



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

ANÁLISIS NORMATIVO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL CCH VALLEJO

Tesis para obtener el título de Ing. Eléctrico-Electrónico.

PRESENTA:

Erik Mendoza Andrade

Juan Carlos Pérez López

Director de tesis:

Ing. Augusto Sánchez Cifuentes.





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos.

"La alegría está en la lucha, en el esfuerzo,
en el sufrimiento que supone la lucha
y no en la victoria misma".

A mis padres, por creer que podía, por sus cuidados, su apoyo, su amor y motivarme a lograrlo, por la vida misma que tantos esfuerzos hicieron para que esta meta se cumpliera, a mi mamá Guillermina Andrade Cortéz (Pollita), por su apoyo incondicional, por ser amiga y consejera, a mi padre Lorenzo Mendoza Rosajel por su apoyo.

A mi hijo Gustavo por ser una luz en mi vida, mi fuerza para ser mejor, por ser mi alegría y mi orgullo.

A mi preciosa Diana, ya que es mi vida y mi fuerza, gracias al cielo por haberte encontrado, por tu amor, comprensión, paciencia, por compartir tantos momentos que me han dado tanto y por compartir los que el futuro nos tenga reservado.

A mis hermanos, Víctor Iván y Eloy Alexis, por haber estado en mi vida compartiendo parte de los desvelos, buenos y malos ratos, por apoyarme incondicionalmente, por ser parte de mi vida desde siempre.

A mis amigos, amigos que resultaron ser la familia que uno elige, a Juan C. Pérez, Omar Salazar, Yoel Fade, Erik Ruiz, Hector Mora, Emmanuel Aviles, Luis Ledezma, Daniel Ortiz, Roberto Gúzman, Pancho López, amigos de la carrera que me brindaron amistad, apoyo y comprensión, amigos para toda la vida y eso pareciera.

A la Sra. Vero que estuvo apoyándome de igual forma que a un hijo.

A mis amigos de la preparatoria No 8: Mónica Gordillo, Luz Elena, Daniela García, Héctor Cruz, todos aquellos que me apoyaron en esta etapa y hasta la fecha siguen siendo amigos muy cercanos.

A los ingenieros de Proyectos de Ahorro de Energía, Ing. Silvina, Ing. Augusto, a la MI. Tanya, Ing. Juan Antonio, Ing. Rodolfo y a todos los ingenieros que aportaron a mi formación con ejemplo y consejos.

A la UNAM por medio de la Facultad de Ingeniería por haberme dejado formar parte de ti, también agradezco a todos los profesores y compañeros de todas las escuelas donde estuve por su enseñanza y compañía

Atte.

Erik Mendoza Andrade.

Agradecimientos.

“Cuando hagas tus sueños realidad,
no te sientes a contemplar
lo que has logrado.
Sigue buscando nuevas
metas y nuevos sueños”

Esta tesis esta dedicada a mis padres Jaime Pérez Sánchez y Estela López Sánchez, a los cuales agradezco con todo mi corazón por su amor, comprensión y cariño que me han brindado durante todo este tiempo, por todo ese apoyo incondicional que me brindan día con día. Pero sobre todo por enseñarme a salir adelante, los admiro mucho.

A mi hermana Erika por estar ahí en lo que llevo de vida, te agradezco el apoyo que me brindas, tengo que aguantarte, pero ni modo así te quiero hermanita.

Agradezco haber encontrado el amor y compartir mis vivencias junto a ti mi vida. Gracias Susy por dejarme entrar en tu vida, por tu apoyo, por estar a mi lado en las buenas y en las malas, por tus consejos y las cosas maravillosas que pasamos juntos, por ser parte de mi vida; eres lo mejor que me ha pasado.

A mi tía Gloria y mi tía Cata que me han enseñado lo valioso que es ser querido, le agradezco por todo el apoyo que me han brindado.

A todos mis amigos por vivir vivencias formidables, por las desveladas, por los días estupendos que paso a su lado. Muchas gracias por el valor de la amistad, son únicos.

A mis amigos del PAE por ayudarme y compartir un pedazo de su vida conmigo.

A mis Sinodales por haber leído la tesis y ayudarme a conseguir otra meta en mi vida

Atte.

Juan Carlos Pérez López.

Índice:

Objetivo.

I Introducción.

1. Metodología empleada.

- 1.1 Metodología empleada para llevar a cabo el levantamiento eléctrico.
- 1.2 Ecuación utilizada para el cálculo de caídas de tensión.
- 1.3 Método para el cálculo de la corriente de corto circuito.
- 1.4 Método de puente de Wenner.
- 1.5 Método para el cálculo de la malla del sistema de tierras.

2. Descripción de las Instalaciones.

- 2.1 Subestación eléctrica.
- 2.2 Edificio de Cómputo.
- 2.3 Edificio 'W'.
- 2.4 SILADIN 'A'.
- 2.5 SILADIN 'B'.
- 2.6 Edificio Galerón.

3. Desviaciones encontradas con referencia a las normas NOM-001-SEDE-2005 (Instalaciones Eléctricas) y NOM-007-ENER-2004 (Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales).

- 3.1 Subestación eléctrica.
- 3.2 Edificio de Cómputo.
- 3.3 Edificio 'W'.
- 3.4 SILADIN 'A'.
- 3.5 SILADIN 'B'.
- 3.6 Edificio Galerón.

4. Análisis de las corrientes de corto circuito y de la malla del sistema de tierras calculadas para el Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Vallejo, conforme lo establece la IEEE STD 80-2000.

- 4.1 Reducción de impedancias total.
- 4.2 Cálculo de las corrientes necesarias para la correcta selección de los interruptores en la subestación.
- 4.3 Cálculo de corriente de corto circuito trifásico en el lado de media tensión del transformador de 750 kVA.
- 4.4 Cálculo de corriente de corto circuito trifásico en el lado de baja tensión del transformador de 750 kVA.
- 4.5 Cálculo de corriente de corto circuito monofásico en el lado de media tensión del transformador de 750 kVA de la subestación del CCH Vallejo.
- 4.6 Cálculo de corriente de corto circuito monofásico en el lado de baja tensión del transformador de 750 kVA.
- 4.7 Análisis de las corrientes.

5. Propuestas establecidas para la mejora de la instalación eléctrica.

- 5.1 Subestación eléctrica.
- 5.2 Edificio de Cómputo.
- 5.3 Edificio 'W'
- 5.4 SILADIN 'A'
- 5.5 SILADIN 'B'.
- 5.6 Edificio Galerón.
- 5.7 Sustitución de alumbrado obsoleto por lámparas ahorradoras de energía.
- 5.8 Evaluación económica.

6. Conclusiones.

7. Bibliografía.

Anexo A

Artículos utilizados de la NOM-001-SEDE-2005.

Anexo B

Memoria de cálculo de la corriente de corto circuito para el Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Vallejo.

Anexo C

Memoria de cálculo de la malla del sistema de tierras para el Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Vallejo, conforme lo establece la IEEE STD 80-2000.

Anexo D.

Diagrama Unifilar.

I Objetivo.

Proponer soluciones para que los edificios de Cómputo, Edificio W, Edificio Galerón, SILADIN A, SILADIN B y subestación del plantel CCH Vallejo estén dentro de las normas NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones eléctricas y la NOM-007-ENER-2004 Edificios no residenciales. En el caso de la subestación se debe realizar el cálculo de la malla del sistema de tierras bajo la IEEE-STD 80-2000 (IEEE Guía de seguridad de puesta a tierra en una subestación AC).

II Introducción.

En sus inicios el plantel CCH Vallejo fue creado para atender una creciente demanda de ingreso a nivel medio superior en la zona metropolitana y al mismo tiempo, para resolver la desvinculación existente entre las diversas escuelas, facultades, institutos y centros de investigación de la UNAM, así como para impulsar la transformación académica de la propia Universidad con una nueva perspectiva curricular y nuevos métodos de enseñanza. Los planteles que abrieron sus puertas para recibir a las primeras generaciones de estudiantes fueron Azcapotzalco, Naucalpan y Vallejo, el 12 de abril de 1971, al siguiente año hicieron lo propio los planteles Oriente y Sur.

El Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Vallejo se encuentra ubicado en eje central Lázaro Cárdenas Av. de los 100 metros CP 07760, Magdalena de las Salinas Delegación Gustavo A. Madero en la zona norte del Distrito Federal, delimitado al sur por la calle José Guadalupe López Velarde, al este por la Av. Hospital Juárez y al norte por la Av. Fortuna, como se muestra en el croquis.



Croquis de Localización del CCH Vallejo.

El CCH Vallejo construido bajo carácter de provisional posteriormente actualizó sus instalaciones, sin embargo con el paso del tiempo e incremento de demanda, no se modificó el contrato con la compañía suministradora de energía eléctrica LyFC, por lo que se le encargó a Proyectos de Ahorro de Energía por parte de la Dirección General de Obras realizar los trabajos pertinentes para que se verifique la instalación eléctrica y se cumplan los requerimientos pedidos por la UVIE¹ para tramitar el nuevo contrato donde se incrementa la demanda contratada, de 270 kW a 400 kW.

Dichos requerimientos consisten en realizar:

Un levantamiento eléctrico de los edificios de Cómputo, Edificio W, Edificio Galerón, SILADIN A, SILADIN B y subestación del plantel, identificación de circuitos, tableros y ubicación de las tuberías, se debe colocar cédula de cableado en los planos obtenidos, cada plano debe tener simbología adecuada para su correcta interpretación.

¹ Unidad Verificadora de Instalaciones Eléctricas

En el diagrama unifilar se debe incluir carga, caída de tensión y diámetro de las tuberías.

Se debe calcular la corriente de protección para cada circuito derivado, caída de tensión y longitud del alimentador, para determinar si el alimentador está correctamente protegido al igual que la carga.

Se debe resaltar las no conformidades basándose en los valores y especificaciones establecidos en la NOM-001-SEDE-2005 (Instalaciones Eléctricas).

Se debe entregar la memoria técnica del cálculo de corriente de corto circuito:

Realizar los cálculos de corriente de corto circuito trifásico, el monofásico para el lado de alta y de baja tensión del transformador de 750 kVA, para la adecuada selección de la capacidad interruptiva de las protecciones de la instalación en caso de que las instaladas no sean las adecuadas.

Cálculo de la resistividad del terreno mediante el método del puente de Wenner, ya que el valor de la resistividad del terreno se requirió para el cálculo de la malla del sistema de tierras de la subestación.

Los cálculos correspondientes de la malla de tierras de la subestación, considerando las tensiones de paso y contacto según la IEEE-STD 80-2000, con el fin de minimizar los riesgos del personal de sufrir un accidente por corriente de corto circuito y de igual manera minimizar los daños a las instalaciones.

Se debe realizar la correcta selección del calibre del conductor y electrodos de la malla, cumpliendo con los potenciales de paso y contacto.

Realizar el comparativo de DPEA (Densidad de potencia eléctrica para alumbrado), según Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2004, eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales para el Colegio de Ciencias y Humanidades del plantel Vallejo.

Se debe realizar una evaluación económica para sustituir las viejas tecnologías de alumbrado por unas nuevas, así como calcular el tiempo de recuperación de la inversión.

CAPITULO 1 Metodología empleada.

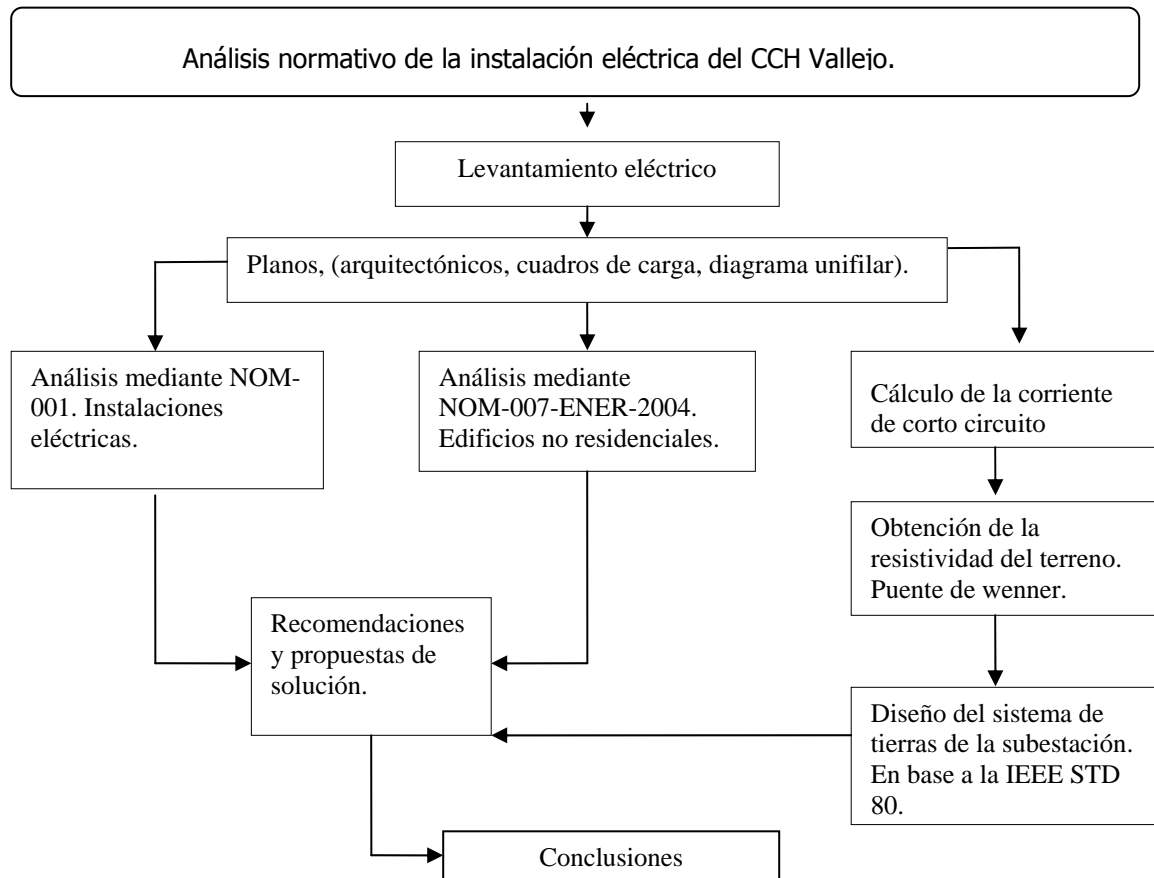


Figura 1.1 Metodología empleada.

1.1 Metodología empleada para llevar a cabo el levantamiento eléctrico.

Al no existir planos de la instalación eléctrica, se realizó la identificación de circuitos, utilizando un trazador de corriente:

Para utilizar dicho trazador de corriente, hay que identificar si la fuente de energía donde se va a conectar esta dentro de los rangos de operación del equipo, este trazador consiste en un emisor de alta frecuencia el cual al conectarse a la red eléctrica envía una señal a través de ésta hasta el centro de carga.

