



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Diseño de Alimentadores  
para un Sistema Eléctrico en  
Baja Tensión**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de  
**Ingeniero Mecánico Electricista**

**P R E S E N T A**

José Juan Moral Blancas

**ASESOR DE INFORME**

M. I. César Enrique Benítez Joyner



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2016

## **Agradecimientos.**

Primeramente, doy gracias a Dios, porque me permitió terminar lo que una vez comencé en compañía de mí familia.

Mi más sincero agradecimiento a las personas que más amo: mi esposa Aurea Edith, a mis hijos José Angel, María Fernanda y Juan Pablo por el apoyo incondicional que me dan para no bajar los brazos y continuar mejorando continuamente en lo personal, familiar y profesional.

A mis padres, que con su esfuerzo lograron sostener una esperanza en mí que hoy se vuelve una realidad, a ellos que dieron todo sin esperar nada.

A mis suegros y cuñado que siempre me apoyaron día a día, por su confianza en momentos en que la esperanza desfallecía.

A mis hermanos que tanto quiero y que siempre juntos estaremos.

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería por la oportunidad que me brindaron de ser parte de la comunidad universitaria y que sin ello no podría ser lo que soy.

Doy las gracias a mis extraordinarios compañeros y amigos que encontré a lo largo de los trabajos que desempeñé hasta hoy y que hicieron una experiencia profesional grandiosa, a la empresa *Alstom Transport México, S. A. de C. V.* que hasta hace unos meses formé parte y donde se realizan proyectos importantes donde se puede aplicar el contenido de este documento, fueron 5 años de gratas y enriquecedoras experiencias.

Agradezco al jurado selecto que presidio mi examen profesional, por sus consejos y comentarios que enriquecieron esta fantástica experiencia.

Ing. Hugo Alfredo Grajales Román  
M. I. Cesar Enrique Benítez Joyner  
M. I. Héctor Raúl Mejía Ramírez  
Ing. Benjamín Ramírez Hernández  
Ing. Alberto Cortez Mondragón

Gracias a cada uno por su gran talento y paciencia que permitió lograr la culminación de mi objetivo en esta Casa de Estudios, pero principalmente a mi aval M. I. Cesar Enrique Benítez Joyner por su gran esmero, conocimiento e incansable voluntad de ayuda a la comunidad universitaria.

## **OBJETIVO**

Elaborar un reporte técnico útil para verificar, entender y acatar los criterios de diseño mediante procedimientos descritos de forma detallada e indicando cómo se realizaron los cálculos para los circuitos alimentadores en un sistema eléctrico de baja tensión, que sea confiable para la seguridad de la vida del usuario conforme a la norma NOM-001-SEDE-2012. Este proceso es específico para este objetivo y no comprende el estudio de coordinación de protecciones, corto circuito o el cálculo del sistema de tierras.

## **MARCO TEÓRICO**

El documento surge como una herramienta necesaria para ayudar al ingeniero a seguir una secuencia aplicable en la presentación del cálculo matemático que describe el conjunto de los procesos algebraicos y los criterios de ingeniería, en apego con la normatividad vigente en el diseño de proyectos eléctricos. Cada elemento que integra los circuitos y que anteceden a la elaboración de los planos corresponden a una metodología ordenada que integra las bases para el control de la información.

Por lo que se desarrolló una memoria de cálculo que representa una mejora en el producto terminado a lo largo del diseño para un sistema eléctrico, orientado a facilitar el cálculo para el Ingeniero y para cualquier persona que le interese este tema, es decir; es una solución a la problemática de formalizar el procedimiento de cálculo durante el diseño de un sistema eléctrico de baja tensión con objeto de prevenir fallas o incendios en la red del sistema eléctrico en los inmuebles, sin importar su uso.

Es importante indicar que el reporte presentado, no altera ni infringe ningún derecho reservado, solo es representativo y fue elaborado para ilustrar la aplicación de los criterios y la implementación para el desarrollo de un proyecto de baja tensión en apego a lo descrito en el objetivo.

## ÍNDICE DESGLOSADO

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.     | ANTECEDENTES DEL TEMA  | 5  |
| 2.     | MEMORÍA TÉCNICO DESCRIPTIVA DE INSTALACIONES ELECTROMECÁNICAS  | 8  |
| 3.     | MEMORÍA DESCRIPTIVA PARA EL CÁLCULO DE CONDUCTORES, CANALIZACIONES Y PROTECCIONES DE CIRCUITOS DERIVADOS Y ALIMENTADORES | 10 |
| 3.1.   | NORMATIVIDAD   | 10 |
| 3.2.   | CÁLCULO DEL CONDUCTOR DEL CIRCUITO ALIMENTADOR   | 10 |
| 3.2.1. | DATOS GENERALES  | 10 |
| 3.2.2. | DATOS PARTICULARES PARA EL CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES  | 10 |
| 3.2.3. | CÁLCULO POR CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DEL CONDUCTOR ACTIVO   | 11 |
| 3.2.4. | CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN   | 13 |
| 3.2.5. | CÁLCULO DEL CONDUCTOR NEUTRO   | 16 |
| 3.3.   | CÁLCULO DEL DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA (INTERRUPTOR DERIVADO)   | 16 |
| 3.3.1. | PARA CIRCUITOS DE ALUMBRADO Y CONTACTOS  | 16 |
| 3.3.2. | PARA CIRCUITOS DE UN SOLO MOTOR  | 17 |
| 3.4.   | CÁLCULO DEL DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN (CONTRA SOBRECARGA Y CORTO CIRCUITO) PARA EL ALIMENTADOR                           | 17 |
| 3.4.1. | EN CIRCUITO CON EQUIPOS  | 18 |
| 3.4.2. | EN CIRCUITOS CON MOTORES   | 18 |
| 3.5.   | CÁLCULO DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA   | 19 |
| 3.5.1. | PARA UN ALIMENTADOR DE ACOMETIDA   | 19 |
| 3.5.2. | PARA ALIMENTADORES DE EQUIPOS Y CIRCUITOS DERIVADOS  | 20 |
| 3.6.   | CÁLCULO DE LA CANALIZACIÓN ELÉCTRICA   | 21 |
| 3.6.1. | SELECCIÓN PARA CABLES MISMO CALIBRE  | 22 |
| 3.6.2. | SELECCIÓN PARA CABLES DE DIFERENTE CALIBRE   | 23 |
| 4.     | DISEÑO DE ALIMENTADORES  | 28 |
| 4.1.   | CÁLCULO DE UN CIRCUITO DE ALUMBRADO  | 28 |
| 4.2.   | CÁLCULO DE UN CIRCUITO DE CONTACTOS  | 32 |
| 4.3.   | CÁLCULO PARA UN ALIMENTADOR ELÉCTRICO PARA UN GRUPO DE MOTORES   | 36 |
| 4.4.   | CÁLCULO PARA UN ALIMENTADOR ELÉCTRICO A TABLERO "F1"   | 40 |
| 4.5.   | CÁLCULO PARA UN ALIMENTADOR ELÉCTRICO A TABLERO "TDN1"   | 44 |
| 4.6.   | CÁLCULO PARA UN ALIMENTADOR ELÉCTRICO A "TR-2"   | 48 |
| 4.7.   | CÁLCULO PARA UN ALIMENTADOR ELÉCTRICO A TABLERO "TGN"  | 52 |
| 4.8.   | CÁLCULO PARA UN ALIMENTADOR ELÉCTRICO A TABLERO "TP"   | 56 |
| 5.     | RESULTADOS   | 58 |
| 6.     | CONCLUSIONES   | 59 |
| 7.     | BIBLIOGRAFÍA   | 60 |

|      |   |    |
|------|---|----|
| 8.   | ANEXOS  | 61 |
| 8.1. | ANEXO A. DIAGRAMA ELÉCTRICO, SECCIÓN "SE-TP"    | 61 |
| 8.2. | ANEXO B. DIAGRAMA ELÉCTRICO, SECCIÓN "TGN-TR-2" | 62 |
| 8.3. | ANEXO C. DIAGRAMA ELÉCTRICO, SECCIÓN "TDN1-F1"  | 63 |
| 8.4. | ANEXO D. DIAGRAMA UNIFILAR ELÉCTRICO            | 64 |
| 8.5. | ANEXO E. GLOSARIO                               | 65 |
| 8.6. | ANEXO F. COMPENDIO DE ABREVIACIONES             | 67 |
| 8.7. | ANEXO G. NOMENCLATURA                           | 69 |

## **1. ANTECEDENTES DEL TEMA**

El documento describe cuantitativamente y cualitativamente los criterios y cálculos del procedimiento para elaborar un proyecto de la instalación eléctrica para cualquier inmueble, que requiera los servicios eléctricos independientemente de la actividad que se desarrolle. Garantizando que el personal especializado a cargo del inmueble, cuente con documentación testimonial para su administración y control. Cumpliendo las exigencias mínimas de seguridad y funcionalidad requeridas por las personas en cada una de las instalaciones eléctricas.

El diseño está formado por los siguientes aspectos:

- La memoria de cálculo de los alimentadores se desarrolla de conformidad con lo indicado en la NOM-001-SEDE-2012
- Servicio a tableros derivados de contactos, alumbrado, fuerza y otros
- Cálculo y diseño de alimentadores con conductores tipo THW-LS@ 75 °C
- Canalización a base de tubería *conduit* semipesado a menos que se indique en el documento
- Consideración de una caída máxima de tensión del 5 % en el circuito
- El desbalanceo entre fases para cualquier tablero no debe exceder del 5 %

La información será presentada en documentos para su montaje (planos) que expresarán el resultado del diseño eléctrico mediante la combinación de arreglos numéricos y alfanuméricos, notas, símbolos, etc. basados en las plantas arquitectónicas que permitan al lector leer e interpretar con facilidad el diseño para su montaje.

Las figuras siguientes presentan de forma general la información mínima que contiene la sección de datos en un plano (pie de plano), aunque siempre será determinada por el propietario. Toda semejanza con cualquier otro proyecto solo es circunstancial.

Descripción del equipo (no es parte del pie de plano)

Pie de plano

| DESCRIPCIÓN DE EQUIPO |  |
|-----------------------|--|
| ①                     | GABINETE DE ACOMETIDA PARA SISTEMA PRIMARIO EN ANILLO, 23 kv.  |
| ②                     | IDEM   |
| ③                     | CUCHILLAS DE PASO CON APARTARRAYOS DE 23 kv.   |
| ④                     | INTERRUPTOR PRINCIPAL EN AIRE DE 63A.  |
| ⑤                     | CELDA DE TRANSICIÓN.   |
| ⑥                     | TRANSFORMADOR MCA. VOLTRÁN TIPO SUBESTACIÓN ESTANDAR TRIFÁSICO CON GARGANTAS, CONFIGURACIÓN DELTA-ESTRELLA 23 kv- 440/254 V DE 1 500 kVA DE CAPACIDAD, CLASE OAF, Z=5,75%. |
| ⑦                     | SECCIÓN PRINCIPAL CON INTERRUPTOR MASTERPACT NW PARA 2500A QDLOGIC, SERVICIO NORMAL.   |
| ⑧                     | TABLERO QDLOGIC TIPO DISTRIBUCIÓN DOBLE COLUMNA, PARA 2 000 A, SERV. NORMAL.   |
| ⑨                     | EQUIPOS DE TRANSFERENCIA AUTOSOPORTADOS A 440 V, 1 000 A.  |
| ⑩                     | TABLERO QDLOGIC DE DISTRIBUCIÓN CON INTERRUPTOR PRINCIPAL TIPO COMBINACIÓN, 2 000 A, SERVICIO DE EMERGENCIA.   |
| ⑪                     | KIT DE SEGURIDAD PERSONAL EN GABINETE, MCA. AMBAR-SURE   |
| ⑫                     | CHAROLA DE ALUMINIO TIPO ESCALERILLA   |
| ⑬                     | BANCO DE BATERÍAS PARA UPS-225 kVA CON RESPALDO DE 20 mín.   |
| ⑭                     | LÁMPARA DE BATERÍAS 2 x 25 W, PARA 20 mín DE SERVICIO.   |
| ⑮                     | UNIDAD ININTERRUMPIBLE DE ENERGÍA (UPS) DE 225 kVA, 440/440 V, MCA. LIEBERT CON INTERRUPTOR DE BY-PASS 3P-400 A.   |
| ⑯                     | TARIMA DE FIBRA DE VIDRIO, ALTA CAPACIDAD DE ALTO NIVEL DIELECTRICO CON TAPETE DE NEOPRENO.  |
| ⑰                     | EXTINGUIDOR DE POLVO QUÍMICO DE 6 Kg. O SIMILAR.   |
| ⑱                     | GABINETE DE SEGURIDAD COMPLETO CON PÉRTIGA DE 3,0 m DE LARGO.  |
| ⑲                     | COLADERA.  |
| ⑳                     | COLECTOR DE ACEITE CON TARJA DE 100 L (REMOVIBLE) CON TAPA DE CONCRETO.  |
| ㉑                     | TUBERÍA DE P.V.C. PESADO TIPO HIDRÁULICO DE 53 mm (2")Ø AL 2 % DE PENDIENTE.   |
| ㉒                     | CARCAMO DE CAPTACIÓN PARA DERRAMES CON TAPA DE CONCRETO ARMADO Y JALADERAS.  |
| ㉓                     | BARDA LOUVER DESMONTABLE.  |
| ㉔                     | CHAROLA DE ALUMINIO.   |
| ㉕                     | PLANTA DE EMERGENCIA 600 kw, 440/254 V, MCA. OTTOMOTORES MOD. DD-800.  |
| ㉖                     | TANQUE DE DÍA DE 2 500 L DE CAPACIDAD.   |

| PROYECTO   |  |
|--|--|
| <b>CENTRO DE ESPECTACULOS AMERICANOS</b>                     |  |
| DESARROLLO DEL CENTRO DE ENTRETENIMIENTO FAMILIAR Y CULTURAL |  |

Nombre del proyecto

| LOCALIZACIÓN |  |
|--------------|--|
|              |  |

Croquis de localización

| PROPIETARIO  |  |
|--|--|
| NOTAS:   |  |
| - LA FORMA Y UBICACIÓN EXACTA DEL DUCTO DE ACOMETIDA EN ALTA TENSIÓN SE DETERMINARÁ EN OBRA.   |  |
| - LA CONEXIÓN A TIERRA DE PARTES METÁLICAS DEL TRANSFORMADOR O EQUIPOS DE DISTRIBUCION SE FIJARÁ FIRMEMENTE A TIERRA (TANQUES O ESTRUCTURAS METÁLICAS, GABINETES, ETC.).     |  |
| - EL ESPACIO ALREDEDOR DE LOS EQUIPOS DE LA SUBESTACIÓN DEBE CONSERVARSE DESPEJADO Y NO USARSE PARA OTRO USO DISTINTO.   |  |
| - LA PUERTA DE SALIDA DE LA SUBESTACIÓN DEBE ABRIR HACIA AFUERA.   |  |
| - LA PUERTA DEBE TENER FIJO EN LA PARTE EXTERIOR Y EN FORMA COMPLETAMENTE VISIBLE UN AVISO CON LA LEYENDA "PELIGRO ALTA TENSIÓN".  |  |
| - EL SISTEMA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS PARA SUBESTACIÓN SE ELABORARÁ EN OBRA, CONSIDERAR TABLERO "A13" PARA SISTEMA NORMAL Y PARA EL SISTEMA DE EMERGENCIA DEL TABLERO "E13". |  |
| - EL CONDUCTOR UTILIZADO SERÁ DE COBRE CON AISLAMIENTO THW-LS, 75°C, PARA 600 V EN BAJA TENSIÓN.   |  |
| - ESTE PROYECTO FUE ELABORADO DE ACUERDO A LA NOM-001-SEDE-2012.   |  |

Logotipo y datos por el propietario

Notas aclaratorias referidas al diseño eléctrico



## **2. MEMORIA TÉCNICO DESCRIPTIVA DE INSTALACIONES ELECTROMECAÑICAS**

Esta memoria técnica fue elaborada conforme a los objetivos contenidos en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, que establece las disposiciones y especificaciones de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización y manejo de la energía eléctrica.

La mejora en el proceso de diseño de los sistemas eléctricos de baja tensión, para el uso y el manejo de la energía eléctrica en todas las construcciones debe ser viable, aumentando la calidad y la confiabilidad en la instalación eléctrica para garantizar la seguridad de las personas y de sus propiedades.

El proyecto de la instalación eléctrica se apega totalmente a la remodelación del proyecto arquitectónico para un centro de espectáculos en esta Ciudad de México, todos los criterios y las tablas de cálculo se basan en las recomendaciones de la norma vigente antes indicada.

El inmueble cuenta con una Subestación Eléctrica transformadora de 23 kV, 3F-3H, 60 Hz, a 440/254 Vca, 3F-4H+TF, 60 Hz ubicada bajo la rampa de acceso de estacionamiento.

La Subestación Eléctrica proporciona energía eléctrica en 440/254 Vca, 3F-4H+TF, 60 Hz concentrada en un tablero de distribución general "TGN" tipo QDPACT clase 2 700 el cual alimenta con circuitos derivados cada nivel del inmueble mediante transformadores secos de 45 hasta 225 kVA, 440-220/127 Vca según los requerimientos (ver diagrama unificar respectivo) estos a su vez alimentan a los tableros "TGN" tipo I-Line para distribuir la energía eléctrica del sistema normal a cada nivel mediante tableros de distribución tipo QOD, QO y otros a 220/127 Vca en sistemas de 1 fase, 2 fases y 3 fases dependiendo del tipo de carga por alimentar, cada uno protegido por un interruptor termomagnético.

Para satisfacer la necesidad de energía eléctrica regulada a 220/120 Vca que esté disponible en las gradas se ha recomendado un UPS-1 de 1 500 kVA con un respaldo mínimo de 420 s, que se ubica en un local eléctrico especial en la sección adjunta a la SE.

El diseño proporciona además un sistema de emergencia (de respaldo) para área no delicadas del inmueble a través de una planta de emergencia de 681 kVA, 440/254 Vca, 3F-4H+TF, 60 Hz, que garantiza el suministro de energía eléctrica de emergencia mediante un tablero "E" tipo QDPACT clase 2 700 ubicado en el cuarto adjunto a la Subestación Eléctrica en el sótano de la Grada 1.

