



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Revisión de la Instalación
Eléctrica de RADIOUNAM bajo
normas aplicables. Y propuestas
para su cumplimiento

TESIS

Que para obtener el título de
Ingeniero Eléctrico Electrónico

PRESENTA

Andrés Gómez Huerta

DIRECTOR DE TESIS

M.I. Iván Urzúa Rosas



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	4
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	4
OBJETIVOS.....	5
INTRODUCCIÓN	7
CAPITULO I. Sistema Empleado en el Proyecto RADIOUNAM.....	9
1.1. Método empleado en la realización del Levantamiento Eléctrico.	10
1.2. Método del Puente de Wenner.	10
1.3. Método para el Cálculo de Corriente de Corto Circuito.....	11
1.4. Método para el Cálculo de Caída de Tensión.	12
1.5. Método para el Cálculo de Conductor por Ampacidad.	13
1.6. Método para el Cálculo de la Malla del Sistema de Tierras.	13
CAPITULO II. Descripción de las Instalaciones Eléctricas de RADIOUNAM.....	15
2. Censo de Equipo Eléctrico encontrado en RADIOUNAM.....	15
2.1. Equipo Eléctrico en planta baja.....	15
2.2. Equipo eléctrico en primer nivel.....	18
2.3. Equipo eléctrico en segundo nivel.....	20
2.4. Equipo eléctrico en Auditorio.....	23
2.5. Equipo eléctrico en la azotea.....	24
CAPITULO III. Verificación de las instalaciones eléctricas referenciadas a la NOM-001-SEDE-2012 (Instalaciones Eléctricas), y la NOM-022-STPS-2008 (Electricidad Estática en los centros de Trabajo-Condiciones de Seguridad) de RADIOUNAM.....	25
3. Importancia del análisis normativo de la dependencia RADIOUNAM.....	25
3.1. Análisis normativo de la Subestación Eléctrica.	25
3.2. Análisis normativo de la Acometida.	32
3.3. Cuadro de Análisis Normativo de la dependencia RADIOUNAM.....	34
3.4. Sistema de Pararrayos.....	38
3.4.1. Medición de la Resistencia del Sistema de Tierras del Pararrayos.	38
3.4.2. Análisis Normativo del Pararrayos.....	39
CAPITULO IV. Análisis de las corrientes de corto circuito y realización del cálculo de la malla del sistema de tierras con base a lo establecido en la IEEE STD 80-2000.	41

4. Utilización del análisis de corto circuito en una malla de un sistema de tierras.	41
4.1. Que es un corto circuito, tipos de corto circuito, efectos que produce un corto circuito.....	41
4.2. Diagrama de Impedancias.	42
4.3. Análisis de Corto Circuito y Selección de Protecciones.	43
4.4. ¿Qué es la resistividad del terreno?, rangos de resistividad.	45
4.5. Obtención de la Resistividad del Terreno.....	45
4.6. ¿Qué es el Sistema de Tierra?, funciones principales del Sistema de Tierras.....	46
4.7. Diseño y Análisis de la Malla de Tierras.	48
CAPITULO V. Propuestas para establecer mejoras en la instalación eléctrica en RADIOUNAM. 50	
5. Importancia de hacer un uso normativo en la instalación eléctrica para la dependencia RADIOUNAM.....	50
5.1. Subestación.....	50
5.2. Cuadro de resultados en base a norma de la dependencia RADIOUNAM.	51
5.3. Pararrayos.....	53
5.4. Evaluación de cambio de Tarifa “03” a “O-M”.	53
CAPITULO VI. Conclusiones.	56
Glosario	57
Referencias Bibliográficas.....	59
Anexo del Capítulo I	61
Anexo del Capítulo III.....	74
Anexo del Capítulo IV.....	83
Anexo del Capítulo V	89
ANEXO A. Artículos utilizados de la NOM-001-SEDE-2012 y NOM-022-STPS-2008.....	97
ANEXO D. Diagrama Unifilar.	99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tableros Derivados con Tensión Emergente, Planta Baja RADIOUNAM. _____	16
Tabla 2. Planta Baja, Alumbrado. _____	17
Tabla 3. Planta Baja, Contactos y Fuerza. _____	18
Tabla 4. Tableros Derivados con Tensión Emergente, Primer Nivel RADIOUNAM. _____	18
Tabla 5. Primer Nivel, Alumbrado. _____	19
Tabla 6. Primer Nivel, Contactos y Fuerza. _____	20
Tabla 7. Tableros Derivados con Tensión Emergente, Segundo Nivel RADIOUNAM _____	21
Tabla 8. Segundo Nivel, Alumbrado. _____	21
Tabla 9. Segundo Nivel, Contactos y Fuerza. _____	22
Tabla 10. Auditorio, Alumbrado. _____	23
Tabla 11. Auditorio, Contactos y Fuerza _____	24
Tabla 12. Protecciones de los Conductores Alimentadores de Tableros de Distribución. _____	32
Tabla 13. Análisis Normativo de Tableros Derivados _____	34
Tabla 14. Desbalance de Tableros. _____	36
Tabla 15. Protecciones de los Conductores Alimentadores de Tableros Derivados. _____	37
Tabla 16. Cálculo de Corriente de Corto Circuito. _____	43
Tabla 17. Resistividad de Suelo. _____	45
Tabla 18. Datos Para Diseño de Malla de Tierras. _____	48
Tabla 19. Potenciales de Paso y Contacto. _____	48
Tabla 20. Potenciales Tolerables del Cuerpo Humano. _____	48
Tabla 21. Anomalías Identificadas en RADIOUNAM. _____	51
Tabla 22. Medición de las Deltas del Pararrayos. _____	53

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Trazador AMPROBE T-100. Fuente: http://www.amprobe.com/amprobe/usen/wire-tracers-underground-cable-and-cable-locators/wire-tracers/amp-ct-100.htm?pid=73196 . _____	10
Ilustración 2. Método de conexión de los Cuatro Electrodo s o Método de Wenner. Fuente: (NMX-J-549-ANCE-2005, 2005). _____	11
Ilustración 3. Diagrama Unifilar. _____	16
Ilustración 4. Artículo 924-6 y 450.43. _____	26
Ilustración 5. Artículo 450.46. _____	26
Ilustración 6. Artículo 924-8. _____	26
Ilustración 7. Artículo 924-6. _____	27
Ilustración 8. Artículo 300-5. _____	27
Ilustración 9. Artículo 300-5. _____	28
Ilustración 10. Artículo 450-48. y 924-4. _____	28
Ilustración 11. Artículo 450-48. y 924-4. _____	29
Ilustración 12. Artículo 924-5. _____	29
Ilustración 13. Artículo 924-3. _____	30
Ilustración 14. Artículo 924-3. _____	30
Ilustración 15. Artículo 450-23 y 923-7. _____	31
Ilustración 16. Artículo 450-23 y 923-7. _____	31
Ilustración 17. Art 408-17 y Art 110-27. _____	33
Ilustración 18. Art 110-27. _____	33
Ilustración 19. Art 230-8, 230-50 y Art 230-62. _____	34

OBJETIVOS

Objetivo Principal

Este proyecto se realizó con la finalidad de evaluar la instalación eléctrica del edificio de RADIOUNAM y para detectar irregularidades en la misma de acuerdo a las (NOM-001-SEDE-2012, 2012) (Instalaciones Eléctricas).

Objetivos Particulares:

- Actualización de planos arquitectónicos, alumbrado, contactos y fuerza; ya que no se cuenta con ellos de forma digital y actualizada.
- Revisar el estado de la subestación; en la que se encuentra instalada la planta de emergencia y los dos tableros de distribución; se está dejando sin funcionar un transformador tipo pedestal ubicado en la misma y calcular la malla del sistema de tierras de la subestación de acuerdo con la norma (IEEE STD 80-2000, 2000) (IEE Guía de seguridad de puesta a tierra en una subestación AC). Se busca que al instalar el transformador allá un ahorro en el costo de la energía.
- Analizar si los pararrayos cubren la superficie total del edificio, también constatar si protegen a las antenas de transmisión, así como al mismo edificio de descargas eléctricas de acuerdo a norma.

Limitantes:

- Para la realización del levantamiento eléctrico no se obtuvo libre acceso a ciertos lugares, a los que sólo se podía acceder por tiempo limitado; por ejemplo, en las cabinas de grabación y transmisión.
- La instalación eléctrica del auditorio es de difícil acceso, debido a la altura y no se tenía información de lámparas y proyectores.
- Para el elevador no se tuvo acceso al motor, ya que pertenece a una empresa independiente al instituto, por lo que se tomó la corriente del tablero que se alimenta.

Alcances

- El levantamiento eléctrico se realizó desde la acometida hasta los contactos y lámparas de la dependencia RADIOUNAM.
- Aunque se analizará la instalación hasta las lámparas no se puede permitir la abertura de todas y principalmente las de tecnología T8 y T5 por lo que se tomaron datos de las permitidas para abrir, para todas.
- El proyecto se realizó para verificar la instalación eléctrica conforme a la norma, y para analizar la instalación de un transformador tipo pedestal, el cual se recibió en donación, que ya se encuentra en la subestación, asimismo se presenta el cálculo de la malla de tierras para la protección de la subestación eléctrica.

INTRODUCCIÓN

La realización de este proyecto se llevó a cabo en RADIOUNAM, desde cual se transmite tanto en el 860AM (Amplitud Modulada) como en el 96.1FM (Frecuencia Modulada), la



cual se encuentra ubicada en Adolfo Prieto No. 133, Colonia del Valle, México D.F. Delegación Benito Juárez, C.P. 03100.

Esta radio difusora fue inaugurada el lunes 14 de junio de 1937, cuando la Universidad Nacional Autónoma de México decidió inaugurar su propia estación de radio operada por los propios universitarios, inaugurando así, la radio cultural para la sociedad mexicana.

El ingeniero Ignacio Díaz, especialista en electrónica y nieto de Porfirio Díaz, montó la estación en el estudio de la calle de Justo Sierra 16 en dos cuartos del primer piso. Uno de ellos servía básicamente para bodega y oficinas generales; en el otro se ubicaba la parte medular de la estación en cuanto a aparatos y estaba subdividido por una estructura más pequeña en tres zonas: una de ellas era la cabina de control, otra la cabina de locución y el resto un estudio pequeño donde ejecutaban sus intervenciones los pequeños conjuntos musicales invitados.

La planta difusora se estableció en la antigua escuela de Ciencias Químicas, en Popotla, sobre unos tejados de lámina, rodeada de una arboleda espesa, lo cual hacía que la estación" tuviera dificultades en la captación. Además, "la antena era un alambre que colgaba de un edificio a otro.

El 11 de octubre de 1976, el rector Guillermo Soberón, inaugura las nuevas instalaciones ubicadas en Adolfo Prieto #133, Col. del Valle en las que se tienen oficinas administrativas, locales especiales para fonoteca y discoteca, cuatro estudios de grabación y el sistema de transmisión en frecuencia modulada estereofónica con 50,000 watts de potencia radiada aparente. Asimismo, la estación cuenta, para eventos y servicios culturales, con un auditorio y una audioteca abiertos al público.¹

De acuerdo con lo anterior, la instalación eléctrica de la estación ya tiene 40 años y, si se agrega que la carga ha aumentado, se concluye que se requiere una revisión profunda y una actualización para su debido funcionamiento

Como ya se mencionó en la subestación se encuentra un transformador tipo pedestal de 225 (kVA) con una relación: 23-0.22/0.127 kV.

El cual no se ha instalado; por lo que es importante este proyecto para ponerlo en funcionamiento, lo cual provocaría un ahorro en el costo de la energía eléctrica.

Es muy importante este proyecto ya que se ayudará a una institución de la UNAM en la mejora de su instalación eléctrica con base en las normas y proponer soluciones a las irregularidades encontradas.

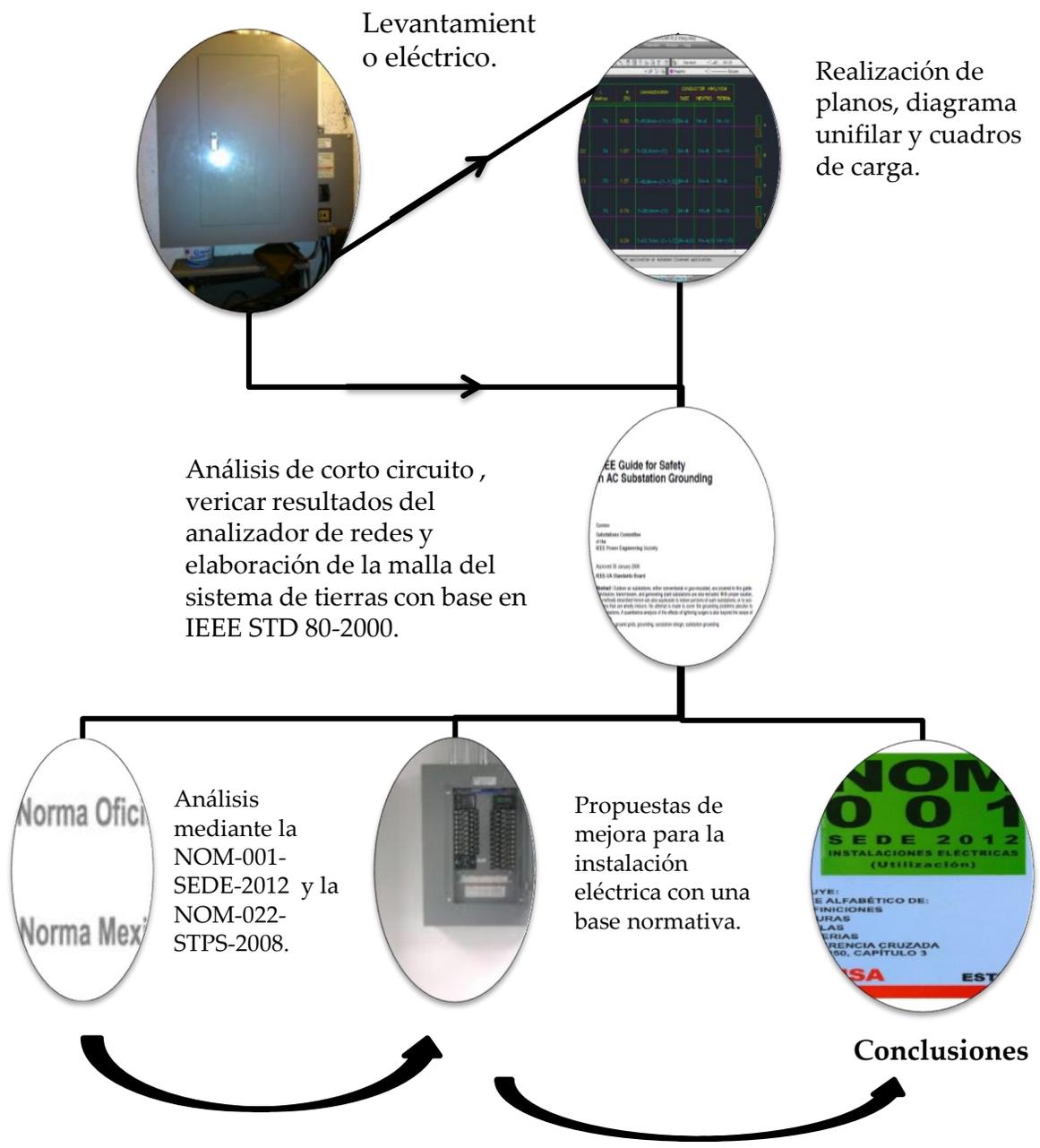
Algo importante de especificar es que las NOM-001-SEDE-2012 así como las otras normas utilizadas para el desarrollo de este proyecto no son retroactivas, se utilizan principalmente para obtener una mayor seguridad tanto del personal como de los usuarios que utilizan las instalaciones, más no por recobrar ganancias a un futuro posterior.

¹Tomado de:

http://www.radiounam.unam.mx/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=87&Itemid=469

CAPITULO I. Sistema Empleado en el Proyecto RADIOUNAM.

Para la elaboración de este proyecto es necesario obtener



1.1. Método empleado en la realización del Levantamiento Eléctrico.

El levantamiento eléctrico de la instalación de RADIOUNAM, se llevó a cabo por medio de un trazador de corriente (AMPROBE), el cual nos permitió identificar la ubicación de los circuitos y contactos así como el área de fuerza, ya que los planos existentes no están actualizados y no se encuentran de manera digital, por lo que se elaboraron desde los arquitectónicos.

Para utilizar el trazador de corriente, se verifica si la carga a la cual se conecta se encuentra dentro del rango de operación del equipo (127[V], 220[V] o más). Los componentes de dicho trazador son:

- Emisor: Transmite señales de alta frecuencia por medio de la red eléctrica.
- Receptor: Identifica el circuito o el lugar de procedencia de la carga eléctrica.

Por medio de un selector de sensibilidad, se monitorea la señal en el conductor eléctrico o en el interruptor termomagnético.²



Ilustración 1. Trazador AMPROBE T-100. Fuente: <http://www.amprobe.com/amprobe/usen/wire-tracers-underground-cable-and-cable-locators/wire-tracers/amp-ct-100.htm?pid=73196>.

1.2. Método del Puente de Wenner.

Para el cálculo de la red de tierra es necesario medir la resistividad del terreno, para lo cual se utiliza un puente de Wenner.

El método empleado fue desarrollado en 1915, por el Dr. Frank Wenner del *U.S. Bureau of Standards*.

² Datos del Trazador se ubican en Anexo de Capítulo I.

El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia (I) a través de la tierra entre los electrodos exteriores $C1$ y $C2$, este flujo de corriente produce una variación de potencial en el suelo, mientras que la diferencia de potencial (V) se mide entre los electrodos internos $P1$ y $P2$. Los 4 electrodos están enterrados en línea recta y a una distancia uniforme entre ellos como se muestra en la Ilustración 1. La relación entre la diferencia de potencial (V) y la corriente de inyección (I) es conocida como la resistencia aparente (R).³

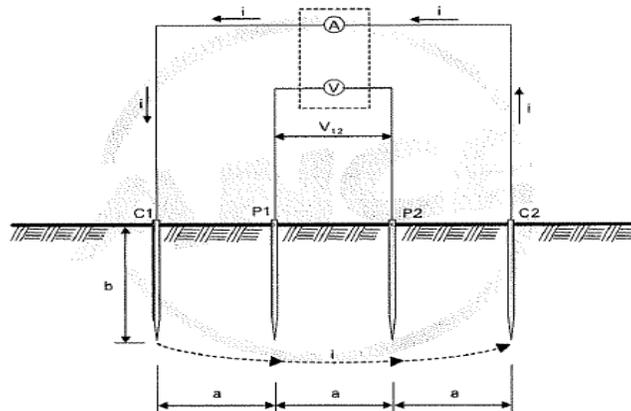


Ilustración 2. Método de conexión de los Cuatro Electrodos o Método de Wenner. Fuente: (NMX-J-549-ANCE-2005, 2005).

1.3. Método para el Cálculo de Corriente de Corto Circuito.

El cálculo de las corrientes de cortocircuito es importante para poder proteger las instalaciones de forma correcta; con el valor de la corriente máxima se determina la corriente de corte de los interruptores y con la mínima se obtienen las curvas de disparo de los mismos.

Existen diferentes métodos para el cálculo de las corrientes de corto circuito, por su simplicidad y validez tomaremos el “Método de las Impedancias” que nos permite calcular las corrientes en cualquier punto de una instalación con una precisión aceptable.

Método de las Impedancias

Este método consiste en sumar separadamente “independientemente” las diferentes resistencias y reactancias que se encuentran involucradas en la falla.

³ Procedimiento completo se ubica en Anexo del Capítulo I.

La corriente de corto circuito se obtiene mediante la Ley de Ohm. Para poder aplicar este método es necesario conocer todas las características de los elementos que intervienen en la falla (fuentes y conductores).⁴

1.4. Método para el Cálculo de Caída de Tensión.

En el cálculo del calibre del cable hay que considerar que el conductor tenga suficiente diámetro para transportar la corriente necesaria, que la temperatura no dañe el aislamiento y que la “caída de tensión” esté dentro del rango apropiado, porque cuando el diámetro del conductor es muy delgado tendrá mayor resistencia eléctrica aumentando las pérdidas de energía incrementando la temperatura y deteriorando el aislamiento. Además cuando la caída de tensión en la línea es mayor a la permitida se afecta la operación y se dañan los equipos, un efecto es que se pueden quemar frecuentemente las tarjetas electrónicas.

En el proyecto para evaluar la caída de tensión en el sistema se usó la ecuación siguiente:

$$e\% = \frac{4LI}{V_N S}$$

Ecuación 1. Caída de Tensión Monofásico.

$$e\% = \frac{4LI}{V_F S}$$

Ecuación 2. Caída de Tensión Bifásico.

$$e\% = \frac{2\sqrt{3}LI}{V_F S}$$

Ecuación 3. Caída de Tensión Trifásico.

En dónde:

- $e\%$ Caída de tensión en porcentaje.
- L Longitud en metros [m].
- I Corriente nominal [A].
- V_F Tensión de fase a fase [V].
- V_N Tensión de fase a neutro [V].
- S_{cu} Área sin aislamiento del conductor [mm²].

⁴ Procedimiento completo Anexo del Capítulo I

1.5. Método para el Cálculo de Conductor por Ampacidad.

Es importante saber que con el cálculo por ampacidad, se puede establecer la corriente que el conductor puede soportar a temperaturas normales o, a diferentes valores de temperatura, dependiendo de la cantidad de conductores por fase que vayan juntos.

Para el cálculo por ampacidad se utilizó la siguiente ecuación:

$$I_c = (f.a.)(f.t.)(I_{tc})(\#cond)$$

Ecuación 4. Ecuación por Ampacidad.

I_c Corriente de conductor permisible por ampacidad [A].

f.a. Factor de Ajuste.

f.t. Factor de Temperatura.

I_{tc} Corriente total de los conductores [A].

#cond Números de conductores por fase.

Cada uno de los factores que contribuyen en la ecuación es importante:

“f.a.”, se basa en la sección 310-15(b) (3) (a)⁵, con respecto al número de conductores portadores en la canalización.

“f.t.”, es la temperatura a la cual el conductor va a estar expuesto, debido a que estamos en el DF no se afecta este valor, para verificar tomar la TABLA 310-16⁶.

1.6. Método para el Cálculo de la Malla del Sistema de Tierras.

En toda instalación eléctrica se requiere un sistema de tierras, ya sea desde una simple varilla o hasta una malla de tierras, esto depende del tamaño de la instalación eléctrica, los elementos que la compongan y las propiedades del suelo.