Ya en este punto se selecciona el rango de sensibilidad para detectar la señal en el centro de carga, ya sea baja sensibilidad cuando se va a monitorear la señal en el conductor o sensibilidad media si se va a revisar la señal en el interruptor termomagnético, interruptor de cuchillas.

Equipo utilizado: Trazador de corriente, marca AMPROBE, rango de 50-140 [V], con transformador de 220/127 [V].

1.2 Ecuación para el cálculo de caídas de tensión.

En el presente trabajo para evaluar la caída de tensión en el sistema se usó la ecuación¹:

$$e\% = \frac{2CLI}{VScu}$$

En donde:

e%=Caída de tensión en porcentaje.

C=Constante de a cuerdo al tipo de alimentación.

L=Longitud en metros [m].

I=Corriente nominal, [A].

V=Tensión, [V].

Scu=Sección transversal, [mm²].

$$\begin{cases} C=1 \text{ fase}=1 \\ C=2 \text{ fases}=2 \\ C=3 \text{ fases}=\sqrt{3} \end{cases}$$

1.3 Método seguido para el cálculo de la corriente de corto circuito.

Para evaluar la corriente de corto circuito partimos del diagrama unifilar, calculamos las impedancias y por medio del principio de componentes simétricas obtenemos la corriente de corto circuito del lado de alta del transformador: trifásica y monofásica, también se calculó la corriente trifásica y monofásica para el lado de baja tensión del transformador en la subestación.

Para este cálculo utilizamos el método de componentes simétricas el cual es un método muy utilizado en ingeniería²:

Este consiste en la sustitución del sistema trifásico desequilibrado por dos sistemas trifásicos equilibrados y un sistema en que los tres fasores son iguales y están en fase; estos tres sistemas, combinados en forma equivalentes al sistema original.

Operador a.

Se define el operador a como un número complejo de módulo la unidad y de argumento $2\pi/3= 120^\circ$

Al multiplicar un fasor por el operador a, se obtiene un nuevo fasor de igual módulo que el primero y girado 120° en el sentido positivo de los ángulos.

De la definición de operador resultan evidentes las siguientes expresiones:

$$a = 1\angle 120^\circ = \cos 120^\circ + j\sin 120^\circ = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} = e^{j120^\circ}$$

$$a = 1\angle 120^\circ = \cos 120^\circ + j\sin 120^\circ = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} = e^{j120^\circ}$$

$$a = 1\angle 120^\circ = \cos 120^\circ + j\sin 120^\circ = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} = e^{j120^\circ}$$

$$-j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

Para una falla trifásica del lado de alta del transformador de la subestación del plantel, debemos obtener el circuito equivalente siguiente:

¹ Tomado Tabla de formulas eléctricas para corriente directa y corriente alterna Conelec.

² Tomado del libro "Redes Eléctricas, Jacinto Viqueira, capítulo 1", Ver bibliografía.

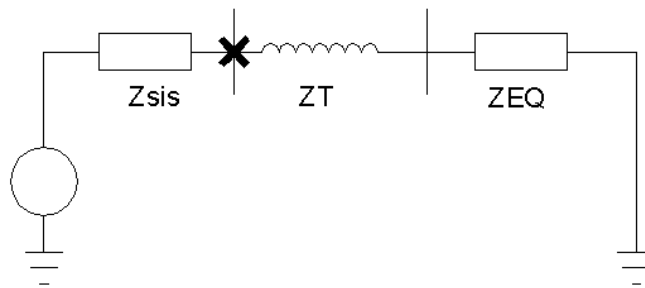


Figura 1.2 Diagrama de la falla trifásica del lado de alta tensión del transformador de la subestación.

Donde:

Zsis: es la impedancia del sistema suministrador de energía eléctrica, la cual limitará la corriente entregada al sistema, en nuestro caso el CCH Vallejo.

ZT: La impedancia del transformador de la subestación, el cual enlaza nuestro sistema y el plantel.

ZEQ: Es la impedancia equivalente de reducir las impedancias del plantel dadas por los alimentadores, cargas, transformadores elevadores y reductores.

Manejamos todo el sistema en por unidad lo que implica, elegir una base para poner las impedancias por unidad (pu).

Para encontrar la impedancia del sistema, esta impedancia base se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$Z_{base} = \frac{kV_{base}^2}{MVA_{base}}$$

MVA base=En nuestro caso se consideró la capacidad del transformador de la subestación del CCH Vallejo.

KV base= Tensión del sistema en donde se van a calcular las impedancias.

Las impedancias encontradas en el sistema se dividen entre la impedancia base, dando por resultado, una impedancia en por unidad, donde no existe unidades en ohms, sino en pu.

$$Z_{pu} = \frac{Z[\Omega]}{Z_{base}[\Omega]}$$

Utilizando el diagrama unifilar calculamos las impedancias tanto de los conductores, tableros derivados, motores y transformadores, basándonos en la Tabla 9 (NEC).- Resistencia y reactancia para cables a 600V, a 75° C, 3 fases, CA a 60 [Hz].

Para calcular la impedancia en los tableros dadas por las cargas, consideramos el triangulo de potencias formado por la Potencia P [W] y la carga Reactiva Q [VARs] con un factor de potencia FP de 0.9.

De la expresión $P=VI$ [W] y $V=ZI$ [V];

Obtenemos:

$$Z[R] = \frac{V^2 [V]}{P [W]}$$

$$Z[i] = \frac{V^2 [V]}{Q [VAR]} j,$$

$$S[VA] = \frac{P}{FP} [W].$$

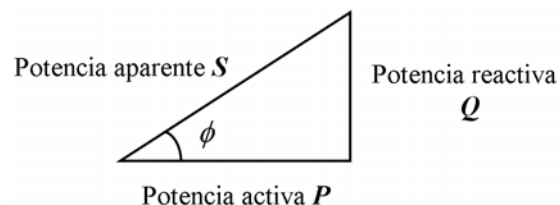


Figura 1.3 Triángulo de potencias.

Para encontrar Q [VAR]=S [VA] Seno (Angcos(0.9))

Así con la potencia real P, obtenida del levantamiento eléctrico en el CCH Vallejo, podemos obtener la potencia Reactiva Q, para posteriormente obtener la impedancia real ZR y la impedancia reactiva Zi y convertir estas impedancias en impedancias en pu.

Para encontrar la impedancia en motores, tenemos la siguiente relación:

$$X_{pu} = \frac{X_{pu} (kVA_{base})}{kVA_{motor}}$$

Donde:

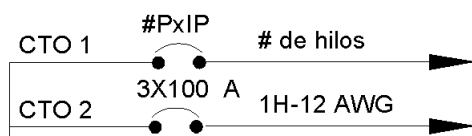
kVA base=Base de nuestro sistema [kVA]

kVA motor a rotor bloqueado=De datos de placa [kVA]

Para encontrar la impedancia en un tablero donde no tenemos cargas identificadas o en otras palabras potencia ligada a ese tablero; nos basamos en la corriente de interrupción nominal y la tensión de operación. Así para obtener la impedancia total del tablero, se debe encontrar la impedancia de cada circuito del tablero general de la subestación y calcular una impedancia equivalente, para los circuitos en los que no se identificó carga se calculó la impedancia con la corriente de protección de los interruptores termomagnéticos en el tablero y el voltaje en esos circuitos.

La expresión a utilizar para calcular la impedancia es: $V = ZI$, considerando una tensión de 220 V y un fp unitario:

$$Z = \frac{220[V]}{I[A]}$$



#P=Número de polos del interruptor
IP=Corriente de protección.

El número de hilos debe incluir el calibre del conductor.

Figura 1.4 Conexión y nomenclatura de los interruptores termomagnéticos en el diagrama unifilar.

En dado caso que no se tenga la capacidad interruptiva del interruptor, se usará la corriente máxima permisible del conductor, dato que se puede obtener de la TABLA 310-17. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible para cables monoconductores aislados de 0 a 2 000 V nominales, al aire libre y a temperatura ambiente de 30 °C, de la NOM-001.

Una vez calculadas las impedancias se realizará el diagrama de impedancias de la dependencia.

A partir del diagrama de impedancias comienza su reducción, si se encuentran en paralelo o serie, según la interconexión de tableros y sus conductores.

● **Cálculo de corriente de corto circuito trifásico en el lado de media tensión del transformador.**

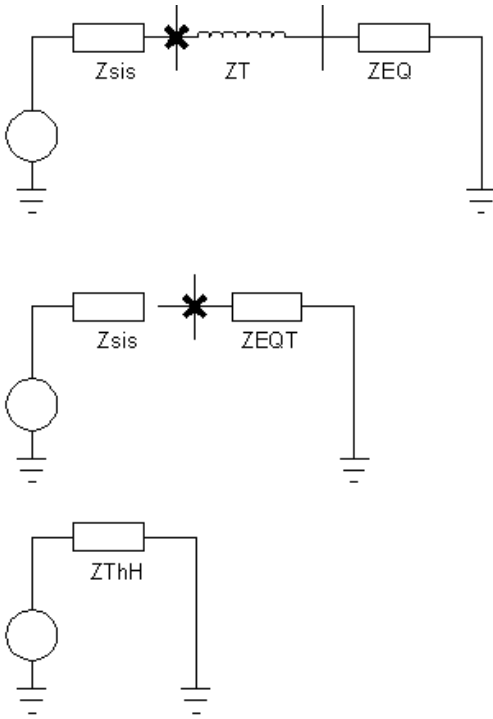


Figura 1.5 Diagrama de la impedancia Thevenin para el cálculo de corto circuito trifásico del lado de media tensión del transformador en la subestación.

Una vez obtenido el circuito anterior, donde ZEQ es la reducción del diagrama de impedancias del lado del transformador de la subestación.

Zsis: La impedancia del sistema, dado por la siguiente ecuación:

$$Z_{sis} = \frac{MVA_{BASE}}{MVA_{cc}};$$

$$MVA_{cc} = I_{ccsis}[kA] * tensión[kV]$$

Iccsis=Corriente de corto circuito de la compañía suministradora y la tensión del sistema del lado de alta del transformador.

$$MVA_{cc} = I_{ccsis}[kA] * tensión[kV]$$

Realizamos las operaciones necesarias para obtener el equivalente de Thevenin

$$Z_{EQT} = ZT + ZEQ$$

$$Z_{ThH} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{sis}} + \frac{1}{Z_{EQT}}} pu$$

$$I_{cc 3\phi pu} = \frac{1}{Z_{ThH}} pu$$

Encontramos la corriente base para multiplicarla por la corriente en pu, obteniendo así la corriente de cortocircuito trifásica para el lado de alta tensión del transformador en amperes [A].

$$I_{basealta} = \frac{kVA_{base}}{\sqrt{3}(kv_{base})} [A]$$

$$I_{cc 3\phi} = I_{cc 3\phi pu} * I_{basealta} [A]$$

● **Cálculo de corriente de corto circuito trifásico en el lado de baja tensión del transformador.**

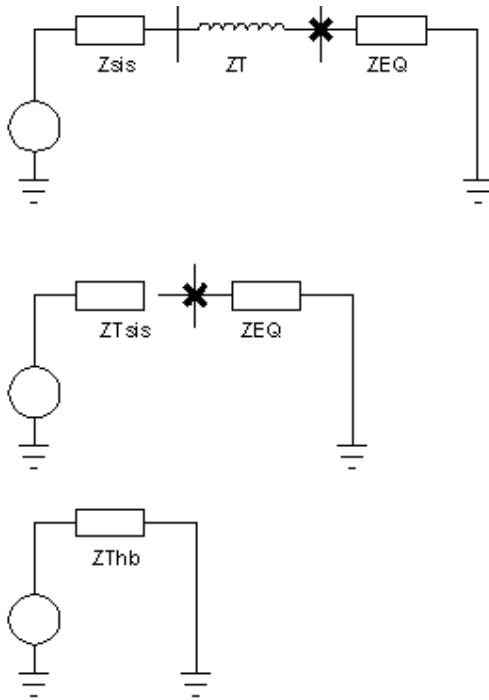


Figura 1.6 Diagrama de la impedancia Thevenin para el cálculo de corto circuito trifásico del lado de baja tensión del transformador en la subestación.

Una vez obtenido el circuito anterior, donde ZEQ es la reducción del diagrama de impedancias del lado del baja del transformador de la subestación.

Zsis: La impedancia del sistema, dado por la siguiente ecuación:

$$Z_{sis} = \frac{MVA_{BASE}}{MVA_{cc}};$$

$$MVA_{cc} = I_{ccsis}[kA] * tensión[kV]$$

Iccsis=Corriente de corto circuito de la compañía suministradora y la tensión del sistema del lado de alta del transformador.

$$MVA_{cc} = I_{ccsis}[kA] * tensión[kV]$$

Realizamos las operaciones necesarias para obtener el equivalente de Thevenin

$$ZT_{sis} = Z_{sis} + ZT$$

$$ZThb = \frac{1}{\frac{1}{ZT_{sis}} + \frac{1}{ZEQ}}$$

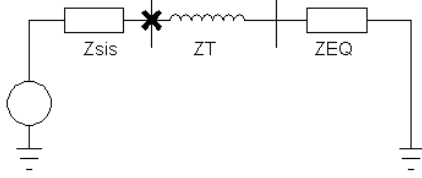
$$I_{cc\ 3\phi pu} = \frac{1}{ZThb} pu$$

Encontramos la corriente base para multiplicarla por la corriente en pu, obteniendo así la corriente de cortocircuito trifásica para el lado de baja tensión del transformador en amperes [A].

$$I_{basebaja} = \frac{kVA_{base}}{\sqrt{3}(kvbase)} [A]$$

$$I_{cc\ 3\phi} = I_{cc\ 3\phi pu} * I_{basebaja} [A]$$

● **Cálculo de corriente de corto circuito monofásico en el lado de media tensión del transformador.**



Una vez obtenido el siguiente circuito, donde ZEQ es la reducción del diagrama de impedancias del lado de baja del transformador de la subestación.

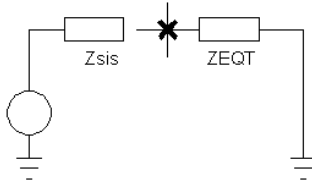
Zsis: La impedancia del sistema, dado por la siguiente ecuación:

$$Z_{sis} = \frac{MVA_{BASE}}{MVA_{cc}};$$

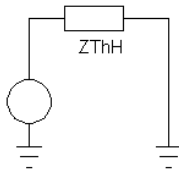
$$MVA_{cc} = I_{ccsis}[kA] * tensión[kV]$$

Iccsis=Corriente de corto circuito de la compañía suministradora y la tensión del sistema del lado de alta del transformador.

$$MVA_{cc} = I_{ccsis}[kA] * tensión[kV]$$



$$Z_{EQT} = Z_{EQ} + Z_T$$



$$Z_{ThH} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{sis}} + \frac{1}{Z_{EQT}}}$$

Figura 1.7 Diagrama de la impedancia Thevenin para el cálculo de corto circuito monofásico del lado de media tensión del transformador de la subestación.