El tablero "E" que alimenta transformadores secos desde 45 hasta 225 kVA, para proporcionar un sistema de energía eléctrica en 220/127 Vca, 3F-4H+TF, 60 Hz, ubicado en el cuarto eléctrico del nivel 1 al nivel 4 de la Grada No. 1, la capacidad depende de los requerimientos eléctricos de cada nivel, cada transformador seco alimenta a un tablero general de distribución QOD en baja tensión 220/127 V, 3F-4H+TF, 60 Hz para su distribución por circuitos monofásicos, bifásicos y trifásicos según sea requerido.

Para atender la solicitud del cliente que consiste en garantizar el suministro de energía eléctrica en baja tensión en zonas específicas de las gradas, se ha enriquecido el respaldo de energía eléctrica con una unidad de sistema ininterrumpible de 225 kVA, 440/440 Vca, 3F-4H+TF, 60 Hz para los servicios especiales de la Grada hasta zonas lejanas del centro de distribución con una tensión regulada de 440 Vca al cuarto eléctrico del segundo nivel llegando a un transformador seco de 225 kVA, 440-220/127 Vca, para su distribución a los usuarios o servicio específico del inmueble.

### **3. MEMORIA DESCRIPTIVA PARA EL CÁLCULO DE CONDUCTORES, CANALIZACIONES Y PROTECCIONES DE CIRCUITOS DERIVADOS Y ALIMENTADORES**

#### **3.1. NORMATIVIDAD**

Los artículos a los que se refiere el presente documento corresponden a la NOM-001-SEDE-2012 a menos que se indique otra norma, reglamento, etc. Para la correcta interpretación de este informe de trabajo, es necesario consultar y aplicar las siguientes normas vigentes.

| Clave             | Emisión | Título                                 |
|-------------------|---------|--|
| NOM-001-SEDE-2012 | 2012    | Instalaciones eléctricas (utilización) |
| NOM-008-SCFI-2002 | 2002    | Sistema general de unidades de medidas |

#### **3.2. CÁLCULO DEL CONDUCTOR DEL CIRCUITO ALIMENTADOR**

La selección del calibre del conductor activo será aquel que cumpla con las condiciones de capacidad de conducción y por caída de tensión. Finalmente será permitido seleccionar el calibre o sección transversal por ampacidad de los conductores, normalmente mediante las Tablas del Art. 310-15.

##### **3.2.1. DATOS GENERALES**

El conductor a utilizar será cable de cobre suave, trenzado, con aislamiento tipo THHW-LS o THWN @ 90 °C. La temperatura ambiente considerada es de 30 °C. La canalización a utilizar será realizada con tubo *conduit* de fierro galvanizado por inmersión en caliente, tipo semipesado (NMX-J-535-ANCE-2008) para instalaciones aéreas.

##### **3.2.2. DATOS PARTICULARES PARA EL CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES**

Los datos necesarios para el cálculo del circuito alimentador se recopilan con la tabla siguiente:

| DATOS PARA EL CÁLCULO DEL ALIMENTADOR |          |           |
|---------------------------------------|----------|-----------|
| Concepto                              | Cantidad | Unidad    |
| Equipo                                |          |           |
| Carga                                 |          | kilowatts |
| Número de fases                       |          |           |
| Número de hilos                       |          |           |
| Tensión eléctrica                     |          | Volts     |
| Longitud                              |          | metros    |
| <i>fp</i>                             |          |           |

### 3.2.3. CÁLCULO POR CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DEL CONDUCTOR ACTIVO

Primero se calcula la corriente nominal del circuito. Para esto, se suman las corrientes nominales de todos los equipos a ser alimentados por este circuito.

$$I_n = \sum I_{ni}$$

Dónde:

$I_n$  = Corriente nominal [A]

$I_{ni}$  = Corriente nominal individual de equipos conectados al circuito alimentador [A]

Otra forma de calcular la corriente nominal, se realiza calculando la corriente nominal a partir de la suma de cargas eléctricas que alimenta al circuito eléctrico monofásico, bifásico o trifásico como se indica en las ecuaciones siguientes:

a) Para Circuitos Monofásicos:

$$I_n = \frac{W_t}{V_{f-n} fp}$$

b) Para circuitos bifásicos:

$$I_n = \frac{W_t}{2 \times V_{f-n} \times fp}$$

c) Para Circuitos Trifásicos para un sistema 3F-4H:

$$I_n = \frac{W_t}{\sqrt{3} \times V_{f-f} \times fp}$$

Dónde:

$I_n$  = Corriente nominal [A]

$W_t$  = Potencia eléctrica total del sistema [W]

$V_{f-f}$  = Voltaje entre fases [V]

$V_{f-n}$  = Voltaje fase a neutro [V]

$fp$  = Factor de potencia

Considerar la igualdad que:

1 HP = 746 [W] aproximadamente.

A continuación, se proporcionan dos criterios que se basan en el porcentaje de reserva para cada circuito especial:

d) Para cargas de alumbrado y contacto

El cálculo de este circuito considera la reserva:

$$I_{c1} = I_n(1 + \lambda / 100)$$

e) Para motores:

Se considera preferentemente un factor de reserva del 25 % de la corriente del motor mayor del grupo a ser alimentados por dicho circuito. Art. 220, 430-21.

Los conductores que suministren energía eléctrica a un motor, varios motores y a estos circuitos combinados con otras cargas, entonces el circuito debe tener una capacidad de conducción de corriente cuando menos igual a la suma de las corrientes a plena carga nominales de todos los motores, más un 25 % de la corriente nominal del motor de mayor corriente del grupo, más la corriente nominal de las otras cargas determinadas de acuerdo con lo indicado en Art. 220 y otras secciones aplicables.

$$I_{C1} = I_n(1 + \lambda / 100) + (0,25) \times (I_{nmM})$$

Finalmente se consideran los factores de corrección por temperatura ambiente y por agrupación de conductores.

$$I_{C2} = \frac{I_{C1}}{(FCAC)(FCTA)}$$

Dónde:

$I_{C1}$  = Corriente corregida por el factor de reserva [A]

$I_{C2}$  = Corriente corregida por el factor de decremento [A]

$I_n$  = Corriente nominal [A]

$I_{nmM}$  = Corriente nominal del motor mayor [A]

$\lambda$  = Porcentaje de reserva (%)

$FCAC$  = Factor de corrección por agrupamiento de conductores, Tabla 310-15(b)(16) a (19).

$FCTA$  = Factor de corrección por variación de la temperatura ambiente (de la Tabla 310-15(b)(16)).

### **3.2.4. CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN**

Una vez seleccionado el conductor por capacidad de conducción de corriente se debe verificar que cumpla con la máxima caída de tensión permitida, que es 3 % (Art. 215-2-a, nota 2) de la NOM-001- SEDE-2012.

Es conveniente tomar en cuenta que la caída de tensión global desde el medio de desconexión principal hasta cualquier salida de la instalación (sea alumbrado, fuerza, contactos, calefacción, etc.) no debe exceder del 5 %. La caída de tensión se debe distribuir razonablemente en el circuito derivado y en el circuito

alimentador, procurando que en cualquiera de ellos la caída de tensión no sea mayor del 3 %.

Se utilizan las siguientes ecuaciones, dependiendo del circuito que se trate.

Para circuitos trifásicos (220/127 Vca):

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \times I_n \times L \times 100 \times [(R \cos \theta) + (X \sin \theta)]}{V_{f-f} \times 1000}$$

Para circuitos monofásicos (127 Vca y 220 Vca):

$$e\% = \frac{2 \times I_n \times L \times 100 \times [(R \cos \theta) + (X \sin \theta)]}{V_{f-n} \times 1000}$$

Dónde:

$I_n$  = Corriente nominal [A]

$e$  = Caída de tensión [%]

$L$  = Longitud del circuito [m]

$R$  = Resistividad eléctrica del conductor [ $\Omega$ /km]

$X$  = Reactancia eléctrica del conductor [ $\Omega$ /km]

$\cos \theta = 0,90$

$\sin \theta = \sin(\cos^{-1} \theta) = \sin(\cos^{-1}(0,90)) = \sin 25,84 = 0,43$

$V_{f-f}$  = Voltaje entre fases [V]

$V_{f-n}$  = Voltaje de fase a neutro [V]

- El valor de la resistividad y reactancia eléctrica debe consultarse en la Tabla 9 (ver página siguiente).
- El valor del ángulo  $\theta$ , se determina a partir del valor del  $fp$  que es indicado en los datos de diseño con un valor normalmente de 0,90 por lo que se calcula como:

$$\theta = \cos^{-1}(fp)$$

$$\theta = \cos^{-1}(0,90)$$

$$\theta = 25,84^\circ \text{ ángulo aplicable para obtener el valor del } \sin \theta$$

Tabla 9.- Resistencia y reactancia en corriente alterna para los cables para 600 volts, 3 fases a 60 Hz y 75 °C.

Tres conductores individuales en un tubo conduit.

| Area mm <sup>2</sup> | Tamaño (AWG o kcmil) | Ohms al neutro por kilómetro                           |                  |  |                     |                  |   |                     |                  |  |                     |                  |   |                     |                  |  |
|----------------------|----------------------|--|------------------|--|---------------------|------------------|---|---------------------|------------------|--|---------------------|------------------|---|---------------------|------------------|--|
|                      |                      | X <sub>L</sub> (Reactancia) para todos los conductores |                  | Resistencia en corriente alterna para conductores de cobre sin recubrimiento |                     |                  | Resistencia en corriente alterna para conductores de aluminio |                     |                  | Z eficaz a FP = 0.85 para conductores de cobre sin recubrimiento |                     |                  | Z eficaz a FP = 0.85 para conductores de aluminio |                     |                  |  |
|                      |                      | Conduit de PVC o Aluminio                              | Conduit de acero | Conduit de PVC   | Conduit de Aluminio | Conduit de Acero | Conduit de PVC  | Conduit de Aluminio | Conduit de Acero | Conduit de PVC   | Conduit de Aluminio | Conduit de Acero | Conduit de PVC                                    | Conduit de Aluminio | Conduit de Acero |  |
| 2.08                 | 14                   | 0.190  | 0.240            | 10.2   | 10.2                | 10.2             | —   | —                   | —                | 8.9  | 8.9                 | 8.9              | —   | —                   | —                |  |
| 3.31                 | 12                   | 0.177  | 0.223            | 6.6  | 6.6                 | 6.6              | —   | —                   | —                | 5.6  | 5.6                 | 5.6              | —   | —                   | —                |  |
| 5.26                 | 10                   | 0.164  | 0.207            | 3.9  | 3.9                 | 3.9              | —   | —                   | —                | 3.6  | 3.6                 | 3.6              | —   | —                   | —                |  |
| 8.36                 | 8                    | 0.171  | 0.213            | 2.56   | 2.56                | 2.56             | —   | —                   | —                | 2.26   | 2.26                | 2.30             | —   | —                   | —                |  |
| 13.30                | 6                    | 0.167  | 0.210            | 1.61   | 1.61                | 1.61             | 2.66  | 2.66                | 2.66             | 1.44   | 1.48                | 1.48             | 2.33  | 2.36                | 2.36             |  |
| 21.15                | 4                    | 0.157  | 0.197            | 1.02   | 1.02                | 1.02             | 1.67  | 1.67                | 1.67             | 0.95   | 0.95                | 0.98             | 1.51  | 1.51                | 1.51             |  |
| 26.67                | 3                    | 0.154  | 0.194            | 0.82   | 0.82                | 0.82             | 1.31  | 1.35                | 1.31             | 0.75   | 0.79                | 0.79             | 1.21  | 1.21                | 1.21             |  |
| 33.62                | 2                    | 0.148  | 0.187            | 0.62   | 0.66                | 0.66             | 1.05  | 1.05                | 1.05             | 0.62   | 0.62                | 0.66             | 0.98  | 0.98                | 0.98             |  |
| 42.41                | 1                    | 0.151  | 0.187            | 0.49   | 0.52                | 0.52             | 0.82  | 0.85                | 0.82             | 0.52   | 0.52                | 0.52             | 0.79  | 0.79                | 0.82             |  |
| 53.49                | 1/0                  | 0.144  | 0.180            | 0.39   | 0.43                | 0.39             | 0.66  | 0.69                | 0.66             | 0.43   | 0.43                | 0.43             | 0.62  | 0.66                | 0.66             |  |
| 67.43                | 2/0                  | 0.141  | 0.177            | 0.33   | 0.33                | 0.33             | 0.52  | 0.52                | 0.52             | 0.36   | 0.36                | 0.36             | 0.52  | 0.52                | 0.52             |  |
| 85.01                | 3/0                  | 0.138  | 0.171            | 0.253  | 0.269               | 0.259            | 0.43  | 0.43                | 0.43             | 0.289  | 0.302               | 0.308            | 0.43  | 0.43                | 0.46             |  |
| 107.2                | 4/0                  | 0.135  | 0.167            | 0.203  | 0.220               | 0.207            | 0.33  | 0.36                | 0.33             | 0.243  | 0.256               | 0.262            | 0.36  | 0.36                | 0.36             |  |
| 127                  | 250                  | 0.135  | 0.171            | 0.171  | 0.187               | 0.177            | 0.279   | 0.295               | 0.282            | 0.217  | 0.230               | 0.240            | 0.308   | 0.322               | 0.33             |  |
| 152                  | 300                  | 0.135  | 0.167            | 0.144  | 0.161               | 0.148            | 0.233   | 0.249               | 0.236            | 0.194  | 0.207               | 0.213            | 0.269   | 0.282               | 0.289            |  |
| 177                  | 350                  | 0.131  | 0.164            | 0.125  | 0.141               | 0.128            | 0.200   | 0.217               | 0.207            | 0.174  | 0.190               | 0.197            | 0.240   | 0.253               | 0.262            |  |
| 203                  | 400                  | 0.131  | 0.161            | 0.108  | 0.125               | 0.115            | 0.177   | 0.194               | 0.180            | 0.161  | 0.174               | 0.184            | 0.217   | 0.233               | 0.240            |  |
| 253                  | 500                  | 0.128  | 0.157            | 0.089  | 0.105               | 0.095            | 0.141   | 0.157               | 0.148            | 0.141  | 0.157               | 0.164            | 0.187   | 0.200               | 0.210            |  |
| 304                  | 600                  | 0.128  | 0.157            | 0.075  | 0.092               | 0.082            | 0.118   | 0.135               | 0.125            | 0.131  | 0.144               | 0.154            | 0.167   | 0.180               | 0.190            |  |
| 380                  | 750                  | 0.125  | 0.157            | 0.062  | 0.079               | 0.069            | 0.095   | 0.112               | 0.102            | 0.118  | 0.131               | 0.141            | 0.148   | 0.161               | 0.171            |  |
| 507                  | 1000                 | 0.121  | 0.151            | 0.049  | 0.062               | 0.059            | 0.075   | 0.089               | 0.082            | 0.105  | 0.118               | 0.131            | 0.128   | 0.138               | 0.151            |  |

Notas:

1. Estos valores se basan en las siguientes constantes: conductores del tipo RHH con trenzado de Clase B, en configuración acunada. La conductividad de los alambres es del 100 por ciento IACS para cobre y del 61 por ciento IACS para aluminio; la del conduit de aluminio es del 45 por ciento IACS. No se tiene en cuenta la reactancia capacitiva, que es insignificante a estas tensiones. Estos valores de resistencia sólo son válidos a 75 °C y para los parámetros dados, pero son representativos para los tipos de alambres para 600 volts que operen a 60 Hz.

2. La impedancia (Z) eficaz se define como  $R \cos(\theta) + X \sin(\theta)$ , en donde  $\theta$  es el ángulo del factor de potencia del circuito. Al multiplicar la corriente por la impedancia eficaz se obtiene una buena aproximación de la caída de tensión de línea a neutro. Los valores de impedancia eficaz de esta tabla sólo son válidos con un factor de potencia de 0.85. Para cualquier otro factor de potencia (FP) del circuito, la impedancia eficaz (Z<sub>e</sub>) se puede calcular a partir de los valores de R y X<sub>L</sub> dados en esta tabla, como sigue:  $Z_e = R \times FP + X_L \sin[\arccos(FP)]$ .

Nota: Si el conductor seleccionado por capacidad de conducción no cumple con la caída de tensión requerida, se deberá volver a hacer el cálculo por caída de tensión; pero ahora con un conductor de sección transversal mayor hasta que cumpla con la caída de tensión requerida.

### **3.2.5. CÁLCULO DEL CONDUCTOR NEUTRO**

Para circuitos monofásicos a 127 Vca o 220 Vca, es recomendable seleccionar el calibre del conductor neutro que sea igual a la sección transversal del conductor activo.

Consideraciones:

- a. La carga del neutro del alimentador o de la acometida debe ser el máximo desequilibrio de la carga determinado por la carga neta máxima calculada entre el neutro y cualquier otro conductor de fase... (Art. 220-61).
- b. No debe usarse un conductor neutro para más de un circuito derivado, para más de un circuito derivado multiconductor o para más de un conjunto de conductores de fase de un alimentador... (Art. 200-4).
- c. Uso de aislamiento color blanco o gris claro o con tres franjas continuas de color blanco... (Art. 200-7) para un conductor con un recubrimiento continuo.

### **3.3. CÁLCULO DEL DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA (INTERRUPTOR DERIVADO)**

El dispositivo de protección contra sobre corriente se determinará en función de la protección contra sobre-corriente (Art. 210-20), a la protección del equipo (Art. 240-2), a la protección del conductor (Art. 240-3) y a la selección del alimentador por ampacidad para conductores (Art. 310-15) de la NOM-001-SEDE-2012.

#### **3.3.1. PARA CIRCUITOS DE ALUMBRADO Y CONTACTOS**

Los conductores de circuitos derivados y los equipos deben estar protegidos mediante dispositivos de protección contra sobre corriente con valor nominal o ajuste que cumpla con:

- a. Cuando un circuito derivado alimenta cargas continuas o cualquier combinación de cargas continuas y no-continuas, la capacidad nominal del dispositivo de sobre corriente no debe ser menor a la carga no-continua más el 125 por ciento de la carga continua (Art. 210-20).
- b. Los dispositivos de salida deben tener una capacidad nominal de corriente no menor que la carga que van a alimentar... (Art. 210-21).
- c. Los conductores se deben proteger contra sobre corriente de acuerdo con su ampacidad (Art. 240-4).

- d. En ningún caso la carga eléctrica debe exceder a la capacidad nominal del circuito derivado (Art. 210-23).

Durante la selección de la capacidad del dispositivo de protección contra sobrecarga de nuestro circuito eléctrico se debe cumplir que la corriente nominal del circuito eléctrico a proteger sea menor o igual al 80 % de la capacidad de la corriente de diseño del dispositivo a elegir.

$$I_{dp} = 0,80I_n$$

Dónde:

$I_n$  = Corriente nominal [A]

$I_{dp}$  = Corriente del interruptor contra sobrecarga [A]

### **3.3.2. PARA CIRCUITOS DE UN SOLO MOTOR**

Los conductores del circuito derivado para un solo motor de servicio continuo, deben estar protegidos contra sobrecargas por algún dispositivo que sea sensible a la corriente del motor (Art. 430-32).