Su principal objetivo es proveer un medio seguro para el personal que interactúa con equipos energizados o sistemas eléctricos, anulando la posibilidad de una descarga eléctrica a través del cuerpo humano, esto bajo condiciones de una falla.

⁵ Encontrada en Anexo A.

⁶ Encontrada en Anexo A.

Existen más funciones del sistema de tierras pero principalmente es el de guardar la integridad física del personal y drenar las corrientes de falla a tierra. En este análisis se optó por una malla de tierras ya que el “sistema de malla” limita los potenciales que se generan al ocurrir una falla, además proporciona valores bajos de resistencia a tierra para el sistema eléctrico.

El método que emplearemos se consultó en las normas oficiales NFR-011-CFE-2004, IEEE-80-2000.⁷

⁷ *Procedimiento completo Anexo del Capítulo I*

CAPITULO II. Descripción de las Instalaciones Eléctricas de RADIOUNAM.

2. Censo de Equipo Eléctrico encontrado en RADIOUNAM.

Para el censo del equipo eléctrico fue necesario realizar el levantamiento eléctrico de la dependencia, el cual, además permitió actualizar la ubicación de tableros eléctricos de distribución y derivados, lámparas, contactos, fuerza y el diagrama unifilar de la subestación eléctrica.

El desarrollo del levantamiento tuvo dificultades en algunas áreas de trabajo debido a la afluencia de gente. Cada sección del edificio fue visitada para poder realizar este registro de la mejor manera posible y procurando en lo posible no ocasionar molestias al personal de RADIOUNAM.

2.1. Equipo Eléctrico en planta baja.

En la planta baja se encuentra ubicada la subestación eléctrica que es alimentada por la Acometida que se encuentra situada a la entrada de la dependencia en el cuarto eléctrico de la recepción, se alimenta por un conductor por fase de (400KCM) y un neutro de las mismas dimensiones; a una tensión de 220 (V) de manera subterránea con un interruptor en caja moldeada de 3X500 (A), de allí es mandado a un interruptor en caja moldeada de 3X1000 (A) con 9 hilos de 2/0 (AWG) para las fases y 3 hilos de 2/0 (AWG) para el neutro.⁸

Después son mandados al tablero de transferencia, colocado en la subestación, el cual no se encuentra en funcionamiento. La planta de emergencia respalda a todo el edificio.

La Subestación eléctrica cuenta con dos tableros principales uno de tensión emergente "TGE1" que se alimenta por 6 hilos de 250 (KCM) en las fases y 2 hilos de 250 (KCM) para el neutro, que alimenta al de tensión normal por 3 hilos del 4/0 (AWG) en las fases y uno para el neutro del mismo calibre llamado "TGE2", pero debido a que la subestación es respaldada por la planta de emergencia toda la instalación eléctrica se encuentra en tensión emergente. En la ilustración 3 podemos apreciar el diagrama unifilar general.

⁸ Diagrama Unifilar, Anexo D

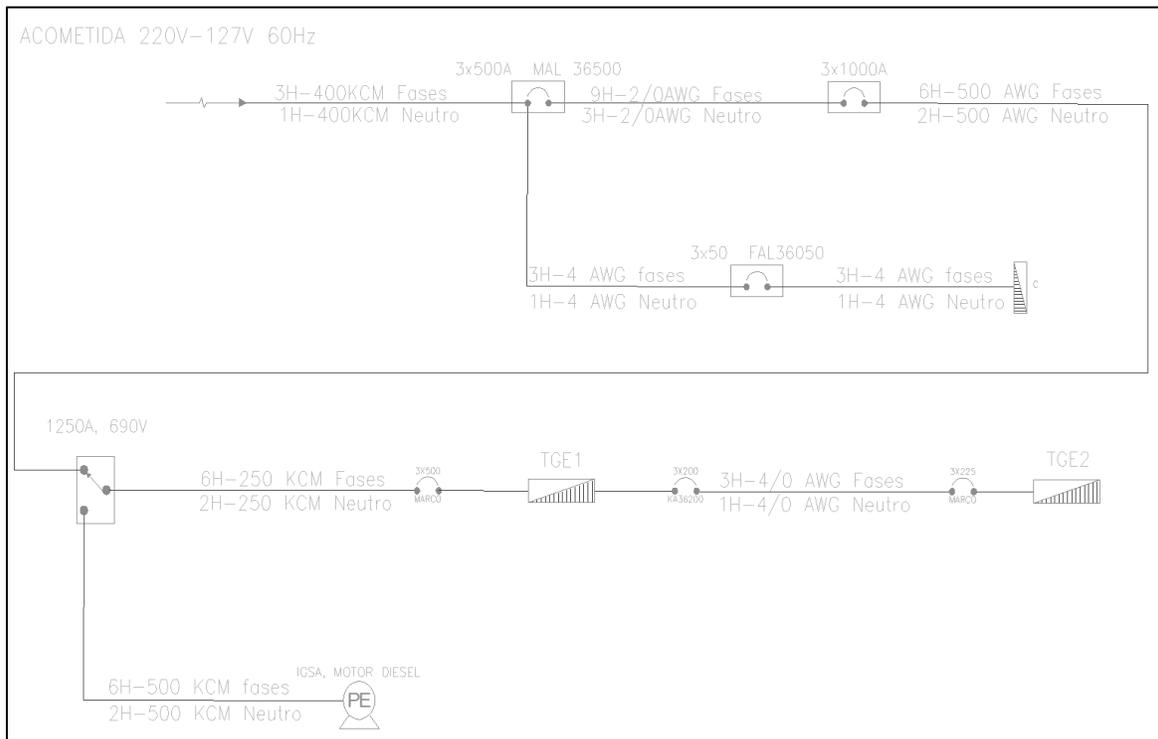


Ilustración 3. Diagrama Unifilar.

TABLEROS

De la cometida se alimenta el Tablero C por 4 conductores del 4 (AWG) 3 para las fases y el neutro, este tablero es el único que no se deriva de la planta de emergencia. El Tablero C se encuentra ubicado en la cafetería.

En la Tabla 1, se muestran las características de los tableros de planta baja de la dependencia.

Tabla 1. Tableros Derivados con Tensión Emergente, Planta Baja RADIOUNAM.

No.	TABLERO O CENTRO DE CARGA	TIPO	UBICACIÓN	PLANO DONDE SE ENCUENTRA
1	A	NQOD424M100CU	CUARTO ELÉCTRICO RECEPCIÓN	IEA-PB O IEC-PB
2	B	NQOD412N100CUMX	OFICINA FONOTECA	IBIDEM
3	C	NQOD424M100CU	CAFETERÍA	
4	HE	NQO430L1C	BAÑO HOMBRES (MEZZANINE)	

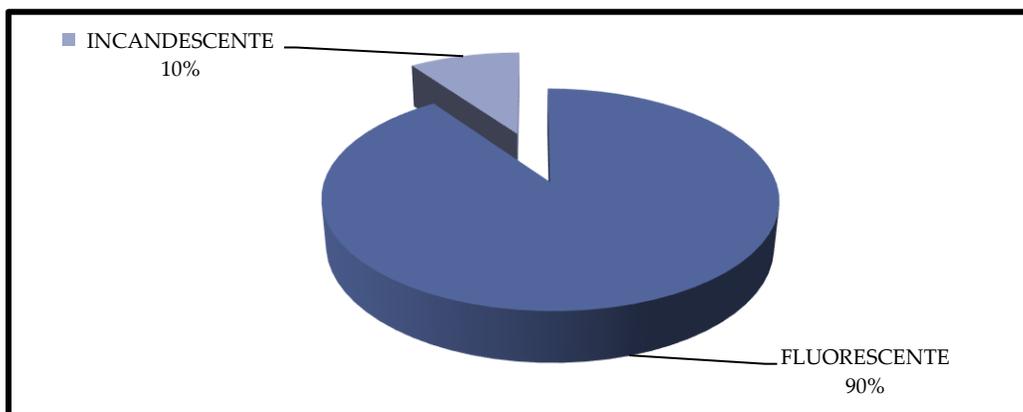
Los tableros derivados se alimentan con una tensión de 220/127 [V].

En la Tabla 2, se muestra la carga eléctrica de iluminación de la planta baja, teniendo los diferentes tipos de lámparas que se encuentran instaladas. Dónde predominan las lámparas ahorradoras, como la tubular con tecnología T8 y las fluorescentes compactas de 26, 23, 13 [W], aunque también se encuentran incandescentes y dicroicas.

Tabla 2. Planta Baja, Alumbrado.

CARGA [W]	POTENCIA [VA]	CANTIDAD	TOTAL [VA]	%
T8 2X32	71.11	58	4,124.38	41.33
T8 1X32	35.56	3	106.68	1.07
LFC 2X13	52	2	104	1.04
LFC 1X26	52	41	2,132	21.36
LFC 1X23	46	2	92	0.92
LFC 2X26	104	15	1,560	15.63
Lámpara Inc. 1X60	60	1	60	0.60
Lámpara Inc. 1X100	100	4	400	4.01
Riel de Dicroicas 2X50	100	2	200	2.01
Riel de Dicroicas 3X50	150	1	150	1.50
Riel de Dicroicas 4X50	200	4	800	8.02
Riel de Dicroicas 5X50	250	1	250	2.51
TOTAL			9,979.06	100

Como se puede ver en la Gráfica 1, en la planta baja predominan las lámparas ahorradoras fluorescentes.



Gráfica 1. Porcentaje de Lámparas, Planta Baja.

En la tabla 3, se indica la carga de los contactos monofásicos y un bifásico encontrados en planta baja, como también la carga de “fuerza”.

Tabla 3. Planta Baja, Contactos y Fuerza.

CARGA	POTENCIA [VA]	CANTIDAD	TOTAL [VA]	%
Contactos monofásicos	200	47	9,400	51.13
Contactos bifásicos	500	1	500	2.72
Bomba centrífuga para cisterna	1,240.7	1	1,240.70	6.75
Regadera eléctrica	1,000	1	1,000	5.44
Extractor de campana	2,750	1	2,750	14.96
Extractor monofásico	190.5	2	381	2.07
Secador de manos	1,555.56	2	3,111.12	16.93
TOTAL			18,382.82	100

2.2. Equipo eléctrico en primer nivel.

En el primer nivel se encuentran ubicados tableros derivados y centros de carga, todos son de emergencia, debido a que la dependencia se respalda por la planta de emergencia ubicada en la subestación eléctrica.

En la Tabla 4, se indican los tableros del primer nivel 8 tableros derivados (D, EE, KE, A', B', Q, R, T) y 3 centros de carga (X, Y, Z). El primer nivel se comparte con el auditorio de planta baja, oficinas, cabinas del auditorio, cuarto de voz y datos, sala de electrónica, cabinas de grabación.

Tabla 4. Tableros Derivados con Tensión Emergente, Primer Nivel RADIOUNAM.

No.	TABLERO O CENTRO DE CARGA	TIPO	UBICACIÓN	PLANO DONDE SE ENCUENTRA
5	D	NQOD424M100CUMX	A UN COSTADO DEL ELEVADOR	IEA-P1 O IEC-P2
6	EE	NQOD424M100CUMX	CUARTO DE VOZ Y DATOS	IBIDEM
7	KE	NQOD424M100CUMX	A UN COSTADO DEL ELEVADOR	
8	A'	NQ430L1C	AFUERA DE LAS CABINAS DEL AUDITORIO	
9	B'	NQOD424M100CUMX	AFUERA DE LAS CABINAS DEL AUDITORIO	
10	Q	NQODKA	CUARTO DE VOZ Y DATOS	
11	R	NQOD424M100CUMX	PASILLO SALIENDO DE CABINAS	

12	T	NQOD412L100CUMX	SALA DE ELECTRONICA
13	X	QO6-12L100S	CABINAS DE GRABACIÓN
14	Y	QO6-12L100S	CABINAS DE GRABACIÓN
15	Z	QO6-12L100S	CABINAS DE GRABACIÓN

Los tableros se alimentan con una tensión de 220 V / 127 [V].

Cada uno de los tableros derivados alimenta tanto a lámparas como a contactos o fuerza, lo cual representa una mala planeación de la instalación eléctrica, ya que esto conduce a desbalances⁹ que pueden llegar a ser altos.

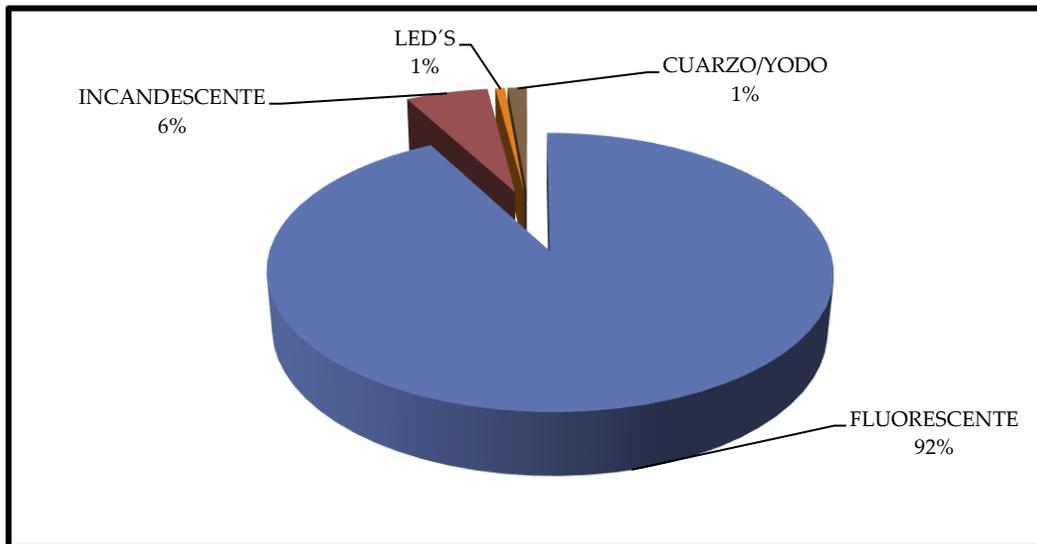
A continuación se muestra en la Tabla 5, la carga eléctrica instalada de luminaria, en la cual predominan las lámparas ahorradoras, como las tubulares T8 y algunas T5, así como también las compactas de 13, 23, 28 [W], también se encuentran Incandescentes, de cuarzo/yodo y LEDS en minoría.

Tabla 5. Primer Nivel, Alumbrado.

CARGA [W]	POTENCIA [VA]	CANTIDAD	TOTAL [VA]	%
T8 2X32	71.11	172	12,230.92	67.01
LFC 2X13	52	23	1,196	6.55
LFC 1X28	31.11	3	93.33	0.51
T5 3X14	46.67	8	373.36	2.04
LFC 1X23	46	65	2,990	16.38
Lámpara Inc. 1X75	75	2	150	0.82
Lámpara Inc. 1X50	50	12	600	3.29
Lámpara Cuarzo/Yodo 1X50	50	4	200	1.1
Tiras de LED'S	150	2	300	1.64
Lámpara INC. 2X20	40	3	120	0.66
TOTAL			18,253.61	100

Como se muestra en la Gráfica 2, las lámparas ahorradoras fluorescentes, son las que predominan en Primer Nivel.

⁹ Ubicados en el Capítulo III



Gráfica 2. Porcentaje de Lámparas, Primer Nivel.

En la Tabla 6, se cuantifica la carga de contactos monofásicos y 4 bifásicos, junto con ellos se encuentra la carga instalada de “Fuerza” que principalmente son condensadoras, una evaporadora y un proyector.

Tabla 6. Primer Nivel, Contactos y Fuerza.

CARGA	POTENCIA [VA]	CANTIDAD	TOTAL [VA]	%
Contactos monofásicos	200	144	28,800	58.62
Contactos bifásicos	500	9	4,500	9.16
Proyector	366.67	1	366.67	0.75
Unidad evaporadora	187.5	1	187.50	0.38
Unidades condensadoras	15,277.78	4	15,277.78	31.09
TOTAL			49,131.95	100

2.3. Equipo eléctrico en segundo nivel.

En el segundo nivel se encuentran ubicados 5 tableros derivados de uno de los cuales, el F, se saca la alimentación del elevador. Debido a que el edificio es alimentado por la planta de emergencia todo está distribuido en tensión emergente.

En la Tabla 7, se indican los 5 tableros del segundo nivel, el Tablero GE alimenta al Tablero S ubicado en las cabinas de transmisión AM y FM.

Tabla 7. Tableros Derivados con Tensión Emergente, Segundo Nivel RADIOUNAM

No.	TABLERO O CENTRO DE CARGA	TIPO	UBICACIÓN	PLANO DONDE SE ENCUENTRA
16	F	NQOD424M100CUMX	A UN COSTADO DEL ELEVADOR	IEA-P2 O IEC-P2
17	GE	NQOD424M100CUMX	A UN COSTADO DE CABINAS AM Y FM	IBIDEM
18	AA	QOC16UF	CUARTO DE COMPUTO	
19	S	QOC16US	CABINAS DE TRANSMISIÓN	
20	VD1	QOC16US, QOD4S, QO8-16L100S	CUARTO DE COMPUTO	

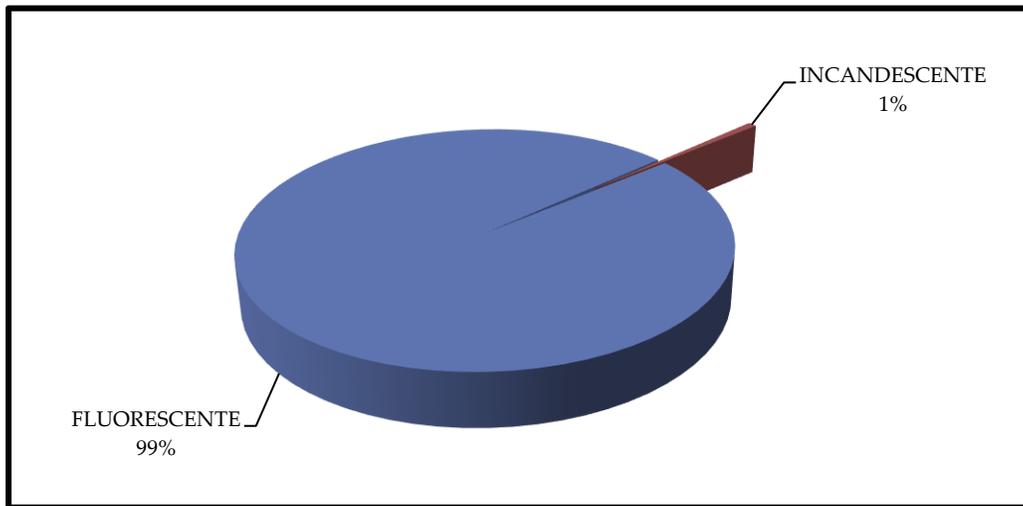
Los tableros se alimentan con una tensión de 220 V / 127 [V].

En el segundo nivel como en los otros niveles predominan las lámparas ahorradoras, pero principalmente la tubular con tecnología T8, aunque en este nivel también hay fluorescentes compactas de 13 y 23 [W] como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Segundo Nivel, Alumbrado.

CARGA [W]	POTENCIA [VA]	CANTIDAD	TOTAL [VA]	%
T8 2X32	71.11	94	6,684.34	71.71
LFC 2X13	52	20	1,040	11.16
LFC 1X13	26	3	78	0.83
T8 1X59	65.56	2	131.12	1.41
LFC 1X23	46	28	1,288	13.82
Lámpara Inc. 1X100	100	1	100	1.07
TOTAL			9,321.46	100

Como se muestra en la Gráfica 3, las lámparas ahorradoras fluorescentes, son las que predominan en el Segundo Nivel.



Gráfica 3. Porcentaje de Lámparas, Segundo Nivel.

En el segundo nivel, también se alimenta un centro de carga de un tablero derivado KE de los circuitos (11 y 13) llamado “VD1”, el cual es un conjunto de centros de carga que son los que alimentan al UPS y a los RACKS¹⁰.

En Tabla 9, se indica la carga de contactos y fuerza del segundo nivel. Es importante mencionar que el Tablero AA, no tiene consumo de energía debido a que la unidad condensadora está desconectada.

Tabla 9. Segundo Nivel, Contactos y Fuerza.

CARGA	POTENCIA [VA]	CANTIDAD	TOTAL [VA]	% VA
Contactos monofásicos	200	59	11,800	50.40
Contactos bifásicos	500	1	500	2.14
Calentador de agua	2000	1	2,000	8.54
Centros de carga “VD1”	2,178	1	2,178	9.30
Elevador	6,935	1	6,935	29.62
TOTAL			23,413	100

Para la carga del elevador se midió la corriente en el tablero derivado “F”, que es de donde se alimenta, ya que no se tuvo acceso al motor.

¹⁰ Se encuentra ubicado en diagrama unifilar del Anexo D.

2.4. Equipo eléctrico en Auditorio.

En el auditorio de RADIOUNAM solo se encuentra ubicado un tablero en el interior del mismo, ya que los demás tableros derivados que manejan parte del auditorio como cabinas y otras áreas, se encuentran ubicados en la parte exterior del mismo.

El tablero derivado perteneciente al auditorio es el tablero "EV" ubicado en la planta baja atrás del escenario: Tipo: NQ418L1C.

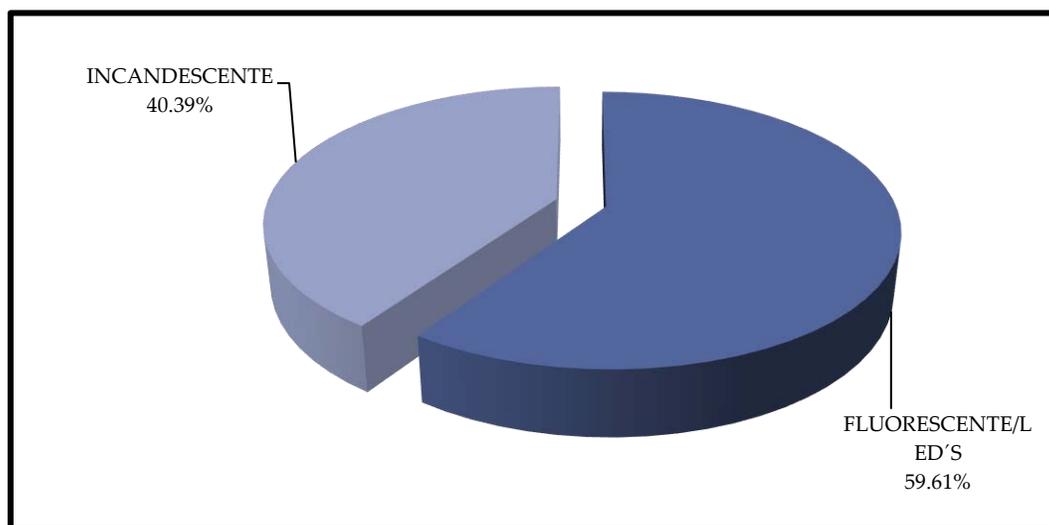
Plano dónde se ubica: IEA-AU o IEC-AU.