Procedemos a realizar el diagrama de impedancias de secuencia positiva, negativa y cero.

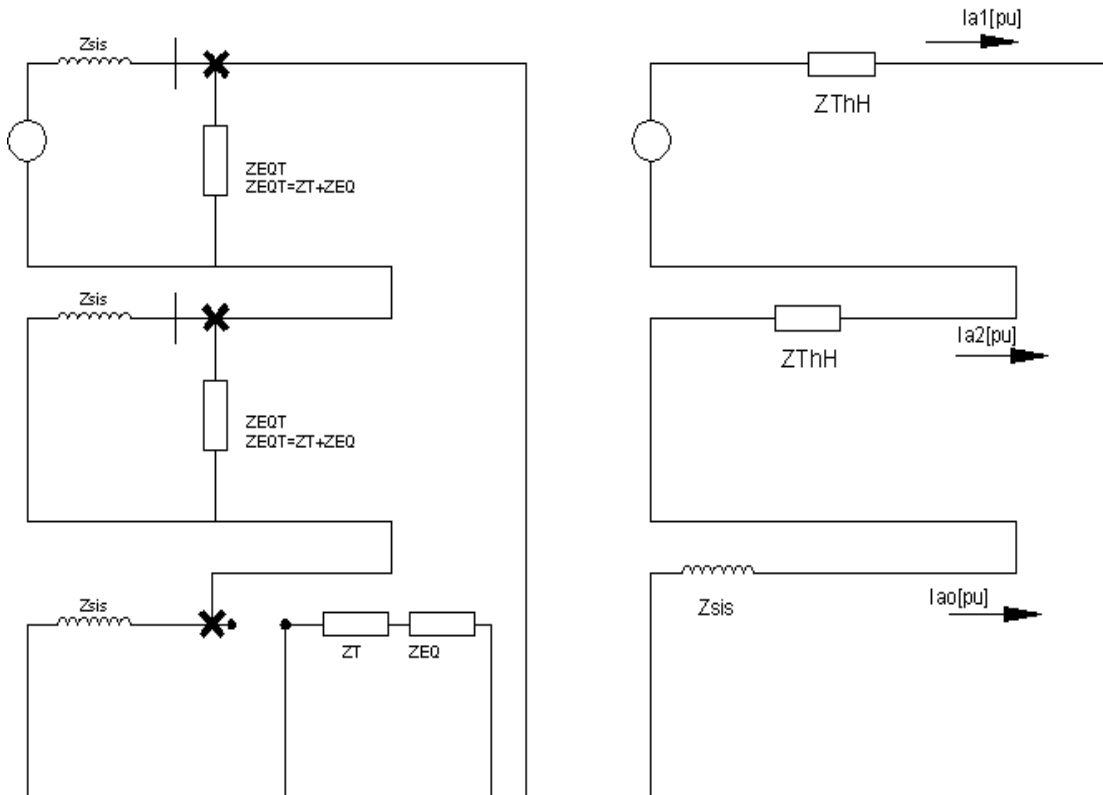


Figura 1.8 Diagrama de impedancias de secuencia positiva, negativa y cero para el corto circuito monofásico en el lado de media tensión del transformador de 750 KVA de la subestación CCH Vallejo.

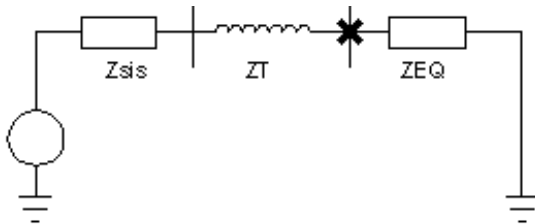
$$I_{a1}[pu] = I_{a2}[pu] = I_{a0}[pu] = I_{a1}[pu] = \frac{1}{2 * Z_{ThH} + Z_{sis}}$$

$$I_{basealta} = \frac{kVA_{base}}{\sqrt{3}(kv_{base})}$$

La corriente de corto circuito es igual a tres veces la corriente de secuencia positiva multiplicada por la corriente base en el lado de alta del transformador:

$$I_{cc1\phi H} = I_{basealta} * 3 * I_{a1}[pu]$$

● **Cálculo de corriente de corto circuito monofásico en el lado de baja tensión del transformador.**



Una vez obtenido el siguiente circuito, donde ZEQ es la reducción del diagrama de impedancias del lado de baja del transformador de la subestación.

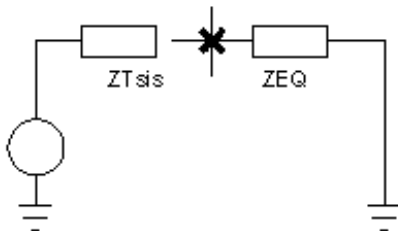
Zsis: La impedancia del sistema, dado por la siguiente ecuación:

$$Z_{sis} = \frac{MVA_{BASE}}{MVA_{cc}}$$

$$MVA_{cc} = I_{ccsis}[kA] * tensión[kV]$$

Iccsis=Corriente de corto circuito de la compañía suministradora y la tensión del sistema del lado de alta del transformador.

$$MVA_{cc} = I_{ccsis}[kA] * tensión[kV]$$



Debemos encontrar la impedancia de secuencia positiva y negativa, las cuales son iguales a la impedancia ZThb.

$$Z_{Thb} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{Tsis}} + \frac{1}{Z_{EQ}}} pu$$

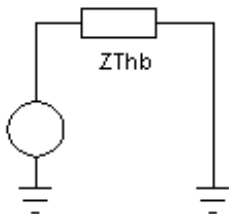


Figura 1.9 Diagrama de la impedancia Thevenin para el cálculo de corto circuito monofásico del lado de baja tensión del transformador de la subestación.

Para el caso de la impedancia de secuencia cero, el valor cambia debido a la conexión delta estrella: Dado que para una conexión delta el circuito esta abierto y para una conexión estrella se aterriza, como muestra siguiente diagrama:

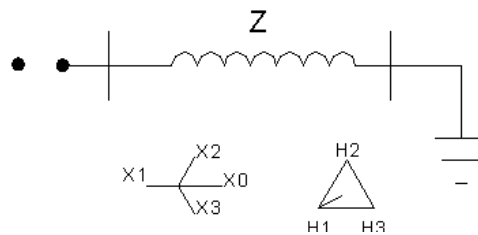


Figura 1.10 Conexión del transformador en secuencia cero.

Una vez que hacemos esta consideración continuamos con la reducción de impedancias de nuestro sistema y finalmente podemos obtener la impedancia de secuencia cero. El sistema finalmente se observa de la siguiente manera:

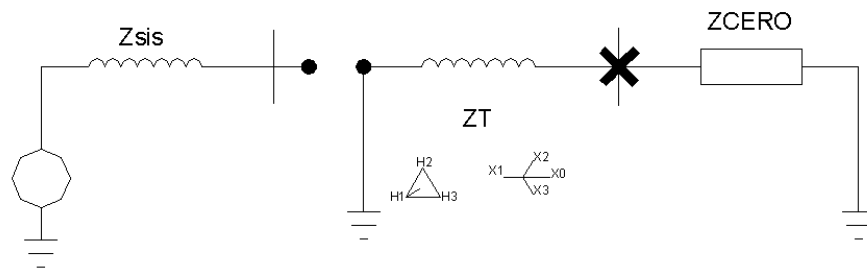


Figura 1.11 Diagrama de impedancia de secuencia cero.

ZCERO: Impedancia de secuencia cero.

ZT: Impedancia del transformador.

Zsis: Impedancia del sistema suministrador.

El voltaje de la fuente se considera la unidad dado que se está trabajando en PU.

Como podemos observar la impedancia de secuencia cero está conectada en paralelo con la impedancia del transformador, por lo que la reducción de nuestro sistema queda de la siguiente forma:

$$Z_{sis} = \frac{MVA_{BASE}}{MVA_{cc}}$$

$$Z_{Tsis} = Z_{sis} + Z_T$$

$$Z_{AD} // Z_T = \frac{1}{\frac{1}{Z_{CERO}} + \frac{1}{Z_T}}$$

Impedancia de Thevenin en el lado de baja tensión.

$$Z_{Thb} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{Tsis}} + \frac{1}{Z_{EQ}}}$$

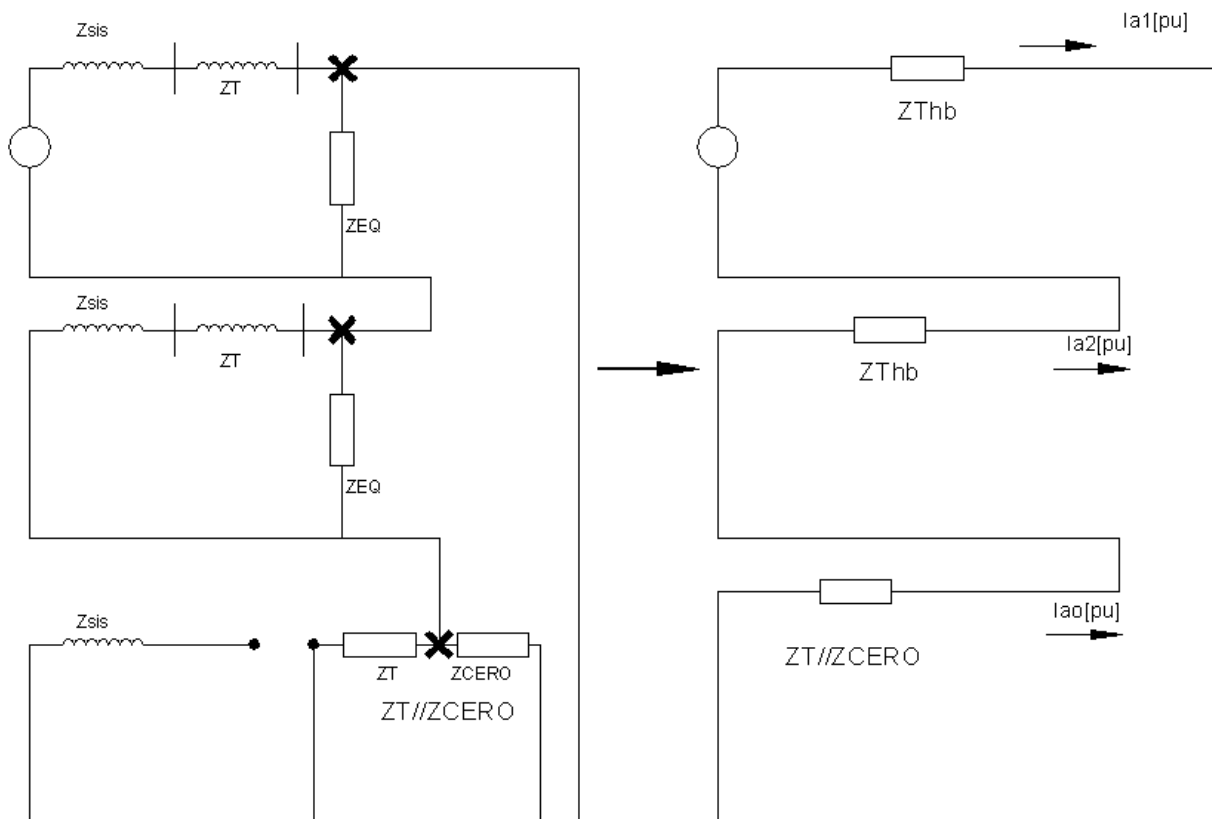


Figura 1.12 Diagrama de impedancias de secuencia positiva, negativa y cero para el cálculo de corto circuito monofásico en el lado de baja tensión.

$$I_{cc1F\phi pu} = \frac{1}{2 * Z_{Thb} + Z_T // AD} pu$$

$$I_{basebaja} = \frac{kV_{base}}{\sqrt{3}(kvbase)} [A]$$

La corriente de corto circuito es igual a tres veces la corriente de secuencia positiva multiplicada por la corriente base en el lado de alta del transformador:

$$I_{cc1F\phi} = 3 * I_{cc1F\phi pu} * I_{basebaja} [A]$$

Una vez terminados los cálculos de la corriente de corto circuito, se observa que corriente es la de mayor magnitud y en base a ello se calcula la malla del sistema de tierras.

1.4 MÉTODO DE WENNER (Para encontrar la resistividad del terreno).

En 1915, el Dr. Frank Wenner del *U.S. Bureau of Standards* desarrolló la teoría de este método de prueba, y la ecuación que lleva su nombre.

Con objeto de medir la resistividad del suelo se hace necesario insertar los 4 electrodos en el suelo. Los cuatro electrodos se colocan en línea recta y a una misma profundidad de penetración, las mediciones de resistividad dependerán de la distancia entre electrodos y de la resistividad del terreno, y por el contrario no dependen en forma apreciable del tamaño y del material de los electrodos, aunque sí dependen de la clase de contacto que se haga con la tierra.

El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos C1 y C2 mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos P1 y P2. Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La razón V/I es conocida como la resistencia aparente. La resistividad aparente del terreno es una función de esta resistencia y de la geometría del electrodo.

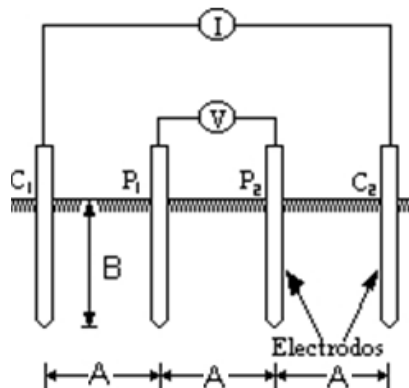


Figura 1.13 Diagrama de conexiones para el puente de Wenner, Tomado de NMX-J-549-ANCE-2005.

En la figura se observa esquemáticamente la disposición de los electrodos, en donde la corriente se inyecta a través de los electrodos exteriores y el potencial se mide a través de los electrodos interiores. La resistividad aparente está dada por la siguiente expresión:

$$\rho := \frac{4 \cdot \pi \cdot A \cdot R}{\left[1 + \frac{2 \cdot A}{(A^2 + 4 \cdot B^2)^{0.5}} \right] - \frac{2 \cdot A}{(4 \cdot A^2 + 4 \cdot B^2)^{0.5}}}$$

Donde

ρ : Resistividad promedio a la profundidad (A) en ohm-m

A : Distancia entre electrodos en metros.