Tablas 430-247, 430-248, 430-249 y 430-250, se deben emplear para determinar la ampacidad de los conductores o el valor nominal en amperes de los interruptores, la protección del circuito derivado contra cortocircuitos y fallas a tierra, en lugar del valor real de corriente nominal marcada en la placa de características del motor.

Este dispositivo se debe seleccionar para que se dispare cuando tenga un rango máximo igual a la capacidad nominal, determinada a partir de la corriente eléctrica de plena carga indicada en la placa de características del motor.

$$I_{dp} = 1,15I_n$$

Dónde:

$I_n$  = Corriente nominal [A]

$I_{dp}$  = Corriente del interruptor contra sobrecarga [A]

### **3.4. CÁLCULO DEL DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN (CONTRA SOBRECARGA Y CORTO CIRCUITO) PARA EL ALIMENTADOR**

El dispositivo de protección contra sobre corriente para proteger un alimentador se determina en función de la protección contra sobre corriente (Art. 210-20), a la

protección del equipo (Art. 240-2), a la protección del conductor (Art. 240-3) y seleccionar en las tablas de ampacidad permisible (Art. 310-15) como lo dispone la normatividad vigente.

### **3.4.1. EN CIRCUITO CON EQUIPOS**

La selección de los dispositivos de protección contra sobre corriente y corto circuito para los conductores de circuitos que sea destinados para alimentar uno o más equipos, debe considerar que el valor de la corriente del dispositivo de protección no debe ser mayor que el valor de la corriente que puede soportar el conductor seleccionado (Art. 210-20).

$$I_d < I_{cs}$$

Dónde:

$I_d$  = Corriente de disparo del interruptor [A]

$I_{cs}$  = Corriente máxima del conductor seleccionado [A]

### **3.4.2. EN CIRCUITOS CON MOTORES**

#### **3.4.2.1. PARA UN SOLO MOTOR**

Los conductores que alimenten únicamente un solo motor en una aplicación de servicio continuo, deben tener su ampacidad no menor al 125 % del valor nominal de corriente de plena carga del motor... (Art. 430-22).

$$I_d < (1,25 \times I_{pcm})$$

Dónde:

$I_d$  = Corriente de disparo del interruptor [A]

$I_{pcm}$  = Corriente a plena carga del motor [A]

El valor de la corriente de disparo de la protección térmica del motor no debe exceder del valor en por ciento sobre los valores de corriente eléctrica a plena carga de los motores de la tabla 430-148 y 430-150.

#### **3.4.2.2. PARA UN GRUPO DE MOTORES Y OTRAS CARGAS**

Los conductores que alimentan varios motores o motores y otras cargas deben tener una ampacidad no menor a la suma de las corrientes de todas las cargas diversas, es decir; la ampacidad de los conductores del alimentador debe ser igual

a la sumatoria de las corrientes del grupo de cargas que es igual al 125 % de la corriente nominal de plena carga del motor mayor, más la sumatoria de las corrientes nominales de plena carga de los motores menores del grupo, más el 100 % de la sumatoria de las cargas no continuas que no son motores, más la sumatoria de las corrientes de las cargas continuas que no son motores, establecen el valor de la corriente para la selección del conductor.

$$I_d = 1,25 \times I_{pcM} + \sum I_m + \sum I_{disc} + \sum I_{cont}$$

Dónde:

$I_d$  = Corriente de disparo del interruptor [A]

$I_{pcM}$  = Corriente a plena carga del motor mayor [A]

$I_m$  = Corriente nominal a plena carga de los motores menores [A]

$I_{disc}$  = Corriente de cargas no continuas (no motores) [A]

$I_{cont}$  = Corriente de cargas continuas (no motores) [A]

### **3.5. CÁLCULO DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA**

#### **3.5.1. PARA UN ALIMENTADOR DE ACOMETIDA**

Considerar los siguientes criterios para la selección de la sección transversal conductor del electrodo de puesta a tierra en la acometida en un sistema de corriente alterna puesto a tierra o no puesto a tierra (Art. 250-66).

- Los conductores de puesta a tierra deben ser lo más corto posible para evitar perturbar las partes permanentes de la instalación, así como evitar dobleces y bucles innecesarios.
- La sección transversal mínima del electrodo de puesta a tierra al electrodo por instalar será lo indicado en la Tabla 250-66.

Tabla 250-66.- Conductor del electrodo de puesta a tierra para sistemas de corriente alterna

| Tamaño del mayor conductor de entrada a la acometida o área equivalente para conductores en paralelo <sup>a</sup> |                   |                  |                   | Tamaño del conductor al electrodo de puesta a tierra |             |                       |             |
|---|-------------------|------------------|-------------------|--|-------------|-----------------------|-------------|
| Cobre   |                   | Aluminio         |                   | Cobre  |             | Aluminio <sup>b</sup> |             |
| mm <sup>2</sup>   | AWG o kcmil       | mm <sup>2</sup>  | AWG o kcmil       | mm <sup>2</sup>                                      | AWG o kcmil | mm <sup>2</sup>       | AWG o kcmil |
| 33.6 o menor  | 2 o menor         | 53.50 o menor    | 1/0 o menor       | 8.37   | 8           | 13.3                  | 6           |
| 42.4 o 53.5   | 1 o 1/0           | 67.40 o 85.00    | 2/0 o 3/0         | 13.3   | 6           | 21.2                  | 4           |
| 67.4 o 85.0   | 2/0 o 3/0         | 107 o 127        | 4/0 o 250         | 21.2   | 4           | 33.6                  | 2           |
| Más de 85.0 a 177   | Más de 3/0 a 350  | Más de 127 a 253 | Más de 250 a 500  | 33.6   | 2           | 53.5                  | 1/0         |
| Más de 177 a 304.0  | Más de 350 a 600  | Más de 253 a 456 | Más de 500 a 900  | 53.5   | 1/0         | 85.0                  | 3/0         |
| Más de 304 a 557.38   | Más de 600 a 1100 | Más de 456 a 887 | Más de 900 a 1750 | 67.4   | 2/0         | 107                   | 4/0         |
| Más de 557.38   | Más de 1100       | Más de 887       | Más de 1750       | 85.0   | 3/0         | 127                   | 250         |

### 3.5.2. PARA ALIMENTADORES DE EQUIPOS Y CIRCUITOS DERIVADOS

Se deben considerar los siguientes criterios para el cálculo de la sección transversal del conductor de puesta a tierra del alimentador para equipos y circuitos derivados (Art. 250-122).

- **Criterio de compensación:** Se realiza cuando la sección transversal del conductor es seleccionada a partir de la capacidad de conducción del conductor es superada por la selección de la sección transversal del conductor por caída de tensión. Cuando se incrementa la sección transversal de los conductores de fase, se debe incrementar el tamaño de los conductores de puesta a tierra proporcionalmente al área en mm<sup>2</sup> o kCMIL de los conductores de fase.
- **Criterio múltiple:** Se presenta cuando se instalan múltiples circuitos en una misma canalización, entonces se debe dimensionar para los conductores protegidos con el mayor dispositivo contra sobre-corriente en la canalización.
- **Sección transversal mínima:** El calibre del conductor a instalar será seleccionada conforme a lo indicado en la Tabla 250-122.

**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 <sup>2</sup> | AWG o kcmil | mm <sup>2</sup>                        | 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        |

Los conductores de puesta a tierra de equipos, cubiertos o aislados individualmente deben tener un acabado exterior continuo de color verde o verde con una o más franjas amarillas.

### **3.6. CÁLCULO DE LA CANALIZACIÓN ELÉCTRICA**

En las canalizaciones deberán ser acopladas o unidas firmemente y metálicamente entre ellas y todas las cajas, accesorios y gabinetes, de modo que ofrezcan una continuidad eléctrica efectiva (Art. 300-10).

Dentro de una canalización no debe haber ni empalmes ni derivaciones preferentemente (Art. 300-13).

Los factores de ajuste indicados en la Tabla 310-15(B)(3)(a), se deben aplicar únicamente a los conductores de fuerza y alumbrado.

**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 <sup>1</sup> | 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   |

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

### **3.6.1. SELECCIÓN PARA CABLES MISMO CALIBRE**

Si en la canalización sólo fueran alojados conductores del mismo calibre, se podría utilizar la Tabla 4 y Tabla 5 basadas en la Tabla 1 del capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-2012 o según las características del tipo de canalización designada por el proyecto.

### 3.6.2. SELECCIÓN PARA CABLES DE DIFERENTE CALIBRE

Si en dicha canalización fueran alojados conductores de diferentes calibres, entonces se procedería a llenar la siguiente matriz:

| MATRIZ DE CÁLCULO PARA EL RELLENO DE TUBERÍAS CON CONDUCTORES |          |                     |                    |                     |                 |
|---|----------|---------------------|--------------------|---------------------|-----------------|
| Calibre del conductor   | Cantidad | Tipo de aislamiento | Función o utilidad | Área por conductor* | Área subtotal   |
| AWG   | m        |                     |                    | mm <sup>2</sup>     | mm <sup>2</sup> |
|   |          |                     |                    |                     |                 |
|   |          |                     |                    |                     |                 |
|   |          |                     |                    |                     |                 |
|   |          |                     |                    |                     |                 |
|   |          |                     |                    |                     |                 |
|   |          |                     |                    |                     |                 |
|   |          |                     |                    |                     |                 |
|   |          |                     |                    |                     |                 |
|   |          |                     |                    |                     |                 |
|   |          |                     |                    |                     |                 |
|   |          |                     |                    |                     |                 |
| TOTAL, DE CONDUCTORES =                                       |          |                     |                    | ÁREA TOTAL =        |                 |

\* Este valor de área considera el aislamiento o la cubierta del conductor y la sección transversal del conductor mediante la Tabla 4 del Capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-2012 (propiedades de los conductores) y el número de conductores a colocar en el interior de la canalización será consultada en la Tabla 8 del Capítulo 10. Por lo que se determina el diámetro nominal de la tubería (ya se considera los porcentajes de relleno indicados en la Tabla 1 del mismo capítulo).

A continuación, presento las imágenes de las tablas antes referidas, de conformidad con los artículos de la norma vigente:

**Tabla 4.- Dimensiones y porcentaje disponible para los conductores del área del tubo conduit (basado en la Tabla 1, de este Capítulo)**

| Artículo 358 – Tubo conduit no metálico (EMT)       |                  |                  |                     |                    |                       |                          |                               |
|---|------------------|------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Designación métrica                                 | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | 60% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
|   |                  | mm               | mm <sup>2</sup>     | mm <sup>2</sup>    | mm <sup>2</sup>       | mm <sup>2</sup>          | mm <sup>2</sup>               |
| 16  | ½                | 15.8             | 196                 | 118                | 104                   | 61                       | 78                            |
| 21  | ¾                | 20.9             | 343                 | 206                | 182                   | 106                      | 137                           |
| 27  | 1                | 26.6             | 556                 | 333                | 295                   | 172                      | 222                           |
| 35  | 1 ¼              | 35.1             | 968                 | 581                | 513                   | 300                      | 387                           |
| 41  | 1 ½              | 40.9             | 1314                | 788                | 696                   | 407                      | 526                           |
| 53  | 2                | 52.5             | 2165                | 1299               | 1147                  | 671                      | 866                           |
| 63  | 2 ½              | 69.4             | 3783                | 2270               | 2005                  | 1173                     | 1513                          |
| 78  | 3                | 85.2             | 5701                | 3421               | 3022                  | 1767                     | 2280                          |
| 91  | 3 ½              | 97.4             | 7451                | 4471               | 3949                  | 2310                     | 2980                          |
| 103   | 4                | 110.1            | 9521                | 5712               | 5046                  | 2951                     | 3808                          |
| Artículo 362 – Tubo conduit no metálico (ENT)       |                  |                  |                     |                    |                       |                          |                               |
| Designación métrica                                 | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | 60% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
|   |                  | mm               | mm <sup>2</sup>     | mm <sup>2</sup>    | mm <sup>2</sup>       | mm <sup>2</sup>          | mm <sup>2</sup>               |
| 16  | ½                | 14.2             | 158                 | 95                 | 84                    | 49                       | 63                            |
| 21  | ¾                | 19.3             | 293                 | 176                | 155                   | 91                       | 117                           |
| 27  | 1                | 25.4             | 507                 | 304                | 269                   | 157                      | 203                           |
| 35  | 1 ¼              | 34               | 908                 | 545                | 481                   | 281                      | 363                           |
| 41  | 1 ½              | 39.9             | 1250                | 750                | 663                   | 388                      | 500                           |
| 53  | 2                | 51.3             | 2067                | 1240               | 1095                  | 641                      | 827                           |
| 63  | 2 ½              | —                | —                   | —                  | —                     | —                        | —                             |
| 78  | 3                | —                | —                   | —                  | —                     | —                        | —                             |
| 91  | 3 ½              | —                | —                   | —                  | —                     | —                        | —                             |
| Artículo 348 – Tubo conduit metálico flexible (FMC) |                  |                  |                     |                    |                       |                          |                               |
| Designación métrica                                 | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | 60% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
|   |                  | mm               | mm <sup>2</sup>     | mm <sup>2</sup>    | mm <sup>2</sup>       | mm <sup>2</sup>          | mm <sup>2</sup>               |
| 12  | ¾                | 9.70             | 74                  | 44                 | 39                    | 23                       | 30                            |
| 16  | ½                | 16.10            | 204                 | 122                | 108                   | 63                       | 81                            |
| 21  | ¾                | 20.90            | 343                 | 206                | 182                   | 106                      | 137                           |
| 27  | 1                | 25.90            | 527                 | 316                | 279                   | 163                      | 211                           |
| 35  | 1 ¼              | 32.40            | 824                 | 495                | 437                   | 256                      | 330                           |
| 41  | 1 ½              | 39.10            | 1201                | 720                | 636                   | 372                      | 480                           |
| 53  | 2                | 51.80            | 2107                | 1264               | 1117                  | 653                      | 843                           |
| 63  | 2 ½              | 63.50            | 3167                | 1900               | 1678                  | 982                      | 1267                          |
| 78  | 3                | 76.20            | 4560                | 2736               | 2417                  | 1414                     | 1824                          |
| 91  | 3 ½              | 88.90            | 6207                | 3724               | 3290                  | 1924                     | 2483                          |
| 103   | 4                | 101              | 8107                | 4864               | 4297                  | 2513                     | 3243                          |

| Artículo 342 – Tubo conduit metálico semipesado (IMC) |                  |                  |                     |                    |                       |                          |                               |
|---|------------------|------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Designación métrica                                   | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | 60% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
|   |                  | mm               | mm <sup>2</sup>     | mm <sup>2</sup>    | mm <sup>2</sup>       | mm <sup>2</sup>          | mm <sup>2</sup>               |
| 12  | ¾                | —                | —                   | —                  | —                     | —                        | —                             |
| 16  | ½                | 16.80            | 222                 | 133                | 117                   | 69                       | 89                            |
| 21  | ¾                | 21.90            | 377                 | 226                | 200                   | 117                      | 151                           |
| 27  | 1                | 28.10            | 620                 | 372                | 329                   | 192                      | 248                           |
| 35  | 1 ¼              | 36.80            | 1064                | 638                | 564                   | 330                      | 425                           |
| 41  | 1 ½              | 42.70            | 1432                | 859                | 759                   | 444                      | 573                           |
| 53  | 2                | 54.60            | 2341                | 1405               | 1241                  | 726                      | 937                           |
| 63  | 2 ½              | 64.90            | 3308                | 1985               | 1753                  | 1026                     | 1323                          |
| 78  | 3                | 80.70            | 5115                | 3069               | 2711                  | 1586                     | 2046                          |
| 91  | 3 ½              | 93.20            | 6822                | 4093               | 3616                  | 2115                     | 2729                          |
| 103   | 4                | 105.40           | 8725                | 5235               | 4624                  | 2705                     | 3490                          |

| Artículo 350 – Tubo conduit metálico flexible hermético a los líquidos (LFMC) |                  |                  |                     |                    |                       |                          |                               |
|---|------------------|------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------|
| Designación métrica   | Tamaño comercial | Diámetro interno | 100% del área total | 60% del área total | Un conductor fr = 53% | Dos conductores fr = 31% | Más de 2 conductores fr = 40% |
|   |                  | mm               | mm <sup>2</sup>     | mm <sup>2</sup>    | mm <sup>2</sup>       | mm <sup>2</sup>          | mm <sup>2</sup>               |
| 12  | ¾                | 12.5             | 123                 | 74                 | 65                    | 38                       | 49                            |
| 16  | ½                | 16.1             | 204                 | 122                | 108                   | 63                       | 81                            |
| 21  | ¾                | 21.1             | 350                 | 210                | 185                   | 108                      | 140                           |
| 27  | 1                | 26.8             | 564                 | 338                | 299                   | 175                      | 226                           |
| 35  | 1 ¼              | 35.4             | 984                 | 591                | 522                   | 305                      | 394                           |
| 41  | 1 ½              | 40.3             | 1276                | 765                | 676                   | 395                      | 510                           |
| 53  | 2                | 51.6             | 2091                | 1255               | 1108                  | 648                      | 836                           |
| 63  | 2 ½              | 63.3             | 3147                | 1888               | 1668                  | 976                      | 1259                          |
| 78  | 3                | 78.4             | 4827                | 2896               | 2559                  | 1497                     | 1931                          |
| 91  | 3 ½              | 89.4             | 6277                | 3766               | 3327                  | 1946                     | 2511                          |
| 103   | 4                | 102.1            | 8187                | 4912               | 4339                  | 2538                     | 3275                          |
| 129   | 5                | —                | —                   | —                  | —                     | —                        | —                             |
| 155   | 6                | —                | —                   | —                  | —                     | —                        | —                             |