En la tabla 10 se indica la carga instalada del alumbrado ubicada en el auditorio.

Tabla 10. Auditorio, Alumbrado.

CARGA (W)	POTENCIA [VA]	CANTIDAD	TOTAL [VA]	% VA
LFC 1X23	46	12	552.00	37.17
Lámpara INC. 1X50	50	10	500	33.66
Lámpara Dicroica 1X50	50	2	100	6.73
Diablas LED'S	33.33	10	333.3	22.44
TOTAL			1,485.30	100

En este tablero también predomina el tipo de lámparas ahorradoras como fluorescentes y LED'S, con un 59.61%, y el resto es de lámparas incandescentes 40.39% siendo esta la área con mayor predominación de lámparas incandescentes que al sumar todo el edificio es minoritaria como se muestra en la Gráfica 4.



Gráfica 4. Porcentaje de Lámparas, Auditorio.

La carga instalada de contactos y fuerza del auditorio se muestra en la Tabla 11.

Tabla 11. Auditorio, Contactos y Fuerza

CARGA	POTENCIA [VA]	CANTIDAD	TOTAL [VA]	% VA
Contactos Monofásicos	200	18	3,600.00	75.39
Motor del Telón	413.89	1	413.89	8.67
Extractor de Baño	101.6	1	101.60	2.13
Pantalla	243.2	1	243.20	5.09
Aire Acondicionado	228.60	4	228.60	4.79
Unidad Evaporadora	187.5	1	187.50	3.93
TOTAL			4,774.79	100

2.5. Equipo eléctrico en la azotea.

En la azotea se encuentran ubicadas las unidades condensadoras y una unidad paquete, para el aire acondicionado de las instalaciones de RADIOUNAM.

Son un total de 9 unidades condensadoras conectadas y una con cuchillas en modo "off", la unidad paquete de la marca CARRIER, es alimentada por el tablero general "TGE1" del circuito 6, por 3H-2[AWG].

CAPITULO III. Verificación de las instalaciones eléctricas referenciadas a la NOM-001-SEDE-2012 (Instalaciones Eléctricas), y la NOM-022-STPS-2008 (Electricidad Estática en los centros de Trabajo-Condiciones de Seguridad) de RADIOUNAM.

3. Importancia del análisis normativo de la dependencia RADIOUNAM.

La mejor manera de verificar una instalación eléctrica, es basarse a lo que indica principalmente la norma NOM-001-SEDE-2012 y otras normas aplicables a instalaciones, de esta manera se podrá garantizar que la instalación eléctrica funcionará adecuadamente.

Peculiaridades del análisis de la instalación eléctrica:

Debido a que en RADIOUNAM no se tuvo acceso libre a todas las áreas, no fue posible realizar una inspección completa de la instalación eléctrica, por ejemplo, donde se ubican algunos tableros se realizaban trabajos de oficina o en el caso de las cabinas de transmisión o cuarto de voz y datos el acceso es más restringido.

Otra particularidad del proyecto realizado, es que se enfoca principalmente a la seguridad tanto del personal de trabajo, como del usuario, así como la actualización de planos para ubicación de tableros y carga.

El análisis normativo de la dependencia fue realizado para obtener tablas o cuadros de análisis, mencionando las fallas encontradas en todo el edificio de RADIOUNAM.

3.1. Análisis normativo de la Subestación Eléctrica.

Se revisó el local de la subestación eléctrica, para verificar que se cumplen los mínimos requisitos de seguridad para la conexión de un transformador tipo pedestal de 225 kVA, y así realizar el cambio de tarifa eléctrica, tomando en cuenta la nueva tensión de alimentación a 23 kV.

Las normas mexicanas señalan las medidas mínimas de seguridad que deben cumplir las subestaciones para evitar riesgos en las instalaciones y al personal que labora en el área circundante.

Verificación del Local



Ilustración 4. Artículo 924-6 y 450.43.



Ilustración 5. Artículo 450.46.

450-46. Drenaje. Cuando sea posible, las bóvedas que contengan transformadores de más de 100 kilovoltamperes de capacidad, deben estar dotadas de un drenaje o de otro medio que permita eliminar cualquier acumulación de aceite o agua en la bóveda, a menos que por las condiciones locales esto resulte impráctico.

924-6. Pisos, barreras y escaleras.

a) Pisos. Los pisos deben ser planos, firmes y con superficie antiderrapante, se deben evitar obstáculos en los mismos, los huecos, registros y trincheras deben tener tapas adecuadas. El piso debe tener una pendiente.

450-43. Entradas. Las entradas a las bóvedas para transformadores se deben proteger según 450-43 (a), (b) y (c).

Para que se pueda tener un libre acceso a los equipos y se pueda brindar una mayor seguridad, para el personal capacitado para el trabajo.

La subestación cuenta con un solo extintor, si bien la norma marca que no es indispensable su instalación, si se ocupa un transformador tipo pedestal, es necesario colocar los que sean necesarios, tomando en cuenta que en el mismo local se encuentra instalada la planta de emergencia y los tanques de combustible de la misma, por lo que se recomienda que personal de protección civil verifique éste punto.



Ilustración 6. Artículo 924-8.

924-8. Protección contra incendio. Debe cumplirse la reglamentación en materia de prevención de incendios.

a) Extintores. Deben colocarse extintores portátiles, tantos como sean necesarios en lugares visibles, de fácil acceso, libres de obstáculos y debidamente señalizados, situando dos, cuando menos, a una distancia que no exceda de 15 metros de la entrada de las subestaciones.

La instalación eléctrica no se realizó adecuadamente, ya que se encuentra instalada como si fuera de modo provisional, existe un registro con la tapa mal colocada, y diversos conductores sin protección de tubería y/o charola. Se recomienda completarla adecuadamente, por lo menos colocando señalamiento y pintando los distintos desniveles o escalones que se encuentran dentro del local, además de colocar todas las tuberías, tornillos y herrajes necesarios.



Ilustración 7. Artículo 924-6.



Ilustración 8. Artículo 300-5.

924-6. Pisos, barreras y escaleras.

a) Pisos. Los huecos, registros y trincheras deben tener tapas adecuadas para evitar accidentes al personal.

b) Barreras. Todos los huecos en el piso que no tengan tapas o cubiertas adecuadas y las plataformas de más de 50 centímetros de altura, deben estar provistos de barreras, de 1.20 metros de altura, como mínimo.

Para las canalizaciones y protecciones de los conductores se debe cumplir el siguiente artículo:

300-5. Instalaciones subterráneas.

a) Requisitos de profundidad mínima. Los cables, tubos conduit u otras canalizaciones directamente enterradas, se deben instalar de modo que cumplan los requisitos de profundidad mínima de la Tabla 300-5.

b) Lugares mojados. Los conductores y cables aislados instalados en estos envolventes o canalizaciones subterráneas, deben estar aprobados para uso en lugares mojados y deben cumplir con 310-10(c).

c) Cables subterráneos bajo edificios. Los cables subterráneos instalados bajo un edificio deben estar en una canalización.

d) Protección contra daños. Los conductores y cables enterrados directamente se deben proteger contra daño.

3) Conductores de acometida. Los conductores de acometidas subterráneas, que no están embebidos en concreto y que están enterradas 45 centímetros o más por debajo del nivel del terreno, deben tener identificada su ubicación por medio de una cinta de aviso colocada en la zanja cuando menos 30 centímetros por encima de la instalación subterránea.



Ilustración 9. Artículo 300-5.

4) Daño del envolvente o la canalización. Cuando la canalización o envolvente estén expuestas a daños, los conductores se deben instalar en tubo conduit metálico pesado, tubo conduit metálico semipesado, tubo conduit de PVC Cédula 80 o su equivalente.

Se encontraron objetos ajenos a la subestación (garrafones con aceite, material diverso de construcción, cartón, etc.). Los cuales deben retirarse inmediatamente, con la finalidad de evitar un conato de incendio o accidente al momento de realizar maniobras de mantenimiento.



Ilustración 10. Artículo 450-48. y 924-4.

450-48. Almacenamiento dentro de las bóvedas. Las bóvedas para transformadores no se deben utilizar para el almacenamiento de materiales.

924-4. Condiciones de los locales y espacios.

a) Deben estar hechos de materiales resistentes al fuego de al menos una hora.

b) No deben emplearse como almacenes, talleres o para otra actividad que no esté relacionada con el funcionamiento y operación del equipo.

Excepción: Se permite colocar en el mismo local la planta generadora de emergencia o respaldo, cumpliendo con el Artículo 445.

c) No debe haber polvo o pelusas combustibles en cantidades peligrosas ni gases inflamables o corrosivos.



Ilustración 11. Artículo 450-48. y 924-4.

d) Deben tener ventilación adecuada para que el equipo opere a su temperatura y para minimizar los contaminantes en el aire bajo cualquier condición de operación.

La restricción de acceso a las subestaciones tipo abierta y azotea debe cumplir con lo indicado en la sección 110-31.

e) Deben mantenerse secos.

Iluminación del Local.

El local cuenta con iluminación de emergencia.



Ilustración 12. Artículo 924-5.

924-5. Instalación de alumbrado. Los niveles de iluminación mínima sobre la superficie de trabajo, para locales o espacios, se muestran en la Tabla 924-5, véase adicionalmente lo indicado en 110-34(d).

e) Alumbrado de emergencia. Debe colocarse en el local, cuando menos, una lámpara para alumbrado de emergencia en cada puerta de salida del local.

Se recomienda tener un nivel de iluminación óptimo en la subestación como lo indica la norma. Para ello es necesario medir con un luxómetro y determinar el nivel correspondiente, asimismo se recomienda la sustitución de las lámparas fundidas.

Local ¹¹	Nivel en luxes
Subestación	200

¹¹ Datos tomados del NOU del 2.2 Niveles de Iluminación valores es de un $\pm 10\%$.

Distancias de Trabajo

Se debe realizar el marcado de la delimitación del área del transformador tipo pedestal, en general hay espacio suficiente para realizar maniobras de mantenimiento a tableros de distribución, y la planta de emergencia, aunque se recomienda que al frente del transformador se retire el equipo que ya no se utiliza, como lo es la planta de emergencia antigua, y sus elementos (tanque de combustible y el tablero de transferencia), con el fin de que el área de maniobras sea mayor:



Ilustración 13. Artículo 924-3.



Ilustración 14. Artículo 924-3.

924-3. Resguardos de locales y espacios. Los locales y espacios en que se instalen subestaciones deben tener restringido y resguardado su acceso; por medio de cercas de malla, muros o bien en locales especiales para evitar la entrada de personas no calificadas

Excepción: En subestaciones tipo pedestal y compactas es suficiente una delimitación de área.

Tabla 110-34(a).- Distancia mínima del espacio de trabajo en una instalación eléctrica

Tensión a tierra (volts)	Distancia mínima (metros)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
601-2 500	0.90	1.20	1.50
2 501-9 000	1.20	1.50	1.80
9 001-25 000	1.50	1.80	2.80
25 001-75 kV	1.80	2.50	3.00
más de 75 kV	2.50	3.00	3.70

Donde las condiciones son las siguientes:

1. Partes vivas expuestas en un lado y no activas o conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes vivas expuestas a ambos lados protegidas eficazmente por materiales aislantes.
2. Partes vivas expuestas en un lado del espacio de trabajo y partes conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo. Las paredes de concreto, tabique o azulejo se consideran superficies conectadas a tierra.
3. Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo.

Para transformadores aislados con líquidos es necesario tener un área de confinamiento de líquidos, pero en el caso de los transformadores tipo pedestal solo se solicita una base de concreto (como la que tiene actualmente), ya que se considera equipo de instalación subterránea.

Otro punto a tomar en cuenta es el de no almacenar materiales combustibles dentro del local, excepto el de la planta de emergencia, el tanque de combustible de la planta si cuenta con un área de confinamiento de líquido:



Ilustración 15. Artículo 450-23 y 923-7.



Ilustración 16. Artículo 450-23 y 923-7.

450-23. Transformadores aislados con líquidos de baja inflamabilidad. Se permitirá instalar transformadores aislados con líquidos aprobados cuyo punto de inflamación no sea menor a 300 °C, de acuerdo con (a) o (b) siguientes:

NOTA: Un edificio Tipo I (Resistente al fuego) se compone de losas, columnas y vigas de concreto; Un edificio Tipo II (No combustible) se compone de columnas y vigas de acero sin recubrimiento contra fuego

a) Instalaciones en interiores. Las instalaciones en interiores se permitirán de acuerdo con una de las siguientes:

(1) En edificios Tipo I o Tipo II, en áreas donde se cumplan todos los requisitos siguientes:

- a. El transformador sea para 35 000 volts nominales o menos.
- b. No se almacenen materiales combustibles.
- c. Se proporcione un área de confinamiento de líquidos.
- d. La instalación cumpla todas las restricciones previstas en el aprobado del líquido.

923-7. Equipo subterráneo en vía pública.

a) Generalidades

1) Equipo subterráneo. Se considera como equipo subterráneo el siguiente:

a. Transformadores, interruptores, indicadores de falla, barras conductoras, entre otros, instalados para la operación de las líneas eléctricas subterráneas.

10) Los equipos tipo pedestal deben colocarse sobre una base de concreto.

Identificación de conductores y calibres

La identificación de los medios de desconexión no cumple con lo establecido la norma. No todos los interruptores del tablero general cuentan con la identificación de carga.

110-22. Identificación de los medios de desconexión.

a) *General.* Cada uno de los medios de desconexión debe estar marcado de modo legible para que indique su propósito, a no ser que estén situados e instalados de modo que ese propósito sea evidente. El marcado debe ser suficientemente durable para resistir las condiciones ambientales involucradas.

Tabla 12. Protecciones de los Conductores Alimentadores de Tableros de Distribución.

TABLERO	CARGA Inom [A]	CONDUCTOR [AWG]	CAPACIDAD DE LA PROTECCIÓN [A]	RECOMENDACIÓN	PROTECCIÓN DE ACUERDO A CALIBRE BASADO EN NORMA	PROTECCIÓN BASADA EN AMPACIDAD DE ACUERDO A NORMA
TGE1	370.94	250	500	VERIFICAR LA CARGA CONECTADA CON MEDICIONES CONTINUAS, Y AJUSTAR PROTECCIÓN	400	400
TGE2	127.63	4/0	225	IBIDEM	250	150

Nota: ¹²

3.2. Análisis normativo de la Acometida.

La acometida de las instalaciones de RADIOUNAM alimentada a 220 (V) se recibe en un tablero, ubicado a la entrada del edificio, de allí alimenta al tablero de transferencia ubicado en el local de la subestación, y al tablero "C" ubicado en la cafetería de la RADIOUNAM.

¹² Artículos de las norma que aplican: a) Tabla 310-15 (b) (16) y b) Tabla 250-122, NOM-001-SEDE-2012. (Ver Anexo A).

La acometida presenta irregularidades ya que no se encuentra ubicada en un cuarto eléctrico además, en el sitio donde se encuentra, lo comparte con un tablero y un interruptor de caja moldeada y material de limpieza, cajas así como algunos otros materiales.



Ilustración 17. Art 408-17 y Art 110-27.

De acuerdo al **Art. 408-17. Ubicación con respecto a material fácilmente inflamable.** Se deben colocar los tableros de manera que se reduzca al mínimo la probabilidad del paso de fuego y evitar materiales combustibles adyacentes al mismo.

Al igual no cumple con el **Art. 110-27. Espacio de trabajo alrededor del equipo eléctrico.** La profundidad del espacio de trabajo en la dirección a las partes vivas no debe ser menor a la indicada en la Tabla 110-26(a) (1). Las distancias deben medirse desde las partes vivas expuestas o desde el envoltorio o la abertura si las partes vivas están encerradas.

Tabla 110-26(a)(1).- Espacios de trabajo

Tensión nominal a tierra (volts)	Distancia libre mínima (metros)		
	Condición 1	Condición 2	Condición 3
0-150	0.9	0.9	0.9
151-600	0.9	1.1	1.2

Las condiciones son las siguientes:

1. Partes vivas expuestas en un lado y no vivas ni conectadas a tierra en el otro lado del espacio de trabajo, o partes vivas expuestas a ambos lados, protegidas eficazmente por materiales aislantes.
2. Partes vivas expuestas a un lado y conectadas a tierra al otro lado. Las paredes de concreto, ladrillo o mosaico se deben considerar como puestas a tierra.
3. Partes vivas expuestas en ambos lados del espacio de trabajo.



Ilustración 18. Art 110-27.

También se encontraron anomalías en la salida del interruptor ya que presenta partes vivas expuestas, no cumpliendo con el **Art. 110-27. Resguardo de partes vivas.** Lo cual expone tanto a la instalación eléctrica como al personal que le da mantenimiento.

De igual forma se debe **verificar la cubierta de los conductores revisando que no esté dañada**, ya que esto puedan afectar negativamente el funcionamiento seguro; en cuanto a los equipos, se deben revisar para detectar piezas rotas, dobladas, cortadas, o deterioradas por la corrosión, por agentes químicos o por recalentamiento. *Art. 110-12 b).*

Con respecto a los conductores de la acometida debe haber un **aplicado de selladores en la canalización.** Art 230-8.

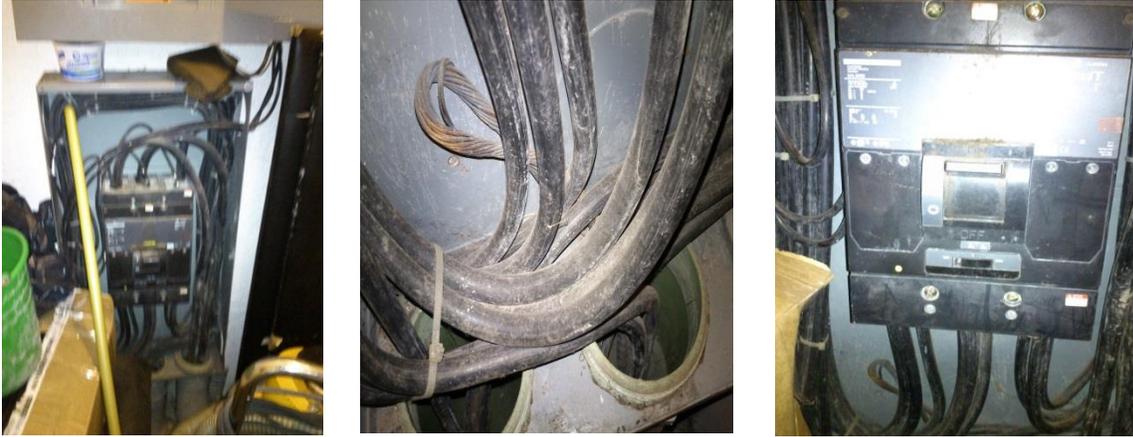


Ilustración 19. Art 230-8, 230-50 y Art 230-62.

Se establece en el Art 230-50 a) que debe haber una **protección contra daño físico.**

Otro punto importante es que el **equipo de recepción del suministro debe estar cubierto o resguardado.** Art 230-62 a) y b).

3.3. Cuadro de Análisis Normativo de la dependencia RADIOUNAM.

El análisis normativo de la instalación eléctrica es importante ya que se hará uso de las normas aplicables (NOM-001-SEDE-2012), por lo que se presenta la tabla 13, en la cual se menciona la situación o anomalía en la que se encuentran los tableros derivados y la incidencia de los mismos en el edificio.¹³

Tabla 13. Análisis Normativo de Tableros Derivados

Situación	Tableros en los que se presenta la anomalía.	% Tableros
Al gabinete le falta mantenimiento.	5	29.41
La zona alrededor del equipo se encuentra sucia y/o con materiales ajenos a la instalación.	8	47.10
Algunos conductores no cuentan con características eléctricas.	1	5.88
Los conductores se agrupan con pequeños fragmentos de cable.	9	52.94
No hay un libre acceso a la zona de tableros.	6	35.29

¹³ El cuadro completo de anomalías se ubica en el Anexo del Capítulo III.

En el tablero no se respeta el código de colores.	16	94.12
La cubierta aislante de los conductores está dañada.	6	35.29
Partes vivas expuestas.	5	29.41
El peinado de conductores está mal, los conductores tienen dobleces y/o no están alineados.	11	64.71
El tablero no cuenta con kit de tierra física, el gabinete está aterrizado con un tornillo.	4	23.53
El tablero no está bien sujeto al muro.	2	11.76
Hay empalmes dentro del tablero.	6	35.29
Canalizaciones saturadas o inadecuadas.	14	82.35
Hay conductores sueltos aislados.	2	11.76
Hay instalaciones provisionales con conductores de uso rudo.	3	17.65
El equipo eléctrico no cuenta con señalización de riesgo eléctrico.	17	100.00
El tablero se encuentra mal ubicado.	13	76.47
En el piso del local hay agua.	1	5.88
El tablero no cuenta con kit de tierra física y el gabinete no está aterrizado.	1	5.88
Hay materiales inflamables cerca del equipo eléctrico.	8	47.10
El neutro esta aterrizado con el gabinete.	3	17.65

Es importante señalar que, de los datos obtenidos por la Tabla 13:

- ✓ **4 Anomalías se presentan por arriba del 75% de los tableros derivados.**
 - En el tablero no se respeta el código de colores.
 - Canalizaciones saturadas o inadecuadas.
 - El equipo eléctrico no cuenta con señalización de riesgo eléctrico.
 - El tablero se encuentra mal ubicado.
- ✓ **2 Anomalías se presentan entre el 50% y 75% de los tableros derivados.**
 - Los conductores se agrupan con pequeños fragmentos de cable.
 - El peinado de conductores está mal, los conductores tienen dobleces y/o no están alineados.
- ✓ **7 Anomalías se presentan entre el 25% y 50% de los tableros derivados.**
 - Al gabinete le falta mantenimiento.
 - La zona alrededor del equipo se encuentra sucia y/o con materiales ajenos a la instalación.
 - No hay un libre acceso a la zona de tableros.
 - La cubierta aislante de los conductores está dañada.
 - Hay empalmes dentro del tablero.
 - Partes vivas expuestas.
 - Hay materiales inflamables cerca del equipo eléctrico.