B : Profundidad de enterrado de los electrodos en metros

R : Lectura del terrómetro en ohms.

Si la distancia enterrada (B) es pequeña comparada con la distancia de separación entre electrodos (A). O sea $A > 20B$, la siguiente fórmula simplificada se puede aplicar:

$$\rho := 2 \cdot \pi \cdot A \cdot R$$

La resistividad obtenida como resultado de las ecuaciones representa la resistividad promedio de un hemisferio de terreno de un radio igual a la separación de los electrodos.

Como ejemplo, si la distancia entre electrodos A es de 3 metros, B es 0.15 m y la lectura del instrumento es de 0.43 ohms, la resistividad promedio del terreno a una profundidad de 3 metros, es de 8.141 ohm-m según la fórmula completa y de 8.105 ohms-m según la fórmula simplificada.

Se recomienda que se tomen lecturas en diferentes lugares y a 90 grados unas de otras para que no sean afectadas por estructuras metálicas subterráneas. Y, que con ellas se obtenga el promedio.

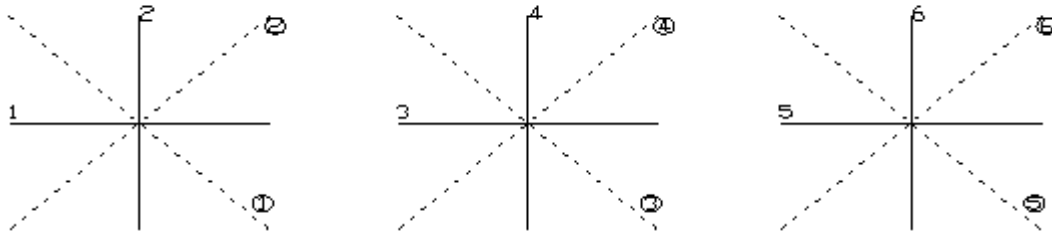


Figura 1.14 Trayectorias recomendadas para la obtener las mediciones de resistividad.

Tabla de datos para obtener la resistividad del terreno:

| Núm. de medición | Distancia de separación | Dirección 1 [Ω] | Dirección 2 [Ω] | Dirección 3 [Ω] | Dirección 4 [Ω] | Promedio [Ω] | Promedio [Ω m] |
|------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |
| Promedio total | | | | | | | |

Tabla 1.1 Tabla de datos para obtener la resistividad del terreno.

1.5 Método para el cálculo de la malla del sistema de tierras:

Se requirieron los siguientes datos:

| DATOS | | Unidades |
|------------------------|--|----------------|
| σ | Resistividad del terreno, se obtuvo mediante el método de Wenner. | [Ω m] |
| Iccf-t | Corriente de corto circuito fase a tierra. | [A] |
| X"/R | Relación reactancia VS. Resistencia en el punto donde ocurre la falla. | [adimensional] |
| t_{falla} | Tiempo de duración de la falla antes de que el fusible abra el circuito. | [s] |
| b | Dimensiones de la malla. Largo y ancho respectivamente. | [m] |
| a | | [m] |
| σ_s | Resistividad superficial del concreto | [Ω m] |
| h_s | Espesor del concreto | [m] |
| h | Profundidad a la que esta enterrada la malla. | [m] |
| lv | Longitud de la varilla. | [m] |
| Diámetro de la varilla | Esta puede ser de .0159 | [m] |
| Calibre del conductor | Utilizamos de 4/0 AWG, por norma debe ser el menor. | AWG |
| d | Diámetro del conductor. | [m] |
| * D_f | Factor de decremento. | [adimensional] |
| F_p | Factor de proyección. | [adimensional] |
| # cv | No. de conductores verticales. | [adimensional] |
| # ch | No. Conductores horizontales. | [adimensional] |
| D | Separación entre conductores. | [m] |
| #v | No. de varillas | [adimensional] |
| h_o | Profundidad de referencia. | [m] |

Tabla 1.2 Datos requeridos para el diseño de la malla. ³

*El factor de decremento (D_f) esta en función del tiempo de falla (t_{falla}) y la relación de reactancia Vs. X"/R; su valor se obtiene de Tablas.

- Corriente de falla máxima a tierra en la malla

$$I_{\max cc} = (I_{cct-t})(Df)(Fp)$$

- Factor de reflexión (K)

$$k = \frac{\sigma - \sigma_s}{\sigma + \sigma_s}$$

- Factor de reducción (F_r)

$$F_r = 1 - \frac{0.09(1 - \frac{\sigma}{\sigma_s})}{2h_s + 0.09}$$

- Potenciales tolerables para el cuerpo humano con un peso corporal de 70 [kg]

$$E_{\text{contacto}} = \frac{(1000 + 1.5Fr\sigma_s) * 0.157}{\sqrt{t_{\text{falla}}}}$$

$$E_{\text{paso}} = \frac{(1000 + 6Fr\sigma_s)0.157}{\sqrt{t_{\text{falla}}}}$$

- Longitud total de las varillas (l_{vT})

$$L_{vt} = (\#v)(lv)$$

- Longitud total de la malla (L_T) considerando longitud total de las varillas (l_{vT}); (las varillas estarán ubicadas en las esquinas de la malla)

$$L_T = (cv * a) + (ch * b) + L_{vt}$$

- Área de la malla (A_m)

$$A_m = a(b)$$

- Resistencia de malla (R_g)

Utilizando la fórmula de Sverak para redes de tierra de una subestación recomendada por IEEE

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

- Factor de esparcimiento para la tensión de malla (k_m)

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

Donde: $k_{ii}=1$ para mallas con varillas de aterrizaje en sus esquinas

$$n = \frac{2 * L_c}{L_p}$$

L_c = longitud total del conductor en la malla

$$L_c = (cv * a) + (ch * b)$$

L_p = longitud perimetral de la malla

$$L_p = (2 * a) + (2 * b)$$

$$n = \frac{2 * L_c}{L_p}$$

$$kh = \sqrt{1 + \frac{h}{ho}} = \sqrt{1 + \frac{0.6}{1}}$$

Entonces se obtiene el valor km .

- Potencial de contacto de la malla.

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

Donde: k_i = Factor de corrección para la geometría de la malla
Entonces

$$E_{CONTACTO} = \frac{\sigma * Km * Ki * I_{maxcc}}{L_T}$$

- Potencial de paso de la malla.

$$E_{paso} = \frac{\sigma * K_s * K_t * I_{maxcc}}{0.75L_C + 0.85L_T}$$

Donde:

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

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

Conclusión:

| Cálculo de malla [V] | | Tolerable [V] para una persona de 70kg |
|--|---|--|
| Potencial de paso dado por la malla. | < | Potencial de paso tolerable. |
| Potencial de contacto dado por la malla. | < | Potencial de contacto tolerable. |

Tabla 1.3 Potenciales de paso y contacto de la malla.

Si cumple la malla con estas desigualdades, se ha diseñado una malla capaz de disipar la corriente de corto circuito, no debemos olvidar que la seguridad de las personas es lo mas importante.

CAPITULO 2

Descripción de las Instalaciones.

2.1 Subestación Eléctrica.

La Subestación eléctrica, está ubicada en el edificio CREPA y cuenta con un tablero de distribución en baja tensión alimentado por la subestación.

La subestación eléctrica es utilizada para la transformación de la tensión de la energía eléctrica de suministro de 23 kV a 220/127 V y su distribución en el plantel. Uno de sus componentes principales de la subestación eléctrica es el transformador cuya capacidad es de 750 kVA.

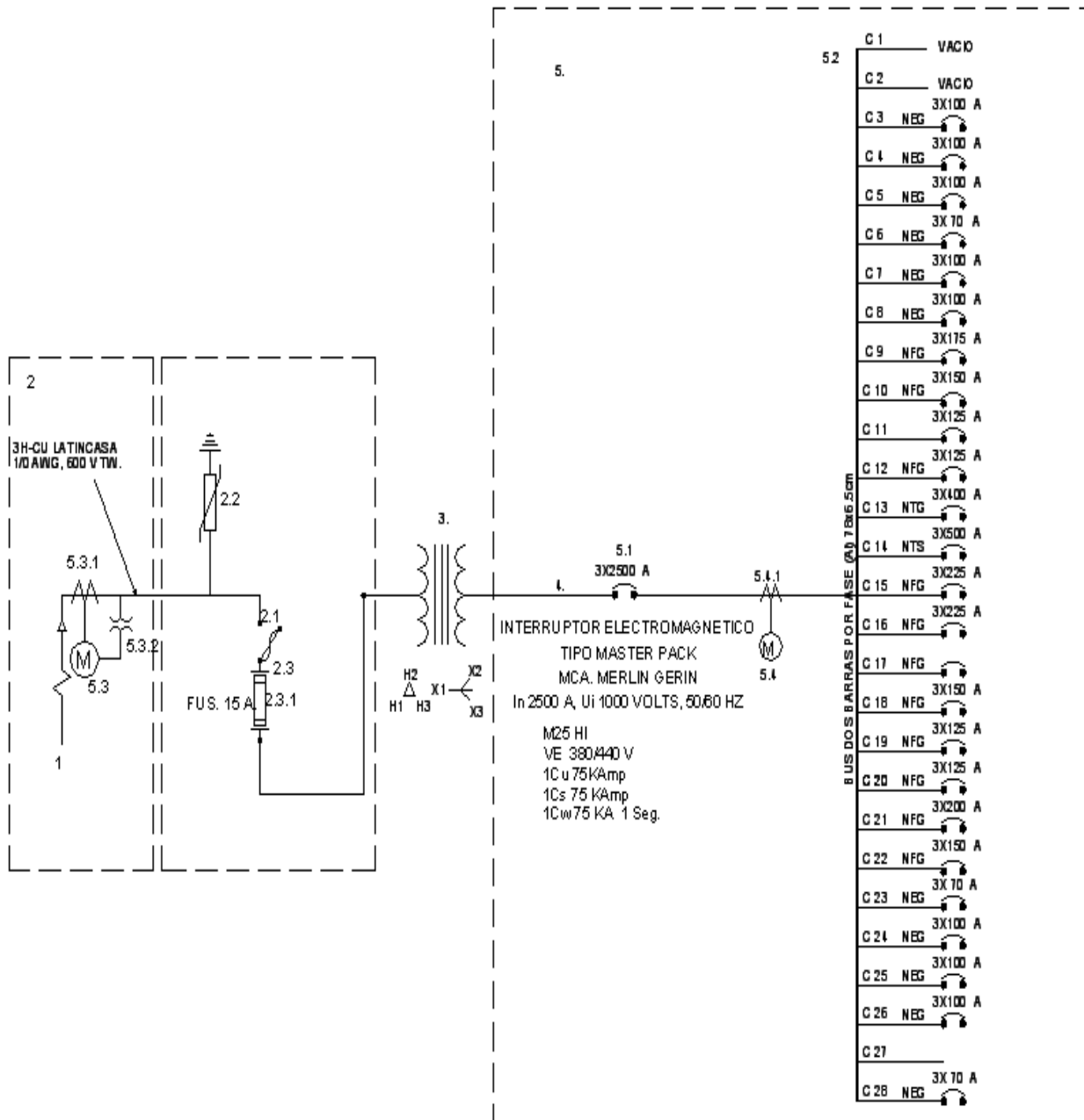


FIGURA 2.1 Diagrama unifilar subestación CCH
Valejo, Ver anexo D.

1. ACOMETIDA ELECTRICA EN 23,000 VOLTS, 3H-250 kCM.
2. SUBESTACIÓN COMPACTA EN SERVICIO INTERIOR, MARCA SELMEC,
 - 2.1 CUCHILLAS DESCONECTADORAS CON DESCONEJÓN EN GRUPO.
 - 2.2 APARTARAYOS SIEMENS TIPO H 415, TENSIÓN NOMINAL 24 KV, 20 A
 - 2.3 PORTA FUSIBLE MARCA SELMEC, FUSIBLE DE POTENCIA, 23 KV_{nom}, 125 KV AL IMPULSO.
 - 2.3.1 FUSIBLES MARCA S&C SM-55, SNUFFLER, 26 KV, TIPO SM-5S, 26 KV MAXIMO DE DESBALANCE 518, AMPERES MAXIMOS 3000, RELLENO SM.
3. TRANSFORMADOR MCA. VIGGERS, 750 KVA, 23000-220Y/127 VOLTS, IMPEDANCIA 6.1 % A 85°C, ELEVACIÓN DE TEMP. 65°C A 2300m S.N.M. DEVANADO DE COBRE ALTA Y BAJA. PESO 3215 kg.

| POSICION | VOLTS | AMP |
|----------|-------------|-------------|
| 1 | 24150/21150 | 17.93/20.47 |
| 2 | 23575/20575 | 18.37/21.05 |
| 3 | 23000/20000 | 18.83/21.65 |
| ④ | 22425/19425 | 19.31/22.29 |
| 5 | 21850/18850 | 19.82/22.97 |
| BT | 220/127 | 19.68/24 |

4. SECCIÓN DE ACOPLAMIENTO EN BAJA TENSIÓN, SOLERAS (Cu) 130x6.5cm, DOS BARRAS POR FASE, UNA BARRA DE NEUTRO.
5. TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN:
 - MCA. DWPPÓN ELECTRIC, SERIE 60301317-2, TABLERO TIPO NVAB-HMCB, TENSIÓN DE OPERACIÓN 220 V, BARRAS 2500 A, 3φ, 4 HILOS, 60 Hz, CAPACIDAD PARA 28 INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS TRIFASICOS.
 - 5.1 INTERRUPTOR GENERAL TERMOMAGNÉTICO:
 - 5.2 BUS DE BAJA TENSIÓN DOS BARRAS DE ALUMINIO DE 78x6.5cm, POR FASE

2.2 Edificio de Cómputo.

En este edificio se presta equipo de cómputo a los alumnos y profesores del plantel, consta de dos niveles, en el primer nivel se da atención a los alumnos, en el segundo a profesores.

La instalación presenta tableros con tensión normal y tensión regulada, dicha tensión regulada depende de un acondicionador de línea uno por cada tablero de tensión regulada.

En la Tabla 2.1 se muestra la ubicación y tableros del edificio de Cómputo. Los tableros se alimentan con una tensión de 220 V / 127 V, existen contactos de tensión regulada y de tensión normal.

Los tableros A y B son tableros derivados del tablero general CPA y dichos tableros alimentan a los tableros regulados R1, R2, R3 y R4 respectivamente.