**Tabla 5.- Dimensiones de los conductores aislados y cables para artefactos**

| Tipo   | Tamaño          |             | Diámetro aproximado | Area aproximada |
|--|-----------------|-------------|---------------------|-----------------|
|  | mm <sup>2</sup> | AWG o kcmil | mm                  | mm <sup>2</sup> |
| Tipo: FFH-2, RFH-1, RFH-2, RHH*, RHW*, RHW-2*, RHH, RHW, RHW-2, SF-1, SF-2, SFF-1, SFF-2, TF, TFF, THHW, THW, THW-2, TW, XF, XFF |                 |             |                     |                 |
| RFH-2, FFH-2   | 0.824           | 18          | 3.454               | 9.355           |
|  | 1.31            | 16          | 3.759               | 11.10           |
| RHH, RHW, RHW-2  | 2.08            | 14          | 4.902               | 18.9            |
|  | 3.31            | 12          | 5.385               | 22.77           |
|  | 5.26            | 10          | 5.994               | 28.19           |
|  | 6.63            | 8           | 8.28                | 53.87           |
|  | 8.37            | 6           | 9.246               | 67.16           |
|  | 21.2            | 4           | 10.46               | 86              |
|  | 26.7            | 3           | 11.18               | 98.13           |
|  | 33.6            | 2           | 11.99               | 112.9           |
|  | 42.4            | 1           | 14.78               | 171.6           |
|  | 53.5            | 1/0         | 15.8                | 196.1           |
|  | 67.4            | 2/0         | 16.97               | 226.1           |
|  | 85.0            | 3/0         | 18.29               | 262.7           |
|  | 107             | 4/0         | 19.76               | 306.7           |
|  | 127             | 250         | 22.73               | 405.9           |
|  | 152             | 300         | 24.13               | 457.3           |
|  | 177             | 350         | 25.43               | 507.7           |
|  | 203             | 400         | 26.62               | 556.5           |
|  | 253             | 500         | 28.78               | 650.5           |
|  | 304             | 600         | 31.57               | 782.9           |
|  | 355             | 700         | 33.38               | 874.9           |
|  | 380             | 750         | 34.24               | 920.8           |
|  | 405             | 800         | 35.05               | 965             |
|  | 456             | 900         | 36.68               | 1057            |
|  | 507             | 1000        | 38.15               | 1143            |
|  | 633             | 1250        | 43.92               | 1515            |
|  | 760             | 1500        | 47.04               | 1738            |
|  | 887             | 1750        | 49.94               | 1959            |
|  | 1013            | 2000        | 52.63               | 2175            |
| SF-2, SFF-2  | 0.824           | 18          | 3.073               | 7.419           |
|  | 1.31            | 16          | 3.378               | 8.968           |
|  | 2.08            | 14          | 3.759               | 11.10           |
| SF-1, SFF-1  | 0.824           | 18          | 2.311               | 4.194           |
| RFH-1, XF, XFF   | 0.824           | 18          | 2.692               | 5.161           |
| TF, TFF, XF, XFF   | 1.31            | 16          | 2.997               | 7.032           |
| TW, XF, XFF, THHW, THW, THW-2  | 2.08            | 14          | 3.378               | 8.968           |
| TW, THHW, THW, THW-2   | 3.31            | 12          | 3.861               | 11.68           |
|  | 5.26            | 10          | 4.470               | 55.68           |
|  | 6.63            | 8           | 5.994               | 28.19           |
| RHH*, RHW*, RHW-2*   | 2.08            | 14          | 4.140               | 13.48           |
| RHH*, RHW*, RHW-2*, XF, XFF  | 3.31            | 12          | 4.623               | 16.67           |

| Tipo  | Tamaño          |             | Diámetro aproximado | Area aproximada |
|---|-----------------|-------------|---------------------|-----------------|
|   | mm <sup>2</sup> | AWG o kcmil | mm                  | mm <sup>2</sup> |
| Tipo: RHH*, RHW*, RHW-2*, THHN, THHW, THW, RHH, RHW, THW-2, TFN, TFFN, THWN, THWN2, XF, XFF |                 |             |                     |                 |
| RHH*, RHW*, RHW-2*, XF, XFF   | 5.26            | 10          | 5.232               | 21.48           |
| RHH*, RHW*, RHW-2*  | 6.63            | 8           | 6.756               | 35.87           |
| TW, THW, THHW, THW-2, RHH*, RHW*, RHW-2*  | 8.37            | 6           | 7.722               | 46.84           |
|   | 21.2            | 4           | 8.941               | 62.77           |
|   | 26.7            | 3           | 9.652               | 73.16           |
|   | 33.6            | 2           | 10.46               | 86.00           |
|   | 42.4            | 1           | 12.50               | 122.60          |
|   | 53.5            | 1/0         | 13.51               | 143.40          |
|   | 67.4            | 2/0         | 14.68               | 169.30          |
|   | 85.0            | 3/0         | 16.00               | 201.10          |
|   | 107             | 4/0         | 17.48               | 239.90          |
|   | 127             | 250         | 19.43               | 296.50          |
|   | 152             | 300         | 20.83               | 340.70          |
|   | 177             | 350         | 22.12               | 384.40          |
|   | 203             | 400         | 23.32               | 427.00          |
|   | 253             | 500         | 25.48               | 509.70          |
|   | 304             | 600         | 28.27               | 627.7           |
|   | 355             | 700         | 30.07               | 710.3           |
|   | 380             | 750         | 30.94               | 751.7           |
|   | 405             | 800         | 31.75               | 791.7           |
|   | 456             | 900         | 33.38               | 874.9           |
|   | 507             | 1000        | 34.85               | 953.8           |
| TFN, TFFN   | 633             | 1250        | 39.09               | 1200            |
|   | 760             | 1500        | 42.21               | 1400            |
|   | 887             | 1750        | 45.1                | 1598            |
|   | 1013            | 2000        | 47.80               | 1795            |
| THHN, THWN, THWN-2  | 0.824           | 18          | 2.134               | 3.548           |
|   | 1.31            | 16          | 2.438               | 4.645           |
|   | 2.08            | 14          | 2.819               | 6.258           |
|   | 3.31            | 12          | 3.302               | 8.581           |
|   | 5.26            | 10          | 4.166               | 13.61           |
|   | 6.63            | 8           | 5.486               | 23.61           |
|   | 8.37            | 6           | 6.452               | 32.71           |
|   | 21.2            | 4           | 8.23                | 53.16           |
|   | 26.7            | 3           | 8.941               | 62.77           |
|   | 33.6            | 2           | 9.754               | 74.71           |
|   | 42.4            | 1           | 11.33               | 100.8           |
|   | 53.5            | 1/0         | 12.34               | 119.7           |
|   | 67.4            | 2/0         | 13.51               | 143.4           |
|   | 85.0            | 3/0         | 14.83               | 172.8           |
|   | 107             | 4/0         | 16.31               | 208.8           |
| 127   | 250             | 18.06       | 256.1               |                 |
| 152   | 300             | 19.46       | 297.3               |                 |

#### 4. DISEÑO DE ALIMENTADORES

La presente memoria de cálculo presenta el análisis y metodología empleada en su desarrollo, basados en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, considerando tablas y artículos que apliquen.

##### 4.1. CÁLCULO DE UN CIRCUITO DE ALUMBRADO

Alimentador de alumbrado del Circuito "A1-1"

Origen: Tablero A1

Destino: Alumbrado de estancia, en nivel 1

El alimentador para el Circuito "A1-2" se calcula considerando que es un circuito derivado.

Datos para el diseño:

|                          |       |     |
|--------------------------|-------|-----|
| Carga instalada en KVA   | 0,746 | kVA |
| Carga instalada en KW    | 0,672 | kW  |
| Voltaje nominal          | 127   | V   |
| Temperatura de operación | 35    | °C  |
| Número de fases          | 1     |     |
| Factor de potencia       | 0,9   |     |
| Factor de temperatura    | 0,94  |     |
| Factor de agrupamiento   | 1     |     |
| Factor de demanda        | 1     |     |
| Longitud del circuito    | 34    | m   |
| Caída máxima (e%)        | 2     | %   |
| No. Conductores p/tubo   | 2     |     |

##### Análisis por el criterio de corriente:

Para el circuito monofásico, la corriente nominal se calcula:

$$I_n = \frac{W}{V_{f-n} \times \text{Cos}\theta}$$

$$I_n = \frac{672}{127 \times 0,9} = 5,88 \text{ A}$$

Para seleccionar el calibre del cable mediante la corriente corregida, tenemos que:

$$I_c = \frac{I_n}{(FA \times FT)}$$

$$I_c = \frac{5,88}{(1 \times 0,94)} = 6,26 \text{ A}$$

De acuerdo a la Tabla 310-15(b)(16) de la NOM-001-SEDE-2012 y partir de la corriente corregida se selecciona por ampacidad permisible el conductor aislado para éste circuito:

Para una  $I_c = 6,26 \text{ A}$ , debido al valor de la corriente, seleccionamos un conductor por fase, por lo que un cable calibre 2,08 mm<sup>2</sup> (14 AWG), tipo THW-LS@75 °C que puede conducir hasta 15 A > 6,26 A.

Por criterio seleccionamos 1 – 2,08 mm<sup>2</sup> (14 AWG) x fase.

### **Análisis por el método de caída de tensión:**

Tenemos como dato la  $I_n$  calculada y aplicando la fórmula para calcular la sección transversal del conductor y conociendo el valor teórico de la caída de tensión máxima, aplicamos:

$$S = \frac{4LI}{V_{f-n} \times e\%}$$

$$S = \frac{4 \times 34 \times 5,88}{127 \times 2} = 3,14 \text{ mm}^2$$

Comparando la sección transversal obtenida y la sección del calibre por corriente, tenemos:

3,14 mm<sup>2</sup> < 3,31 mm<sup>2</sup>. Por simple inspección este alimentador calibre 3,31 mm<sup>2</sup> (12 AWG) satisface la corriente máxima posible requerida por el valor de la  $I_n$ , por lo que:

Se calcula para 1 – 3,31 mm<sup>2</sup> (12 AWG) por fase, cuyos datos son:

$$R = 6,6000 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$X = 0,0223 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Para circuitos monofásicos a 127 Vca, la caída de tensión máxima es 2 %.

$$e\% = \frac{2 \times I_n \times L \times 100 \times [(R \cos\theta) + (X \sin\theta)]}{V_{f-n} \times 1000}$$

$$e\% = \frac{2 \times 5,88 \times 34 \times 100 \times [(6,6 \times 0,9) + (0,0223 \times 0,3589)]}{127 \times 1000} = 1,89$$

Como la caída de tensión obtenida es menor al 2 %, se selecciona el conductor calibre 12 AWG.

### **Cálculo de la capacidad del dispositivo de protección:**

De acuerdo a la corriente nominal, consideramos que la corriente de disparo del dispositivo.

$$I_d = 1,25I_n$$

$$I_d = 1,25 \times 5,88 = 7,35 \text{ A}$$

De la Tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012, para una corriente de 7,35 A, elegimos el valor inmediatamente superior, por lo que tenemos un interruptor termomagnético de 1P - 15 A.

### **Selección del conductor de puesta a tierra del equipo:**

De la tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012, se selecciona el tamaño mínimo del conductor de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

Para un interruptor termomagnético de 1P - 15 A, corresponde un cable a tierra calibre 2,08 mm<sup>2</sup> (14 AWG).

Como la sección transversal del conductor de fase por el método de caída de tensión es mayor a la sección transversal al obtenido por el método de corriente, se aplica el método de compensación para el ajuste del conductor de puesta a tierra.

Por lo tanto, se selecciona el cableado para el alimentador:

2 - 12 AWG (1F-2H), 1 - 12 AWG (TF)

### **Cálculo de la Canalización:**

Para el cálculo de la canalización se utilizan las Tablas 4 y 5 del capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-2012.

Desarrollo del cálculo para la canalización:

$$2 \times 3,31 \text{ mm}^2 = 6,62 \text{ mm}^2$$

$$1 \times 3,31 \text{ mm}^2 = 3,31 \text{ mm}^2$$

$$\text{Total} = 9,93 \text{ mm}^2$$

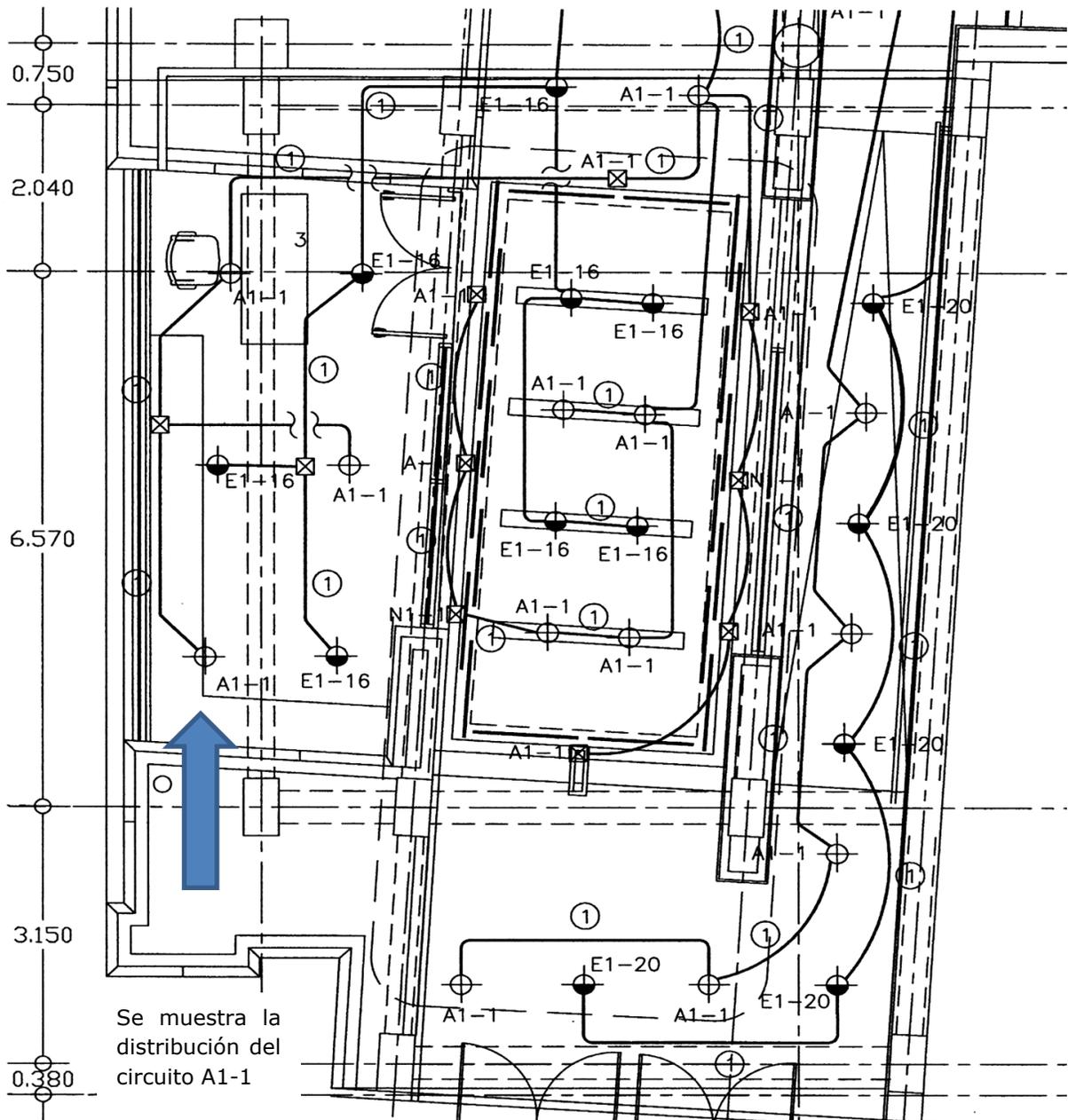
Lo que corresponde una tubería de: 16 mm de diámetro (1/2").

## RESULTADO FINAL A INSTALAR:

2 - 12 AWG (1F+2H), 1 - 12 AWG (TF), 1T-16 mm<sup>2</sup> (1/2")  $\Phi$

Puede consultar [8.3] Anexo C.

La presente figura muestra la sección del plano de instalación eléctrica alumbrado de la planta primer nivel, donde se distribuye el circuito eléctrico A1-1.



## 4.2. CÁLCULO DE UN CIRCUITO DE CONTACTOS

Alimentador de contactos del Circuito "N2-11"

Origen: Tablero N2

Destino: Sala, en nivel 2

El alimentador para el Circuito "N2-11" se calcula considerando que es un circuito derivado compartido con otro circuito monofásico N2-12.

Datos para el diseño:

|                          |       |     |
|--------------------------|-------|-----|
| Carga instalada en KVA   | 1,200 | kVA |
| Carga instalada en KW    | 1,080 | kW  |
| Voltaje nominal          | 127   | V   |
| Temperatura de operación | 30    | °C  |
| Número de fases          | 1     |     |
| Factor de potencia       | 0,9   |     |
| Factor de temperatura    | 1     |     |
| Factor de agrupamiento   | 0,80  |     |
| Factor de demanda        | 1     |     |
| Longitud del circuito    | 33    | m   |
| Caída máxima (e%)        | 2     | %   |
| No. Conductores p/tubo   | 2     |     |

### Análisis por el criterio de corriente:

Para el circuito monofásico, la corriente nominal se calcula:

$$I_n = \frac{W}{V_{f-n} \times \cos\theta}$$

$$I_n = \frac{1080}{127 \times 0,9} = 9,45 \text{ A}$$

Para seleccionar el calibre del cable mediante la corriente corregida, tenemos que:

$$I_c = \frac{I_n}{(FA \times FT)}$$

$$I_c = \frac{9,45}{(0,80 \times 1)} = 11,81 \text{ A}$$

De acuerdo a la Tabla 310-15(b)(16) de la NOM-001-SEDE-2012 y partir de la corriente corregida se selecciona por ampacidad permisible el conductor aislado para éste circuito:

Para una  $I_c = 11,81$  A, debido al valor de la corriente, seleccionamos un conductor por fase, por lo que un cable calibre  $2,08 \text{ mm}^2$  (14 AWG), tipo THW-LS@75 °C que puede conducir hasta  $15 \text{ A} > 11,81 \text{ A}$ .

Por criterio seleccionamos  $1 - 2,08 \text{ mm}^2$  (14 AWG) x fase.