- ✓ **8 Anomalías se presentan por debajo del 25% de los tableros derivados.**
- Algunos conductores no cuentan con características eléctricas.
 - El tablero no cuenta con kit de tierra física, el gabinete está aterrizado con un tornillo.
 - El tablero no está bien sujeto al muro.
 - Hay conductores sueltos aislados.
 - Hay instalaciones provisionales con conductores de uso rudo.
 - En el piso del local hay agua.
 - El tablero no cuenta con kit de tierra física y el gabinete no está aterrizado.
 - El neutro esta aterrizado con el gabinete.

Desbalance en Tableros Derivados

En la Tabla 14 se muestran todos los tableros derivados, los cuales que de acuerdo al *Art 551-42 d)*, no deben tener un desbalance alto, lo que provoca no tener una distribución adecuada provocando fallas en la instalación eléctrica, como el sobrecalentamiento de los conductores, el mal suministro de energía a equipos principalmente electrónicos, que son más sensibles y provocar que su vida de uso se reduzca, por lo anterior se recomienda dar mantenimiento a los tableros y balancearlos.

Tabla 14. Desbalance de Tableros.

Tablero	Desbalance (%)
EV	17.10
A	82.23
A'	50.00
B	46.63
B'	47.84
C	24.22
D	30.76
EE	30.10
F	39.78
GE	45.64
HE	35.67
KE	38.31
Q	16.62
R	95.77
S	50.20
T	63.64

A partir del levantamiento eléctrico se realizó la Tabla 15; protección de conductores alimentadores.¹⁴

Tabla 15. Protecciones de los Conductores Alimentadores de Tableros Derivados.

TABLERO	CARGA I _{nom} [A]	CONDUCTOR [AWG]	CAPACIDAD DE LA PROTECCIÓN [A]	RECOMEN- DACIÓN	PROTECCIÓN DE ACUERDO A CALIBRE BASADO EN NORMA	PROTECCIÓN BASADA EN CORRIENTE DEMANDADA DE ACUERDO A NORMA
A	11.95	6	70	VERIFICAR LA CARGA CONECTADA CON MEDICIONES CONTINUAS, Y AJUSTAR PROTECCIÓN	60	15
A'	6.3	1/0	100	IBIDEM	150	15
B	14.22	8	100		40	25
B'	20.09	6	70		60	25
C	21.96	4	50		70	30
D	31.13	4	100		70	40
EE	50.9	4	70		70	60
F	34.22	4	70		70	40
GE	24.83	6	60		60	25
HE	26.31	8	40		40	30
KE	9.27	6	50		60	15
EV	16.34	6	100		60	25
Q	104.74	4/0	200		250	175
R	6.59	4	70		70	15
S	10.84	8	NO TIENE		40	15
T	7.46	8	30	40	15	

¹⁴ Artículos de las norma que aplican: a) Tabla 310-15 (b) (16) y b) Tabla 250-122, NOM-001-SEDE-2012. (Ver Anexo A).

3.4. Sistema de Pararrayos.

Son elementos metálicos cuya función es ofrecer un punto de incidencia para recibir la descarga atmosférica y un camino controlado para la conducción y disipación posterior de la corriente del rayo a tierra. Y se compone de tres partes:

- 1) Pararrayo.
- 2) Cable o elemento conductor.
- 3) Tierra física (elemento(s) de descarga a tierra).

Dónde se requiere utilizar un sistema de pararrayos:

- ✓ Edificios o zonas abiertas con concurrencia de público.
- ✓ Edificaciones de gran altura y en general, construcciones elevadas (pilares, depósitos de agua, faros, antenas, torres...).
- ✓ Construcciones y depósitos en los que se manipulen y/o contengan materiales peligrosos (explosivos, inflamables, tóxicos.).
- ✓ Edificio que contengan equipos o documentos especiales vulnerables ó valiosos (Instalaciones de Telecomunicaciones, ordenadores, archivos, museos, monumento histórico, patrimonios culturales).

3.4.1. Medición de la Resistencia del Sistema de Tierras del Pararrayos.

El método consiste en hacer circular una corriente por el electrodo a ser medido (delta de tierras) y el electrodo auxiliar de corriente, con lo cual da como resultado una variación potencial en la superficie del suelo y que es medida por el electrodo auxiliar de potencial.

Considerando un suelo uniforme, para minimizar la interferencia entre electrodos, es conveniente localizar la varilla de tensión a 62% de la distancia entre las varillas de prueba y la de corriente.¹⁵

¹⁵ El procedimiento completo se ubica en el Anexo del Capítulo III.

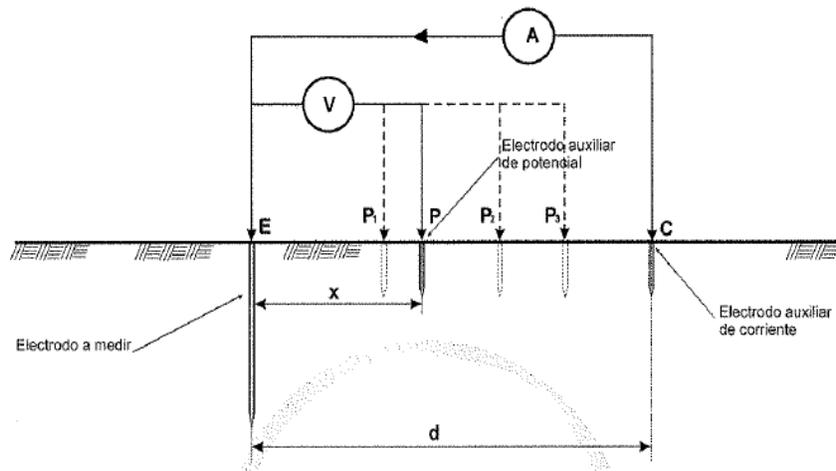


Ilustración 20. Método de caída de Tensión, Tomado de; NMX-J-549-ANCE-2005.

3.4.2. Análisis Normativo del Pararrayos.

El sistema de pararrayos con el que cuenta el edificio de RADIOUNAM es muy sencillo y solo consta de puntas tipo escobillón, las cuales protegen a las antenas de manera satisfactoria, se encuentran montadas en la torre de transmisión a lo largo de ella con un ángulo aproximado de 45°, así como su respectiva bajada y su delta de tierras.

La norma *NMX-J-549-ANCE-2005*, no es obligatoria pero nos sirve de referencia, en su Capítulo 4. Nos indica lo siguiente:

Para torres de telecomunicaciones con altura de hasta 60m debe de instalarse como mínimo una terminal aérea en la parte más alta de la misma, con una altura mínima de 2m sobre los objetos o equipos (comúnmente antenas) más altos adheridos a la torre y a una separación como mínimo de 0.8m de dichos objetos o equipos.

Cuando dichos objetos se encuentran fuera del cuerpo de la torre (principalmente en partes intermedias de la torre) y esta tenga una altura mayor a 60m, deben de utilizarse terminales aéreas horizontales adicionales como se muestra en la ilustración 3.

Como ya se mencionó anteriormente una estructura o torre de menos de 60 metros “debe de contar como mínimo de una terminal aérea en la parte más alta de la misma”. *NMX-J-549-ANCE-2005*.

Otra condición establecida en la norma *NMX-J-549-ANCE-2005* es que la resistencia del sistema de tierras al que está conectado nuestro pararrayos no debe ser mayor a 10[Ω].

Se realizaron las mediciones correspondientes basándonos en el procedimiento del capítulo 3.4.1., de este documento, arrojándonos valores de resistencia ***menores a 10[Ω]***.

En el caso de que la densidad de descargas de rayo a tierra sea mayor a 2 rayos/km²/año, debe de revisarse los elementos de protección con base en el método de la esfera rodante en este caso no aplica para RADIOUNAM.

La distancia mínima de separación entre la terminal aérea horizontal y los objetos o equipos a proteger debe ser de 0.8m.¹⁶

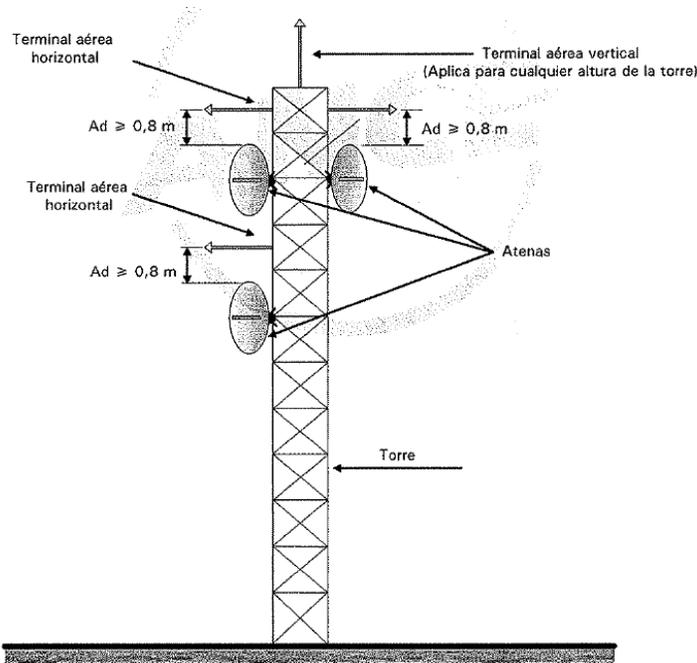


Ilustración 21. Arreglo típico para una Torre de Telecomunicaciones, Tomado de; NMX-J-549-ANCE-2005.

El valor de la resistencia debe ser menor o igual a 10 Ohm [Ω].¹⁷

También nos indica en su Capítulo 6.2.2., que todo conductor de bajada debe de ser desnudo (sin aislamiento) y el cual debe de cumplir con las dimensiones mínimas las cuales son satisfactorias en nuestro caso:

Material	Conductor de bajada mm ²
Acero	50
Cobre	16
Aluminio	25

Ilustración 22. Dimensiones mínimas de conductor de bajada, Tomado de NMX-J-549-ANCE-2005.

¹⁶ Tomado de 4.3.2.3.; número 5) de la NMX-J-549-ANCE-2005.

¹⁷ Tomado de 4.3.4.6.; de la NMX-J-549-ANCE-2005.

CAPITULO IV. Análisis de las corrientes de corto circuito y realización del cálculo de la malla del sistema de tierras con base a lo establecido en la IEEE STD 80-2000.

4. Utilización del análisis de corto circuito en una malla de un sistema de tierras.

La realización de un análisis de corto circuito, es de vital importancia, ya que con este análisis o cálculo podemos determinar las corrientes máximas de corto circuito que podrían suscitarse en una falla en la instalación, ya sea provocada por una mala maniobra, por antigüedad en la instalación, o falla del sistema.

Es importante este análisis ya que permitirá establecer las condiciones para el diseño de nuestra malla de tierras, también teniendo en cuenta una medición de resistividad del terreno la cual fue realizada en las instalaciones de RADIO UNAM.

4.1. Que es un corto circuito, tipos de corto circuito, efectos que produce un corto circuito.

Un corto circuito puede definirse como la conexión, habitualmente accidental y de baja impedancia, entre dos o más puntos de un circuito que están normalmente a tensiones diferentes.

Las corrientes de cortocircuito en los sistemas eléctricos son alimentadas por elementos activos, es decir: Generadores, motores, condensadores, etc. Y se limitan por elementos pasivos del sistema: Impedancias de conductores, motores, transformadores, etc.

La intensidad en un cortocircuito es mayor en el primer medio ciclo y tiene valores menores en los siguientes ciclos. El corto circuito tiene dos etapas cuando tenemos una corriente asimétrica y después de unos ciclos una corriente simétrica.

Podemos tener diferentes tipos de fallas, de las más comunes encontramos:

- ❖ Trifásico equilibrado (entre las tres fases).
- ❖ Bifásico sin conexión a tierra (entre dos fases).
- ❖ Monofásico (entre un conductor de fase y neutro o tierra).

De los cuales el 80% del total de los cortocircuitos son monofásico, sin embargo degeneran habitualmente en un corto circuito trifásico.

Al ocurrir un corto circuito siempre se produce un exceso de corriente lo que conlleva a producirse esfuerzos térmicos, esfuerzos electrodinámicos, caídas de tensión, desequilibrio en las tensiones y en algunas veces se produce un arco eléctrico.

4.2. Diagrama de Impedancias.

Para iniciar el análisis de corto circuito es necesario elaborar un diagrama de impedancias que nos muestre claramente en donde se tiene contemplada la falla, así como los elementos que intervienen en la misma y sus respectivos datos técnicos.

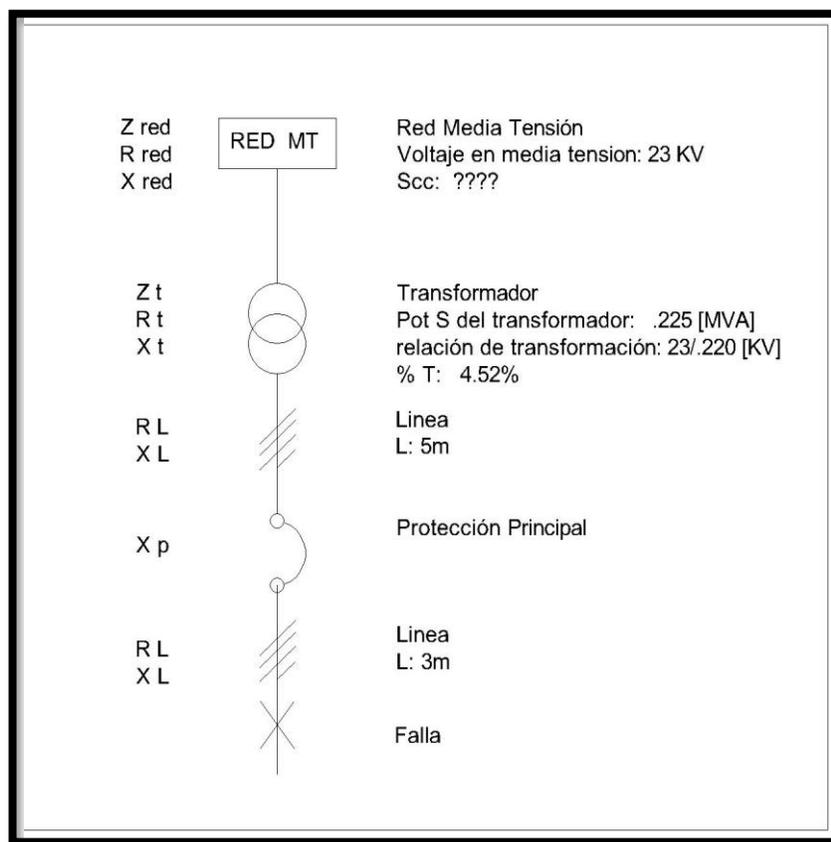


Ilustración 23. Diagrama de Impedancias.

4.3. Análisis de Corto Circuito y Selección de Protecciones.

Ya contando con nuestro diagrama de impedancias y basándonos en la metodología ya descrita en el *Capítulo I*, proseguimos a realizar los cálculos y llenar la siguiente tabla de impedancias.

Tabla 16. Cálculo de Corriente de Corto Circuito.

	Impedancias		
	Z	R	X
Impedancia de la Red	1.76333	0.17633	1.75452
Impedancia del Transformador	0.00972	0.00194	0.00953
Impedancia de la Línea a la Protección Principal.		4.57E-05	0.00015
Impedancia de la Protección		0	0.00015
Impedancia de la Línea al Transfer		2.74358E-05	0.00009
Conversión de la Impedancia		1.61333E-05	0.00016
Impedancia total de Corto Circuito	0.01028	0.00203	0.01008
I cc máx.	12355	[A]	
Icc máx. con Formula Directa	13064	[A]	

Con el valor obtenido de corto circuito trifásico en baja tensión, proseguimos a revisar en tablas el valor de la protección adecuada para este sistema.¹⁸

El transformador cuenta con tres fusibles:

Tipo: Bayoneta.

Marca: Cooper.

El sistema cuenta con un interruptor principal de la marca SQUARE D (interruptor electrónico) con número **PGL36100U41A** del cual, con ayuda de catálogos, podemos saber sus datos principales.

¹⁸ Método completo para el Cálculo ubicado en Anexo del Capítulo I.

Nemotécnico para interruptores PowerPact Marco M, P y R

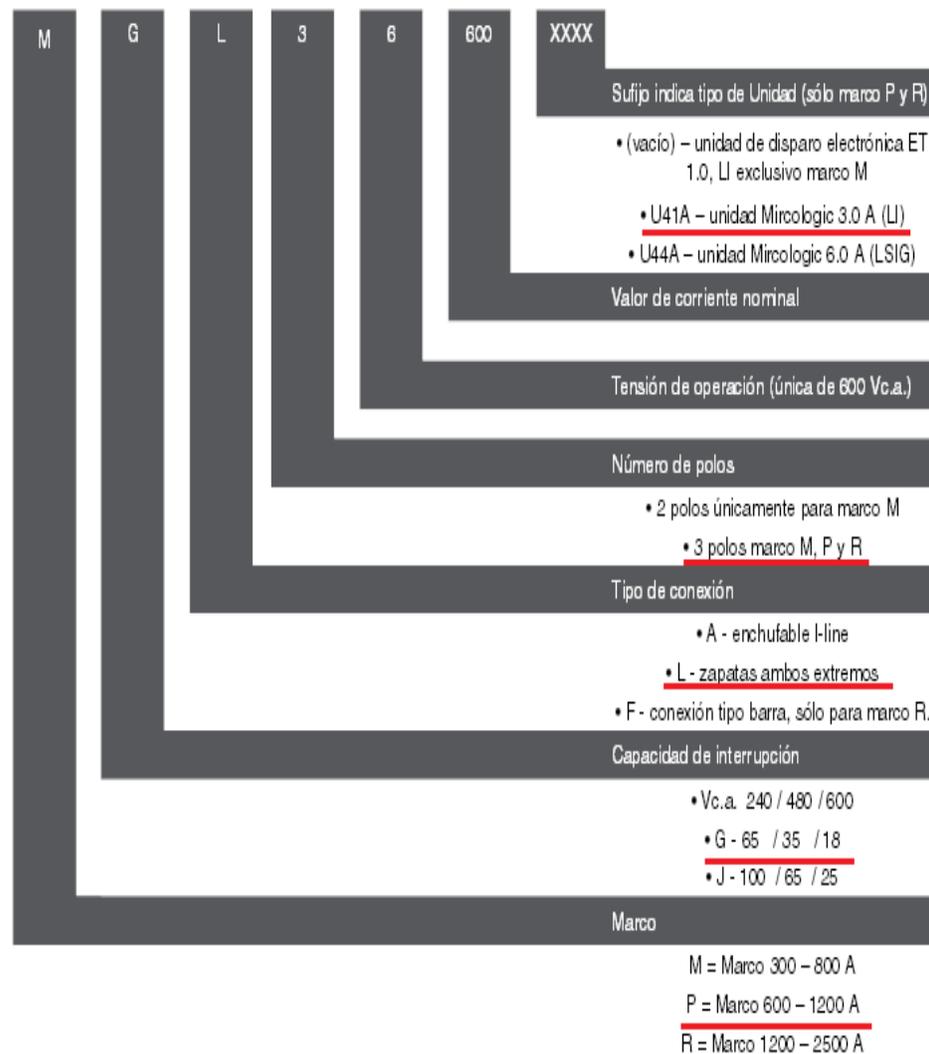


Ilustración 24. Nemotécnico para Interruptores Power Pact, Marco M, P Y.: Tomado de "CATALOGO COMPENDIADO no. 32" SQUARE D.

Con lo que podemos decir satisfactoriamente que nuestra protección principal es adecuada y cuenta con la capacidad de soportar nuestro nivel de corto circuito.

4.4. ¿Qué es la resistividad del terreno?, rangos de resistividad.

La resistividad se define como: La propiedad del terreno que impide el paso de la corriente eléctrica y está determinada por las características del suelo (composición química, compactación, homogeneidad, humedad y temperatura).

La resistividad del suelo basada en análisis estadísticos, permite solo una aproximación debido a que las características de una conexión a tierra, varía con las estaciones del año, por lo cual es necesario para el diseño adecuado de la red de tierra, recopilar datos de campo en el terreno de la subestación, realizando mediciones en diversos lugares del suelo, considerando las posibles capas del subsuelo para definir un modelo homogéneo o un modelo estratificado, ya que las variaciones horizontales y verticales provocan que se distorsione la trayectoria de la corriente de falla por drenar:

Tipo de tierra	Resistividad promedio ($\Omega\cdot m$)
Tierra orgánica mojada	10
Tierra húmeda	10^2
Tierra seca	10^3
Roca	10^4

Ilustración 25. Rangos de Resistividad del Terreno, Extraída de IEEE-80-2000.

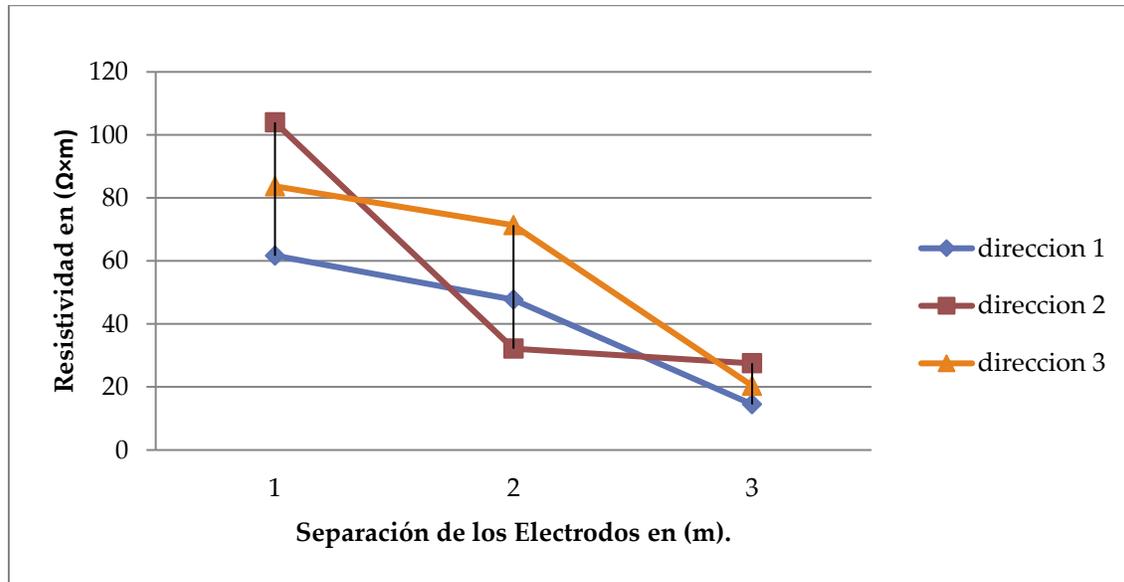
4.5. Obtención de la Resistividad del Terreno.