- Los tableros regulados cuentan con sistema de tierra física y aislada, pero no cuentan con barra de tierra aislada, debido a esto empalman los hilos de tierras aislada de los contactos regulados en el conductor de tierra aislada que llega al tablero. (Foto 2.1)

| Nivel | Tablero | Ubicación |
|-------|---------|------------------|
| PB | GRAL | CUARTO ELÉCTRICO |
| PB | A | CUARTO ELÉCTRICO |
| PB | R1 | CUARTO ELÉCTRICO |
| PB | R2 | CUARTO ELÉCTRICO |
| 1 | B | CUARTO ELÉCTRICO |
| 1 | R3 | CUARTO ELÉCTRICO |
| 1 | R4 | CUARTO ELÉCTRICO |

TABLA 2.1 Tableros Edificio de Cómputo.



FOTO 2.1 Tablero Edificio de Cómputo sin barra de tierra aislada.

Existen tableros (Tabla 2.2) que presentan gran desbalance de cargas. Un tablero con desbalance presenta problemas como; sobrecarga de alguna fase provocando caídas de tensión, corrientes en el neutro que se traducen en pérdidas de energía eléctrica y daño o mal funcionamiento de los equipos.

| TABLERO | A | R1 | R2 | B | R3 | R4 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| DESBALANCE (%) | 38.42 | 20.00 | 33.33 | 15.89 | 33.3 | 21.42 |

TABLA 2.2 Tableros con desbalance.

En la siguiente Tabla encontramos la carga eléctrica que tiene el alumbrado en el Edificio de Cómputo. En la Tabla 2.3 tenemos las lámparas que se tienen instaladas en el edificio de cómputo. Todas las lámparas son ahorradoras y las que predominan son las tubulares con tecnología T8 y las fluorescentes compactas de 26 W.

| EDIFICIO DE CÓMPUTO | | | | | | |
|---------------------|---------------|----------|----|-------|----------------|---------|
| CARGA | Potencia w | CANTIDAD | | TOTAL | TOTAL WATTS | % Watts |
| | | PB | N1 | | | |
| T8 2X32 W | 67.20 | 42 | 35 | 77 | 5,174.40 | 49.31% |
| LFC 2X26 W | 52.00 | 48 | 52 | 100 | 5,200.00 | 49.55% |
| LFC 1X20 W | 20.00 | 6 | | 6 | 120.00 | 1.14% |
| TOTAL= | | | | | 10,494.40 | 100.00% |

TABLA 2.3 Lámparas instaladas en el edificio de Cómputo.

El edificio de cómputo cuenta con tierra física para los contactos normales y tableros y tierra aislada para sus contactos regulados.

Fuerza.

| EDIFICIO DE CÓMPUTO | | | | | | |
|-----------------------|---------------|----------|-----|-------|-----------|---------|
| CARGA | Potencia w | CANTIDAD | | TOTAL | | % Watts |
| | | PB | N1 | CARGA | WATTS | |
| Contactos Monofásicos | 180.00 | 185 | 216 | 401 | 72,180.00 | 96.75% |
| Extractor 1/4 HP | 186.50 | 5 | 4 | 9 | 1,678.50 | 2.25% |
| Aire Acondicionado | 746.00 | | 1 | 1 | 746.00 | 1.00% |
| TOTAL= | | | | | 74,604.50 | 100.00% |

TABLA 2.4 Contactos y cargas de fuerza en el edificio de Cómputo.

2.3 Edificio 'W'

Este edificio esta compuesto por aulas de teoría y laboratorios de física y de química.

El edificio 'W' cuenta con 3 tableros trifásicos con una tensión normal de suministro de 220V entre fases y 127V de fase a neutro. El tablero WB es el tablero general de éste edificio, de este tablero se alimentan los tableros WA y WC.

| NIVEL | TABLERO | UBICACIÓN |
|-------|---------|-----------------------------------|
| PB | WA | BAJO LAS ESCALERES DEL EDIFICIO W |
| 1 | WB | BAJO LAS ESCALERES DEL EDIFICIO W |
| 2 | WC | BAJO LAS ESCALERES DEL EDIFICIO W |

TABLA 2.5 Ubicación de los tableros en el edificio 'W'.

Los tableros de este edificio presentan desbalance de cargas mayor al 10%.

| TABLERO | WA | WB | WC |
|---------------|-------|-------|-------|
| DESBALANCE(%) | 66.16 | 16.47 | 18.53 |

TABLA 2.6 Desbalance de los tableros del edificio 'W'

El edificio 'W' cuenta con lámparas ahorradoras y su uso es destinado para la iluminación de aulas, por lo cual, no se propone un cambio de lámparas por el momento, sólo sería supervisar que funcionen adecuadamente y a realizar el mantenimiento preventivo periódicamente. TABLA 2.7

| EDIFICIO 'W' | | | | | | | |
|--------------|---------------|----------|----|----|-------|----------------|---------|
| CARGA | POTENCIA W | CANTIDAD | | | TOTAL | TOTAL WATTS | % Watts |
| | | WA | WB | WC | | | |
| T5 3X14 W | 44.10 | | 80 | 60 | 140 | 6,174.00 | 41.79% |
| T8 2X32 W | 67.20 | 62 | 60 | | 122 | 8,198.40 | 55.50% |
| A19 100 W | 100.00 | | 2 | 2 | 4 | 400.00 | 2.71% |
| TOTAL= | | | | | | 14,772.40 | 100.00% |

TABLA 2.7 Lámparas instaladas en el edificio W.

En el *edificio 'W'* cuenta con tierra física para polarizar los contactos y conectar también los tableros. La carga de fuerza y contactos está indicada en la Tabla 2.8

| EDIFICIO 'W' | | | | | | | |
|-----------------------|--------|----------|----|----|-------|-----------|---------|
| CARGA | POT | CANTIDAD | | | TOTAL | | % Watts |
| | W | WA | WB | WC | CARGA | WATTS | |
| Contactos Monofásicos | 180.00 | 14 | 80 | 76 | 170 | 30,600.00 | 95.91% |
| Extractor 1/4 HP | 186.50 | | 2 | 5 | 7 | 1,305.50 | 4.09% |
| TOTAL= | | | | | | 31,905.50 | 100.00% |

TABLA 2.8 Contactos y carga de fuerza en el edificio de W.

2.4 SILADIN 'A' (Sistema de Laboratorios para el Desarrollo y la Innovación)

El transformador de 150 KVA del edificio SILADIN 'A' se encarga de entregar la tensión al conjunto SILADIN, compuesto por el SILADIN 'A' y SILADIN 'B'.

El edificio SILADIN 'A' tienen 9 tableros derivados los cuales se alimentan a una tensión de 220 V entre fases y 127 V de fase a neutro, en este edificio se tienen 7 tableros derivados y uno general. En la Tabla 2.9 se observan los tableros y la ubicación de los mismos.

| NIVEL | TABLERO | UBICACIÓN |
|-------|---------|---------------------|
| PB | A | CABINA DE AUDITORIO |
| PB | B | CABINA DE AUDITORIO |
| PB | C | AULA 1 |
| PB | D | DUCTO ASEO |
| N1 | E | FÍSICA |
| N1 | F | QUÍMICA |
| N1 | G | BIOLOGÍA |
| PB | TGS-A | DUCTO ASEO |

TABLA 2.9 Ubicación de los Tableros de SILADIN A.

En el edificio SILADIN 'A', las lámparas que predominan son T12 con potencia de 39W.

| EDIFICIO SILADIN 'A' | | | | | | | | | | | |
|----------------------|----------|-----------|----|---|---------|----------|--------|---------|------|-----------|---------|
| CARGA | POT W | CANTIDAD | | | | | | TOTAL | | % Watts | |
| | | AULAS 1-3 | | | Pasillo | Biología | Física | Química | LAMP | | WATTS |
| T12 2X39 W | 97.50 | 12 | 15 | 9 | 29 | 15 | 17 | 17 | 114 | 11,115.00 | 95.70% |
| A19 100 W | 100.00 | | | | 3 | | | | 3 | 300.00 | 2.58% |
| Foco 200 W | 200.00 | | | | | | 1 | | 1 | 200.00 | 1.72% |
| TOTAL= | | | | | | | | | | 11,615.00 | 100.00% |

TABLA 2.10 Lámparas instaladas en el edificio SILADIN A.

El edificio SILADIN 'A' cuenta con tierra física para polarizar los contactos.

| EDIFICIO SILADIN 'A' | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------|----------|----|----|----------|--------|---------|-------|-----------|---------|
| CARGA | Potencia w | CANTIDAD | | | | | | TOTAL | | % Watts |
| | | Aula 1-3 | | | Biología | Física | Química | CARGA | WATTS | |
| Contactos Monofásicos | 180.00 | 14 | 14 | 13 | 36 | 35 | 35 | 147 | 26,460.00 | 53.84% |
| Contactos trifásicos | 1,000.00 | | | | 6 | 8 | 8 | 22 | 22,000.00 | 44.77% |
| Extractor 1/4 HP | 186.50 | | | | 1 | | | 1 | 186.50 | 0.38% |
| MOTOR 1/4 HP | 165.10 | 1 | 1 | 1 | | | | 3 | 495.30 | 1.01% |
| TOTAL= | | | | | | | | | 49,141.80 | 100.00% |

TABLA 2.11 Contactos y cargas de fuerza en el edificio SILADIN A.

2.5 SILADIN 'B'.

Este edificio se alimenta de un transformador que se ubica en la parte lateral del edificio SILADIN 'A', y se encarga de reducir la tensión de 440 V a 220/127 V que viene del transformador elevador 220/440 V (T1 en la subestación).

En el edificio SILADIN 'B' se halla un aula de cómputo y un aula donde ahora está un acuario, que anteriormente se usaba para dar el servicio de cómputo. Ambas áreas cuentan con tensión regulada de los Tableros regulados 'I' y 'J'. La tensión regulada es proporcionada por un regulador trifásico que se encuentra en el cubículo de meteorología.

En la Tabla 2.12 se muestran los tableros del edificio SILADIN B y su ubicación.

| NIVEL | TABLERO | UBICACIÓN |
|-------|---------|-----------------|
| PB | H | FÍSICA |
| PB | I | ACUARIO |
| PB | J | SALA DE COMPUTO |
| PB | I' | ACUARIO |
| PB | J' | SALA DE COMPUTO |
| PB | N | METEOROLOGÍA |
| PB | P | METEOROLOGÍA |
| PB | K | DUCTO ASEO |
| PB | TGS-B | DUCTO ASEO |
| 1 | L | BIOLOGÍA |
| 1 | M | QUÍMICA |

TABLA 2.12 Ubicación de los Tableros edificio SILADIN B.

En el edificio SILADIN 'B', las lámparas que predominan son T12 con potencia de 39W.

| EDIFICIO SILADIN 'B' | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------|----------|---------|---------|-------------------|-------------|------------|-------|-----------|---------|
| CARGA | POT. | CANTIDAD | | | | | | TOTAL | | % Watts |
| | W | Física | Acuario | Cómputo | Pasillo, Exterior | Biología N1 | Química N1 | LAMP. | WATTS | |
| T12 2X39 W | 97.50 | 16 | 9 | 12 | 41 | 19 | 19 | 116 | 11,310.00 | 61.35% |
| Punta 250 W | 312.50 | | | | 2 | | | 2 | 625.00 | 3.39% |
| A19 100 W | 100.00 | | | | 5 | | | 5 | 500.00 | 2.71% |
| Reflector 400W | 500.00 | | | | 12 | | | 12 | 6,000.00 | 32.55% |
| TOTAL= | | | | | | | | | 18,435.00 | 100.00% |

TABLA 2.13 Lámparas instaladas en el edificio SILADIN B.

- En el edificio SILADIN 'B' se tiene tierra física y tierra aislada para los contactos regulados. Al tablero del aula de cómputo llega el hilo de tierra aislada, pero no hay barra de tierras donde conectarla, por lo cual se recurre a un empalme, pero al empalmar con la tierra aislada lo hacen con hilos desnudos y no aislados como debe ser para los contactos del área de cómputo.

| EDIFICIO SILADIN B. | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------|----------|---------|---------|----------|----------|---------|--------------|-------|-----------|---------|
| CARGA | Potencia w | CANTIDAD | | | | | | | TOTAL | | % Watts |
| | | Física | Acuario | Cómputo | Oficinas | Biología | Quimica | Meteorología | Carga | WATTS | |
| C. Monofásicos | 180.00 | 41 | 55 | 45 | 19 | 48 | 35 | 7 | 250 | 45,000.00 | 68.78% |
| C. trifásicos | 1,000.00 | 10 | | | | | 8 | | 18 | 18,000.00 | 27.51% |
| Extractor 1/4 HP | 186.50 | | | | 2 | 11 | | | 13 | 2,424.50 | 3.71% |
| TOTAL= | | | | | | | | | | 65,424.50 | 100.00% |

TABLA 2.14 Contactos y cargas de fuerza en el edificio SILADIN B.

2.6 Edificio Galerón

El tablero general de este edificio está alimentado con 4 hilos de 2/0 AWG que vienen de la subestación, estos conductores vienen de manera aérea a una tensión de trabajo de 220/127 V. El edificio no cuenta con tensión regulada y la mayor parte de las actividades se enfocan para servicios del plantel.

| GALERÓN | | | |
|---------|------------------|---------|--------------------|
| TABLERO | UBICACIÓN | TABLERO | UBICACIÓN |
| A | AUDITORIO | F | PUBLICACIONES |
| B | MANTENIMIENTO | G | HERRERÍA |
| C | IMPRESA | H | HERRERÍA |
| D | ALMACÉN | I | BODEGA DE PINTURAS |
| E | CABINA AUDITORIO | J | COMEDOR |

TABLA 2.15 Ubicación de los tableros del edificio Galerón

- En la Tabla 24 se muestran los tableros que presentan desbalance y como se observa, están por arriba del 10% de desbalance permitido por la norma. Art. 551-42. d) Desbalance de cargas (Ver anexo).

| TABLERO | A | B | C | D | E | F | J |
|---------------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| DESBALANCE(%) | 65.4 | 57.99 | 65.98 | 17.72 | 77.38 | 9.44 | 39.34 |

TABLA 2.16 Desbalance de cargas del edificio Galerón.

En la Tabla 2.17 se muestran las lámparas que predominan en el edificio Galerón. Todas son lámparas convencionales T12, por lo cual representan un consumo mayor de energía eléctrica, se sugiere cambiar las tubulares T12 por T8, reemplazando las de 39 W por 32 W y las de 75W por 59 W.