### **Análisis por el método de caída de tensión:**

Tenemos como dato la  $I_n$  calculada y aplicando la fórmula para calcular la sección transversal del conductor y conociendo el valor teórico de la caída de tensión máxima, aplicamos:

$$S = \frac{4LI}{V_{f-n} \times e\%}$$

$$S = \frac{4 \times 33 \times 9,45}{127 \times 2} = 4,91 \text{ mm}^2$$

Comparando la sección transversal obtenida y la sección del calibre por corriente, tenemos:

$4,91 \text{ mm}^2 < 5,26 \text{ mm}^2$ . Por simple inspección este alimentador en calibre  $5,26 \text{ mm}^2$  (10 AWG) satisface la corriente máxima posible requerida por el valor de la  $I_n$ , por lo que:

Se calcula para  $1-5,26 \text{ mm}^2$  (10 AWG) por fase, cuyos datos son:

$$R = 3,9000 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$X = 0,0207 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Para circuitos monofásicos a 127 Vca, la caída de tensión máxima es 2%.

$$e\% = \frac{2 \times I_n \times L \times 100 \times [(R \cos \theta) + (X \sin \theta)]}{V_{f-n} \times 1000}$$

$$e\% = \frac{2 \times 9,45 \times 33 \times 100 \times [(3,9 \times 0,90) + (0,0207 \times 0,43589)]}{127 \times 1000} = 1,75$$

Como la caída de tensión obtenida es menor al 2 %, se selecciona el conductor calibre 10 AWG.

### **Cálculo de la capacidad del dispositivo de protección:**

De acuerdo a la corriente nominal, consideramos que la corriente de disparo del dispositivo.

$$I_d = 1,25I_n$$

$$I_d = 1,25 \times 9,45 = 11,81 \text{ A}$$

De la Tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012, para una corriente de 11,81 A elegimos el valor inmediatamente superior, por lo que tenemos un interruptor termomagnético de 1P - 15 A.

### **Selección del conductor de puesta a tierra del equipo:**

De la tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012, se selecciona el tamaño mínimo del conductor de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

Para un interruptor termomagnético de 1P - 15 A, corresponde un cable a tierra calibre 2,08 mm<sup>2</sup> (14 AWG).

Como la sección transversal del conductor de fase por el método de caída de tensión es mayor a la sección transversal al obtenido por el método de corriente, se aplica el método de compensación para el ajuste del conductor de puesta a tierra.

Por lo tanto, se selecciona el cableado para el alimentador:

2-10 AWG (1F-2H), 1-10 AWG (TF)

### **Cálculo de la canalización:**

Para el cálculo de la canalización se utilizan las Tablas 4 y 5 del capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-2012.

Desarrollo del cálculo para la canalización:

$$2 \times 5,26 \text{ mm}^2 = 10,52 \text{ mm}^2$$

$$1 \times 5,26 \text{ mm}^2 = 5,26 \text{ mm}^2$$

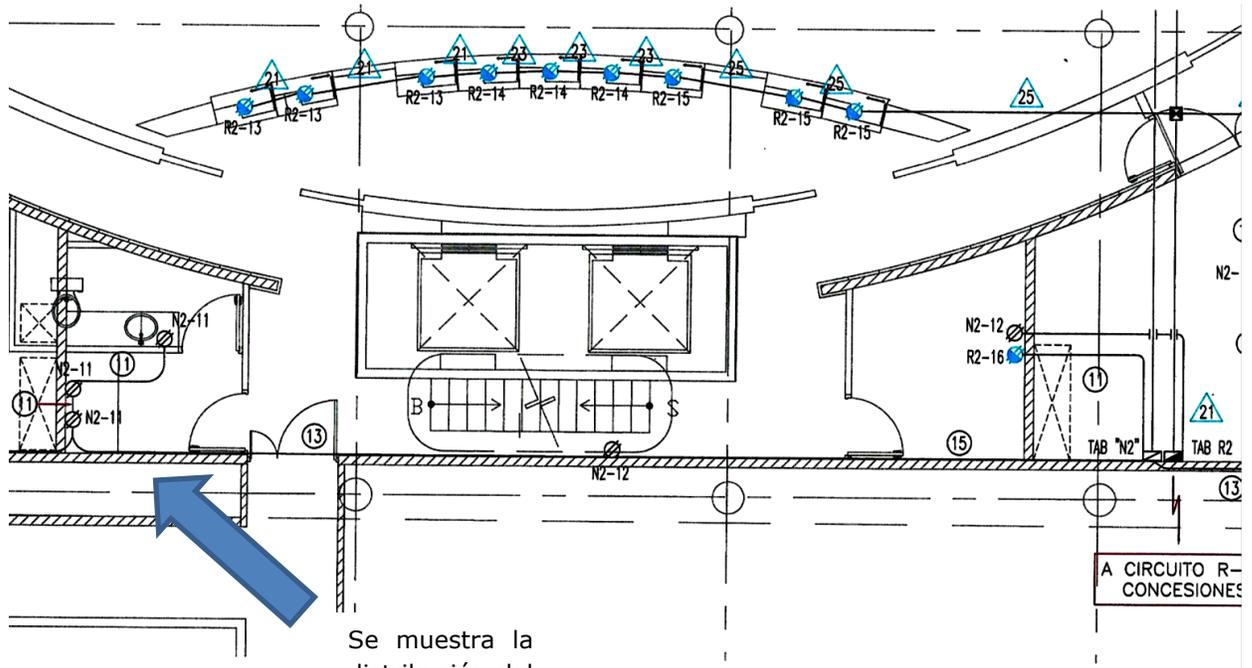
$$\text{Total} = 15,78 \text{ mm}^2.$$

Lo que corresponde una tubería de: 16 mm de diámetro (1/2").

### **RESULTADO FINAL A INSTALAR:**

2-10 AWG (1F+2H), 1-10 AWG (TF), 1T-16 mm<sup>2</sup> (1/2")  $\Phi$

La presente figura muestra la sección del plano de instalación eléctrica contactos de la planta segundo nivel, donde se distribuye el circuito eléctrico N12-11.



Se muestra la distribución del circuito N12-11

### 4.3. CÁLCULO PARA UN ALIMENTADOR ELÉCTRICO PARA UN GRUPO DE MOTORES

Alimentador del **Tablero "TDN4"**

Origen: Tablero TGN en Subestación eléctrica (nivel sótano)

Destino: Cuarto de máquinas, nivel sótano

El alimentador para el Tablero "TDN4" se calcula conociendo que es un centro de control de motores

Datos para el diseño:

|                          |         |     |
|--------------------------|---------|-----|
| Carga instalada en KVA   | 216,110 | kVA |
| Carga instalada en KW    | 180,888 | kW  |
| Voltaje nominal          | 440     | V   |
| Temperatura de operación | 35      | °C  |
| Número de fases          | 3       |     |
| Factor de potencia       | 0,8     |     |
| Factor de temperatura    | 0,94    |     |
| Factor de agrupamiento   | 1       |     |
| Factor de demanda        | 1       |     |
| Longitud del circuito    | 95      | m   |
| Caída máxima (e%)        | 1       | %   |
| No. Conductores p/tubo   | 4       |     |

#### **Análisis por el criterio de corriente:**

Para el circuito trifásico, la corriente nominal se considera el grupo de motores.

2-UMA-01 y 02 (5 HP-3Φ),

1-UMA-03 (10 HP-3Φ),

1-BAH-01,02 (7,5 HP-3Φ) "1 sistema dúplex de bombeo",

1-UC-01 (20 kW-3Φ),

1-UC-02 (40 kW-3Φ).

La corriente de cada motor es consultada en la Tabla 430-250

UMA-01 y UMA-02,  $I_{pc} = 7,60$  A

UMA-03,  $I_{pc} = 14 \text{ A}$

UMA-04,  $I_{pc} = 4,80 \text{ A}$

BAH-01, 02 (sistema dúplex),  $I_{pc} = 11 \text{ A}$

Los equipos UC se consideran como cargas discontinuas (no continuas).

UC-01,  $I_{pc} = 32,84 \text{ A}$

UC-02,  $I_{pc} = 65,69 \text{ A}$

Por lo que la corriente nominal para estos equipos se calcula:

$$I_{npc} = 1,25 I_{pcmm} + \sum I_{nmr} + \sum I_{disc} + \sum I_{cont}$$

$$I_{npc} = (1,25 \times 14) + (7,60 + 7,60 + 11) + (32,84 + 65,69) + 0$$

$$I_{npc} = 142,23 \text{ A}$$

Para seleccionar el calibre del cable mediante la corriente corregida, tenemos que:

$$I_c = \frac{I_n}{(FA \times FT)}$$

$$I_c = \frac{142,23}{(0,80 \times 0,94)} = 189,14 \text{ A}$$

De acuerdo a la Tabla 310-15(b)(16) de la NOM-001-SEDE-2012 y partir de la corriente corregida se selecciona por ampacidad permisible el conductor aislado para éste circuito:

Para una  $I_c = 189,14 \text{ A}$ , seleccionamos un conductor por fase, por lo que un cable calibre 85,01 mm<sup>2</sup> (3/0 AWG) tipo THW-LS@75 °C que puede conducir hasta 200 A > 189,14 A.

Por corriente seleccionamos 1 – 85,01 mm<sup>2</sup> (3/0 AWG) x fase.

### **Análisis por el método de caída de tensión.**

Tenemos como dato la  $I_n$  calculada y aplicando la fórmula para calcular la sección transversal del conductor y conociendo el valor teórico de la caída de tensión máxima, aplicamos:

$$S = \frac{2\sqrt{3}LI}{V_{f-f} \times e\%}$$

$$S = \frac{2\sqrt{3} \times 95 \times 142,23}{440 \times 1} = 106,38 \text{ mm}^2$$

Comparando la sección transversal obtenida y la sección del calibre por corriente, tenemos:

$85,01 \text{ mm}^2 < 106,38 \text{ mm}^2$ . Por simple inspección este conductor satisface la corriente máxima posible requerida por el valor de la  $I_n$ , por lo que:

A criterio se propone 1 - 127 mm<sup>2</sup> (250 KCMIL) x fase, cuyos datos son:

$$R = 0,177 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$X = 0,171 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Para circuitos trifásicos a 440 Vca, la caída de tensión máxima es 2 %.

$$e\% = \frac{\sqrt{3} I_n L \times 100 \times [(R \cos \theta) + (X \sin \theta)]}{V_{f-f} \times 1000}$$

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \times 142,23 \times 95 \times 100 \times [(0,177 \times 0,80) + (0,171 \times 0,60)]}{440 \times 1000} = 1,29$$

Como la caída de tensión obtenida es menor al 2 %, se selecciona 1 conductor por fase calibre 250 KCMIL.

### **Cálculo de la capacidad del dispositivo de protección.**

De acuerdo a la corriente nominal, consideramos que la corriente de disparo del dispositivo.

$$I_{dm} = 1,75 I_n$$

$$I_{dm} = 1,75 \times 142,23 = 248,90 \text{ A}$$

De la Tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012, para una corriente de 248,90 A, elegimos el valor inmediatamente superior, por lo que tenemos un interruptor termomagnético de 3P - 250 A.

### **Selección del conductor de puesta a tierra del equipo.**

De la tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012, se selecciona el tamaño mínimo del conductor de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

Para un interruptor termomagnético de 3P - 250 A, corresponde un cable a tierra calibre 21,15 mm<sup>2</sup> (4 AWG).

Como la sección transversal del conductor de fase por el método de caída de tensión es mayor a la seleccionada por el método de corriente, se aplica el método de compensación para el ajuste del conductor de puesta a tierra. Por lo que debe colocar un conductor calibre 2 AWG. Por lo tanto, se selecciona un cableado de:

4-250 KCMIL (3F-4H), 1-2 AWG (TF).

### **Cálculo de la Canalización.**

Para el cálculo de la canalización se utilizan las Tablas 4 y 5 del capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-2012.

Para el desarrollo de este cálculo deberá aplicarse el criterio del diseñador al distribuirlos de manera equilibrada en la canalización.

Para este caso, se calcula un tubo *conduit* metálico para completar el alimentador.

Desarrollo del cálculo para la canalización:

$$4 \times 127,00 \text{ mm}^2 = 508,00 \text{ mm}^2$$

$$1 \times 21,15 \text{ mm}^2 = 33,60 \text{ mm}^2$$

$$\text{Total} = 541,60 \text{ mm}^2$$

Lo que corresponde una tubería de: 53 mm<sup>2</sup> (2")  $\Phi$ .

### **RESULTADO FINAL A INSTALAR:**

4 - 250 KCMIL (3F-4H), 1 - 2 AWG (TF), 1T-53 mm<sup>2</sup> (2")  $\Phi$

Puede consultar [8.3] Anexo C.

#### 4.4. CÁLCULO PARA UN ALIMENTADOR ELÉCTRICO A TABLERO "F1"

Alimentador del **Tablero "F1"**

Origen: Tablero TDN1 en Subestación eléctrica (nivel sótano)

Destino: Equipos Cocina Restaurante, nivel 1

El alimentador para el Tablero "F1" se calcula conociendo que es un circuito derivado del Tablero TDN1

Datos para el diseño:

|                          |       |     |
|--------------------------|-------|-----|
| Carga instalada en KVA   | 16,54 | kVA |
| Carga instalada en KW    | 14,89 | kW  |
| Voltaje nominal          | 220   | V   |
| Temperatura de operación | 35    | °C  |
| Número de fases          | 3     |     |
| Factor de potencia       | 0,9   |     |
| Factor de temperatura    | 0,94  |     |
| Factor de agrupamiento   | 1     |     |
| Factor de demanda        | 1     |     |
| Longitud del circuito    | 27    | m   |
| Caída máxima (e%)        | 1     | %   |
| No. Conductores p/tubo   | 4     |     |

#### Análisis por el criterio de corriente:

Para el circuito trifásico, la corriente nominal se calcula:

$$I_n = \frac{KW}{\sqrt{3} \times V_{f-f} \times \text{Cos}\theta}$$

$$I_n = \frac{14890}{\sqrt{3} \times 220 \times 0,9} = 43,42 \text{ A}$$

Para seleccionar el calibre del cable mediante la corriente corregida, tenemos que:

$$I_c = \frac{I_n}{(FA \times FT)}$$

$$I_c = \frac{43,42}{(1,0 \times 0,94)} = 46,19 \text{ A}$$

De acuerdo a la Tabla 310-15(b)(16) de la NOM-001-SEDE-2012 y partir de la corriente corregida se selecciona por ampacidad permisible el conductor aislado para éste circuito:

Para una  $I_c = 46,19$  A, seleccionamos un conductor por fase, por lo que un cable calibre 13,30 mm<sup>2</sup> (6 AWG), tipo THW-LS@75 °C que puede conducir hasta 55 A > 46,19 A.

Por corriente seleccionamos 1 – 13,30 mm<sup>2</sup> (6 AWG) x fase.

### **Análisis por el método de caída de tensión:**

Tenemos como dato la  $I_n$  calculada y aplicando la fórmula para calcular la sección transversal del conductor y conociendo el valor teórico de la caída de tensión máxima, aplicamos:

$$S = \frac{2\sqrt{3}LI}{V_{f-f} \times e\%}$$

$$S = \frac{2\sqrt{3} \times 27 \times 46,19}{220 \times 1} = 19,64 \text{ mm}^2$$

Comparando la sección transversal obtenida y la sección del calibre por corriente, tenemos:

13,30 mm<sup>2</sup> < 19,64 mm<sup>2</sup>. Por simple inspección este conductor satisface la corriente máxima posible requerida por el valor de la  $I_n$ , por lo que:

A criterio se proponen 1 – 21,15 mm<sup>2</sup> (4 AWG) x fase, cuyos datos son:

$$R = 1,020 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$X = 0,197 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Para circuitos trifásicos a 220 Vca, la caída de tensión máxima es 2 %.

$$e\% = \frac{\sqrt{3}I_n L \times 100 \times [(R\cos\theta) + (X\sen\theta)]}{V_{f-f} \times 1000}$$

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \times 46,19 \times 27 \times 100 \times [(1,020 \times 0,90) + (0,197 \times 0,43589)]}{220 \times 1000} = 0,98$$

Como la caída de tensión obtenida es menor al 2 %, se selecciona 1 conductor por fase calibre 4 AWG.

### **Cálculo de la capacidad del dispositivo de protección:**

De acuerdo a la corriente nominal, consideramos que la corriente de disparo del dispositivo.

$$I_d = 1,25I_n$$

$$I_d = 1,25 \times 46,19 = 57,74 \text{ A}$$

De la Tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012, para una corriente de 57,74 A, elegimos el valor inmediatamente superior, por lo que tenemos un interruptor termomagnético de 3P - 60 A.

### **Selección del conductor de puesta a tierra del equipo:**

De la tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012, se selecciona el tamaño mínimo del conductor de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

Para un interruptor termomagnético de 3P - 60 A, corresponde un cable a tierra calibre 5,26 mm<sup>2</sup> (10 AWG).

Como la sección transversal del conductor de fase por el método de caída de tensión es mayor a la seleccionada por el método de corriente, se aplica el método de compensación para el ajuste del conductor de puesta a tierra.

Por lo tanto, se selecciona un cableado de:

4-4 AWG (3F-4H), 1-8 AWG (TF)

### **Cálculo de la canalización:**

Para el cálculo de la canalización se utilizan las Tablas 4 y 5 del capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-2012.

Para el desarrollo de este cálculo deberá aplicarse el criterio del diseñador al distribuirlos de manera equilibrada en la canalización.

Para este caso, se calcula un tubo *conduit* metálico para completar el alimentador.

Desarrollo del cálculo para la canalización:

$$4 \times 21,15 \text{ mm}^2 = 84,60 \text{ mm}^2$$

$$1 \times 8,367 \text{ mm}^2 = 8,367 \text{ mm}^2$$

$$\text{Total} = 92,97 \text{ mm}^2$$

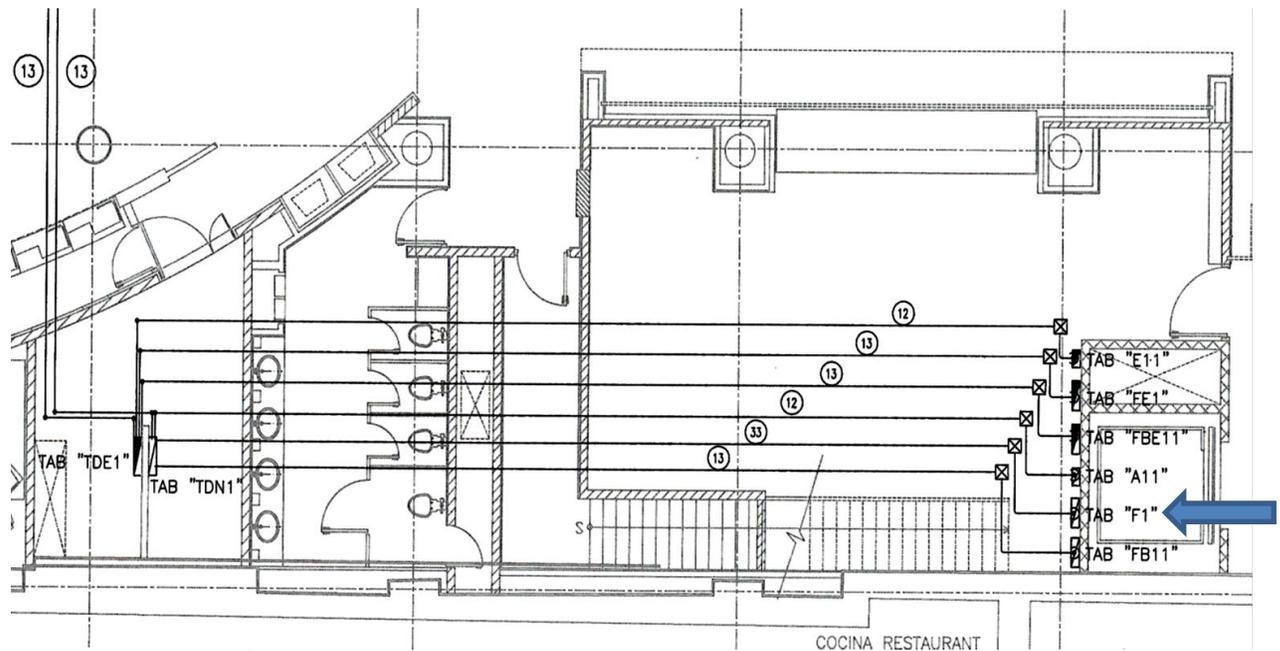
Lo que corresponde una tubería de:  $27 \text{ mm}^2$  (1")  $\Phi$

**RESULTADO FINAL A INSTALAR:**

4-4 AWG (3F-4H), 1-8 AWG (TF), 1T-27  $\text{mm}^2$  (1")  $\Phi$

Puede consultar [8.3] Anexo C.