A continuación se muestra la Tabla 17, que contiene los datos de las resistividad aparente del suelo de nuestro sistema.

Tabla 17. Resistividad de Suelo.

No. de Medición	Separación [m]	Dirección 1 [$\Omega\cdot m$]	Dirección 2 [$\Omega\cdot m$]	Dirección 3 [$\Omega\cdot m$]	Dirección n [$\Omega\cdot m$]
1	1	61.7	104	83.7	83.13
2	2	47.7	32.2	71.3	50.4
3	3	14.5	27.5	20.4	20.8
TOTAL					51.44

Para poder visualizar los datos de nuestra tabla proseguimos a mostrar en la Gráfica 5.



Gráfica 5. Resistividad del Terreno.

Podemos apreciar claramente que nuestro tipo de suelo es del tipo uniforme y para simplificar los cálculos se considerara de ese tipo.

Nota; Es bueno aclarar que no se hicieron más mediciones debido al poco espacio de terreno que se tiene, las mediciones se llevaron a cabo afuera de las instalaciones de RADIO UNAM en un jardín aledaño al edificio. De ahora en adelante se considerara un valor reservado de resistividad de $40[\Omega \cdot m]$ ya que se tomó en cuenta un acondicionador de tierras (H2ohm) que baja la resistividad del suelo.¹⁹

4.6. ¿Qué es el Sistema de Tierra?, funciones principales del Sistema de Tierras.

Se puede decir que un sistema de tierra física es el conjunto de elementos (conductores, electrodos, acondicionadores de terrenos, zapatas, conectores, acopladores, registros, etc.), que están interconectados entre sí con el principal objetivo de drenar las corrientes de falla al terreno natural.

¹⁹ Hoja de especificación del acondicionador H2ohm en Anexo del Capítulo IV.

Por norma encontramos la definición de conexión a tierra:

Es una conexión conductora, ya sea intencional o accidental, por medio de la cual un circuito eléctrico o equipo se conectan a la tierra o algún cuerpo conductor de dimensiones relativamente grande que cumple la función de la tierra.

Los principales objetivos de un sistema de tierras son:

- 1.-Proporcionar seguridad a las personas.
- 2.-Proteger infraestructura.
 - a) Equipos. (Eléctricos/electrónicos)
 - b) Instalaciones. (Garantizando la instalación de la protección)
- 3.-Estabilizar el voltaje. (Establecer el potencial de referencia)
- 4.-Disipar la corriente del rayo (Descarga atmosférica)
- 5.-limitar las sobretensiones transitorias. (Picos de voltaje)
- 6.-Drenar cargas estáticas.

Valor de resistencia recomendado por normas.

Idealmente, una conexión a tierra debe tener una resistencia de cero ohms.

- La NFPA y la IEEE recomiendan un valor de 5 Ohm o menos.
- La NOU 10 ohms o menos, cuando se tiene equipo electrónico 4 ohms o lo que indique el fabricante del equipo.
- En México, la Secretaria del Trabajo y Previsión Social en su norma NOM-STPS-022-2008 indica lo siguiente:

“Asegúrese de que la resistencia para Sistema de Tierras sea menor a 10 Ohm y para sistema de Pararrayos menor a 25 Ohm. El objetivo es lograr el mínimo valor de resistencia”.

4.7. Diseño y Análisis de la Malla de Tierras.

Para este punto ya obtuvimos la resistividad del suelo y la corriente corto circuito de nuestro sistema.

Tabla 18. Datos Para Diseño de Malla de Tierras.

Resistividad del suelo	40 $[\Omega \cdot m]$
Corriente de corto circuito	12.355 [kA]

Si la malla es segura debe de cumplir con las siguientes condiciones:²⁰

Tabla 19. Potenciales de Paso y Contacto.

Cálculo de la malla		Potenciales Tolerables para una Persona
Potencial de "paso" dado por la malla	<	Potencial de "paso" tolerable
Potencial de "contacto" dado por la malla	<	Potencial de "contacto" tolerable

Podemos observar en la Tabla 20, que nuestro diseño es satisfactorio y cumple casi en su totalidad para los dos perfiles de masa corporal, el unico que no cumple es para el caso de los potenciales de paso para una persona de 50Kg, que es muy remota la situación.

Tabla 20. Potenciales Tolerables del Cuerpo Humano.

Potenciales de Malla	SI/NO	Potenciales Tolerables para el Cuerpo Humano	
		50 kg	70 kg
Contacto 2.148[kV]	<	2.174[kV]	2.943[kV]
Paso 10.833[kV]	<	8.206[kV]	11.106[kV]

²⁰ Desarrollo completo del Método aplicado, ubicado en Anexo del Capítulo IV.

A continuacion mostraremos la representacion grafica de nuestra malla de tierras, contando con los 9 conductores horizontale, los 17 conductores verticales y las 13 varillas en el perimetro de la malla.

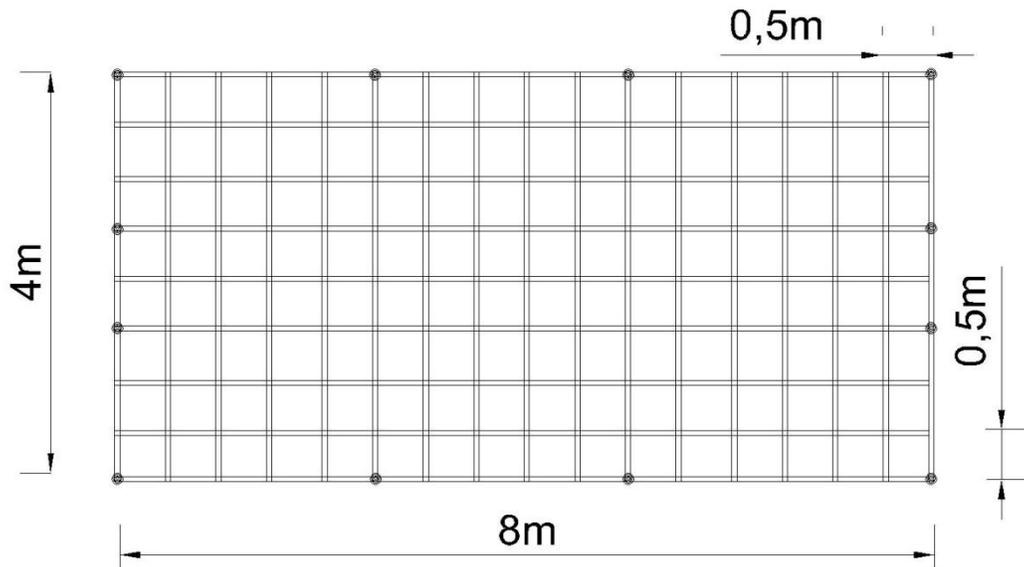


Ilustración 26. Malla de Tierras propuesta.

CAPITULO V. Propuestas para establecer mejoras en la instalación eléctrica en RADIOUNAM.

5. Importancia de hacer un uso normativo en la instalación eléctrica para la dependencia RADIOUNAM.

Para la realización de este proyecto fue importante hacer uso de las normas oficiales mexicanas para instalaciones eléctricas, NOU pertenecientes a la UNAM, ya que por medio de estas se puede lograr tener una mayor seguridad de la instalación y así poder garantizar la integridad del personal de trabajo, como de los usuarios que utilizan la energía en la dependencia.

Además, establecer soluciones con base a norma, con las cuales se pueda lograr una mejora en la instalación o en ciertos casos una actualización de la misma logrando mantener un servicio de calidad al usuario y seguridad al personal de mantenimiento. Para poder lograr nuestro objetivo fue necesario, primeramente la realización de levantamiento eléctrico para así la actualización de planos y poder ubicar nuestras cargas y saber la carga instalada, a partir de esto se plantearon las distintas soluciones a cada caso con base a norma.

5.1. Subestación.

Debe darse un mantenimiento a la subestación eléctrica tanto correctivo en algunos casos como preventivo en otros, por lo menos una vez al año, esta recomendación es propuesta a partir de que:

- Hay material como cartón, basura, escaleras y otros materiales distintos a la instalación en el cuarto eléctrico; Lo cual provocaría un incendio.
- Se encuentran grandes cantidades de polvo por todo el cuarto eléctrico; no permite una libre inspección del cuarto eléctrico.
- Se encuentra una planta de emergencia sin funcionar ocupando espacio; Dificultaría el acceso.
- La planta de emergencia que se encuentra conectada produce un ruido en el interior el cual no han revisado y siendo esta la única alimentación cuando ocurra una falla la dependencia se quedara sin suministro de energía eléctrica.

Otro punto importante es la colocación de extintores que aunque la norma no lo marque como indispensable como se instalará un transformador es importante colocar tantos como sean necesarios.

Para la capacidad nominal máxima de la protección general de los tableros de distribución TGE1 y el TGE2 es adecuado, de igual forma para los circuitos derivados de los tableros de distribución TGE1 y TGE2 son adecuadas todas las protecciones y algunas están por encima del calibre instalado.

Tomando en cuenta estos datos es importante señalar que se debe recomendar verificar la carga conectada con mediciones continuas y en caso de requerirlo ajustar las protecciones.

Analizando la capacidad de la subestación conectando el transformador tipo pedestal soporta nuestra carga instalada ya que se promedia una carga de alrededor de 50(kVA) y nuestro transformador es de 225 (kVA) por lo que quedaría muy sobrado, aunque cabe señalar que el transformador fue donado y requieren ponerlo en funcionamiento.

5.2. Cuadro de resultados en base a norma de la dependencia RADIOUNAM.

La realización de este cuadro fue a partir de las situaciones presentadas en la dependencia RADIOUNAM, tomando como evidencia fotografías de los hallazgos encontrados para establecer soluciones a los mismos.²¹

En la Tabla 21 se muestran cada una de las irregularidades encontradas en las instalaciones de RADIOUNAM, a cada una de ellas se le debe dar seguimiento y corregirle lo necesario para mejorar las condiciones de la misma y brindar un mejor servicio lo más pronto posible.

Tabla 21. Anomalías Identificadas en RADIOUNAM.

ANOMALÍAS PRESENTES
<i>Algunos gabinetes les falta mantenimiento.</i>
<i>La zona alrededor de los equipos se encuentra sucia y/o con materiales ajenos a la instalación.</i>
<i>Algunos conductores no cuentan con características eléctricas.</i>
<i>Los conductores se agrupan con pequeños fragmentos de cable.</i>
<i>No hay un libre acceso a la zona de tableros.</i>
<i>En los tableros no se respeta el código de colores.</i>

²¹ El cuadro de anomalías completo se ubica en el Anexo del Capítulo V.

<i>La cubierta aislante de los conductores está dañada.</i>
<i>Partes vivas expuestas.</i>
<i>El peinado de conductores está mal, los conductores tienen dobleces y/o no están alineados.</i>
<i>Los tableros no cuentan con kit de tierra física, el gabinete está aterrizado con un tornillo.</i>
<i>Unos tableros no están bien sujetos al muro.</i>
<i>Hay empalmes dentro de los tableros.</i>
<i>Canalizaciones saturadas o inadecuadas.</i>
<i>Hay conductores sueltos aislados.</i>
<i>Hay instalaciones provisionales con conductores de uso rudo.</i>
<i>Equipos Eléctricos no cuenta con señalización de riesgo eléctrico.</i>
<i>Tableros se encuentra mal ubicado.</i>
<i>En el piso del local hay agua. (Solo aplica en el tablero HE ubicado en el baño de hombres)</i>
<i>Tableros no cuentan con kit de tierra física y los gabinetes no están aterrizados.</i>
<i>Hay materiales inflamables cerca de los equipos eléctricos.</i>
<i>El neutro esta aterrizado con los gabinetes.</i>

Cada una de las anomalías que se presenta es importante ya que afecta de cualquier forma o estado a la instalación eléctrica y podría provocar un fallo en la misma:

- 15 Anomalías se presentan entre el 25% y 50% de los Tableros Derivados.
- 6 Anomalías se presentan entre el 50% y por arriba del 75% de los Tableros Derivados.

Desbalance en Tableros Derivados.

De acuerdo a los datos conseguidos, ubicados en el Capítulo III, se observó de acuerdo al Art 551-42 d) de la Norma que los desbalances de los tableros son altos.

- 11 Tableros se encuentra por debajo del 50% y arriba del 15% de Desbalance.
- 5 Tableros se encuentran por arriba del 50% de Desbalance.

Estos datos indican que se necesita realizar una distribución adecuada de la carga a la brevedad, ya que todos sobrepasan los límites establecidos.

Un dato importante que puede estar provocando esto, es que se realizan continuamente actualizaciones a su instalación eléctrica y no toman en cuenta la carga ya instalada en cada tablero y solo conectan donde allá un espacio, por lo que se recomienda que cada nueva actualización hagan un análisis de sus tableros y ver donde se puede instalar la carga deseada.

Protecciones de los Conductores Alimentadores de Tableros Derivados.

Como se mostró la Tabla 15 ubicada en el Capítulo III:

Todos los conductores alimentadores:

- *Por ampacidad de acuerdo a norma son adecuados.*
- *Por protección de acuerdo a calibre instalado 5 no cumplen.*

De todos los tableros derivados revisados uno no tiene protección, lo que indica mayor preocupación ya que se encuentra en el área de cabinas de transmisión de RADIOUNAM, por lo que hay que corregirlo a la brevedad ya que no cuenta con ninguna protección.

5.3. Pararrayos.

La evaluación del pararrayos es importante, ya que este edificio contiene una torre de comunicaciones, por lo cual se necesita tener un pararrayos adecuado para la superficie a proteger, es importante mencionar que las mediciones de las deltas del sistema de tierras del pararrayos, fueron satisfactorias cumpliendo con la norma, lo cual indica que las puntas tipo escobillón protegen a la torre de comunicaciones, como se muestra en la siguiente Tabla 22.

Tabla 22. Medición de las Deltas del Pararrayos.

RESISTENCIA DE LA DELTA DEL PARARRAYOS		
1.07		
1.34	<	10 [Ω]
1.30		

Con base a Norma el objetivo está cumplido, ya que las mediciones están muy por debajo de la medición máxima permitida bajo Norma. Con esto comprobamos que las deltas son adecuadas y están bien.

Como una manera de tener una mejor protección se propone instalar un sistema de pararrayos tipo dipolo corona, ya que brinda una buena protección debido a que protegen en promedio tres veces su altura de colocación, tomando la altura de la antena de telecomunicaciones es de 85[m] aproximadamente con facilidad cubriría el perímetro de 185[m] que tiene RADIOUNAM.

5.4. Evaluación de cambio de Tarifa "03" a "O-M".

El cambio de tarifa al cual se pretende cambiar a la dependencia RADIOUNAM producirá un beneficio claro, además de utilizar un transformador tipo pedestal que se encuentra

ubicado en la subestación eléctrica, lo cual no provocará una inversión costosa ya que se cuenta con el transformador siendo este lo más costoso.

Es importante mencionar que para poder realizar este contrato CFE pide que no rebases 100KW.

Para lograr esta evaluación fue necesario recabar la información de recibos de CFE, durante un año tomando la tarifa actual "03" a la que se encuentra la dependencia RADIOUNAM, comparándola con la tarifa "O-M" para poder obtener un costo-beneficio al instalar el transformador tipo pedestal.

Tarifa 03					
Mes [KWH]	Demanda Máxima [KW]	Consumo Total [Kwh]	F.P. %	F.C. %	Precio Medio
ene-12	45	18,960	98.30	59	2.2460
feb-12	46	19,440	98.49	53	2.2486
mar-12	47	19,680	98.26	58	2.1762
abr-12	47	21,360	98.17	63	2.1070
may-12	58	18,720	97.16	48	2.3370
jun-12	72	24,240	97.24	44	2.3059
jul-12	47	17,880	98.22	55	2.2674
ago-12	46	19,080	98.38	58	2.2243
sep-12	48	23,160	97.44	63	2.0860
oct-12	45	19,320	98.02	60	2.1082
nov-12	46	20,280	98.20	56	2.1562
dic-12	46	16,200	98.26	52	2.3166
ene-13	39	16,560	97.86	57	2.2150

Tarifa 03								
Cargo x Energia [\$/kWh]	Cargo por Demanda [\$/kW]	Importe Energia [\$]	Importe D. Max. [\$]	% F.P. Bonificación	Bonificación F.P. [\$]	Subtotal [\$]	IVA 16% [\$]	Total [\$]
\$1.73	\$236.01	\$32,876.64	\$10,620.45	2.11	\$918.17	\$42,578.92	\$49,391.54	\$49,391.54
\$1.74	\$237.02	\$33,786.72	\$10,902.92	2.16	\$963.08	\$43,726.56	\$50,722.81	\$50,722.81
\$1.66	\$237.78	\$32,570.40	\$11,175.66	2.10	\$919.35	\$42,826.71	\$49,678.98	\$49,678.98
\$1.63	\$236.85	\$34,838.16	\$11,131.95	2.08	\$956.44	\$45,013.67	\$52,215.85	\$52,215.85
\$1.64	\$237.49	\$30,775.68	\$13,774.42	1.84	\$820.76	\$43,729.34	\$50,726.04	\$50,726.04
\$1.64	\$237.89	\$39,850.56	\$17,128.08	1.86	\$1,060.59	\$55,918.05	\$64,864.94	\$64,864.94
\$1.69	\$238.91	\$30,181.44	\$11,228.77	2.09	\$866.40	\$40,543.81	\$47,030.82	\$47,030.82
\$1.69	\$240.15	\$32,302.44	\$11,046.90	2.13	\$923.12	\$42,426.22	\$49,214.41	\$49,214.41
\$1.63	\$237.60	\$37,843.44	\$11,404.80	1.91	\$940.08	\$48,308.16	\$56,037.46	\$56,037.46
\$1.60	\$236.65	\$30,912.00	\$10,649.25	2.05	\$850.14	\$40,711.11	\$47,224.89	\$47,224.89
\$1.67	\$236.51	\$33,786.48	\$10,879.46	2.09	\$932.44	\$43,733.50	\$50,730.87	\$50,730.87
\$1.70	\$236.42	\$27,459.00	\$10,875.32	2.10	\$805.62	\$37,528.70	\$43,533.29	\$43,533.29
\$1.70	\$237.89	\$28,152.00	\$9,277.71	2.01	\$751.58	\$36,678.13	\$42,546.63	\$42,546.63
								\$653,918.54

Para realizar la parte de tarifa "O-M" se tomaron los mismos datos.

Tarifa O-M					
Mes KWH	Demanda maxima KW	Consumo total Kwh	F.P. %	F.C. %	Precio medio
ene-12	45	18,960	98.30	59	1.7829
feb-12	46	19,440	98.49	53	1.7855
mar-12	47	19,680	98.26	58	1.7148
abr-12	47	21,360	98.17	63	1.6621
may-12	58	18,720	97.16	48	1.8222
jun-12	72	24,240	97.24	44	1.8021
jul-12	47	17,880	98.22	55	1.7840
ago-12	46	19,080	98.38	58	1.7542
sep-12	48	23,160	97.44	63	1.6476
oct-12	45	19,320	98.02	60	1.6556
nov-12	46	20,280	98.20	56	1.7046
dic-12	46	16,200	98.26	52	1.8218
ene-13	39	16,560	97.86	57	1.7515

Tarifa O-M								
Cargo x Energia [\$/kWh]	Cargo por Demanda [\$/kW]	Importe Energia [\$]	Importe D. Max. [\$]	% F.P. Bonificación	Bonificación F.P. [\$]	Subtotal [\$]	IVA 16% [\$]	Total [\$]
\$1.44	\$162.76	\$27,207.60	\$7,324.20	2.11	\$728.93	\$33,802.87	\$39,211.33	\$39,211.33
\$1.44	\$163.46	\$27,954.72	\$7,519.16	2.16	\$764.48	\$34,709.40	\$40,262.91	\$40,262.91
\$1.36	\$163.98	\$26,764.80	\$7,707.06	2.10	\$724.45	\$33,747.41	\$39,147.00	\$39,147.00
\$1.34	\$163.34	\$28,579.68	\$7,676.98	2.08	\$754.35	\$35,502.31	\$41,182.68	\$41,182.68
\$1.35	\$163.78	\$25,253.28	\$9,499.24	1.84	\$640.25	\$34,112.27	\$39,570.23	\$39,570.23
\$1.35	\$164.06	\$32,699.76	\$11,812.32	1.86	\$828.54	\$43,683.54	\$50,672.91	\$50,672.91
\$1.39	\$164.77	\$24,835.32	\$7,744.19	2.09	\$681.64	\$31,897.87	\$37,001.53	\$37,001.53
\$1.39	\$165.63	\$26,578.44	\$7,618.98	2.13	\$728.23	\$33,469.19	\$38,824.26	\$38,824.26
\$1.34	\$163.87	\$31,034.40	\$7,865.76	1.91	\$742.55	\$38,157.61	\$44,262.82	\$44,262.82
\$1.31	\$163.21	\$25,309.20	\$7,344.45	2.05	\$667.93	\$31,985.72	\$37,103.43	\$37,103.43
\$1.37	\$163.11	\$27,803.88	\$7,503.06	2.09	\$737.06	\$34,569.88	\$40,101.06	\$40,101.06
\$1.40	\$163.04	\$22,647.60	\$7,499.84	2.10	\$633.57	\$29,513.87	\$34,236.09	\$34,236.09
\$1.40	\$164.05	\$23,200.56	\$6,397.95	2.01	\$594.33	\$29,004.18	\$33,644.85	\$33,644.85
								\$515,221.11

Comparación de Tarifa "03" y "O-M".

En la elaboración de los cálculos de tarifa es importante señalar que la diferencia en costo que se podrá ahorrar la dependencia RADIOUNAM por año es de: **\$138,697.44**.

Lo cual se refleja cómo el **21%** del costo anual de luz que se paga anualmente. Por lo que es importante poner en funcionamiento el transformador tipo pedestal ubicado en la subestación.

CAPITULO VI. Conclusiones.

Las recomendaciones tomadas para este proyecto son para una mejora, tomando como prioridad el personal de mantenimiento y al usuario que utiliza las instalaciones, ya que este proyecto es evaluado bajo normas de seguridad como NOM-001-SEDE-2012, la NOU, y otras que fueron mencionadas a lo largo de los capítulos.