Como se mencionó en un párrafo de otra sección, la función principal del edificio Galerón es para servicios del plantel, por lo cual tiene una actividad constante y necesita de un nivel de iluminación adecuado.

| EDIFICIO GALERÓN | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-----------|---------|----------|---------|----------|--------|-------|-----------|---------|
| CARGA | POT. W | CANTIDAD | | | | | | TOTAL | | % Watts |
| | | Auditorio | Mantto. | Imprenta | Almacén | Librería | Bodega | LAMP. | WATTS | |
| T12 2X39 W | 97.50 | 25 | 18 | 38 | 22 | 9 | 3 | 115 | 11,212.50 | 64.30% |
| T12 2X75 W | 187.50 | 1 | 9 | | 2 | 2 | | 14 | 2,625.00 | 15.05% |
| PAR 150 W | 150.00 | 20 | | | | | | 20 | 3,000.00 | 17.20% |
| PAR 75 W | 75.00 | 8 | | | | | | 8 | 600.00 | 3.44% |
| TOTAL= | | | | | | | | | 17,437.50 | 100.00% |

TABLA 2.17 Lámparas instaladas en el edificio Galerón.

En el edificio Galerón, la carga más representativa son los contactos monofásicos.

| EDIFICIO GALERÓN | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------|-----------|---------|----------|---------|----------|-------|-----------|---------|--|
| CARGA | Potencia w | CANTIDAD | | | | | TOTAL | | % Watts | |
| | | Auditorio | Mantto. | Imprenta | Almacén | Librería | Carga | WATTS | | |
| Contactos Monofásicos | 180.00 | 18 | 23 | 18 | 16 | 8 | 83 | 14,940.00 | 49.90% | |
| Contactos Bifásicos | 500.00 | | 2 | 1 | | | 3 | 1,500.00 | 5.01% | |
| Contactos trifásicos | 1,000.00 | | | 3 | | | 3 | 3,000.00 | 10.02% | |
| Extractor 1/4 HP | 186.50 | 1 | 3 | 2 | | 2 | 8 | 1,492.00 | 4.98% | |
| Extractor 1/40 HP | 18.65 | 3 | | | | | 3 | 55.95 | 0.19% | |
| Motor 1HP | 746.00 | | 1 | | | | 1 | 746.00 | 2.49% | |
| Compresor 5HP | 3,730.00 | | 1 | | | | 1 | 3,730.00 | 12.46% | |
| Aire Acondicionado | 2,238.00 | 2 | | | | | 2 | 4,476.00 | 14.95% | |
| TOTAL= | | | | | | | | 29,939.95 | 100.00% | |

TABLA 2.18 Contactos y cargas de fuerza en el edificio Galerón.

CAPITULO 2

Descripción de las Instalaciones.

2.1 Subestación Eléctrica.

La Subestación eléctrica, está ubicada en el edificio CREPA y cuenta con un tablero de distribución en baja tensión alimentado por la subestación.

La subestación eléctrica es utilizada para la transformación de la tensión de la energía eléctrica de suministro de 23 kV a 220/127 V y su distribución en el plantel. Uno de sus componentes principales de la subestación eléctrica es el transformador cuya capacidad es de 750 kVA.

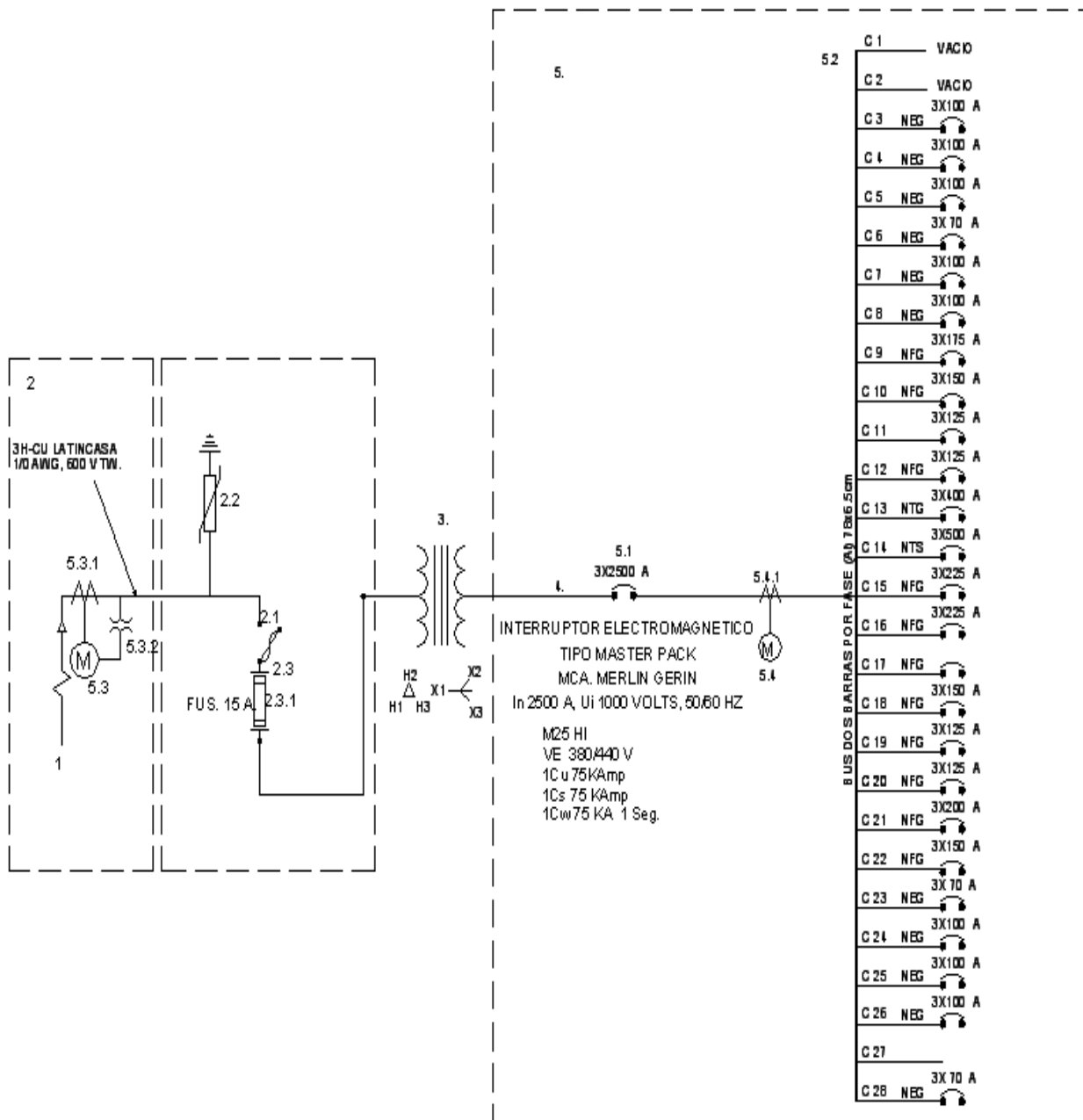


FIGURA 2.1 Diagrama unifilar subestación CCH Vallejo, Ver anexo D.

1. ACOMETIDA ELECTRICA EN 23,000 VOLTS, 3H-250 kCM.
2. SUBESTACIÓN COMPACTA EN SERVICIO INTERIOR, MARCA SELMEC,
 - 2.1 CUCHILLAS DESCONECTADORAS CON DESCONEJÓN EN GRUPO.
 - 2.2 APARTARAYOS SIEMENS TIPO H 415, TENSIÓN NOMINAL 24 KV, 20 A
 - 2.3 PORTA FUSIBLE MARCA SELMEC, FUSIBLE DE POTENCIA, 23 KV_{nom}, 125 KV AL IMPULSO.
 - 2.3.1 FUSIBLES MARCA S&C SM-55, SNUFFLER, 26 KV, TIPO SM-5S, 26 KV MAXIMO DE DESBALANCE 518, AMPERES MAXIMOS 3000, RELLENO SM.
3. TRANSFORMADOR MCA. VIGGERS, 750 KVA, 23000-220Y/127 VOLTS, IMPEDANCIA 6.1 % A 85°C, ELEVACIÓN DE TEMP. 65°C A 2300m S.N.M. DEVANADO DE COBRE ALTA Y BAJA. PESO 3215 kg.

| POSICION | VOLTS | AMP |
|----------|-------------|-------------|
| 1 | 24150/21150 | 17.93/20.47 |
| 2 | 23575/20575 | 18.37/21.05 |
| 3 | 23000/20000 | 18.83/21.65 |
| ④ | 22425/19425 | 19.31/22.29 |
| 5 | 21850/18850 | 19.82/22.97 |
| BT | 220/127 | 19.68/24 |

4. SECCIÓN DE ACOPLAMIENTO EN BAJA TENSIÓN, SOLERAS (Cu) 130x6.5cm, DOS BARRAS POR FASE, UNA BARRA DE NEUTRO.
5. TABLERO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN:

MCA. DWPPÓN ELECTRIC, SERIE 60301317-2, TABLERO TIPO NVAB-HMCB, TENSIÓN DE OPERACIÓN 220 V, BARRAS 2500 A, 3φ, 4 HILOS, 60 Hz, CAPACIDAD PARA 28 INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS TRIFASICOS.

 - 5.1 INTERRUPTOR GENERAL TERMOMAGNÉTICO:
 - 5.2 BUS DE BAJA TENSIÓN DOS BARRAS DE ALUMINIO DE 78x6.5cm, POR FASE

2.2 Edificio de Cómputo.

En este edificio se presta equipo de cómputo a los alumnos y profesores del plantel, consta de dos niveles, en el primer nivel se da atención a los alumnos, en el segundo a profesores.

La instalación presenta tableros con tensión normal y tensión regulada, dicha tensión regulada depende de un acondicionador de línea uno por cada tablero de tensión regulada.

En la Tabla 2.1 se muestra la ubicación y tableros del edificio de Cómputo. Los tableros se alimentan con una tensión de 220 V / 127 V, existen contactos de tensión regulada y de tensión normal.

Los tableros A y B son tableros derivados del tablero general CPA y dichos tableros alimentan a los tableros regulados R1, R2, R3 y R4 respectivamente.

- Los tableros regulados cuentan con sistema de tierra física y aislada, pero no cuentan con barra de tierra aislada, debido a esto empalman los hilos de tierras aislada de los contactos regulados en el conductor de tierra aislada que llega al tablero. (Foto 2.1)

| Nivel | Tablero | Ubicación |
|-------|---------|------------------|
| PB | GRAL | CUARTO ELÉCTRICO |
| PB | A | CUARTO ELÉCTRICO |
| PB | R1 | CUARTO ELÉCTRICO |
| PB | R2 | CUARTO ELÉCTRICO |
| 1 | B | CUARTO ELÉCTRICO |
| 1 | R3 | CUARTO ELÉCTRICO |
| 1 | R4 | CUARTO ELÉCTRICO |

TABLA 2.1 Tableros Edificio de Cómputo.



FOTO 2.1 Tablero Edificio de Cómputo sin barra de tierra aislada.

Existen tableros (Tabla 2.2) que presentan gran desbalance de cargas. Un tablero con desbalance presenta problemas como; sobrecarga de alguna fase provocando caídas de tensión, corrientes en el neutro que se traducen en pérdidas de energía eléctrica y daño o mal funcionamiento de los equipos.

| TABLERO | A | R1 | R2 | B | R3 | R4 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| DESBALANCE (%) | 38.42 | 20.00 | 33.33 | 15.89 | 33.3 | 21.42 |

TABLA 2.2 Tableros con desbalance.

En la siguiente Tabla encontramos la carga eléctrica que tiene el alumbrado en el Edificio de Cómputo.

En la Tabla 2.3 tenemos las lámparas que se tienen instaladas en el edificio de cómputo. Todas las lámparas son ahorradoras y las que predominan son las tubulares con tecnología T8 y las fluorescentes compactas de 26 W.

| EDIFICIO DE CÓMPUTO | | | | | | |
|---------------------|---------------|----------|----|-------|----------------|---------|
| CARGA | Potencia w | CANTIDAD | | TOTAL | TOTAL WATTS | % Watts |
| | | PB | N1 | | | |
| T8 2X32 W | 67.20 | 42 | 35 | 77 | 5,174.40 | 49.31% |
| LFC 2X26 W | 52.00 | 48 | 52 | 100 | 5,200.00 | 49.55% |
| LFC 1X20 W | 20.00 | 6 | | 6 | 120.00 | 1.14% |
| TOTAL= | | | | | 10,494.40 | 100.00% |

TABLA 2.3 Lámparas instaladas en el edificio de Cómputo.

El edificio de cómputo cuenta con tierra física para los contactos normales y tableros y tierra aislada para sus contactos regulados.

Fuerza.

| EDIFICIO DE CÓMPUTO | | | | | | |
|-----------------------|---------------|----------|-----|-------|-----------|---------|
| CARGA | Potencia w | CANTIDAD | | TOTAL | | % Watts |
| | | PB | N1 | CARGA | WATTS | |
| Contactos Monofásicos | 180.00 | 185 | 216 | 401 | 72,180.00 | 96.75% |
| Extractor 1/4 HP | 186.50 | 5 | 4 | 9 | 1,678.50 | 2.25% |
| Aire Acondicionado | 746.00 | | 1 | 1 | 746.00 | 1.00% |
| TOTAL= | | | | | 74,604.50 | 100.00% |

TABLA 2.4 Contactos y cargas de fuerza en el edificio de Cómputo.

2.3 Edificio 'W'

Este edificio esta compuesto por aulas de teoría y laboratorios de fisica y de química.

El edificio 'W' cuenta con 3 tableros trifásicos con una tensión normal de suministro de 220V entre fases y 127V de fase a neutro. El tablero WB es el tablero general de éste edificio, de este tablero se alimentan los tableros WA y WC.

| NIVEL | TABLERO | UBICACIÓN |
|-------|---------|-----------------------------------|
| PB | WA | BAJO LAS ESCALERES DEL EDIFICIO W |
| 1 | WB | BAJO LAS ESCALERES DEL EDIFICIO W |
| 2 | WC | BAJO LAS ESCALERES DEL EDIFICIO W |

TABLA 2.5 Ubicación de los tableros en el edificio 'W'.

Los tableros de este edificio presentan desbalance de cargas mayor al 10%.

| TABLERO | WA | WB | WC |
|---------------|-------|-------|-------|
| DESBALANCE(%) | 66.16 | 16.47 | 18.53 |

TABLA 2.6 Desbalance de los tableros del edificio 'W'

El edificio 'W' cuenta con lámparas ahorradoras y su uso es destinado para la iluminación de aulas, por lo cual, no se propone un cambio de lámparas por el momento, sólo sería supervisar que funcionen adecuadamente y a realizar el mantenimiento preventivo periódicamente. TABLA 2.7

| EDIFICIO 'W' | | | | | | | |
|--------------|---------------|----------|----|----|-------|----------------|---------|
| CARGA | POTENCIA W | CANTIDAD | | | TOTAL | TOTAL WATTS | % Watts |
| | | WA | WB | WC | | | |
| T5 3X14 W | 44.10 | | 80 | 60 | 140 | 6,174.00 | 41.79% |
| T8 2X32 W | 67.20 | 62 | 60 | | 122 | 8,198.40 | 55.50% |
| A19 100 W | 100.00 | | 2 | 2 | 4 | 400.00 | 2.71% |
| TOTAL= | | | | | | 14,772.40 | 100.00% |

TABLA 2.7 Lámparas instaladas en el edificio W.