La presente figura muestra la sección del plano de instalación eléctrica fuerza de la planta segundo nivel, donde se distribuye el alimentador eléctrico del Tablero "F1".



#### 4.5. CÁLCULO PARA UN ALIMENTADOR ELÉCTRICO A TABLERO "TDN1"

Alimentador del **Tablero "TDN1"**

Origen: Secundario del transformador TR-2

Destino: Tablero TGN en Subestación eléctrica (nivel sótano).

El alimentador para el Tablero "TDN1" se calcula considerando que es un circuito derivado del transformador TR-2. Por criterio, para efectos del cálculo del alimentador se considera la potencia del transformador.

Datos para el diseño:

|                          |         |     |
|--------------------------|---------|-----|
| Carga instalada en KVA   | 112,50  | kVA |
| Potencia instalada en KW | 101,250 | kW  |
| Carga demandada en KW    | 82,650  | kW  |
| Voltaje nominal          | 220     | V   |
| Temperatura de operación | 35      | °C  |
| Número de fases          | 3       |     |
| Factor de potencia       | 0,9     |     |
| Factor de temperatura    | 0,94    |     |
| Factor de agrupamiento   | 1       |     |
| Factor de demanda        | 1       |     |
| Longitud del circuito    | 10      | m   |
| Caída máxima (e%)        | 2       | %   |
| No. Conductores p/tubo   | 4       |     |

#### Análisis por el criterio de corriente:

Para el circuito trifásico, la corriente nominal se calcula:

$$I_n = \frac{KW}{\sqrt{3} \times V_{f-f} \times \text{Cos}\theta}$$

$$I_n = \frac{101250}{\sqrt{3} \times 220 \times 0,9} = 295,24 \text{ A}$$

Para seleccionar el calibre del cable mediante la corriente corregida, tenemos que:

$$I_c = \frac{I_n}{(FA \times FT)}$$

$$I_c = \frac{295,24}{(1,0 \times 0,94)} = 314,08 \text{ A}$$

De acuerdo a la Tabla 310-15(b)(16) de la NOM-001-SEDE-2012 y partir de la corriente corregida se selecciona por ampacidad permisible el conductor aislado para éste circuito:

Para una  $I_c = 314,08$  A, seleccionamos un conductor por fase, por lo que 1 cable calibre 203 mm<sup>2</sup> (400 KCMIL), tipo THW-LS@75 °C pueden conducir hasta 335 A > 314,08 A.

Por corriente seleccionamos 1 – 203 mm<sup>2</sup> (400 KCMIL) x fase.

### **Análisis por el método de caída de tensión:**

Tenemos como dato la  $I_n$  calculada y aplicando la fórmula para calcular la sección transversal del conductor y conociendo el valor teórico de la caída de tensión máxima, aplicamos:

$$S = \frac{2\sqrt{3}LI}{V_{f-f} \times e\%}$$

$$S = \frac{2\sqrt{3} \times 10 \times 295,24}{220 \times 2} = 23,24 \text{ mm}^2$$

Comparando la sección transversal obtenida y la sección del calibre por corriente, tenemos:

203 mm<sup>2</sup> > 23,24 mm<sup>2</sup>. Por simple inspección este conductor no satisface la corriente máxima posible requerida por el valor de la  $I_n$ , por lo que:

A criterio se proponen 2–85,01 mm<sup>2</sup> (3/0 AWG) x fase, cuyos datos son:

$$R = 0,1295 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$X = 0,0855 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Para circuitos trifásicos a 220 Vca, la caída de tensión máxima es 2 %.

$$e\% = \frac{\sqrt{3}I_n L \times 100 \times [(R\cos\theta) + (X\sen\theta)]}{V_{f-f} \times 1000}$$

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \times 295,24 \times 10 \times 100 \times [(0,1295 \times 0,9) + (0,0855 \times 0,43589)]}{220 \times 1000} = 0,35$$

Como la caída de tensión obtenida es menor al 2 %, se seleccionan 2 conductores por fase calibre 3/0 AWG.

### **Cálculo de la capacidad del dispositivo de protección:**

De acuerdo a la corriente nominal, consideramos que la corriente de disparo del dispositivo.

$$I_d = 1,25I_n$$

$$I_d = 1,25 \times 295,24 = 369,05 \text{ A}$$

De la Tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012, para una corriente de 369,05 A, elegimos el valor inmediatamente superior, por lo que tenemos un interruptor termomagnético de 3P - 400 A.

### **Selección del conductor de puesta a tierra del equipo:**

De la tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012, se selecciona el tamaño mínimo del conductor de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

Para un interruptor termomagnético de 3P - 400 A, corresponde un cable a tierra calibre 33,60 mm<sup>2</sup> (2 AWG).

Por lo tanto, se selecciona un cableado de:

8-3/0 AWG (3F-4H), 1-2 AWG (TF).

### **Cálculo de la canalización:**

Para el cálculo de la canalización se utilizan las Tablas 4 y 5 del capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-2012.

Para el desarrollo de este cálculo deberá aplicarse el criterio del diseñador al distribuirlos de manera equilibrada en la canalización.

Desarrollo del cálculo para la canalización:

$$8 \times 85,01 \text{ mm}^2 = 608,08 \text{ mm}^2$$

$$1 \times 32,60 \text{ mm}^2 = 32,60 \text{ mm}^2$$

$$\text{Total} = 640,68 \text{ mm}^2$$

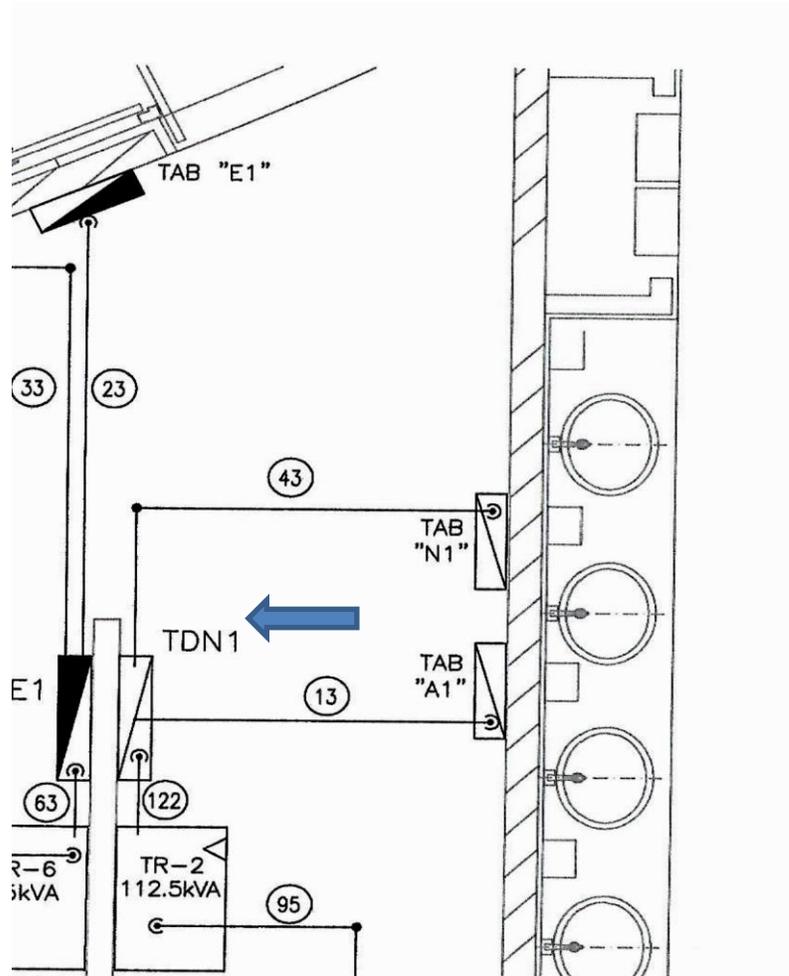
Lo que corresponde una tubería de: 78 mm de diámetro (3").

### **RESULTADO FINAL A INSTALAR:**

8-3/0 AWG (3F-4H), 1-2 AWG(TF), 1T-78 mm<sup>2</sup> (3")  $\Phi$

Puede consultar [8.3] Anexo C.

La presente figura muestra la sección del plano de instalación eléctrica fuerza de la planta segundo nivel, donde se distribuye el alimentador eléctrico del Tablero "TND1".



#### 4.6. CÁLCULO PARA UN ALIMENTADOR ELÉCTRICO A "TR-2"

Alimentador del **Transformador "TR-2"**

Origen: Tablero "TGN"

Destino: Primario del transformador TR-2 en Subestación eléctrica (nivel sótano)

El alimentador para el Tablero "TDN1" se calcula considerando que es un circuito derivado del transformador TR-2. Por criterio, para efectos del cálculo del alimentador se considera la potencia del transformador.

Datos para el diseño:

|                          |         |     |
|--------------------------|---------|-----|
| Carga instalada en KVA   | 112,50  | kVA |
| Potencia instalada en KW | 101,250 | kW  |
| Voltaje nominal          | 440     | V   |
| Temperatura de operación | 35      | °C  |
| Número de fases          | 3       |     |
| Factor de potencia       | 0,9     |     |
| Factor de temperatura    | 0,94    |     |
| Factor de agrupamiento   | 1       |     |
| Factor de demanda        | 1       |     |
| Longitud del circuito    | 225     | m   |
| Caída máxima (e%)        | 2       | %   |
| No. Conductores p/tubo   | 3       |     |

#### Análisis por el criterio de corriente:

Para el circuito trifásico, la corriente nominal se calcula:

$$I_n = \frac{KW}{\sqrt{3} \times V_{f-f} \times \text{Cos}\theta}$$

$$I_n = \frac{101250}{\sqrt{3} \times 440 \times 0,9} = 147,62 \text{ A}$$

Para seleccionar el calibre del cable mediante la corriente corregida, tenemos que:

$$I_c = \frac{I_n}{(FA \times FT)}$$

$$I_c = \frac{147,62}{(1,0 \times 0,94)} = 157,04 \text{ A}$$

De acuerdo a la Tabla 310-15(b)(16) de la NOM-001-SEDE-2012 y partir de la corriente corregida se selecciona por ampacidad permisible el conductor aislado para éste circuito:

Para una  $I_c = 157,04$  A, seleccionamos un conductor por fase, por lo que 1 cable calibre 67,40 mm<sup>2</sup> (2/0 AWG) tipo THW-LS@75 °C pueden conducir hasta 175 A > 157,04 A.

Por corriente seleccionamos 1-2/0 AWG x fase.

### **Análisis por el método de caída de tensión:**

Tenemos como dato la  $I_n$  calculada y aplicando la fórmula para calcular la sección transversal del conductor y conociendo el valor teórico de la caída de tensión máxima, aplicamos:

$$S = \frac{2\sqrt{3}LI}{V_{f-f} \times e\%}$$

$$S = \frac{2\sqrt{3} \times 225 \times 147,62}{440 \times 2} = 130,74 \text{ mm}^2$$

Comparando la sección transversal obtenida y la sección del calibre por corriente, tenemos:

67,40 mm<sup>2</sup> < 130,74 mm<sup>2</sup>. Por simple inspección este conductor satisface la corriente máxima posible requerida por el valor de la  $I_n$ , por lo que:

Para un alimentador de 177 mm<sup>2</sup> (350 KCMIL) la caída de tensión es 2,44 % > 2 %, no cumple.

A criterio por la gran distancia, se proponen 2-127 mm<sup>2</sup> (4/0 AWG) x fase, cuyos datos son:

$$R = 0,0885 \text{ } \Omega/\text{km}$$

$$X = 0,0855 \text{ } \Omega/\text{km}$$

Para circuitos trifásicos a 440 Vca, la caída de tensión máxima es 2 %.

$$e\% = \frac{\sqrt{3}I_n L \times 100 \times [(R\cos\theta) + (X\sen\theta)]}{V_{f-f} \times 1000}$$

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \times 147,62 \times 225 \times 100 \times [(0,0885 \times 0,9) + (0,0855 \times 0,43589)]}{440 \times 1000} = 1,73$$

Como la caída de tensión obtenida es menor al 2 %, se seleccionan 2 conductores por fase calibre 250 KCMIL.

### **Cálculo de la capacidad del dispositivo de protección:**

De acuerdo a la corriente nominal, consideramos que la corriente de disparo del dispositivo.

$$I_d = 1,25I_n$$

$$I_d = 1,25 \times 147,62 = 184,53 \text{ A}$$

De la Tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012, para una corriente de 184,53 A, elegimos el valor inmediatamente superior, por lo que tenemos un interruptor termomagnético de 3P - 200 A.

### **Selección del conductor de puesta a tierra del equipo:**

De la tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012, se selecciona el tamaño mínimo del conductor de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

Para un interruptor termomagnético de 3P - 200 A, corresponde un cable a tierra calibre 13,30 mm<sup>2</sup> (6 AWG).

Como la sección transversal del conductor de fase por el método de caída de tensión es mayor a la seleccionada por el método de corriente, se aplica el método de compensación para el ajuste del conductor de puesta a tierra.

Por lo tanto, se selecciona un cableado de:

6-250 KCMIL (3F-3H), 1-2 AWG (TF).

### **Cálculo de la canalización:**

Para el cálculo de la canalización se utilizan las Tablas 4 y 5 del capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-2012.

Desarrollo del cálculo para la canalización:

$$6 \times 127,00 \text{ mm}^2 = 762,00 \text{ mm}^2$$

$$1 \times 33,62 \text{ mm}^2 = 33,62 \text{ mm}^2$$

$$\text{Total} = 795,62 \text{ mm}^2$$

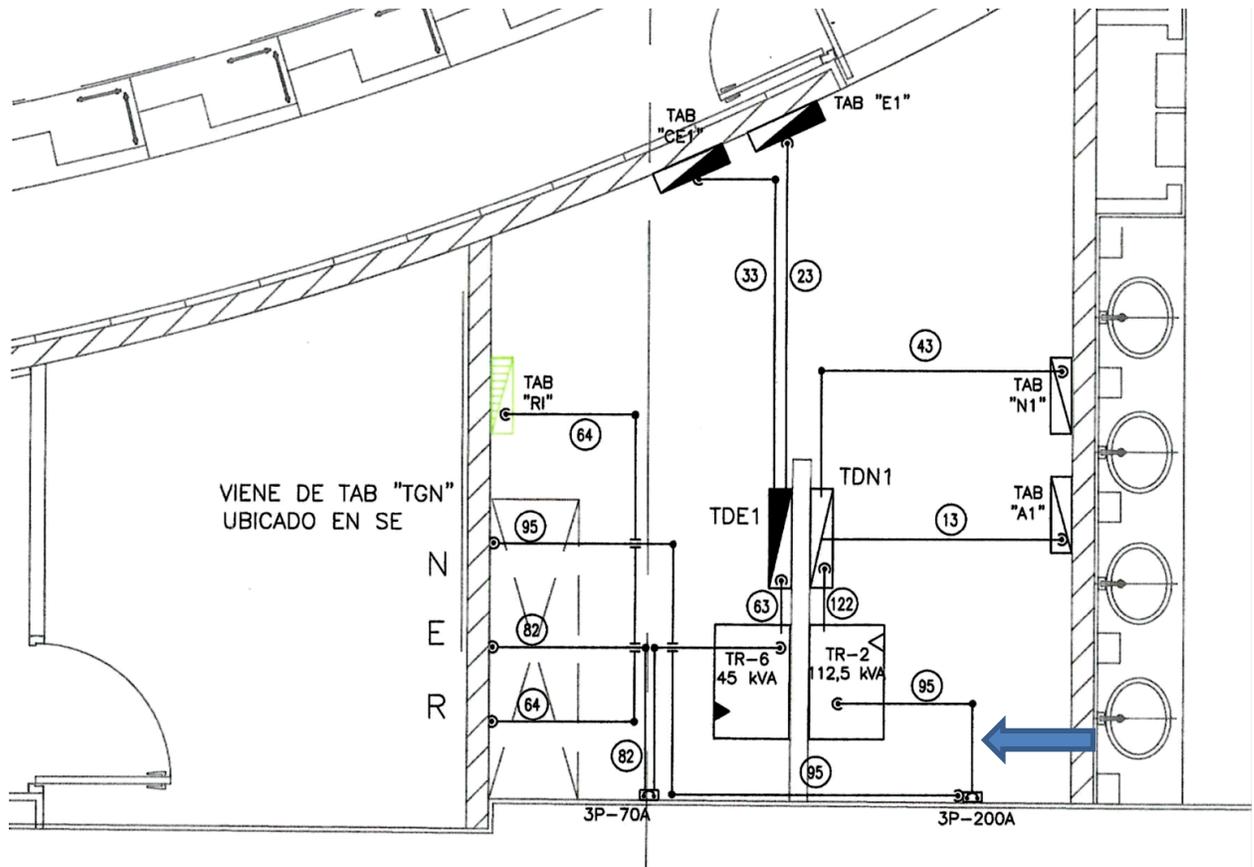
Correspondiendo a 1 tubería de: 78 mm<sup>2</sup> de diámetro (3").