Cada uno de los apartados de este proyecto enfatiza en cada necesidad que se debe cubrir para una mejora en la instalación por lo que se debe cubrir cada necesidad que la instalación requiera.

Algo importante por mencionar es que en pie a nuestro diseño e inserción del transformador tipo pedestal se generaría un ahorro en el consumo de energía, lo que daría un doble beneficio, por un lado el económico y el segundo es una mejora en la instalación eléctrica. Cada revisión efectuada en las instalaciones de RADIOUNAM, fue sumamente enfocada en la mejora de la misma, aunque cabe señalar que la demanda del edificio es poca comparada con la capacidad del transformador ya que se aproxima apenas al 25% de la capacidad del transformador lo que con el paso del tiempo provocaría pérdidas de energía.

Para obtener resultados satisfactorios es necesario cubrir y realizar las recomendaciones mencionadas en el capítulo 5 a la brevedad posible, para así lograr cumplir con las normas aplicables a cada situación.

Glosario

Alimentadores: son conductores que proporcionan toda la energía eléctrica a una instalación eléctrica.

Balastro: es un dispositivo que sirve para mantener estable y limitar un flujo de corriente para lámparas fluorescente.

Barra de tierra física: Barra rectangular de cobre a la que se conectan físicamente un cierto número de conductores de puesta a tierra.

Cable: Conductor eléctrico flexible formado por varios alambres trenzados, el cable puede ser desnudo, aislado y de forma redonda o concéntrica.

Carga eléctrica: Todos aquellos dispositivos y equipos que consumen o que utiliza energía eléctrica.

Circuito derivado: Parten de las barras colectoras de un centro de cargas o de un tablero de alumbrado y control.

Conductor desnudo: Conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

Conexión: Unión efectiva y permanente de los elementos metálicos para formar una trayectoria eléctrica, la cual debe garantizar la continuidad y la capacidad para conducir en forma segura cualquier corriente transitoria impuesta.

Contactos: son tomas de corriente eléctrica.

Cortocircuito: se origina por la unión fortuita de dos líneas eléctricas sin aislación, entre las que existen una diferencia de potencial eléctrico, que ocasiona un valor de intensidad de corriente, se eleva de tal manera que los conductores eléctricos pueden llegar a fundirse en los puntos de falla.

Cuadro de carga eléctrica: Es la recopilación de información que especifican la cantidad de circuitos y las cargas eléctricas que son utilizadas en cada uno de los circuitos en la instalación eléctrica.

Delta: Configuración eléctrica en forma de triángulo equilátero.

Diagrama unifilar: Es una representación gráfica de una instalación eléctrica o parte de ella.

Electrodo: Es una varilla metálica recubierta de cobre, resistente a la corrosión y un excelente conductor (baja resistencia eléctrica).

Electrodo de puesta a tierra: Cuerpo metálico en contacto con el suelo, destinado a establecer una conexión con el mismo, debe ser de un material resistente a la corrosión y buen conductor, tal como cobre o cobre con alguna aleación.

Equipo eléctrico: Término general referido a dispositivos electrónicos y eléctricos, utilizados en una instalación eléctrica.

Instalación Eléctrica: Es uno o varios circuitos eléctricos destinados a un uso específico y que cuentan con los equipos necesarios para asegurar el correcto funcionamiento de ellos y los aparatos eléctricos conectados a los mismos.

Interruptor termomagnético: Es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de forma manual o automáticamente de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores nominales.

Plano Eléctrico: Es una representación gráfica de una instalación eléctrica empleado como medio de consulta en el montaje y diseño de esta.

Planta de emergencia: Es una máquina que mueve un generador de electricidad a través de un motor de combustión interna. Son comúnmente utilizadas cuando hay déficit en la generación de energía eléctrica de algún lugar.

Sistemas de tierras y Pararrayos: Diseño eléctrico cuya finalidad es de proporcionar un medio seguro y eficaz para drenar las corrientes de falla a tierra, de rayo, estáticas y de retorno para no dañar los equipos eléctricos y electrónicos de una instalación eléctrica.

Sobrecarga: Una demanda excesiva de carga eléctrica que produce exceso de corriente en los conductores provocando el calentamiento excesivo, lo que puede significar deterioro de su aislamiento.

Subestación Eléctrica: Es una instalación destinada a modificar y establecer los niveles de tensión de una infraestructura eléctrica y su distribución.

Tablero de distribución, derivado: Son componentes de una instalación eléctrica, en él se protegen cada uno de los distintos circuitos en los que se divide la instalación a través fusibles, protecciones termomagnéticos.

Tablero de transferencia: Es un medio de conmutación de respuesta inmediata que nos permite seleccionar una fuente de energía alterna para evitar cortes del suministro eléctrico.

Referencias Bibliográficas

- I. NOM-001-SEDE-2012. Norma Oficial Mexicana, Instalaciones Eléctricas.
- II. NOU. Norma Oficial Universitaria.
- III. NMX-J-549-ANCE-2005. Sistema de protección contra tormentas eléctricas – Especificaciones, materiales y métodos de medición.
- IV. NFR-011-CFE-2004. Sistema de tierras para plantas y subestaciones eléctricas
- V. Norma IEEE-80-2000. Guide for Safety in AC Substation Grounding.
- VI. NOM-022-STPS—2008. Electricidad estática en los centros de trabajo-Condiciones de seguridad e higiene.
- VII. José María Yusta Loyo, Tecnología Eléctrica, 1ª Edición, Editorial: Prensas Universitarias de Zaragoza, 2011, Zaragoza España, 413p.

1.1. Datos de Trazador.

Trazador marca: AMPROBE, Modelo CT-100.

- Se recomienda para aplicaciones industriales.
- Para su uso con cables energizados 9 a 300 V AC/DC.
- Tensión de funcionamiento 9 a 300 voltios AC/DC.

Equipo de alta resistencia, se recomienda para aplicaciones industriales difíciles.

Para cables enterrados u ocultos detrás de las paredes de hasta 4 pies de profundidad.

Realiza pruebas sin tener que interrumpir la energía.

Localiza los interruptores, las líneas de neutro y de tierra.

Localiza y ubica cables en paredes, suelos, conductos, cables de ordenador, etc.

Apunta a cortocircuitos y fallas a tierra.

No interfiere con los equipos electrónicos sensibles.²²

1.2. Método del Puente de Wenner.

El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia (I) a través de la tierra entre los electrodos exteriores $C1$ y $C2$, este flujo de corriente produce una variación de potencial en el suelo, mientras que la diferencia de potencial (V) se mide entre los electrodos internos $P1$ y $P2$. Los 4 electrodos están enterrados en línea recta y a una distancia uniforme entre ellos como se muestra en la figura W1. La relación entre la diferencia de potencial (V) y la corriente de inyección (I) es conocida como la resistencia aparente (R).

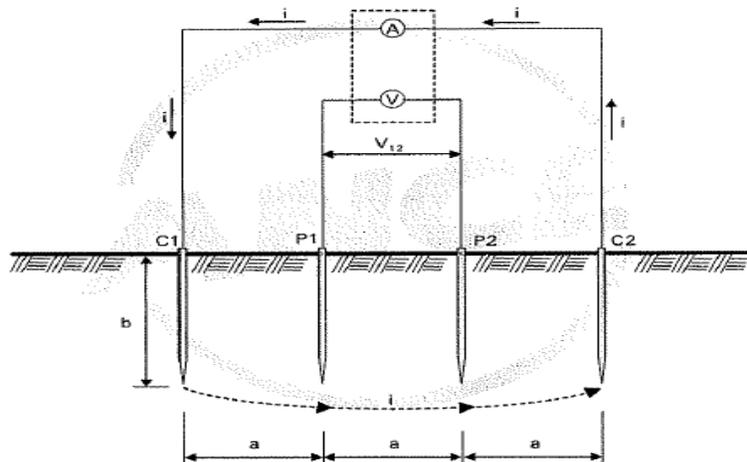


Ilustración. Método de conexión de los cuatro electrodos o Método Wenner, tomado de NMX-J-549-ANCE-2005.

²² <http://www.amprobe.com/amprobe/usen/wire-tracers-underground-cable-and-cable-locators/wire-tracers/amp-ct-100.htm?pid=73196>

Procedimiento de Medición.

- 1) Seleccionar un eje de referencia sobre el suelo para llevar a cabo las mediciones.
- 2) Colocar los 4 electrodos en línea recta como se muestra en la figura W.1
- 3) Suministrar la corriente de inyección, presionando el botón del Megger de tierras.
- 4) Registrar el valor de la resistencia aparente (R) obtenido del equipo de medición.
- 5) Repetir la medición para diferentes distancias (a) entre los electrodos y registrar los valores.
- 6) Repetir el paso 5 pero para diferentes trayectorias.

A continuación se muestran las trayectorias de direcciones recomendadas para la medición de la resistividad del suelo.

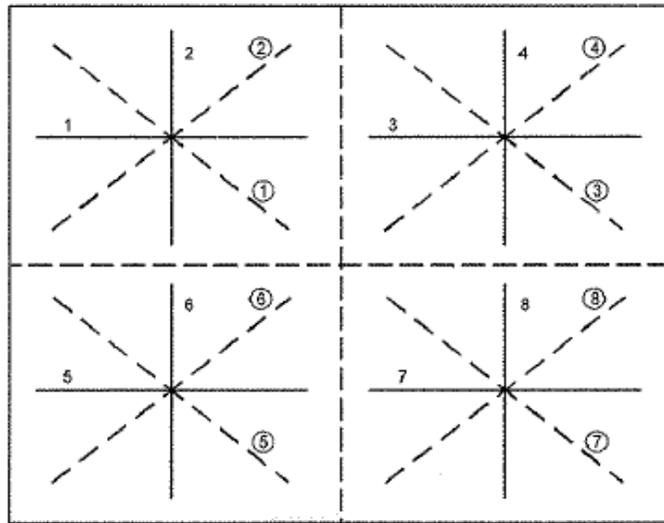


Ilustración. Trayectorias de direcciones recomendadas, tomado de NMX-J-549-ANCE-2005.

Recomendaciones:

- ✓ El valor máximo recomendado para la profundidad (b) de los electrodos es igual al 10% de la distancia entre electrodos (a).
- ✓ Las distancias entre los electrodos pueden ser arbitrarias, pero igual entre electrodos. Se recomienda que al inicio de las mediciones la distancia mínima de separación entre electrodos sea de 1 metro.
- ✓ Es necesario hacer el mayor número de mediciones posibles, cambiando la dirección y posición de los electrodos, con el fin de obtener un perfil representativo del suelo.

- ✓ No olvidemos que la resistividad del suelo depende de varios parámetros como son:
 - 1) Contenido de agua. (Depende de la estación del año).
 - 2) La temperatura.
 - 3) Contenido de sales.
 - 4) Grado de compactación.
 - 5) Heterogeneidad.

Una vez registrado las lecturas de nuestro equipo de medición proseguimos a obtener la resistividad aparente del suelo que está determinada por la siguiente fórmula:

$$\rho = \frac{4\Omega a R}{1 + \frac{2a}{\sqrt{a^2 + 4b^2}} - \frac{2a}{\sqrt{4a^2 + 4b^2}}};$$

Dónde:

- ρ Es la resistividad aparente del suelo en Ω/m.
- a Es la distancia entre los electrodos en m.
- b Es la profundidad de los electrodos en m.
- R Es la resistencia aparente en Ω.

Si la profundidad (b) es muy pequeña comparada con la distancia de separación (a) y se cumple la relación (a) > 20 (b), podemos optar por usar la formula siguiente.

$$\rho = 2\pi a R;$$

Con los datos recabados proseguimos a llenar la siguiente tabla:

No de medición	separación [m]	dirección 1 [Ω*m]	dirección 2 [Ω*m]	dirección 3 [Ω*m]	dirección n [Ω*m]	promedio [Ω*m]
1						
2						
n						

Para obtener el promedio de resistividad aparente del suelo se tienen las siguientes expresiones:

Para un suelo uniforme:

$$\rho_P = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3 + \rho_n}{n};$$

O bien:

$$\rho_P = \frac{\rho_{min} + \rho_{max}}{2};$$

Dónde:

ρ_p	Es la resistividad aparente promedio.
$\rho_1, \rho_2, \rho_3, \rho_n$	Resistividades aparentes medidas a diferentes posiciones.
ρ_{min}	Resistividad aparente mínima medida.
ρ_{max}	Resistividad aparente máxima medida.

Y finalmente se obtiene la resistividad aparente del terreno.

1.3. Método para el cálculo de corriente de Corto Circuito.

Existen diferentes métodos para el cálculo de las corrientes de corto circuito, por su simplicidad y validez tomaremos *el método de las impedancias* que nos permite calcular las corrientes en cualquier punto de una instalación con una precisión aceptable.

Método de las impedancias.

Este método consiste en sumar separadamente las diferentes resistencias y reactividades que se encuentran involucradas en la falla. La corriente de corto circuito se obtiene mediante la ley de Ohm. Para poder aplicar este método es necesario conocer todas las características de los elementos que intervienen en la falla (fuentes y conductores). A continuación se muestra el cálculo de las impedancias para cada elemento.

Diagrama de impedancias.

Es necesario realizar un pequeño diagrama, donde mostremos los elementos que interviene en el corto circuito.

Impedancia de la red (aguas arriba del transformador).

Para esta parte la empresa suministradora CFE facilitara la potencia de corto circuito. Este valor nos permitirá calcular la impedancia de corto circuito equivalente de la red. En otras palabras la impedancia aguas arriba.

$$S_{cc} = I_{cc\text{ sist}} [kA] * V_{MT} [kV];$$

$$Z_{red} = \frac{V_{MT}^2}{S_{cc}} [\Omega];$$

Para encontrar la resistencia y reactividad de la red se considera una hipótesis de que el factor de potencia de la impedancia de la red eléctrica es de 85°.

$$R_{red} = Z_{red} * \cos 85 = 0.1 * Z_{red} [\Omega];$$

$$X_{red} = Z_{red} * \sin 85 = 0.995 * Z_{red} [\Omega];$$

Dónde:

S_{cc} Es un valor que la empresa suministradora debe de brindar para poder hacer el cálculo.

V_{MT} Es el valor de la tensión en el lado de Media Tensión.

Z_{red} Impedancia de la red.

R_{red} Resistencia de la red.

X_{red} Reactancia de la red.

I_{ccsist} Corriente de corto circuito de la compañía suministradora.

Impedancia del transformador.

La impedancia del transformador se calcula con la siguiente formula tomando en cuenta el voltaje en baja tensión su potencia aparente y el porcentaje de impedancia.

$$Z_T = \%_T \frac{V_{BT}^2}{S_T} [\Omega];$$

En ausencia de datos técnicos del transformador podemos aproximar con las siguientes formulas.

$$R_T = 0.2 * X_T = 0.2 * Z_T [\Omega];$$

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} [\Omega];$$

Dónde:

S_T Es la potencia aparente del transformador, tomado de la placa de datos.

V_{BT} Es el valor de la tensión en el lado de Baja Tensión.

$\%_T$ Es el porcentaje de impedancia del transformador, tomado de la placa de datos.

Z_T Impedancia del transformador.

R_T Resistencia del transformador.

X_T Reactancia del transformador.

Impedancia de los conductores (aguas abajo del transformador).

La impedancia (resistencia R y reactancia X) de los conductores pueden ser proporcionados por el fabricante, de no ser así, existen tablas que nos brindan el valor de la resistencia y reactancia, dependiendo el material y área del conductor, estos valores también pueden ser calculados por formulas.

$R_L = \rho \frac{L}{S}$; Para la resistencia del conductor.

$X_L = 0.08 \left[\frac{m\Omega}{m} \right]$; Para cables multiconductores o unipolares en disposición triangular.

$X_L = 0.09 \left[\frac{m\Omega}{m} \right]$; Para cables unipolares en un plano, sin separación entre ellos.

$X_L = 0.13 \left[\frac{m\Omega}{m} \right]$; Para cables unipolares en un plano, separados al menos un diámetro.

Dónde:

ρ Es la resistividad del material conductor [$\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$].

L Es la longitud del conductor [m].

S Es la sección del conductor [mm^2].

R_L Resistencia de la línea.

X_L Reactancia de la línea.

Dispositivos de maniobra y protección.

Estos dispositivos tales como interruptores termomagnéticos, contactores, etc. Presentan una impedancia normalmente muy pequeña pero que se deben de tomar en cuenta al hacer el análisis de corriente de cortocircuito, siempre y cuando este elemento se encuentre aguas arriba del defecto. Se propone para un interruptor en baja tensión una reactancia de $X = 0.15 \text{m}\Omega$ y considerar una resistencia $R=0$.

Conversión de las impedancias de la red.

El método de impedancias consiste en sumar las impedancias de todos los elementos de la red eléctrica que intervienen en el defecto, No obstante no es posible sumar impedancias en distintos niveles de tensión por lo que las impedancias del lado de alta tensión del transformador no se pueden sumar con las que se encuentran en el lado de baja tensión, esto de forma directa. Para poder realizar la suma es necesario realizar una adaptación con las impedancias aguas arriba del transformador.

La conversión de impedancias para un mismo nivel de tensión se lleva a cabo mediante la relación de transformación "a" que se tiene con los valores de alta tensión y baja tensión.

$$a = \frac{V_{AT}}{V_{BT}};$$

$$Z_{BT} = Z_{AT} * \left(\frac{V_{BT}}{V_{AT}}\right)^2;$$

$$(R_{red})_{BT} = R_{red} * \left(\frac{V_{BT}}{V_{AT}}\right)^2 = \frac{R_{red}}{a^2} [\Omega];$$

$$(X_{red})_{BT} = X_{red} * \left(\frac{V_{BT}}{V_{AT}}\right)^2 = \frac{X_{red}}{a^2} [\Omega];$$

Dónde:

a Es la relación de transformación.

V_{BT} Es el valor de la tensión en el lado de Baja Tensión.

V_{AT} Es el valor de la tensión en el lado de Alta Tensión.

R_{red} Resistencia de la red.

X_{red} Reactancia de la red.

$(R_{red})_{BT}$ Resistencia de la red con la conversión en baja tensión.

$(X_{red})_{BT}$ Resistencia de la red con la conversión en baja tensión.

Calculo de la corriente de corto circuito.

Para hacer el cálculo final se necesitan sumar todas las resistencias, todas las reactancias y así encontrar la impedancia total.

$$R_{cc} = (R_{red})_{BT} + R_T + R_L [\Omega];$$

$$X_{cc} = (X_{red})_{BT} + X_T + X_L [\Omega];$$

$$Z_{cc} = \sqrt{R_{cc}^2 + X_{cc}^2} [\Omega];$$

Finalmente ya que se encontró la impedancia total, se prosigue a calcular la corriente máxima de cortocircuito con la siguiente expresión:

$$I_{cc} = \frac{V_{BT}}{\sqrt{3} * Z_{cc}} [\Omega];$$

Dónde:

- R_{cc} Resistencia de cortocircuito.
- X_{cc} Reactancia de cortocircuito.
- Z_{cc} Impedancia de cortocircuito.
- I_{cc} Corriente de cortocircuito.

También existe una forma de calcular la corriente máxima de cortocircuito con una solo formula tomando en cuenta únicamente la impedancia del transformador despreciando las impedancias aguas arriba del transformador y a su salida.

$$I_{cc} = \frac{S_T}{\sqrt{3} * V_{BT} * \%_T} [\Omega];$$

Dónde:

- I_{cc} Corriente de cortocircuito.
- S_T Es la potencia aparente del transformador, tomado de la placa de datos.
- V_{BT} Es el valor de la tensión en el lado de Baja Tensión.
- $\%_T$ Es el porcentaje de impedancia del transformador, tomado de la placa de datos.

1.6. Método para el cálculo de la malla del sistema de tierras.

Como sabemos es necesario en toda instalación eléctrica contar con un sistema de tierras ya sea desde una simple varilla o hasta una malla de tierras, esto depende del tamaño de la instalación eléctrica, los elementos que la compongan y las propiedades del suelo.

Su principal objetivo es proveer un medio seguro para el personal que interactúa con equipos energizados o sistemas eléctricos, anulando la posibilidad de una descarga eléctrica a través del cuerpo humano, esto bajo condiciones de una falla.

Existen más funciones del sistema de tierras pero principalmente es el de guardar la integridad física del personal y drenar las corrientes de falla a tierra. En este análisis se optó por una malla de tierras ya que el “sistema de malla” limita los potenciales que se generan al ocurrir una falla, además proporciona valores bajos de resistencia a tierra para el sistema eléctrico.

El método que emplearemos se consultó en las normas oficiales NFR-011-CFE-2004, IEEE-80-2000.

Resistividad del terreno

Para este punto ya debemos de contar con la resistividad aparente del terreno, que se encontró con el Método Wenner o Método de los 4 electrodos.

Corrientes de corto circuito

A la hora de plantear la malla es necesario contar con el análisis de corto circuito, ya que es un factor principal para la dimensión de la malla.

Datos necesarios para el análisis de la malla:

SIMBOLO		VALORES	UNIDADES
ρ	Resistividad del terreno, se obtuvo mediante el método Wenner.		[$\Omega \cdot m$]
h	Profundidad a la que estará enterrada la malla		[m]
h _o	Profundidad de referencia		[m]
b	Dimensión de la malla. Largo		[m]
a	Dimensión de la malla. Ancho		[m]
ρ_s	Resistividad superficial del material (asfalto)		[$\Omega \cdot m$]
h _s	Espesor de la capa superficial		[m]
I _{cc1ϕ-t}	Corriente de cortocircuito fase a tierra.		[A]
F _p	Factor de proyección		[adm]
*D _f	Factor de decremento		[adm]
Y/X	Relación X VS R Resistencia en el punto donde ocurre la falla.		[adm]
C _{cond}	Calibre del conductor. no menor a un 4/0 AWG por norma		[AWG]

d	Diámetro del conductor	[m]
# cv	No de conductores verticales	[adm]
# ch	No de conductores horizontales	[adm]
D	separación entre conductores	[m]
Dvarilla	Diámetro de la varilla	[m]
Lv	Longitud de la varilla	[m]
# V	No de varillas	[adm]
t falla	Tiempo de duración de la falla antes de que el fusible abra el circuito.	[s]

Nota: Los datos siguientes se obtuvieron de tablas.

ρ_s Tomada de la tabla 6.1

D_f Tomado de la tabla 6.2

Corriente máxima de la malla:

$$I_{max\ malla} = F_p * D_f * I_g$$

Dónde:

F_p Factor de proyección, incrementos futuros del sistema eléctrico.