En el *edificio 'W'* cuenta con tierra física para polarizar los contactos y conectar también los tableros. La carga de fuerza y contactos está indicada en la Tabla 2.8

| EDIFICIO 'W' | | | | | | | |
|-----------------------|--------|----------|----|----|-------|-----------|---------|
| CARGA | POT | CANTIDAD | | | TOTAL | | % Watts |
| | W | WA | WB | WC | CARGA | WATTS | |
| Contactos Monofásicos | 180.00 | 14 | 80 | 76 | 170 | 30,600.00 | 95.91% |
| Extractor 1/4 HP | 186.50 | | 2 | 5 | 7 | 1,305.50 | 4.09% |
| TOTAL= | | | | | | 31,905.50 | 100.00% |

TABLA 2.8 Contactos y carga de fuerza en el edificio de W.

2.4 SILADIN 'A' (Sistema de Laboratorios para el Desarrollo y la Innovación)

El transformador de 150 KVA del edificio SILADIN 'A' se encarga de entregar la tensión al conjunto SILADIN, compuesto por el SILADIN 'A' y SILADIN 'B'.

El edificio SILADIN 'A' tienen 9 tableros derivados los cuales se alimentan a una tensión de 220 V entre fases y 127 V de fase a neutro, en este edificio se tienen 7 tableros derivados y uno general. En la Tabla 2.9 se observan los tableros y la ubicación de los mismos.

| NIVEL | TABLERO | UBICACIÓN |
|-------|---------|---------------------|
| PB | A | CABINA DE AUDITORIO |
| PB | B | CABINA DE AUDITORIO |
| PB | C | AULA 1 |
| PB | D | DUCTO ASEO |
| N1 | E | FÍSICA |
| N1 | F | QUÍMICA |
| N1 | G | BIOLOGÍA |
| PB | TGS-A | DUCTO ASEO |

TABLA 2.9 Ubicación de los Tableros de SILADIN A.

En el edificio SILADIN 'A', las lámparas que predominan son T12 con potencia de 39W.

| EDIFICIO SILADIN 'A' | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------|-----------|----|---|---------|----------|--------|---------|------|-----------|---------|
| CARGA | POT | CANTIDAD | | | | | | TOTAL | | % Watts | |
| | W | AULAS 1-3 | | | Pasillo | Biología | Física | Química | LAMP | | WATTS |
| T12 2X39 W | 97.50 | 12 | 15 | 9 | 29 | 15 | 17 | 17 | 114 | 11,115.00 | 95.70% |
| A19 100 W | 100.00 | | | | 3 | | | | 3 | 300.00 | 2.58% |
| Foco 200 W | 200.00 | | | | | | 1 | | 1 | 200.00 | 1.72% |
| TOTAL= | | | | | | | | | | 11,615.00 | 100.00% |

TABLA 2.10 Lámparas instaladas en el edificio SILADIN A.

El edificio SILADIN 'A' cuenta con tierra física para polarizar los contactos.

| EDIFICIO SILADIN 'A' | | | | | | | | | | |
|-----------------------|------------|----------|----|----|----------|--------|---------|-------|-----------|---------|
| CARGA | Potencia w | CANTIDAD | | | | | | TOTAL | | % Watts |
| | | Aula 1-3 | | | Biología | Física | Química | CARGA | WATTS | |
| Contactos Monofásicos | 180.00 | 14 | 14 | 13 | 36 | 35 | 35 | 147 | 26,460.00 | 53.84% |
| Contactos trifásicos | 1,000.00 | | | | 6 | 8 | 8 | 22 | 22,000.00 | 44.77% |
| Extractor 1/4 HP | 186.50 | | | | 1 | | | 1 | 186.50 | 0.38% |
| MOTOR 1/4 HP | 165.10 | 1 | 1 | 1 | | | | 3 | 495.30 | 1.01% |
| TOTAL= | | | | | | | | | 49,141.80 | 100.00% |

TABLA 2.11 Contactos y cargas de fuerza en el edificio SILADIN A.

2.5 SILADIN 'B'.

Este edificio se alimenta de un transformador que se ubica en la parte lateral del edificio SILADIN 'A', y se encarga de reducir la tensión de 440 V a 220/127 V que viene del transformador elevador 220/440 V (T1 en la subestación).

En el edificio SILADIN 'B' se halla un aula de cómputo y un aula donde ahora está un acuario, que anteriormente se usaba para dar el servicio de cómputo. Ambas áreas cuentan con tensión regulada de los Tableros regulados 'I' y 'J'. La tensión regulada es proporcionada por un regulador trifásico que se encuentra en el cubículo de meteorología.

En la Tabla 2.12 se muestran los tableros del edificio SILADIN B y su ubicación.

| NIVEL | TABLERO | UBICACIÓN |
|-------|---------|-----------------|
| PB | H | FÍSICA |
| PB | I | ACUARIO |
| PB | J | SALA DE COMPUTO |
| PB | I' | ACUARIO |
| PB | J' | SALA DE COMPUTO |
| PB | N | METEOROLOGÍA |
| PB | P | METEOROLOGÍA |
| PB | K | DUCTO ASEO |
| PB | TGS-B | DUCTO ASEO |
| 1 | L | BIOLOGÍA |
| 1 | M | QUÍMICA |

TABLA 2.12 Ubicación de los Tableros edificio SILADIN B.

En el edificio SILADIN 'B', las lámparas que predominan son T12 con potencia de 39W.

| EDIFICIO SILADIN 'B' | | | | | | | | | | |
|----------------------|--------|----------|---------|---------|-------------------|-------------|------------|-------|-----------|---------|
| CARGA | POT. | CANTIDAD | | | | | | TOTAL | | % Watts |
| | W | Física | Acuario | Cómputo | Pasillo, Exterior | Biología N1 | Química N1 | LAMP. | WATTS | |
| T12 2X39 W | 97.50 | 16 | 9 | 12 | 41 | 19 | 19 | 116 | 11,310.00 | 61.35% |
| Punta 250 W | 312.50 | | | | 2 | | | 2 | 625.00 | 3.39% |
| A19 100 W | 100.00 | | | | 5 | | | 5 | 500.00 | 2.71% |
| Reflector 400W | 500.00 | | | | 12 | | | 12 | 6,000.00 | 32.55% |
| TOTAL= | | | | | | | | | 18,435.00 | 100.00% |

TABLA 2.13 Lámparas instaladas en el edificio SILADIN B.

- En el edificio SILADIN 'B' se tiene tierra física y tierra aislada para los contactos regulados. Al tablero del aula de cómputo llega el hilo de tierra aislada, pero no hay barra de tierras donde conectarla, por lo cual se recurre a un empalme, pero al empalmar con la tierra aislada lo hacen con hilos desnudos y no aislados como debe ser para los contactos del área de cómputo.

| EDIFICIO SILADIN B. | | | | | | | | | | | |
|---------------------|------------|----------|---------|---------|----------|----------|---------|--------------|-------|-----------|---------|
| CARGA | Potencia w | CANTIDAD | | | | | | | TOTAL | | % Watts |
| | | Física | Acuario | Cómputo | Oficinas | Biología | Química | Meteorología | Carga | WATTS | |
| C. Monofásicos | 180.00 | 41 | 55 | 45 | 19 | 48 | 35 | 7 | 250 | 45,000.00 | 68.78% |
| C. trifásicos | 1,000.00 | 10 | | | | | 8 | | 18 | 18,000.00 | 27.51% |
| Extractor 1/4 HP | 186.50 | | | | 2 | 11 | | | 13 | 2,424.50 | 3.71% |
| TOTAL= | | | | | | | | | | 65,424.50 | 100.00% |

TABLA 2.14 Contactos y cargas de fuerza en el edificio SILADIN B.

2.6 Edificio Galerón

El tablero general de este edificio está alimentado con 4 hilos de 2/0 AWG que vienen de la subestación, estos conductores vienen de manera aérea a una tensión de trabajo de 220/127 V. El edificio no cuenta con tensión regulada y la mayor parte de las actividades se enfocan para servicios del plantel.

| GALERÓN | | | |
|---------|------------------|---------|--------------------|
| TABLERO | UBICACIÓN | TABLERO | UBICACIÓN |
| A | AUDITORIO | F | PUBLICACIONES |
| B | MANTENIMIENTO | G | HERRERÍA |
| C | IMPRESA | H | HERRERÍA |
| D | ALMACÉN | I | BODEGA DE PINTURAS |
| E | CABINA AUDITORIO | J | COMEDOR |

TABLA 2.15 Ubicación de los tableros del edificio Galerón

- En la Tabla 24 se muestran los tableros que presentan desbalance y como se observa, están por arriba del 10% de desbalance permitido por la norma. Art. 551-42. d) Desbalance de cargas (Ver anexo).

| TABLERO | A | B | C | D | E | F | J |
|---------------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| DESBALANCE(%) | 65.4 | 57.99 | 65.98 | 17.72 | 77.38 | 9.44 | 39.34 |

TABLA 2.16 Desbalance de cargas del edificio Galerón.

En la Tabla 2.17 se muestran las lámparas que predominan en el edificio Galerón. Todas son lámparas convencionales T12, por lo cual representan un consumo mayor de energía eléctrica, se sugiere cambiar las tubulares T12 por T8, reemplazando las de 39 W por 32 W y las de 75W por 59 W.

Como se mencionó en un párrafo de otra sección, la función principal del edificio Galerón es para servicios del plantel, por lo cual tiene una actividad constante y necesita de un nivel de iluminación adecuado.

| EDIFICIO GALERÓN | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------|-----------|---------|----------|---------|----------|--------|-------|-----------|---------|
| CARGA | POT. W | CANTIDAD | | | | | | TOTAL | | % Watts |
| | | Auditorio | Mantto. | Imprenta | Almacén | Librería | Bodega | LAMP. | WATTS | |
| T12 2X39 W | 97.50 | 25 | 18 | 38 | 22 | 9 | 3 | 115 | 11,212.50 | 64.30% |
| T12 2X75 W | 187.50 | 1 | 9 | | 2 | 2 | | 14 | 2,625.00 | 15.05% |
| PAR 150 W | 150.00 | 20 | | | | | | 20 | 3,000.00 | 17.20% |
| PAR 75 W | 75.00 | 8 | | | | | | 8 | 600.00 | 3.44% |
| TOTAL= | | | | | | | | | 17,437.50 | 100.00% |

TABLA 2.17 Lámparas instaladas en el edificio Galerón.

En el edificio Galerón, la carga más representativa son los contactos monofásicos.

| EDIFICIO GALERÓN | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------------|-----------|---------|----------|---------|----------|-------|-----------|---------|--|
| CARGA | Potencia w | CANTIDAD | | | | | TOTAL | | % Watts | |
| | | Auditorio | Mantto. | Imprenta | Almacén | Librería | Carga | WATTS | | |
| Contactos Monofásicos | 180.00 | 18 | 23 | 18 | 16 | 8 | 83 | 14,940.00 | 49.90% | |
| Contactos Bifásicos | 500.00 | | 2 | 1 | | | 3 | 1,500.00 | 5.01% | |
| Contactos trifásicos | 1,000.00 | | | 3 | | | 3 | 3,000.00 | 10.02% | |
| Extractor 1/4 HP | 186.50 | 1 | 3 | 2 | | 2 | 8 | 1,492.00 | 4.98% | |
| Extractor 1/40 HP | 18.65 | 3 | | | | | 3 | 55.95 | 0.19% | |
| Motor 1HP | 746.00 | | 1 | | | | 1 | 746.00 | 2.49% | |
| Compresor 5HP | 3,730.00 | | 1 | | | | 1 | 3,730.00 | 12.46% | |
| Aire Acondicionado | 2,238.00 | 2 | | | | | 2 | 4,476.00 | 14.95% | |
| TOTAL= | | | | | | | | 29,939.95 | 100.00% | |

TABLA 2.18 Contactos y cargas de fuerza en el edificio Galerón.

CAPITULO 3

Desviaciones con referencia a las normas NOM-001-SEDE-2005 (Instalaciones Eléctricas) y NOM-007-ENER-2004 (Eficiencia energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales).

3.1 Subestación Eléctrica.

- Se hallaron en el local de la subestación algunos tubos fluorescentes T12 que al parecer ya no funcionan, así como algunos gabinetes de lámparas; una escalera y un par de ventanas de cancelaría almacenadas en la subestación. El Art. 450-48, indica que no debe ser utilizada como bodega (Ver anexo).
- También carece de un extintor contra incendios, se debe colocar un extintor al menos por seguridad del personal y la instalación eléctrica, según la NOM-001- SEDE-2005 en su Art. 924-8 (Ver anexo).



FOTO 3.1

- No están marcadas las zonas de seguridad.
- Cuenta con un sistema de drenaje pero no declives necesarios para el drene del agua en caso de inundación.
- No posee un contenedor para el aceite del transformador en el caso de un derrame.
- La tubería de agua en el interior del local debe ser removida.
- No se debe utilizar el local para guardar material ni equipo ajeno al funcionamiento de la subestación (foto 1).

- No existe iluminación de emergencia, se recomienda colocar al menos dos luminarias frente al equipo de la subestación eléctrica.
- La iluminación debe estar conectada al sistema de emergencia y en un circuito independiente.

El espacio de trabajo de la subestación es de 0.4 metros detrás del lado de alta tensión, 0.55 metros detrás del transformador y del tablero general de identificación. No hay suficiente espacio para realizar el mantenimiento y no cumple con lo establecido en la norma.

- La identificación no cumple con la identificación de los medios de desconexión como lo establece la norma. Los interruptores del tablero general no están identificados.

Artículo 110-22 NOM-001. Referente a identificación de los medios de desconexión. Todos los medios de desconexión para motores, aparatos eléctricos y todas las acometidas, alimentadores o derivados en su punto de origen deben marcarse legiblemente e indicar su objetivo, a no ser que estén situados e instalados de modo que ese objetivo sea evidente.

- La capacidad nominal máxima de la protección para los circuitos derivados debe ser la siguiente:

| NORMA OFICIAL | | ESTADO ACTUAL | | | Protección Propuesta |
|-------------------------|---------------------------------------|---------------|------------|-----------|----------------------|
| Calibre del alimentador | Capacidad máxima de la protección (A) | Actual | | | |
| | | Circuito | Protección | Calibre | |
| 4/0 AWG | 195 | 5 | 3x100 | 3-4AWG | 3x70 |
| 3/0 AWG | 165 | 6 | 3x70 | 3-6AWG | 3x60 |
| 1/0 AWG | 125 | 8 | 3x100 | 3-4AWG | 3x70 |
| 4 AWG | 70 | 13 | 3x400 | 6-3/0AWG | 3x350 |
| 6 AWG | 55 | 22 | 3x150 | 3-1/0 AWG | 3x125 |
| 8 AWG | 40 | 28 | 3x70 | 3-8 AWG | 3x40 |

Tabla 3.1 Capacidad máxima de circuitos derivados.