**RESULTADO FINAL A INSTALAR:**

6 - 250 KCMIL (3F-3H), 1 - 2 AWG (TF), 1T-78 mm<sup>2</sup> (3" ) Φ

PUEDE CONSULTAR [8.2] ANEXO B.

La presente figura muestra la sección del plano de instalación eléctrica fuerza de la planta segundo nivel, donde se distribuye el alimentador eléctrico del Tablero "TR-2".



#### 4.7. CÁLCULO PARA UN ALIMENTADOR ELÉCTRICO A TABLERO "TGN"

Alimentador del **Tablero General "TGN"**

Origen: Tablero "TP"

Destino: Tablero General "TGN" en Subestación eléctrica (nivel sótano)

El alimentador para el Tablero "TGN" se calcula considerando que es un circuito que conduce la potencia instalada del "TR" principal.

Datos para el diseño:

|                          |         |     |
|--------------------------|---------|-----|
| Carga instalada en KVA   | 743.07  | kVA |
| Potencia instalada en KW | 668.765 | kW  |
| Voltaje nominal          | 440     | V   |
| Temperatura de operación | 35      | °C  |
| Número de fases          | 3       |     |
| Factor de potencia       | 0,9     |     |
| Factor de temperatura    | 0,94    |     |
| Factor de agrupamiento   | 1       |     |
| Factor de demanda        | 1       |     |
| Longitud del circuito    | 10      | m   |
| Caída máxima (e%)        | 1       | %   |
| No. Conductores p/tubo   | 4       |     |

#### Análisis por el criterio de corriente.

Para el circuito trifásico, la corriente nominal se calcula:

$$I_n = \frac{KW}{\sqrt{3} \times V_{f-f} \times \cos\theta}$$

$$I_n = \frac{668765}{\sqrt{3} \times 440 \times 0,9} = 975,03 \text{ A}$$

Para seleccionar el calibre del cable mediante la corriente corregida, tenemos que:

$$I_c = \frac{I_n}{(FA \times FT)}$$

$$I_c = \frac{975,03}{(1,0 \times 0,94)} = 1\ 037,27 \text{ A}$$

De acuerdo a la Tabla 310-15(b)(16) de la NOM-001-SEDE-2012 y partir de la corriente corregida se selecciona por ampacidad permisible el conductor aislado para éste circuito:

Para una  $I_c = 1\ 037,27\ A$ , seleccionamos un conductor por fase, por lo que 3 cables calibre  $253\ mm^2$  (500 KCMIL) tipo THW-LS@75 °C pueden conducir  $1\ 140\ A > 1\ 037,27\ A$ .

Por corriente seleccionamos 3 –  $253\ mm^2$  (500 KCMIL) x fase.

### **Análisis por el método de caída de tensión:**

Tenemos como dato la  $I_n$  calculada y aplicando la fórmula para calcular la sección transversal del conductor y conociendo el valor teórico de la caída de tensión máxima, aplicamos:

$$S = \frac{2\sqrt{3}LI}{V_{f-f} \times e\%}$$

$$S = \frac{2\sqrt{3} \times 10 \times 975,03}{440 \times 1} = 76,76\ mm^2$$

Comparando la sección transversal obtenida y la sección del calibre por corriente, tenemos:

$76,76\ mm^2 < 759\ mm^2$ . Por simple inspección este conductor no satisface la corriente máxima posible requerida por el valor de la  $I_n$ , por lo que:

A criterio, se proponen 3 –  $253\ mm^2$  (500 KCMIL) x fase, cuyos datos son:

$$R = 0,0317\ \Omega/km$$

$$X = 0,0523\ \Omega/km$$

Para circuitos trifásicos a 440 Vca, la caída de tensión máxima es 1 %.

$$e\% = \frac{\sqrt{3}I_n L \times 100 \times [(R\cos\theta) + (X\sen\theta)]}{V_{f-f} \times 1000}$$

$$e\% = \frac{\sqrt{3} \times 975,03 \times 10 \times 100 \times [(0,0317 \times 0,90) + (0,0523 \times 0,43589)]}{440 \times 1000} = 0,19$$

Como la caída de tensión obtenida es menor al 1 %, se seleccionan 3 conductores por fase calibre 500 KCMIL.

### **Cálculo de la capacidad del dispositivo de protección:**

De acuerdo a la corriente nominal, consideramos que la corriente de disparo del dispositivo.

$$I_d = 1,25I_n$$

$$I_d = 1,25 \times 975,03 = 1\ 218,78\ \text{A}$$

De la Tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012, para una corriente de 1 218,78 A, elegimos el valor inmediatamente superior, por lo que tenemos un interruptor termomagnético de 3P – 1 600 A.

### **Selección del conductor de puesta a tierra del equipo:**

De la tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012, se selecciona el tamaño mínimo del conductor de puesta a tierra para canalizaciones y equipos.

Para un interruptor termomagnético de 3P – 1 600 A, corresponde un cable a tierra calibre 107 mm<sup>2</sup> (4/0 AWG).

Por lo tanto, se selecciona un cableado de:

12 – 500 KCMIL (3F-4H), 1 – 4/0 AWG (TF).

### **Cálculo de la Canalización.**

Para el cálculo de la canalización se utilizan las Tablas 4 y 5 del capítulo 10 de la NOM-001-SEDE-2012.

Desarrollo del cálculo para la canalización:

$$12 \times 253\ \text{mm}^2 = 3\ 036\ \text{mm}^2$$

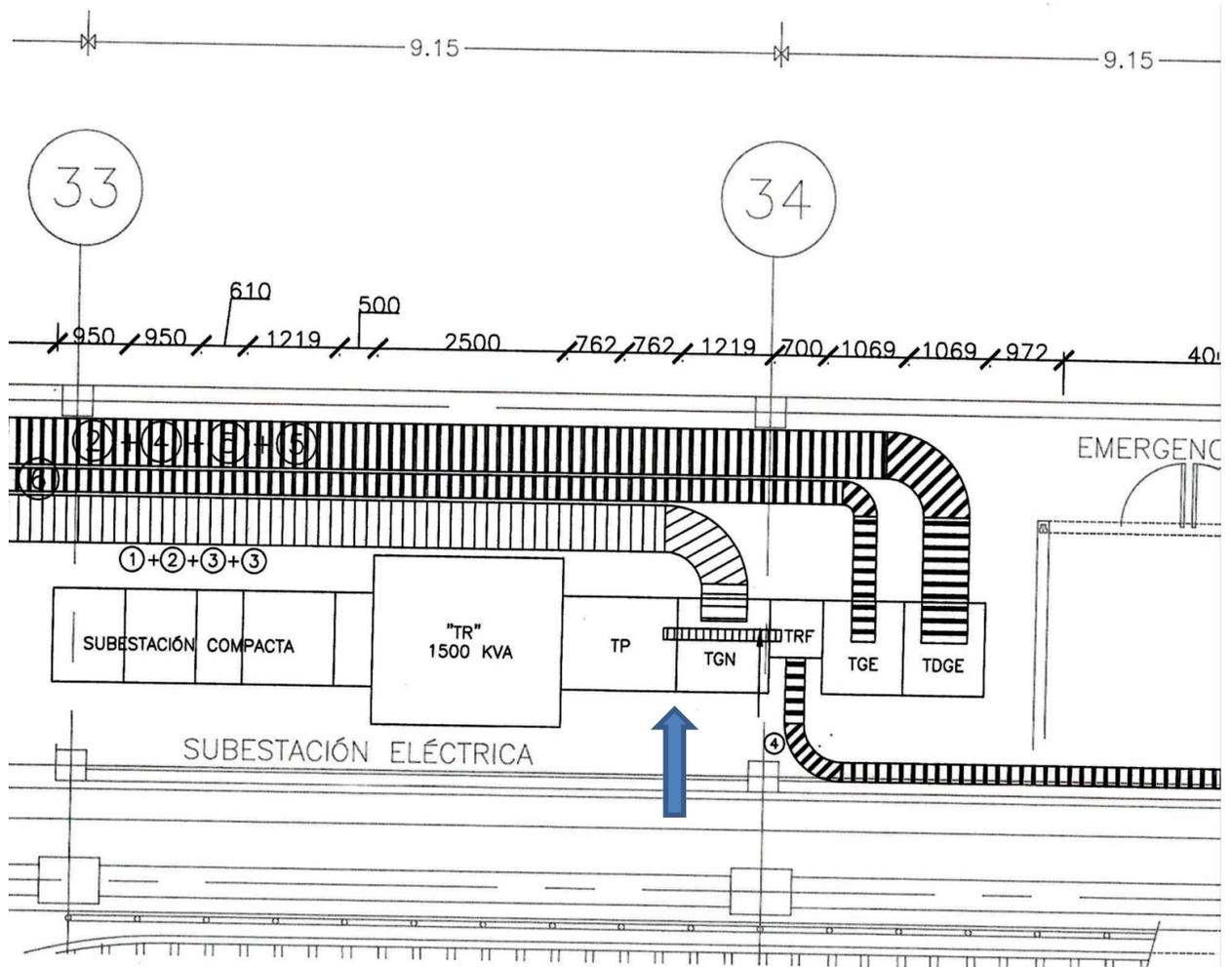
$$1 \times 107\ \text{mm}^2 = 107\ \text{mm}^2$$

$$\text{Total} = 3\ 143\ \text{mm}^2$$

### **RESULTADO FINAL A INSTALAR:**

12 – 500 KCMIL (3F-4H), 1 – 4/0 AWG (TF), 3T-103 mm<sup>2</sup> (4")  $\Phi$

Puede consultar [8.2] Anexo B.



#### 4.8. CÁLCULO PARA UN ALIMENTADOR ELÉCTRICO A TABLERO "TP"

Alimentador del **Tablero "TP"**

Origen: Secundario del transformador principal TR

Destino: Tablero TP en subestación eléctrica

Alimentador del **Tablero "TP"** que es derivado del transformador TR – 1 500 kVA, 440/254 Vca, 3F-4H, 60 Hz.

El alimentador para el Tablero "TP" se calcula conforme capacidad total del transformador.

Datos para el diseño:

|                          |       |     |
|--------------------------|-------|-----|
| Carga instalada en KVA   | 1 500 | kVA |
| Carga instalada en KW    | 1 350 | kW  |
| Voltaje nominal          | 440   | V   |
| Temperatura de operación | 35    | °C  |
| Número de fases          | 3     |     |
| Factor de potencia       | 0,9   |     |
| Factor de temperatura    | 0,91  |     |
| Factor de agrupamiento   | 0,8   |     |
| Factor de demanda        | 1     |     |
| Longitud del circuito    | 2     | m   |
| Caída máxima (e%)        | 2     | %   |
| No. Conductores p/tubo   | 4     |     |

#### **Análisis por el criterio de corriente:**

Para el circuito trifásico, la corriente nominal se calcula:

$$I_n = \frac{KW}{\sqrt{3} \times V_{f-f} \times \text{Cos}\theta}$$

$$I_n = \frac{1350}{\sqrt{3} \times 440 \times 0,9} = 1\,968,24 \text{ A}$$

Para seleccionar el calibre del cable mediante la corriente corregida, para este caso consideramos un factor de agrupamiento de 0,80:

$$I_c = \frac{I_n}{(FA \times FT)}$$

$$I_c = \frac{1968,24}{(0,80 \times 0,94)}$$

$$= 2\ 617,34\ \text{A}$$

De acuerdo a la Tabla 310-15(b)(16) de la NOM-001-SEDE-2012 y partir de la corriente corregida se selecciona por ampacidad permisible el conductor aislado para éste circuito:

Para una  $I_c = 2\ 617,34\ \text{A}$ , debido al alto valor de la corriente y a la previsión del equipo el acoplamiento al transformador principal será de forma directa mediante trenzas flexibles de cobre tipo PBCR. Seleccionamos un grupo de 7 trenzas flexibles por fase, que pueden conducir  $2\ 912\ \text{A} > 2\ 617,34\ \text{A}$ .

### **Cálculo de la capacidad del dispositivo de protección:**

De acuerdo a la corriente nominal, consideramos que la corriente de disparo del dispositivo.

$$I_d = 1,25I_n$$

$$I_d = 1,25 \times 1968,24 = 2\ 460,30\ \text{A}$$

De la Tabla 250-122 de la NOM-001-SEDE-2012, para una corriente de  $2\ 460,30\ \text{A}$ , elegimos el valor inmediatamente superior, por lo que tenemos un interruptor termomagnético de 3P-2 500 A.

### **Selección del conductor de puesta a tierra del equipo:**

De la tabla 250-66 de la NOM-001-SEDE-2012, se selecciona el tamaño mínimo del conductor de puesta a tierra en la acometida.

Para un interruptor termomagnético de 3P - 2 500 A, corresponde un cable a tierra calibre 350 KCMIL.

Por lo tanto, el conexionado con el lado secundario del TR - 1 500 kVA es:

### **RESULTADO FINAL A INSTALAR:**

28 – trenzas flexibles de 416 A cada una (3F-4H), 1 – 350 KCMIL (TF).

Puede consultar [8.1] Anexo A y la figura del punto 4.7

## **5. RESULTADOS**

La descripción del proyecto realizada en el capítulo 2 fue elaborada a partir de las necesidades planteadas por el Propietario de un centro de espectáculos que fue construido en la Ciudad de México, que actualmente está funcionando como un lugar recreativo y de diversión familiar.

Con esto se garantiza evitar problemas graves en la instalación eléctrica por calentamiento principalmente de los conductores que constituyen cada alimentador sin importar la naturaleza para el cual fue diseñado.

Por lo que podemos obtener como resultados:

- La corriente nominal de la carga por instalar
- Determinar la importancia del análisis por los métodos por caída de tensión y por el método de corriente
- Manejo de artículos y tablas técnicas contenidas en la norma NOM-001-SEDE-2012
- La importancia del cálculo de la capacidad del dispositivo de protección y la determinación del calibre del conductor de puesta a tierra y los criterios para determinar adecuadamente la sección transversal de este conductor mediante lo estipulado en el Art. 250-122
- Determinación del tamaño de la canalización requerida
- La importancia de representarlo en un plano de instalación eléctrica a partir de un proyecto arquitectónico establecido

Puntos importantes por realizar fuera de esta memoria de cálculo:

1. Efectuar mediciones periódicas en los alimentadores donde se considere a conectar cargas adicionales en el futuro para análisis del sistema
2. Mediciones periódicas de armónicas en los circuitos de cargas deformantes no lineales, generadoras de armónicas
3. Realizar un estudio acerca de la instalación de supresores de voltaje, debido a que la carga futura será de comunicaciones, la cual necesita estabilidad con buena calidad de energía

## 6. CONCLUSIONES

Se logró alcanzar de manera sencilla y clara el objetivo planteado, elaborando un planteamiento secuencial para la presentación de esta información como una memoria de cálculo y facilitar la revisión de los cálculos y criterios para el Diseño de Alimentadores para un Sistema Eléctrico en Baja Tensión.

Durante el desarrollo de los cálculos podemos concluir que debemos aplicar un procedimiento claro y una secuencia en la toma de decisiones por el Ingeniero durante el diseño de la instalación eléctrica:

- a) Conocemos que a partir del cálculo de la corriente nominal del circuito que es determinada a partir de la carga específica podemos elegir un conductor comercial de preferencia, esto no es una decisión determinante para poder utilizar el grupo de conductores
- b) A partir de conocer el calibre que pueda conducir la corriente requerida, es necesario comprobarlo por el método de caída de tensión que requiere conocer la distancia máxima desde el centro de distribución (tablero, centro de carga, etc.) hasta el punto más lejano que el usuario lo requiera. Entonces ahora sabemos que debe ser calculada la longitud del circuito desde un punto medio en la zona que ocupa el circuito hasta el centro de distribución
- c) Conocemos la importancia para el diseño la caída de tensión para poder garantizar un suministro de tensión, que brinde un servicio adecuado al equipo que el usuario requiera. Por lo que la caída de tensión máxima debe ser no mayor al 5 % y debe ser distribuida preferentemente desde la misma subestación eléctrica, es decir; el 5 % debe distribuirse entre los alimentadores eléctricos desde la SE hasta el usuario final
- d) El conductor de puesta a tierra de los alimentadores es tan importante, que se debe compensar la sección transversal del conductor elegido a partir de la capacidad del interruptor conforme al número de veces que sea superado el conductor por el método de corriente y el método de caída de tensión
- e) El tamaño de la canalización depende directamente del factor de agrupamiento

Este documento contiene por su naturaleza primaria para el desarrollo de una serie de memorias de cálculo que deben realizarse posteriormente e importante como sistema de tierras, el cálculo de corto circuito y la coordinación de protecciones que forman parte integral de un proyecto para el buen desempeño integral del sistema eléctrico.

