueba de dispensarios.**

Previo al inicio de operaciones y de conformidad a lo establecido en el programa de mantenimiento se verificará la instalación del dispensario de acuerdo a lo siguiente:

- a. Que el dispensario se encuentre correctamente anclado al basamento del módulo de despacho y que la sección de fractura de la válvula shut-off se ubique al nivel correcto.
- b. Que las tuberías y sus conexiones, así como las válvulas de corte rápido en contenedores de dispensarios y mangueras de combustibles, se encuentren correctamente instaladas y calibradas.



- c. Que al presurizar las líneas de combustibles no existan fugas en conexiones y mangueras.
- d. Que no tengan aire las líneas y mangueras de combustibles.
- e. Que al activar el paro de emergencia o al accionar la válvula shut-off de la tubería de combustible del dispensario, deje de fluir combustible al dispensario.
- f. Que al transferir combustible a un recipiente aprobado se apegue a las especificaciones del fabricante y a los requerimientos de la Normatividad correspondiente.
- g. Que al trasvasar combustible hacia un recipiente a través de la pistola de despacho y accionar manualmente el pasador de la válvula de seguridad, se cierre la compuerta de la misma y cese el paso de combustible hacia el recipiente.
- h. Que las válvulas shut-off funcionen de acuerdo a las especificaciones del fabricante.

#### **Válvulas de corte rápido shut-off.**

El mantenimiento consiste en verificar lo siguiente:

La sección de ruptura de la válvula se encontrará a  $\pm 12.7$  mm del nivel de piso terminado y las compuertas deben funcionar correctamente, para que en caso de emergencia no se derrame producto de la manguera de despacho y de la tubería que va de la bomba sumergible al dispensario.

Antes de modificar la posición de la válvula o la reparación de la misma debe cumplirse con lo establecido en el punto 8.4 Previsiones para realizar el mantenimiento a equipo e instalaciones.

#### **Válvulas de venteo o presión vacío.**

El mantenimiento debe contemplar que las válvulas abran y cierren, sin obstrucción alguna y para el caso de válvulas de presión/vacío se debe verificar que estén calibradas de acuerdo a las especificaciones de operación y recomendaciones del fabricante.

#### **Arrestador de flama.**

Cuando se utilice este elemento se debe verificar que esté correctamente instalado y que cuente con el elemento (malla metálica) que impide la propagación de fuego hacia el interior de la tubería de venteo. En caso de existir daño, fractura o ruptura de algún elemento que compone el arrestador de flama se debe reemplazar por uno

en buen estado, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento y la integridad operativa.

### **Juntas de expansión (mangueras metálicas flexibles).**

Las juntas de expansión normalmente no son visibles, por lo que deben ser verificadas de acuerdo a los resultados de las pruebas de hermeticidad aplicadas a las tuberías. En caso de existir daño, fractura o ruptura de algún elemento que compone las juntas de expansión (mangueras metálicas flexibles) se debe reemplazar por una en buen estado, con el fin de asegurar el correcto funcionamiento y la integridad operativa.

### **SRV.**

El Regulado debe evidenciar de forma documental el cumplimiento de la regulación que emita la Agencia.

### **Presencia de agua en tanques.**

Para identificar la presencia de agua en el interior del tanque, se debe tomar la lectura del indicador del nivel de agua en la consola del equipo del sistema de control de inventarios; en caso de ser necesario, se introducirá al interior del tanque una regleta con pasta o cinta indicadora sensible al contacto con el agua.

### **Equipo del sistema de control de inventarios.**

Situarse en la consola del equipo del sistema de control de inventarios y solicite un reporte impreso del producto almacenado de cada uno de los tanques de almacenamiento de la Estación de Servicio.

Verificar que el reporte identifique correctamente el tanque de almacenamiento y que indique el nivel del producto y el contenido de agua (el sistema debe medir ambos niveles).

### **Aspectos técnicos que debe verificar la Unidad de Verificación acreditada, y aprobada por la Agencia.**

La Unidad de Verificación acreditada, y aprobada por la Agencia debe realizar la evaluación de la conformidad observando el siguiente orden: a) Información documental; y b) Verificación en campo. En cada una de estas etapas, la Unidad de Verificación acreditada, y aprobada por la Agencia debe verificar que el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento de la Estación de Servicio, observen lo dispuesto por la presente Norma.