I_g Corriente simétrica de malla (valor RMS), falla a tierra.

D_f Factor de decremento.

Factor de decremento:

$$D_f = \sqrt{1 + \frac{T_a}{t_{falla}} \left(1 - e^{-\frac{2t_{falla}}{T_a}}\right)}$$

Dónde:

$T_a = \frac{x''}{\omega R}$ Constante de tiempo subtransitoria, en segundos.

t_{falla} Es el tiempo en el que transcurre la falla.

Calibre del conductor de puesta a tierra de la malla.

Para este paso el calibre se calcula con las siguientes formulas:

$$A_{mm2} = I \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP * 10^{-4}}{t_c \alpha_r \rho_r} * \ln\left(\frac{K_0 + T_M}{K_0 - T_a}\right)\right)}}$$

$$A_{kcmil} = I \frac{197.4}{\sqrt{\left(\frac{TCAP}{t_c \alpha_r \rho_r} * \ln\left(\frac{K_0 + T_M}{K_0 - T_a}\right)\right)}}$$

Dónde:

A_{mm^2}	Es el área en milímetros cuadrados.
I	Corriente en RMS en KA.
TCAP	Es la capacidad térmica por unidad de volumen, obtenido de la tabla 6.3.
t_c	Es la duración de la falla en [s].
ρ_r	Es la resistividad del conductor de tierra en la temperatura de referencia TR en $\mu\Omega \cdot \text{cm}$, obtenido de la tabla 6.3.
α_r	Es el coeficiente térmico de resistividad a temperatura de referencia TR en $1 / ^\circ \text{C}$, obtenido de la tabla 6.3.
K_0	$1/\alpha_0$ o $(1/\alpha_r) - T_r$ in $^\circ\text{C}$, obtenido de la tabla 6.3.
T_M	Temperatura máxima en $^\circ\text{C}$ permisible. Conectores 250, soldadura latón 450, soldadura autógena 1083.
T_A	Temperatura ambiente.

Nota: Por recomendación de la Norma NOM-001-SEDE-2012 el calibre del conductor debe de ser como mínimo de 4/0 AWG para subestaciones eléctricas.

Límite de corriente permisible para el cuerpo humano.

$$I_{c\ 50kg} = \frac{.116}{\sqrt{t_{falla}}}$$

$$I_{c\ 70kg} = \frac{.157}{\sqrt{t_{falla}}}$$

Dónde:

t_{falla} Es el tiempo en el que transcurre la falla.

Factor de Reducción (Fr):

$$Fr = 1 - \frac{0.09(1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2h_s + 0.09}$$

Dónde:

ρ_s Resistividad superficial del terreno (Capa superficial).

ρ Resistividad del terreno

h_s Espesor de la capa superficial del terreno

Potenciales de "contacto" tolerables para el cuerpo humano.

$$E_{CONTACTO\ 50KG} = (1000 + 1.5 * Fr * \rho_s) \frac{.116}{\sqrt{t_{falla}}}$$

$$E_{CONTACTO\ 70KG} = (1000 + 1.5 * Fr * \rho_s) \frac{.157}{\sqrt{t_{falla}}}$$

Dónde:

- t_{falla} Es el tiempo en el que transcurre la falla.
 Fr Factor de reducción.
 ρ_s Resistividad superficial del terreno

Potenciales de "paso" tolerables para el cuerpo humano.

$$E_{PASO\ 50KG} = (1000 + 6 * Fr * \rho_s) \frac{.116}{\sqrt{t_{falla}}}$$

$$E_{PASO\ 70KG} = (1000 + 6 * Fr * \rho_s) \frac{.157}{\sqrt{t_{falla}}}$$

Dónde:

- t_{falla} Es el tiempo en el que transcurre la falla.
 Fr Factor de reducción.
 ρ_s Resistividad superficial del terreno

Para este paso se dispone a proponer la cantidad de conductores horizontales, verticales y número de varillas. En base al área de la malla, no olvidando que se debe de cumplir la condición para tener una malla cuadrada.

$$\#conductores\ horizontales(ch) = \frac{ancho(a)}{separacion(D)} + 1$$

$$\#conductores\ verticales(cv) = \frac{largo(b)}{separacion(D)} + 1$$

Se prosigue a hacer la suma total de conductores:

$$L_T = (\#cv * a) + (\#ch * b) + (L_{VT})$$

Resistencia de la malla (R_g):

$$R_g = \rho \left[\frac{1}{L_T} + \left(\frac{1}{\sqrt{20} * A_m} \right) * \left(1 + \frac{1}{1 + \left(h * \sqrt{\frac{20}{A_m}} \right)} \right) \right]$$

Dónde:

$L_T = (\#cv * a) + (\#ch * b) + (L_{VT})$ Longitud total de conductores en la malla, en metros.

$A_m = (a * b)$; Área de la malla, en metros.

h ; Profundidad de la malla, en metros.

Si desde este punto se cumple la condición, la malla es adecuada:.

$I_{max\ malla} * R_g$	<	E contacto tolerables para el cuerpo

Potencial de "contacto" en la malla:

$$E_M = \frac{\rho * K_m * k_i * I_{max\ malla}}{L_m}$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left(\ln \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D + 2h)^2}{8hd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{k_{ii}}{k_h} \ln \left(\frac{8}{\pi(2n - 1)} \right) \right)$$

$$K_i = 0.644 + (0.148 * n)$$

$$k_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}}; \quad h_0 = 1$$

$k_{ii} = 1$;

Dónde:

D Separación entre los conductores en metros

h Profundidad de la malla en metros.

$k_{ii} = 1$ Para mallas con varillas de tierra en las esquinas o a lo largo del perímetro.

h_0 Profundidad de referencia)

d Diámetro del conductor, en metros.

$$n = n_a * n_b * n_c * n_d;$$

$$n_a = \frac{2 * \#ch * longitud\ horizontal(b)}{L_{perimetral}}$$

$n_b = 1$; Para mallas cuadradas.

$n_c = 1$; Para mallas cuadradas y mallas rectangulares.

$n_d = 1$; Para mallas cuadradas y mallas rectangulares y en forma de L.

Calculó de la distancia (L_m):

$$L_m = L_c + \left(1.55 + 1.22 \left(\frac{L_v}{\sqrt{L_x^2 + L_y^2}} \right) \right) * L_{VT}$$

Dónde:

L_c Longitud total de conductores en la malla horizontal, en metros.

L_{VT} Longitud total de las varillas, en metros.

L_v Longitud de una varilla, en metros.

Potencial de "paso" en la malla:

$$E_s = \frac{\rho * K_s * k_i * I_{max\ malla}}{L_s}$$

$$k_s = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0.5^{(n-2)}) \right)$$

Dónde:

D Separación entre los conductores en metros.

h Profundidad de la malla en metros.

$$K_i = 0.644 + (0.148 * n)$$

Calculó de la distancia (L_s):

$$L_s = .75L_c + .85L_{VT}$$

Dónde:

$L_c = (\#ch * b)$ Longitud total de conductores en la malla horizontal, en metros.

$L_{VT} = (\#V * L_v)$; Longitud total de las varillas, en metros.

Si la malla es segura debe de cumplir con las siguientes condiciones:

CALCULO DE LA MALLA		POTENCIALES TOLERABLES PARA UNA PERSONA
Potencial de "paso" dado por la malla	<	Potencial de "paso" tolerable
Potencial de "contacto" dado por la malla	<	Potencial de "contacto" tolerable

3.3. Cuadro de Análisis Normativo de la dependencia RADIOUNAM.

Para el análisis de anomalías en la instalación eléctrica de la dependencia de RADIOUNAM se realizó un cuadro para presentar la anomalía junto con la imagen adecuada.

Tableros Derivados	
TABLEROS	SITUACIÓN
	<p>Al gabinete le falta mantenimiento. El deterioro puede provocar accidentes al maniobrar en él, o mal funcionamiento y oxidación al mismo.</p> <p>Se presenta en los siguientes tableros: Planta Baja: A, C. Primer Nivel: KE. Segundo Nivel: F, GE.</p> <p>Art. 110-3, NOM-001-SEDE-2012.</p>
	<p>La zona alrededor del equipo se encuentra sucia y/o con materiales ajenos a la instalación. Esto expone al personal a sufrir un accidente, además de que el equipo podría sufrir algún daño ya sea por un corto circuito o un contacto al maniobrar.</p> <p>Se presenta en los siguientes tableros: Planta Baja: A, C, EV, HE. Primer Nivel: EE, KE, T. Segundo Nivel: GE.</p> <p>Art. 110-3, NOM-001-SEDE-2012.</p>



Algunos conductores no cuentan con características eléctricas. Los conductores de mala calidad no garantizan un buen funcionamiento.

Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: HE.

Art. 310-110, 310-120,
NOM-001-SEDE-2012.



Los conductores se agrupan con pequeños fragmentos de cable. Este tipo de amarre no es seguro, los conductores se liberarían y se podría dañar su aislamiento además de que se generaría desorden en el tablero.

Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: A, C.
Primer Nivel: B', D, KE, T.
Segundo Nivel: F, GE, S.

Art. 110-7, 210-4 d),
NOM-001-SEDE-2012.



No hay un libre acceso a la zona de tableros. Dificulta la entrada y/o salida del personal capacitado.

Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: A, B.
Primer Nivel: EE, Q, T.
Segundo Nivel: S.

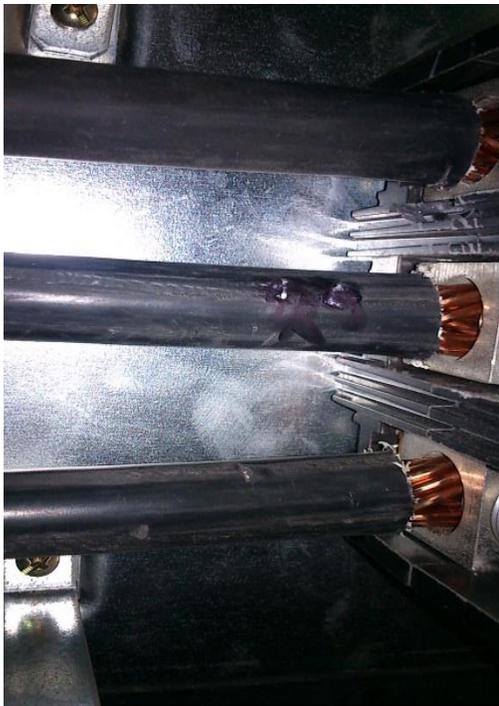
Art. 110-26
NOM-001-SEDE-2012.



En el tablero no se respeta el código de colores. Se pueden confundir cables energizados con neutro o puesta a tierra aislada generándose una posible falla o accidente.

Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: A, B, C, EV, HE.
Primer Nivel: A', B', D, EE, KE, Q, T.
Segundo Nivel: F, GE, S.

Art. 210-5,
NOM-001-SEDE-2012.



La cubierta aislante de los conductores está dañada. No debe haber partes dañadas que puedan afectar negativamente el funcionamiento seguro ni la resistencia mecánica de los equipos, tales como piezas rotas, dobladas, cortadas, o deterioradas por la corrosión, por agentes químicos o por recalentamiento.

Se presenta en los siguientes tableros:
Primer Nivel: B', KE, Q, T.
Segundo Nivel: GE.

Art. 110-12 b), 110-7, 110-3, 408-19.
NOM-001-SEDE-2012.

Partes vivas expuestas. Esto expone al personal a sufrir un accidente, ya sea debido a mala instalación eléctrica o deterioro del aislante en algunos casos.



Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: A.
Primer Nivel: KE, Q, T.
Segundo Nivel: GE.

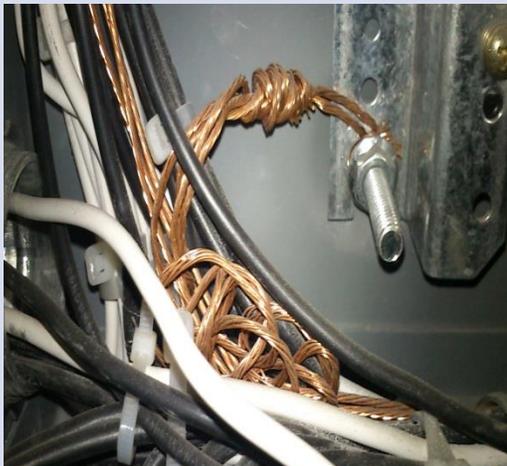
Art. 110-27,
NOM-001-SEDE-2012.



El peinado de conductores está mal, los conductores tienen dobleces y/o no están alineados. Esto lastima internamente al conductor y al aislante pudiendo provocar una falla en el suministro eléctrico.

Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: A, B, EV.
Primer Nivel: A', B', D, EE, KE.
Segundo Nivel: F, GE.

Art. 110-3, 110-7,
NOM-001-SEDE-2012.



El tablero no cuenta con kit de tierra física, el gabinete está aterrizado con un tornillo. Al ocurrir una falla, no se drenan las corrientes de falla de los circuitos derivados.

Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: HE.
Primer Nivel: A', B', KE.

Art. 110-3 b), 647-6 b),
NOM-001-SEDE-2012,
Art. 5.3
NOM-022-STPS-2008.



El tablero no está bien sujeto al muro. Esto expone al personal a sufrir un accidente y/o podría generar alguna falla eléctrica o expone al tablero a caerse.

Se presenta en los siguientes tableros:

Planta Baja: C.

Segundo Nivel: GE.

Art. 110-12 b), 110-27 a),
110-13 a)
NOM-001-SEDE-2012



Hay empalmes dentro del tablero. Los conductores se pueden soltar y hacer contacto con el gabinete provocando una falla eléctrica o daño al personal que lo manipule, además de incrementar el nivel de ocupación del tablero.

Se presenta en los siguientes tableros:

Planta Baja: B.

Primer Nivel: A', B', D, KE.

Segundo Nivel: F.

Art. 300-13 a), 300-15, 400-9,
NOM-001-SEDE-2012.



Canalizaciones saturadas o inadecuadas. Puede haber degradación del aislamiento de los conductores por sobrecalentamiento de los mismos hasta la provocación de un corto circuito.

Se presenta en los siguientes tableros:

Planta Baja: B, C, EV, HE.

Primer Nivel: A', B', D, EE, KE, Q.

Segundo Nivel: F, GE, S.

	<p>Art. 110-7, 110-3, Tabla 4 cap. 10, NOM-001-SEDE-2012.</p>
	<p>Hay conductores sueltos aislados. Al quedar libres podría generarse una falla entre fases o a tierra.</p> <p>Se presenta en los siguientes tableros: Planta Baja: B. Primer Nivel: KE.</p> <p>Art.110-7, NOM-001-SEDE-2012.</p>
	<p>Hay instalaciones provisionales con conductores de uso rudo. El aislamiento del cable de uso rudo no garantiza cubrir y proteger al conductor como lo haría una tubería o una charola, y a largo plazo generaría daños a los conductores.</p> <p>Se presenta en los siguientes tableros: Planta Baja: B, EV, HE</p> <p>Art. 590-3 a) y b), 400-8, NOM-001-SEDE-2012.</p>
	<p>El equipo eléctrico no cuenta con señalización de riesgo eléctrico. Esto representa un peligro para el personal no capacitado.</p> <p>Se presenta en los siguientes tableros: Planta Baja: A, B, C, EV, HE. Primer Nivel: A', B', D, EE, KE, Q, R, T. Segundo Nivel: F, GE, S.</p> <p>Art. 110-16, 110-27 c), NOM-001-SEDE-2012.</p>



El tablero se encuentra mal ubicado.
En caso de que ocurriera una falla o que se hiciera mal uso del equipo, representaría un peligro tanto para el personal como para la integridad del equipo.

Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: C, EV, HE.
Primer Nivel: A', B', D, KE, R, T.
Segundo Nivel: F, GE, S.

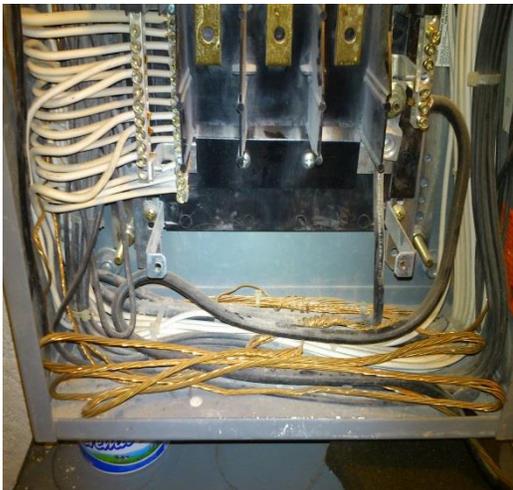
Art. 408-20,
NOM-001-SEDE-2012.

Debido a que se ubica en el baño de hombres, ubicado a un costado del auditorio. Planta Baja.

En el piso del local hay agua. La humedad provoca oxidación en los equipos, además expone al personal a sufrir un accidente y/o podría generar alguna falla eléctrica.

Se presenta en el siguiente tablero:
Planta Baja: HE.

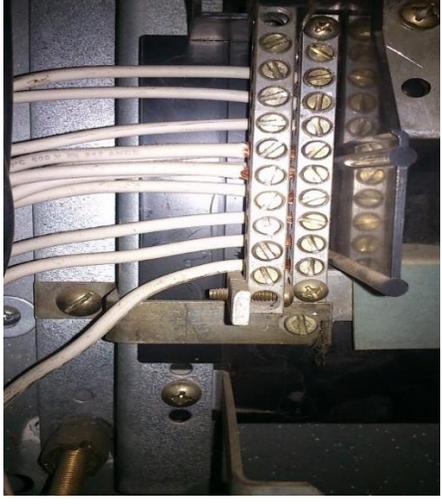
Art. 110-11, 110-12, 312-2,
NOM-001-SEDE-2012.



El tablero no cuenta con kit de tierra física y el gabinete no está aterrizado. Al ocurrir una falla, no se drenan las corrientes de falla de los circuitos derivados, y el gabinete puede energizarse causando daños al personal.

Se presenta en el siguiente tablero:
Planta Baja: A.

Art. 110-3 b), 647-6 b),
NOM-001-SEDE-2012,
Art. 5.3,
NOM-022-STPS-2008.

	<p>Hay materiales inflamables cerca del equipo eléctrico. En caso de que ocurriera una falla eléctrica se podría generar un conato de incendio.</p> <p>Se presenta en los siguientes tableros: Planta Baja: A, B, EV, HE. Primer Nivel: EE, Q, T. Segundo Nivel: S.</p> <p>Art. 4.1.3, 4.4.1.6, 408-17, NOM-001-SEDE-2012.</p>
	<p>El neutro está aterrizado con el gabinete. Esto generaría corrientes circulantes en el sistema de tierras, lo que representaría un peligro para el personal.</p> <p>Se presenta en los siguientes tableros: Planta Baja: A, C. Primer Nivel: KE.</p> <p>Art. 250-30 a), NOM-001-SEDE-2012.</p>

3.4.1. Medición de la Resistencia del Sistema de Tierras del Pararrayos.

El método consiste en hacer circular una corriente por el electrodo a ser medido (delta de tierras) y el electrodo auxiliar de corriente, con lo cual da como resultado una variación potencial en la superficie del suelo y que es medida por el electrodo auxiliar de potencial. Considerando un suelo uniforme, para minimizar la interferencia entre electrodos, es conveniente localizar la varilla de tensión a 62% de la distancia entre las varillas de prueba y la de corriente.

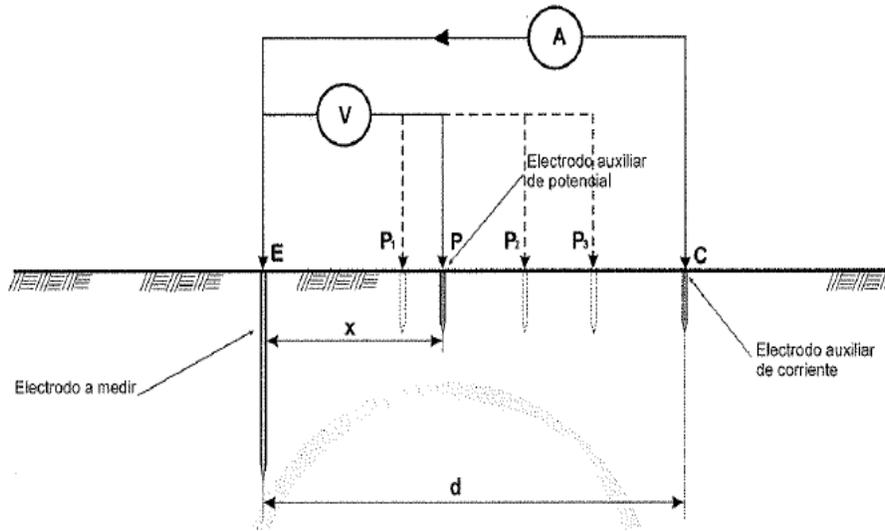


Figura 3.4.1. Método de caída de tensión, tomado de NMX-J-549-ANCE-2005

Procedimiento de medición:

- Contar con el equipo de medición (calibrado), puntas, cables y los aditamentos necesarios para llevar a cabo la medición.
- Desconectar el electrodo a medir (delta de tierras) del resto del sistema de puesta a tierra.
- Colocar el electrodo auxiliar de corriente a una distancia considerable no menor a 30 metros de ser posible.
- Colocar el electrodo auxiliar de potencial a una distancia mayor al 25% de la distancia total entre los electrodos de corriente.
- Hacer como mínimo 10 mediciones variando la posición del electrodo de potencial, graficar dichos valores y encontrar el valor de la resistencia. La cual se encuentra en la parte plana de la curva. Y sus valores no sobrepasan el 5% de la diferencia de los valores adyacentes.

4.7. Diseño y Análisis de la Malla de Tierras.

Para este punto ya obtuvimos la resistividad del suelo y la corriente corto circuito de nuestro sistema.

<i>Resistividad del suelo</i>	40 [$\Omega \cdot m$]
<i>Corriente de corto circuito</i>	12.355 [kA]

Proseguimos a llenar la tabla de datos para nuestra malla de tierras.