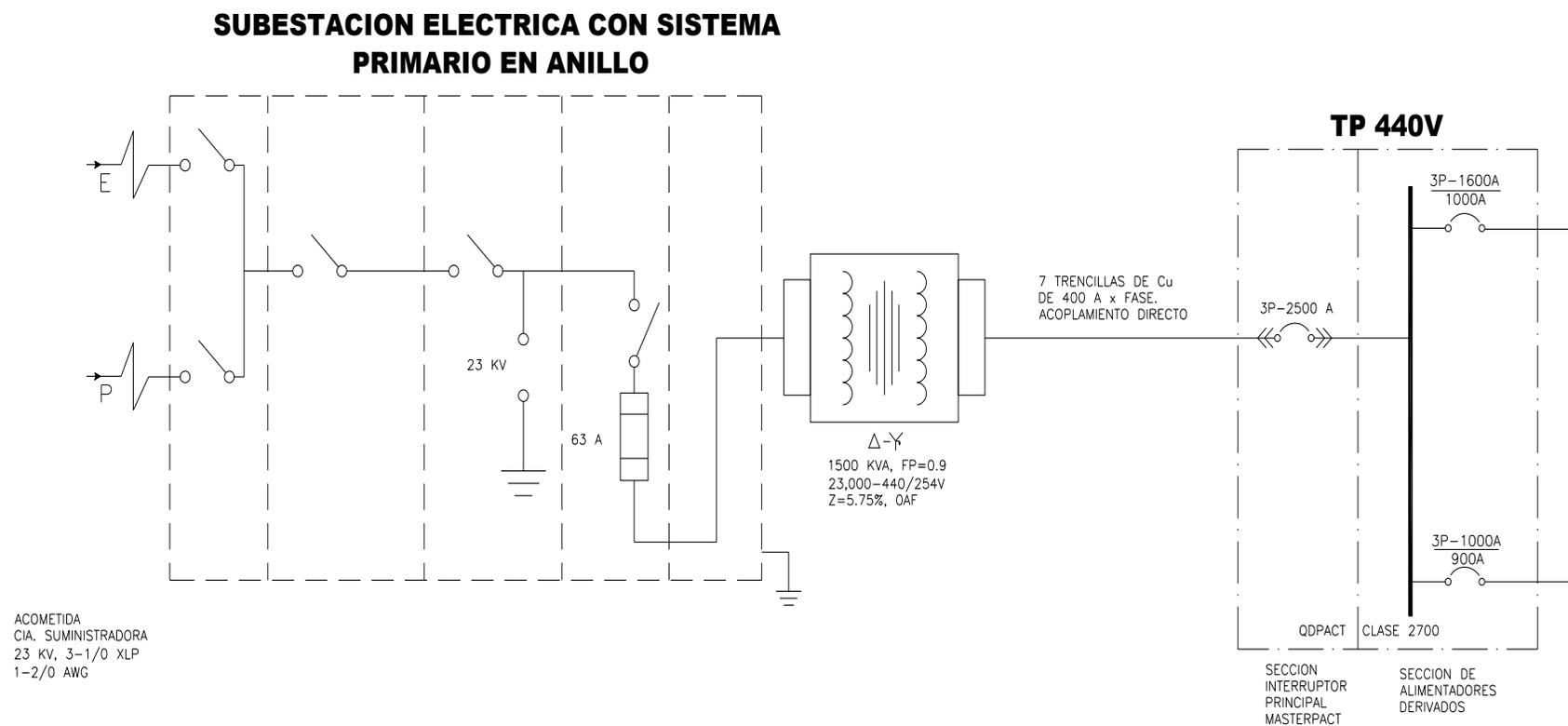


## **7. BIBLIOGRAFÍA**

- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012, Instalaciones Eléctricas (Utilización). Edición 2012, México
- Norma Oficial Mexicana NOM-008-SCFI-2002, Sistema general de unidades de medidas. Ed. 2002, México
- Manual eléctrico Viakon Conductores Monterrey. Ed. México, segunda edición enero 2011
- Catálogo Compendiado no. 32 Schneider Electric. Edición 2010, México
- Transformadores y Motores Eléctricos. México: Editorial Limusa 2001, 252 pp.4. Koenigsberger, Rodolfo

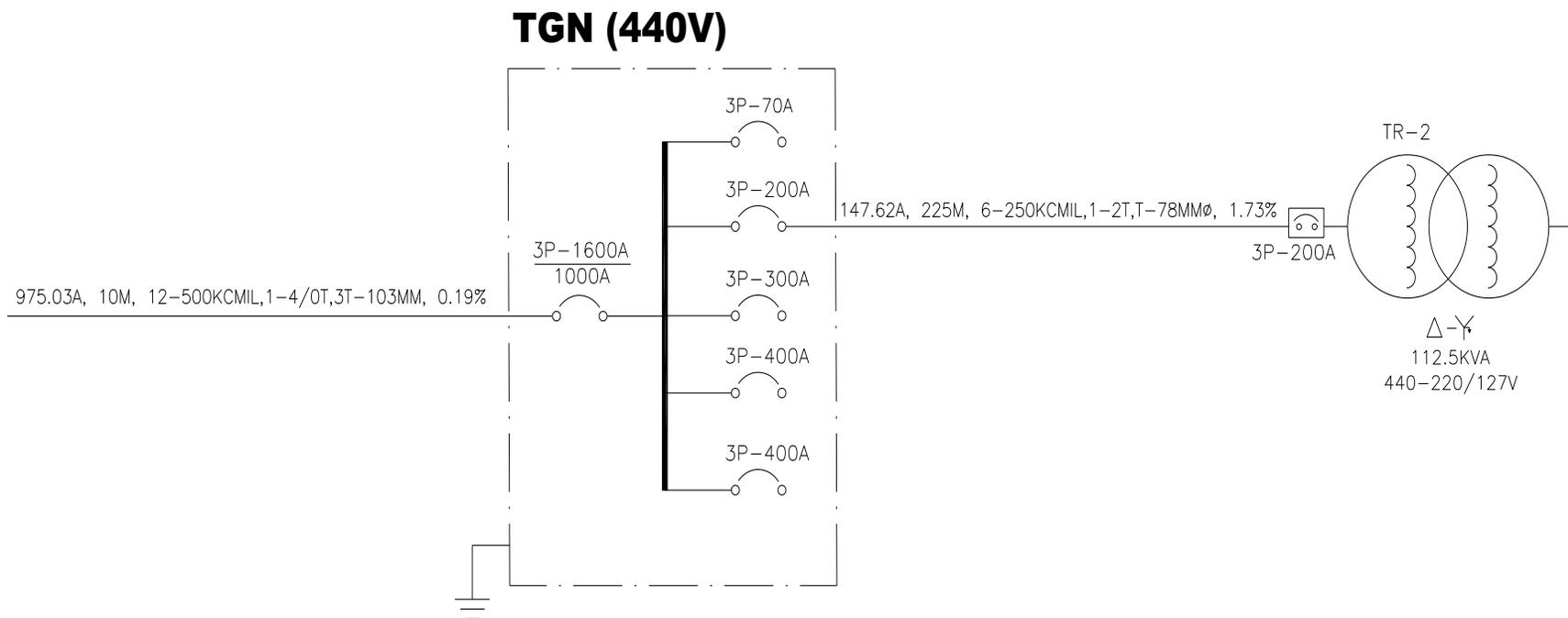
## 8. ANEXOS

### 8.1. ANEXO A. DIAGRAMA ELÉCTRICO, SECCIÓN "SE-TP"



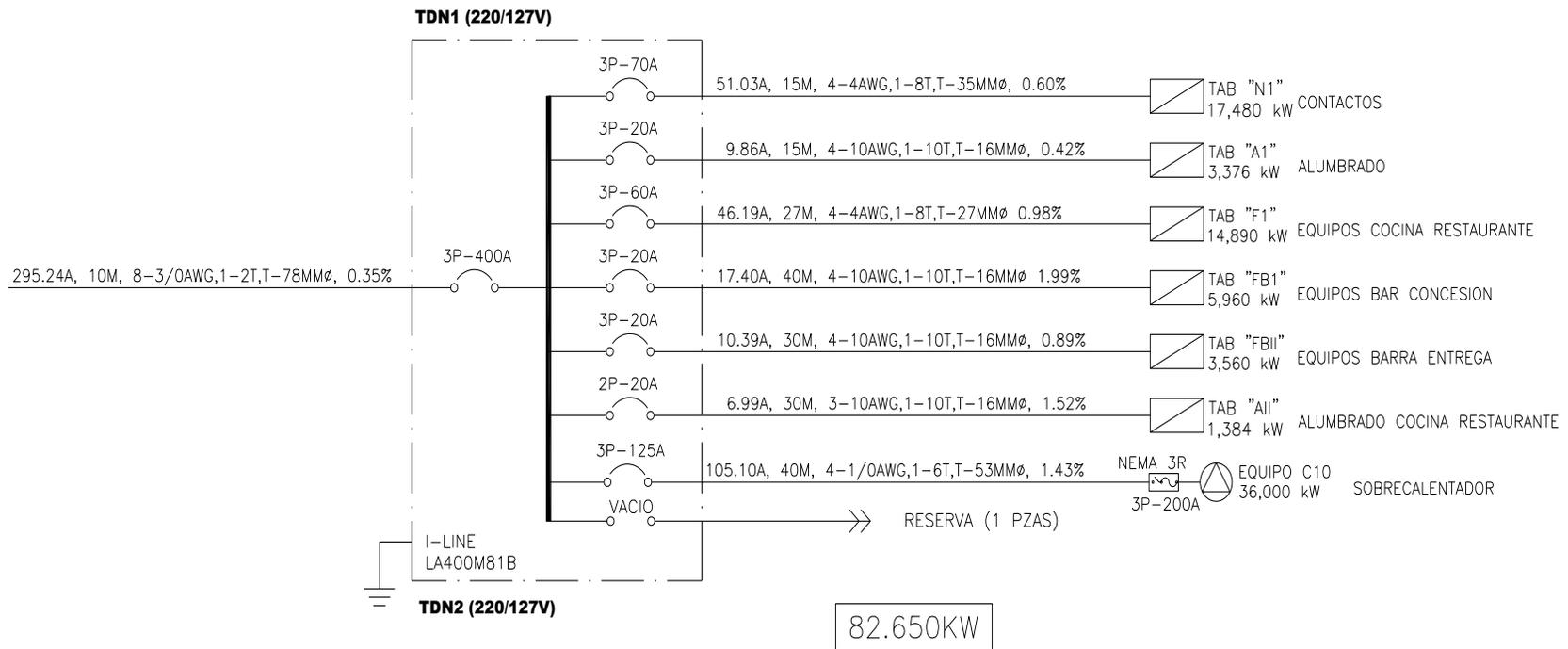
Alimentador de acoplamiento directo al transformador principal

## 8.2. ANEXO B. DIAGRAMA ELÉCTRICO, SECCIÓN "TGN-TR-2"



Alimentadores a Tablero TGN y TR-2

### 8.3. ANEXO C. DIAGRAMA ELÉCTRICO, SECCIÓN "TDN1-F1"



Alimentadores a Tablero TDN1, F1 y circuito A1-1



## 8.5. ANEXO E. GLOSARIO

| GLOSARIO                              |   |
|---------------------------------------|---|
| Término                               | Definición  |
| Capacidad de ruptura de cortocircuito | Es el valor de la intensidad de la corriente de cortocircuito indicado por el fabricante, para que el interruptor automático se pueda desconectar con la tensión asignada de servicio, la frecuencia y el factor de potencia definido del sistema |
| Carga continua                        | Carga cuya corriente máxima circula durante tres horas o más  |
| Carga no continua                     | Son las cargas que duran conectadas menos de tres horas (cargas discontinuas)   |
| Circuito alimentador                  | Son los conductores del circuito formado entre el equipo de servicio o la fuente de un sistema derivado separado y el dispositivo final contra sobre-corriente del circuito derivado (Art. 100)   |
| Circuito derivado                     | Conductor o conductores de un circuito desde el dispositivo final de sobre-corriente que protege a ese circuito hasta la(s) salida(s)   |
| Conductor de puesta a tierra          | Conductor utilizado para conectar un equipo o el circuito puesto a tierra de un sistema de alambrado al electrodo o electrodos de puesta a tierra   |
| Conductor puesto a tierra             | Conductor de un sistema o de un circuito, intencionadamente puesto a tierra   |
| Disciplinas diversas                  | Conceptos elaborados por otras carreras que convergen durante el diseño de los diferentes proyectos y la construcción del inmueble hasta su entrega final al propietario  |
| Glosario                              | Repertorio de palabras difíciles o dudosas con su explicación   |
| Interruptor termomagnético            | Es un medio de protección y desconexión a base de elementos mecánicos termomagnéticos de fácil accionamiento y de rápida respuesta a la falla eléctrica, ensamblados en caja moldeada   |
| <i>Layout</i>                         | Dibujo que indica la forma de física del inmueble y la organización de áreas mediante la arquitectura del lugar   |
| PBCR                                  | Indica conexiones de potencia extra flexible y buena resistencia a la vibración, elaborada con cobre rojo   |

| GLOSARIO              |  |
|-----------------------|--|
| Término               | Definición   |
|                       | electrolítico de 0,15 mm de diámetro para equipos de unión y puesta a tierra   |
| Sobrecarga            | Sobrecarga: Operación de un equipo por encima de su capacidad normal, a plena carga, o de un conductor por encima de su ampacidad que, cuando persiste durante un tiempo suficientemente largo, podría causar daños o un calentamiento peligroso |
| Sobre-corriente       | Cualquier corriente que supere la corriente nominal de los equipos o la ampacidad de un conductor. La sobre-corriente puede provocarse por una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra   |
| Subestación eléctrica | Es un conjunto de dispositivos eléctricos que forman parte de un sistema eléctrico de potencia, su función principal es transformar tensiones y derivar circuitos de potencia  |
| Tubo <i>conduit</i>   | Sistema de canalización diseñado y construido para alojar conductores en instalaciones eléctricas de forma tubular y sección circular  |

## 8.6. ANEXO F. COMPENDIO DE ABREVIACIONES

| COMPENDIO DE ABREVIACIONES |  |  |
|----------------------------|--|--|
| Abreviación                | Definición   | Traducción   |
| ANCE                       | Asociación de Normalización y Certificación, A. C.               |  |
| Art.                       | Artículo   |  |
| AWG                        | <i>American Wire Gauge</i>                                       | Escala de calibres americanos para alambres y cables |
| BAH                        | Bomba de Agua Helada   |  |
| BT                         | Baja Tensión   |  |
| C. V.                      | Capital Variable   |  |
| <i>FA</i>                  | Factor de agrupamiento   |  |
| <i>FCAC</i>                | Factor de corrección por agrupamiento de conductores             |  |
| <i>FCTA</i>                | Factor de corrección por variación de la temperatura ambiente    |  |
| Fd                         | Factor de demanda  |  |
| <i>fp</i>                  | Factor de potencia = 0,90  |  |
| <i>fr</i>                  | Factor de reserva  |  |
| <i>FT</i>                  | Factor de temperatura  |  |
| Fu                         | Factor de utilización en circuitos de servicios o tableros = 1,0 |  |
| KCMIL (o MCM)              | <i>Mils Circulars Mils</i>                                       | Un mil circular                                      |
| M. I.                      | Maestro en Ingeniería  |  |
| NMX                        | Normas Mexicanas   |  |
| NOM                        | Norma Oficial Mexicana   |  |
| PBCR                       | Conexiones de Potencia   |  |
| PVC                        | Poli cloruro de vinilo   |  |
| S. A.                      | Sociedad Anónima   |  |
| SCFI                       | Secretaría de Comercio y Fomento Industrial                      |  |

| COMPENDIO DE ABREVIACIONES |   |  |
|----------------------------|---|--|
| Abreviación                | Definición  | Traducción   |
| SE                         | Subestación Eléctrica   |  |
| SEDE                       | Secretaría de energía   |  |
| TDN4                       | Tablero de Distribución Normal #4   |  |
| TF                         | Tierra Física   |  |
| TGN                        | Tablero General de energía Normal   |  |
| THW-LS                     | <i>Thermoplastic High heat and moisture (Water) resistant - Low Smoke</i> | Cable o alambre con aislamiento, termoplástico de PVC, 600 V, 75 °C en ambiente seco o húmedo, cumple con las pruebas de no propagación de incendio, de baja emisión de humos y de bajo contenido de gas ácido |
| THW-N                      | <i>Thermoplastic High heat and moisture (Water) resistant - Nylon</i>     | Cable o alambre con aislamiento de PVC y cubierta de nylon, 600 V, 75 °C en ambiente seco o húmedo   |
| TP                         | Tablero de interruptor Principal  |  |
| TR                         | Transformador   |  |
| UC                         | Unidad Condensadora   |  |
| UMA                        | Unidad Manejadora de Aire   |  |
| UPS                        | <i>Uninterruptible Power Supply</i>                                       | Sistema de Alimentación Ininterrumpida   |

## 8.7. ANEXO G. NOMENCLATURA

| NOMENCLATURA           |   |                      |                         |
|------------------------|---|----------------------|-------------------------|
| Símbolo de la magnitud | Definición de la Magnitud                               | Símbolo de la unidad | Definición de la unidad |
| $\lambda$              | Porcentaje de reserva                                   | %                    | Por ciento              |
| °C                     | Grados Celsius  | °C                   | Grados Centígrados      |
| 3F-4H+TF               | Sistema eléctrico de 3 Fases, 4 Hilos más Tierra Física |                      |                         |
| $\cos\theta$           | Ángulo coseno   |                      |                         |
| e%                     | Caída de tensión  | %                    | Por ciento              |
| HP                     | HorsePower (caballo de fuerza)                          | W                    | Watts                   |
| Hz                     | Frecuencia  | Hz                   | Hertz                   |
| $I$                    | Corriente eléctrica                                     | A                    | Amperes                 |
| $I_c$                  | Corriente corregida                                     | A                    | Amperes                 |
| $I_{C1}$               | Corriente corregida por el factor de reserva            | A                    | Amperes                 |
| $I_{C2}$               | Corriente corregida por el factor de decremento         | A                    | Amperes                 |
| $I_{cont}$             | Corriente de cargas continuas (no motores)              | A                    | Amperes                 |
| $I_{cs}$               | Corriente máxima del conductor seleccionado             | A                    | Amperes                 |
| $I_d$                  | Corriente de disparo del interruptor                    | A                    | Amperes                 |
| $I_{disc}$             | Corriente de cargas no continuas (no motores)           | A                    | Amperes                 |
| $I_{dp}$               | Corriente del interruptor contra sobrecarga             | A                    | Amperes                 |
| $I_m$                  | Corriente nominal a plena carga de los motores menores  | A                    | Amperes                 |
| $I_n$                  | Corriente nominal                                       | A                    | Amperes                 |
| $I_{nmM}$              | Corriente nominal del motor mayor                       | A                    | Amperes                 |
| $I_{pcm}$              | Corriente a plena carga del                             | A                    | Amperes                 |

| NOMENCLATURA           |                                      |                      |                         |
|------------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------------|
| Símbolo de la magnitud | Definición de la Magnitud            | Símbolo de la unidad | Definición de la unidad |
|                        | motor                                |                      |                         |
| KVA                    | Potencia aparente                    | kVA                  | Kilo-volts-amperes      |
| KW                     | Potencia activa                      | kW                   | Kilowatts               |
| $L$                    | Longitud del circuito                | m                    | Metros                  |
| P                      | Potencia eléctrica                   | W                    | Watts                   |
| $R$                    | Resistividad eléctrica del conductor | $\Omega/\text{km}$   | Ohm por kilometro       |
| S                      | Sección transversal de un conductor  | $\text{mm}^2$        | Milímetros cuadrados    |
| $\text{sen}\theta$     | Ángulo seno                          |                      |                         |
| $V_{f-f}$              | Voltaje fase – fase                  | V                    | Volts                   |
| $V_{f-n}$              | Voltaje fase – neutro                | V                    | Volts                   |
| $W_t$                  | Potencia eléctrica total del sistema | W                    | Watts                   |
| $X$                    | Reactancia eléctrica del conductor   | $\Omega/\text{km}$   | Ohm por kilometro       |
| Z                      | Impedancia del conductor             | $\Omega/\text{km}$   | Ohm por kilometro       |
| $\Omega$               | Ohmio                                | $\Omega$             | Ohm                     |