SÍMBOLO		VALORES	UNIDADES
ρ	Resistividad del terreno, se obtuvo mediante el método de Wenner.	40	[$\Omega \cdot m$]
h	Profundidad a la que estará enterrada la malla.	0.6	[m]
ho	Profundidad de referencia.	1	[m]
b	Dimensión de la malla. Largo.	8	[m]
a	Dimensión de la malla. Ancho.	4	[m]
ρ_s	Resistividad superficial del concreto.	10000	[$\Omega \cdot m$]
hs	Espesor de la capa superficial.	0.2	[m]
Icc1ϕ-t	Corriente de corto circuito fase a tierra.	12350	[A]
Fp	Factor de proyección.	1	[adm]
*Df	Factor de decremento.	1.05171445	[adm]
Y/X	Relación reactancia, VS Resistencia en el punto donde ocurre la falla.	20	[adm]
Ccond	Calibre del conductor. No menor a un 4/0 AWG por norma.	4/0	[AWG]
d	Diámetro del conductor.	0.0134	[m]
# cv	No. de conductores verticales.	17	[adm]
# ch	No. de conductores horizontales.	9	[adm]
D	Separación entre conductores	0.5	[m]
Dvarrilla	Diámetro de la varilla.	0.0159	[m]
Lv	Longitud de la varilla.	3	[m]
# V	No de varillas.	12	[adm]
t falla	Tiempo de duración de la falla antes de que el fusible abra el circuito.	0.5	[s]

Nota: adm: adimensional

Ya teniendo todos los datos proseguimos a realizar los cálculos.

Corriente máxima de la malla:

$$I_{max\ malla} = F_p * D_f * I_g$$

$$I_{max\ malla} = 12.990[kA]$$

Factor de decremento:

$$D_f = \sqrt{1 + \frac{T_a}{t_{falla}} \left(1 - e^{-\frac{2t_{falla}}{T_a}}\right)}$$

$$D_f = 1.051[Adm]$$

Calibre del conductor de puesta a tierra de la malla:

$$A_{mm2} = I \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{TCAP * 10^{-4}}{t_c \alpha_r \rho_r} * \ln\left(\frac{K_0 + T_M}{K_0 - T_a}\right)\right)}}$$

$$A_{mm2} = 54.728[mm^2]$$

$$A_{kcmil} = I \frac{197.4}{\sqrt{\left(\frac{TCAP}{t_c \alpha_r \rho_r} * \ln\left(\frac{K_0 + T_M}{K_0 - T_a}\right)\right)}}$$

$$A_{kcmil} = 108.03[kcmil]$$

Revisando en tablas podemos ver que el calibre por cálculo es de un 2/0AWG o 113kCMIL.

Nota: Por recomendación de la Norma NOM-001-SEDE-2012 el calibre del conductor debe de ser como mínimo de 4/0 AWG para subestaciones eléctricas.

Límite de corriente permisible para el cuerpo humano:

$$I_{c\ 50kg} = \frac{.116}{\sqrt{t_{falla}}}$$

$$I_{c\ 50kg} = 164[mA]$$

$$I_{c\ 70kg} = \frac{.157}{\sqrt{t_{falla}}}$$

$$I_{c\ 70kg} = 222[mA]$$

Factor de reducción (fr):

$$Fr = 1 - \frac{0.09(1 - \frac{\rho}{\rho_s})}{2h_s + 0.09}$$

$$Fr = 0.817061$$

Potenciales de "contacto" tolerables para el cuerpo humano:

$$E_{CONTACTO\ 50KG} = (1000 + 1.5 * Fr * \rho_s) \frac{.116}{\sqrt{t_{falla}}}$$

$$E_{CONTACTO\ 50KG} = 2.174[kV]$$

$$E_{CONTACTO\ 70KG} = (1000 + 1.5 * Fr * \rho_s) \frac{.157}{\sqrt{t_{falla}}}$$

$$E_{CONTACTO\ 70KG} = 2.943[kV]$$

Potenciales de "paso" tolerables para el cuerpo humano:

$$E_{PASO\ 50KG} = (1000 + 6 * Fr * \rho_s) \frac{.116}{\sqrt{t_{falla}}}$$

$$E_{PASO\ 50KG} = 8.206[kV]$$

$$E_{PASO\ 70KG} = (1000 + 6 * Fr * \rho_s) \frac{.157}{\sqrt{t_{falla}}}$$

$$E_{PASO\ 70KG} = 11.106[kV]$$

Cantidad de conductores y varillas:

$$\#conductores\ horizontales(ch) = \frac{ancho(a)}{separacion\ (D)} + 1$$

$$\#conductores\ horizontales(ch) = 9$$

$$\#conductores\ verticales(cv) = \frac{largo(b)}{separacion\ (D)} + 1$$

$$\#conductores\ verticales(cv) = 17$$

Se prosigue a hacer la suma total de conductores:

$$L_T = (\#cv * a) + (\#ch * b) + (L_{VT})$$

$$L_T = \text{solo conductores } 140[m] \text{ y sumandole las varillas } 176[m]$$

Resistencia de la malla (R_g):

$$R_g = \rho \left[\frac{1}{L_T} + \left(\frac{1}{\sqrt{20} * A_m} \right) * \left(1 + \frac{1}{1 + \left(h * \sqrt{\frac{20}{A_m}} \right)} \right) \right]$$

$$R_g = \text{solo con conductores } 2.93[\Omega] \text{ y tomando en cuenta las varillas } 2.88[\Omega]$$

Si desde este punto se cumple la condición, la malla es adecuada:

PRIMERA CONDICIÓN		
$I_{max \text{ malla}} * R_g$	<	E, contacto tolerables para el cuerpo
37.418[kV]	>	2.94[KV] Y 2.17[kV]

Podemos ver que no se cumple la condición y es necesario proseguir con los siguientes pasos.

Potencial de "contacto" en la malla:

$$E_M = \frac{\rho * K_m * k_i * I_{max \text{ malla}}}{L_m}$$

$$n = n_a * n_b * n_c * n_d$$

$$n = 6$$

$$K_i = 0.644 + (0.148 * n)$$

$$K_i = 1.532$$

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left(\ln \left(\frac{D^2}{16hd} + \frac{(D + 2h)^2}{8hd} - \frac{h}{4d} \right) + \frac{k_{ii}}{k_h} \ln \left(\frac{8}{\pi(2n - 1)} \right) \right)$$

$$k_h = \sqrt{1 + \frac{h}{h_0}}; \quad h_0 = 1$$

$$k_h = 1.26$$

$$k_{ii} = 1$$

Para mallas con varillas de tierra en las esquinas o a lo largo del perímetro:

$$K_m = 0.3848$$

$$I_{max\ malla} = 12.990[kA]$$

$$L_m = L_C + \left(1.55 + 1.22 \left(\frac{L_V}{\sqrt{Lx^2 + Ly^2}} \right) \right) * L_{VT}$$

$$L_m = 142.53[m]$$

$$E_M = 2.148[kV]$$

Potencial de "paso" en la malla:

$$E_S = \frac{\rho * K_s * k_i * I_{max\ malla}}{L_s}$$

$$n = 6$$

$$k_s = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{D} (1 - 0.5^{(n-2)}) \right)$$

$$k_s = 1.1514$$

$$K_i = 0.644 + (0.148 * n)$$

$$K_i = 1.532$$

$$I_{max\ malla} = 12.990[kA]$$

$$L_s = .75L_C + .85L_{VT}$$

$$L_s = 84.6[m]$$

$$E_S = 10.833[kV]$$

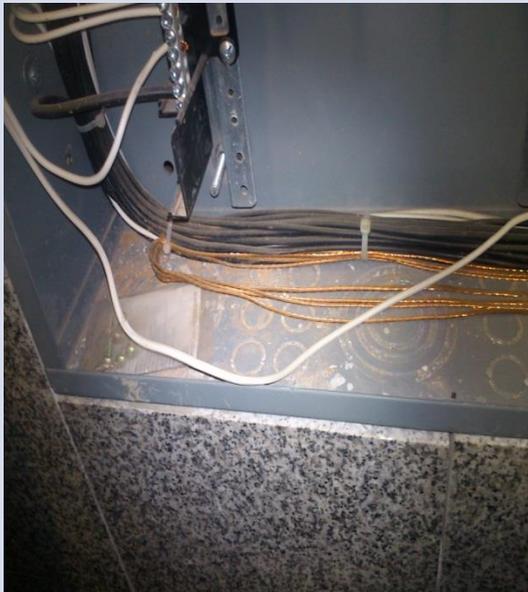
Si la malla es segura debe de cumplir con las siguientes condiciones:

CALCULO DE LA MALLA		POTENCIALES TOLERABLES PARA UNA PERSONA
Potencial de "paso" dado por la malla	<	Potencial de "paso" tolerable
Potencial de "contacto" dado por la malla	<	Potencial de "contacto" tolerable

Potenciales de malla	si/no	Potenciales tolerables para el cuerpo humano	
		50kg	70kg
Contacto 2.148[kV]	<	2.174[kV]	2.943[kV]
Paso 10.833[kV]	<	8.206[kV]	11.106[kV]

Podemos observar que nuestro diseño es satisfactorio y cumple casi en su totalidad para los dos perfiles de masa corporal, el único que no cumple es para el caso de los potenciales de paso para una persona de 50Kg, que es muy remota una situación así.

Es importante destacar que la realización de este cuadro fue a partir de las situaciones presentadas en la dependencia RADIOUNAM, tomando con evidencia fotografías de los hallazgos encontrados para establecer soluciones a los mismos.

Tableros Derivados	
TABLEROS	SITUACIÓN
	<p>Al gabinete le falta mantenimiento. Es necesario tener un programa de mantenimiento para el equipo eléctrico, por lo menos una vez cada año para poder evitar daños a los conductores o provocar corrosión en los materiales.</p> <p>Se presenta en los siguientes tableros: Planta Baja: A, C. Primer Nivel: KE. Segundo Nivel: F, GE.</p> <p>Art. 110-3, NOM-001-SEDE-2012.</p>
	<p>La zona alrededor del equipo se encuentra sucia y/o con materiales ajenos a la instalación. Realizar limpieza y acondicionar la instalación de forma tal que se minimice el riesgo de provocar un cortocircuito.</p> <p>Se presenta en los siguientes tableros: Planta Baja: A, C, EV, HE. Primer Nivel: EE, KE, T. Segundo Nivel: GE.</p> <p>Art. 110-3, NOM-001-SEDE-2012.</p>



Algunos conductores no cuentan con características eléctricas. Adquirir material de calidad y aprobado por las normas para obtener una mayor seguridad en la Instalación eléctrica.

Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: HE.

Art. 310-110, 310-120,
NOM-001-SEDE-2012.



Los conductores se agrupan con pequeños fragmentos de cable. Se deben sustituir por sujetadores de plástico adecuados para cubrir esta función.

Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: A, C.
Primer Nivel: B', D, KE, T.
Segundo Nivel: F, GE, S.

Art. 110-7, 210-4 d),
NOM-001-SEDE-2012.



No hay un libre acceso a la zona de tableros. Debe existir y mantenerse un espacio de acceso y trabajo suficiente que permitan la manipulación y el mantenimiento de los equipos eléctricos.

Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: A, B.
Primer Nivel: EE, Q, T.
Segundo Nivel: S.

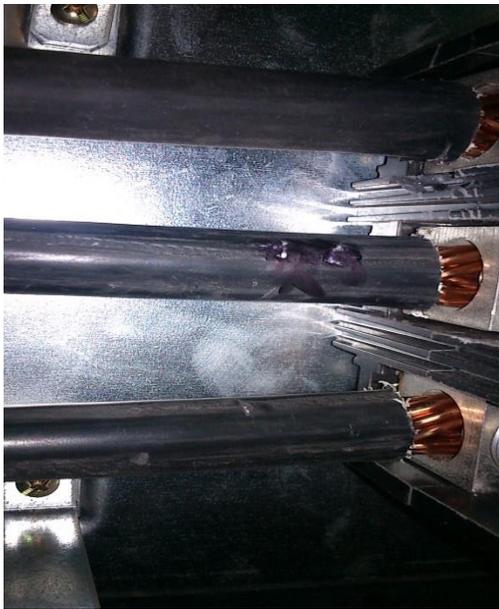
Art. 110-26
NOM-001-SEDE-2012.



En el tablero no se respeta el código de colores. Cambiar el cableado y de no ser posible hacer el marcado de los conductores de acuerdo a su función, evitando dañar la integridad física del aislante.

Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: A, B, C, EV, HE.
Primer Nivel: A', B', D, EE, KE, Q, T.
Segundo Nivel: F, GE, S.

Art. 210-5,
NOM-001-SEDE-2012.



La cubierta aislante de los conductores está dañada. Se deben cambiar de inmediato dichos conductores para evitar que provoquen daño a la instalación eléctrica.

Se presenta en los siguientes tableros:
Primer Nivel: B', KE, Q, T.
Segundo Nivel: GE.

Art. 110-12 b), 110-7, 110-3,
408-19.
NOM-001-SEDE-2012.

Partes vivas expuestas. Las partes vivas de los equipos eléctricos deben estar resguardadas contra contactos accidentales.

Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: A.
Primer Nivel: KE, Q, T.



Segundo Nivel: GE.

Art. 110-27,
NOM-001-SEDE-2012.

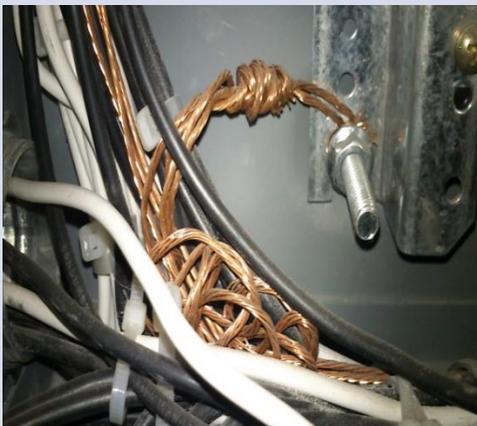


El peinado de conductores está mal, los conductores tienen dobleces y/o no están alineados.

Darle una mejor trayectoria al cable dentro del tablero para evitar esos dobleces.

Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: A, B, EV.
Primer Nivel: A', B', D, EE, KE.
Segundo Nivel: F, GE.

Art. 110-3, 110-7,
NOM-001-SEDE-2012.



El tablero no cuenta con kit de tierra física, el gabinete está aterrizado con un tornillo. Colocar el equipo o accesorios para la correcta instalación de los sistemas de tierras ya que son de gran importancia para evitar accidentes por descargas eléctricas al personal de mantenimiento.

Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: HE.
Primer Nivel: A', B', KE.

	<p>Art. 110-3 b), 647-6 b), NOM-001-SEDE-2012, Art. 5.3 NOM-022-STPS-2008.</p>
	<p>El tablero no está bien sujeto al muro. El equipo eléctrico debe estar bien montado y armado, con todos los elementos que lo constituyen.</p> <p>Se presenta en los siguientes tableros: Planta Baja: C. Segundo Nivel: GE.</p> <p>Art. 110-12 b), 110-27 a), 110-13 a) NOM-001-SEDE-2012</p>
	<p>Hay empalmes dentro del tablero. Se deben cambiar de inmediato dichos conductores o instalar empalmes permitidos por la norma.</p> <p>Se presenta en los siguientes tableros: Planta Baja: B. Primer Nivel: A', B', D, KE. Segundo Nivel: F.</p> <p>Art. 300-13 a), 300-15, 400-9, NOM-001-SEDE-2012.</p>
	<p>Canalizaciones saturadas o inadecuadas. Colocar las canalizaciones necesarias y hacer una distribución adecuada de los conductores por las mismas, o por charola si el lugar lo permite.</p>



Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: B, C, EV, HE.
Primer Nivel: A', B', D, EE, KE, Q.
Segundo Nivel: F, GE, S.

Art. 110-7, 110-3, Tabla 4 cap. 10,
NOM-001-SEDE-2012.



Hay conductores sueltos aislados. Se deben retirar los conductores que no estén en servicio dentro del equipo eléctrico.

Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: B.
Primer Nivel: KE.

Art.110-7,
NOM-001-SEDE-2012.



Hay instalaciones provisionales con conductores de uso rudo. Este tipo de instalaciones sólo puede utilizarse por un periodo máximo de tres meses, por lo que se debe hacer una instalación que garantice la seguridad del cable por periodos muy largos.

Se presenta en los siguientes tableros:
Planta Baja: B, EV, HE

Art. 590-3 a) y b), 400-8,
NOM-001-SEDE-2012.

	<p>El equipo eléctrico no cuenta con señalización de riesgo eléctrico. Es importante señalar los equipos eléctricos para advertir del peligro potencial. La señalización debe ser claramente visible para el personal.</p> <p>Se presenta en los siguientes tableros: Planta Baja: A, B, C, EV, HE. Primer Nivel: A', B', D, EE, KE, Q, R, T. Segundo Nivel: F, GE, S.</p> <p>Art. 110-16, 110-27 c), NOM-001-SEDE-2012.</p>
	<p>El tablero se encuentra mal ubicado. Se debe reubicar el tablero a una zona de acceso restringido y que solo pueda ser manipulado por personal calificado.</p> <p>Se presenta en los siguientes tableros: Planta Baja: A, B, C, EV, HE. Primer Nivel: A', B', D, EE, KE, Q, R, T. Segundo Nivel: F, GE.</p> <p>Art. 408-20, NOM-001-SEDE-2012.</p>
<p>Debido a que se ubica en el baño de hombres, ubicado a un costado del auditorio. Planta Baja.</p>	<p>En el piso del local hay agua. En los lugares húmedos o mojados los gabinetes deben estar colocados y equipados de forma que no se dañe su estructura física. En los casos en que las condiciones del lugar lo requieran se deberán instalar tableros tipo intemperie.</p>

	<p>Se presenta en el siguiente tablero: Planta Baja: HE.</p> <p>Art. 110-11, 110-12, 312-2, NOM-001-SEDE-2012.</p>
	<p>El tablero no cuenta con kit de tierra física y el gabinete no está aterrizado. Colocar el equipo o accesorios para la correcta instalación de los sistemas de tierras ya que puede provocar accidentes al personal calificado.</p> <p>Se presenta en el siguiente tablero: Planta Baja: A.</p> <p>Art. 110-3 b), 647-6 b), NOM-001-SEDE-2012, Art. 5.3, NOM-022-STPS-2008.</p>
	<p>Hay materiales inflamables cerca del equipo eléctrico. Se debe retirar de inmediato el material inflamable y acondicionar la instalación de forma tal que se minimice el riesgo. Además de contar con equipo contra incendio.</p> <p>Se presenta en los siguientes tableros: Planta Baja: A, B, EV, HE. Primer Nivel: EE, Q, T. Segundo Nivel: S.</p> <p>Art. 4.1.3, 4.4.1.6, 408-17, NOM-001-SEDE-2012.</p>



El neutro esta aterrizado con el gabinete. Se debe separar y colocar el equipo para la correcta instalación del neutro y el sistema de tierra ya que esto provocará que se energice el gabinete y provoquen daño al personal calificado.

Se presenta en los siguientes tableros:
 Planta Baja: A, C.
 Primer Nivel: KE.

Art. 250-30 a),
 NOM-001-SEDE-2012.

ANEXO A. Artículos utilizados de la NOM-001-SEDE-2012 y NOM-022-STPS-2008.

310-15. Ampacidad para conductores con tensión de 0-2000 volts.

Tabla 310-15(b)(3)(a).- Factores de ajuste para más de tres conductores portadores de corriente en una canalización o cable

Número de conductores ¹	Porcentaje de los valores en las tablas 310-15(b)(16) a 310-15(b)(19), ajustadas para temperatura ambiente, si es necesario.
4-6	80
7-9	70
10-20	50
21-30	45
31-40	40
41 y más	35

¹Es el número total de conductores en la canalización o cable ajustado de acuerdo con 310-15(b)(5) y (6).

Tabla 310-15(b) (16) y Tabla 310-16. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores activos en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C.

Tamaño nominal	Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)						Tamaño nominal
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
mm ²	TIPOS TW* TWD* CCE TWD-UV	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT	TIPOS RHH*, RHW- 2, THHN*, THHW*, THHW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2,	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*, BM-AL	TIPOS RHW-2, XHHW, XHHW-2, DRS	AWGkcmil
0,8235	---	---	14	---	---	---	18
1,307	---	---	18	---	---	---	16
2,082	20*	20*	25*	---	---	---	14
3,307	25*	25*	30*	---	---	---	12
5,26	30	35*	40*	---	---	---	10
8,367	40	50	55	---	---	---	8
13,3	55	65	75	40	50	60	6
21,15	70	85	95	55	65	75	4
26,67	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,41	110	130	150	85	100	115	1
53,48	125	150	170	100	120	135	1/0
67,43	145	175	195	115	135	150	2/0
85,01	165	200	225	130	155	175	3/0
107,2	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,03	400	475	535	320	385	435	750
405,37	410	490	555	330	395	450	800
456,04	435	520	585	355	425	480	900
506,71	455	545	615	375	445	500	1000
633,39	495	590	665	405	485	545	1250
760,07	520	625	705	435	520	585	1500
886,74	545	650	735	455	545	615	1750
1013,42	560	665	750	470	560	630	2000
TABLA 310-16. FACTORES DE CORRECCIÓN							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes						Temperatura ambiente en °C

21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26-30
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	31-35
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60	****	0,58	0,71	****	0,58	0,71	56-60
61-70	****	0,33	0,58	****	0,33	0,58	61-70
71-80	****	****	0,41	****	****	0,41	71-80

Tabla 250-122.- Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

Tabla 250-122.- Tamaño mínimo de los conductores de puesta a tierra para canalizaciones y equipos

Capacidad o ajuste del dispositivo automático de protección contra sobrecorriente en el circuito antes de los equipos, canalizaciones, etc., sin exceder de: (amperes)	Tamaño			
	Cobre		Cable de aluminio o aluminio con cobre	
	mm ²	AWG o kcmil	mm ²	AWG o kcmil
15	2.08	14	—	—
20	3.31	12	—	—
60	5.26	10	—	—
100	8.37	8	—	—
200	13.30	6	21.20	4
300	21.20	4	33.60	2
400	33.60	2	42.40	1
500	33.60	2	53.50	1/0
600	42.40	1	67.40	2/0
800	53.50	1/0	85.00	3/0
1000	67.40	2/0	107	4/0
1200	85.00	3/0	127	250
1600	107	4/0	177	350
2000	127	250	203	400
2500	177	350	304	600
3000	203	400	304	600
4000	253	500	380	750
5000	355	700	608	1200
6000	405	800	608	1200

Para cumplir con lo establecido en 250-4(a)(5) o (b)(4), el conductor de puesta a tierra de equipos podría ser de mayor tamaño que lo especificado en esta Tabla.

*Véase 250-120 para restricciones de instalación.

ANEXO D. Diagrama Unifilar.

ACOMETIDA 220V-127V 60Hz