Nota: únicamente se está considerando la ampacidad, no se toma en cuenta la carga conectada para la observación anterior.

Se debe actualizar la instalación eléctrica conforme a los datos de la Tabla anterior y conforme a lo indicado en la NOM-SEDE-2005 en la Tabla 310-15.

- En el foto 2 vemos un cable tendido que no cumple con los siguientes puntos de la NOM-001-SEDE-2005. Los cables alimentan el tablero general del edificio Galerón.

300-4. Protección contra daños físicos.

d) Cables y canalizaciones sobre estructuras. En instalaciones ocultas y visibles cuando se instalen cables o métodos de alambrado con canalizaciones sobre estructuras, éstos deben instalarse y sujetarse de tal forma que se separen cuando menos 30 mm de la orilla de la estructura donde pueden colocarse clavos o tornillos. Cuando esta distancia sea imposible de mantenerse, la canalización o el cable debe protegerse con una placa metálica de 1,5 mm de espesor mínimo, a efecto de impedir que sean penetrados por clavos o tornillos.



FOTO 3.2 Cable sin canalización.

Excepción 1: Las canalizaciones contempladas en los artículos 345, 346, 347 y 348.

Excepción 2: En instalaciones ocultas en acabados de construcciones o paneles para edificios prefabricados donde este tipo de soportes no son factibles, se permite unir el cable entre dos puntos de acceso.

Excepción 3: En casas móviles o vehículos recreativos.

300-10. Continuidad eléctrica de envolventes y canalizaciones metálicas.

a) Fijación correcta. Las canalizaciones, conjuntos de cables, cajas, gabinetes y accesorios deben estar firmemente sujetos en su lugar. No se permite como único soporte a los alambres de soporte no fijados de una parte rígida.

Monitoreo a la subestación.

Datos del sistema a monitorear (ver Tabla 3.2).

| | |
|----------------------------------|---------------------|
| Tensión Eléctrica de Suministro: | 23 kV. |
| Tipo de Sistema:: | Trifásico, 4 hilos. |
| Capacidad: | 750 kVA. |
| Tensión de entrada: | 23 kV. |
| Tensión de salida: | 220/127 V |

Tabla 3.2 Datos del sistema a monitorear.

Dicho monitoreo tiene como fin analizar los datos recabados para determinar si la subestación tiene capacidad para solicitar a la compañía suministradora de energía un incremento de demanda y si los parámetros eléctricos se encuentran dentro de normas.

Se conectó un analizador de redes marca AEMC modelo 3945 en el bus secundario del transformador de 750 kVA ubicado en la subestación del CCH Vallejo, el monitoreo se llevo a cabo del 11 de febrero del 2010 al 18 de febrero del mismo año, con un muestreo cada 5 minutos de los parámetros: Potencia, tensión, corriente, factor de potencia, frecuencia, distorsión de armónicas de tensión y corriente.

Se analizó dicho monitoreo en base a la NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones eléctricas (Utilización), especificación de Comisión Federal Electricidad L0000-45-2005 (Forma de onda I y V suministro), Reglamento de la ley del servicio público de energía eléctrica.

Demanda:

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PLANTEL VALLEJO, SUBESTACIÓN 750 kVA, MONITOREO DEL 11 /02/10 AL 18/02/10.

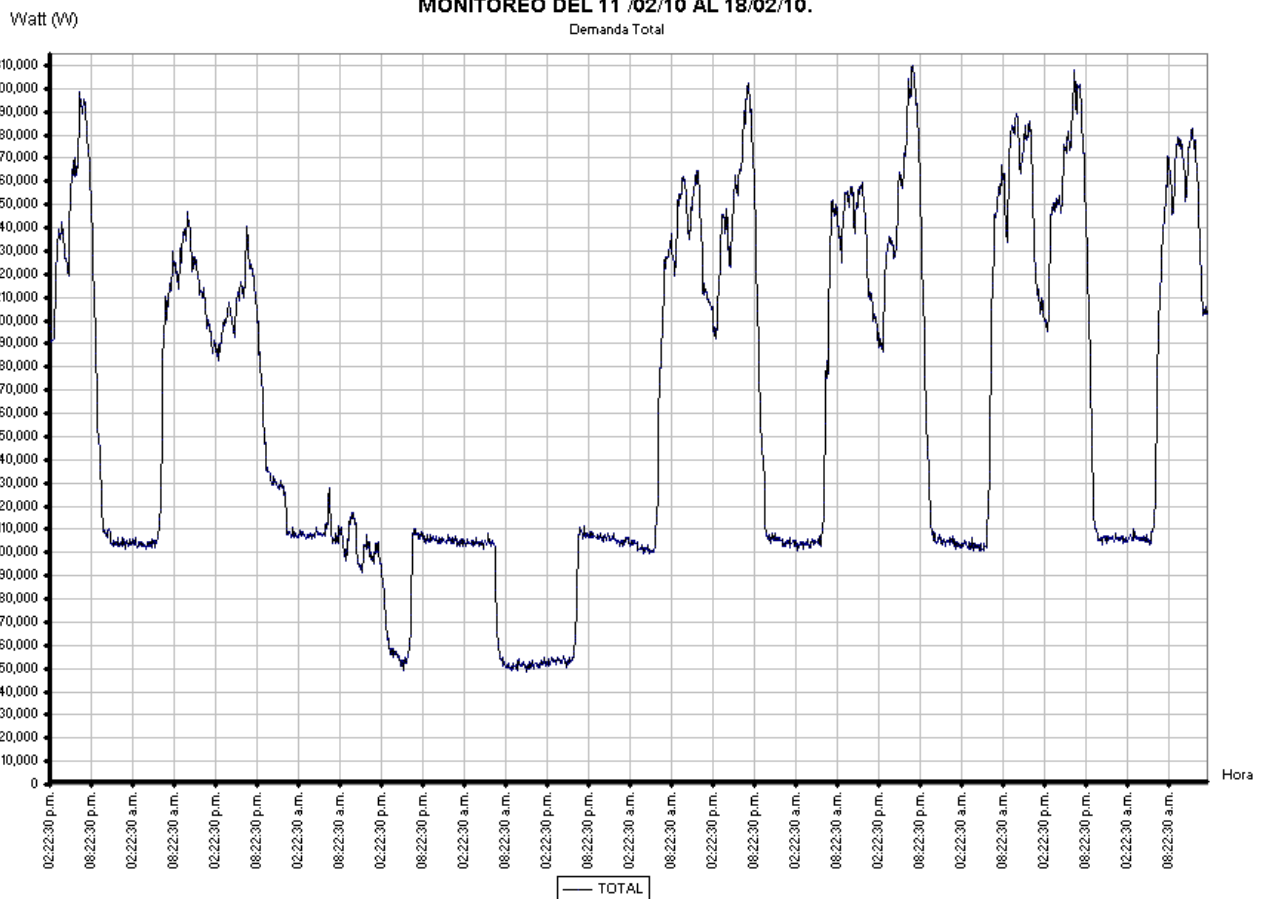


Figura 3.1 Comportamiento de la carga a largo de una semana.

| Demanda (W) | |
|-------------|---------|
| Máximo | 309,648 |
| Mínimo | 48,380 |
| Promedio | 159,289 |

Tabla 3.3 Demanda.

La demanda máxima de 309,648 kW supera la demanda contratada de 270 kW, así que resulta imperativo el cambio de contrato en la demanda, dicho cambio debe contemplar la demanda máxima así como un posible incremento futuro, según las expectativas de crecimiento de carga en el CCH Vallejo.

Observando la tabla de demanda, la relación demanda máxima/demanda promedio aproximadamente de 0.5, este valor corresponde al especificado por la tabla 220-13 NOM-001.

Tensión.

| Tensión (V) | | | |
|-------------|-------|-------|-------|
| Fase | A | B | C |
| Máxima | 130.8 | 131.6 | 131.5 |
| Mínima | 124.2 | 124.8 | 124.8 |
| Promedio | 127.6 | 128.1 | 128.0 |

Tabla 3.4 Tensión.

En base a los datos placa del transformador de 750 kVA en la subestación, la tensión de salida debe ser de 220/127 V, por lo que nuestra tolerancia respecto al valor de 127 V es 139.7 V a 114.3 V debido a que se permite un margen de +/-10 % en la tensión de alimentación según la Ley del servicio público de energía eléctrica, como podemos observar la tensión promedio en la subestación es la adecuada, ya que esta dentro de los límites permitidos.

Las variaciones de tensión.

En base a la especificación CFE-L000045 Tabla 1, calculamos los límites de variaciones de tensión en corto plazo (PST) teniendo un rango de 0.45 a 0.2, lo cual esta dentro de la especificación.

| PST (Indicador de variación de tensión a corto plazo) | | | |
|---|------|------|------|
| Fase | A | B | C |
| Máximo | 1.00 | 1.20 | 1.10 |
| Mínimo | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Promedio | 0.32 | 0.33 | 0.32 |

En base a la especificación CFE-L000045 tabla 1 el límite de variaciones de tensión en corto plazo (PST) deben ser menor o igual a 1, calculamos el PST para cada fase obteniendo valores promedio al mucho menores que 1, concluimos que la variación de tensión a corto plazo es aceptable.

| PLT (Indicador de variación de tensión a largo plazo) | | | |
|---|------|------|------|
| Fase | A | B | C |
| Máximo | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| Mínimo | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Promedio | 0.01 | 0.01 | 0.01 |

En base a la especificación CFE-L000045 tabla 1 el límite de variaciones de tensión en largo plazo (PLT) deben ser menor o igual a 0.65, calculamos el PLT para cada fase obteniendo valores máximos de 0.3, como podemos observar estos valores están dentro de lo permitido.

**COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PLANTEL VALLEJO, SUBESTACIÓN 750 kVA,
MONITOREO DEL 11 /02/10 AL 18/02/10.**

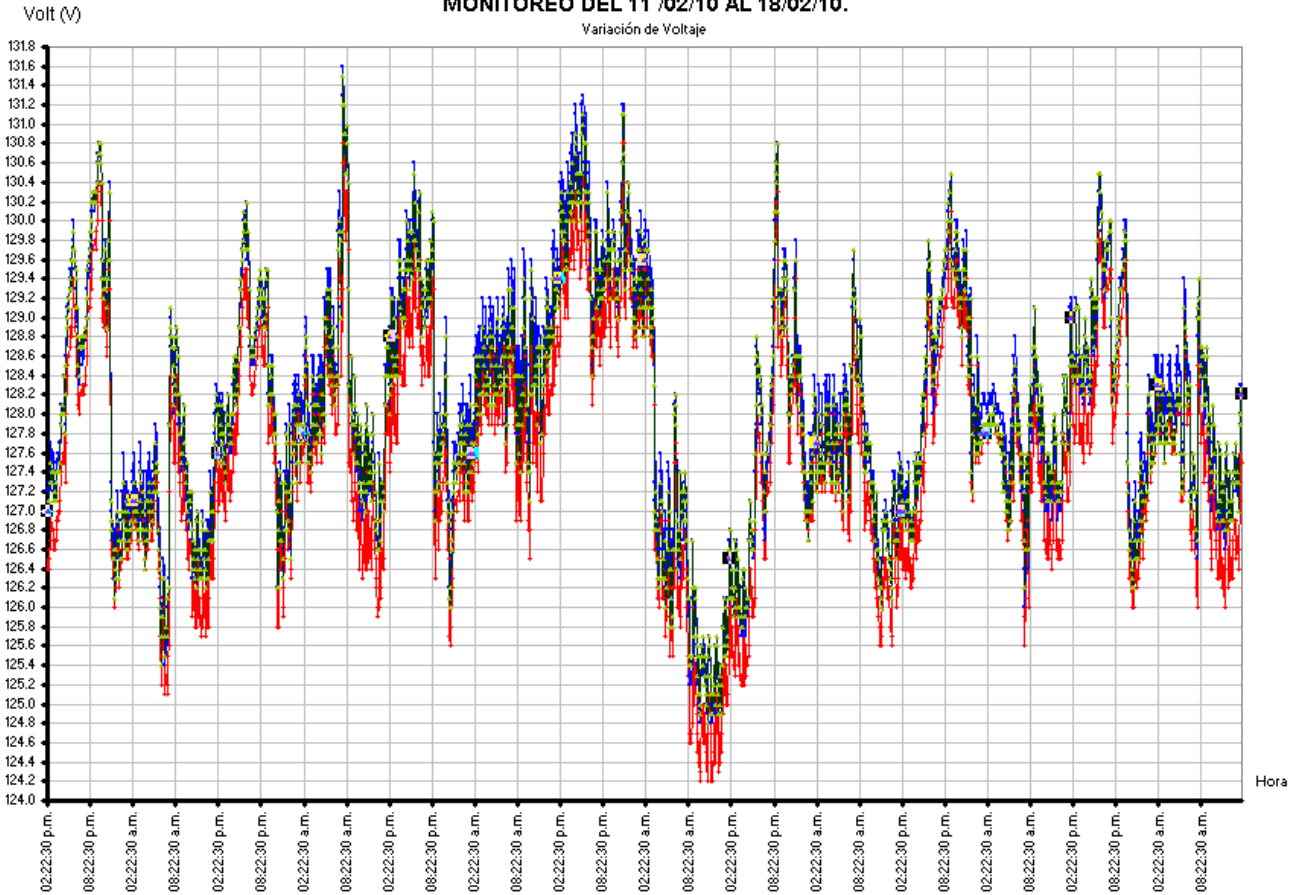


Figura 3.2. Variación de tensión en el plantel CCH Vallejo.

Distorsión de armónicas total de tensión (DATT).

| Distorsión de armónicas en tensión. | | | |
|-------------------------------------|-----|-----|-----|
| Fase | A | B | C |
| Máxima | 0.4 | 0.5 | 0.3 |
| Mínima | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Promedio | 0.2 | 0.2 | 0.1 |

Tabla 3.5 Distorsión de armónicas en tensión.

El contenido armónico de la tensión en el punto de acometida para formas de onda periódicas, debe limitarse de tal modo que los factores de distorsión total y de componente armónico individual máximo de la tensión entre fases de fase a tierra, no exceda los límites establecidos según la especificación CFE-L000045 en la Tabla 2, la cual establece que para tensiones entre 1 a 35 KV la distorsión debe ser máximo de 6.5 %. Como podemos observar en la Tabla 3.5 el sistema se comporta adecuadamente.

Distorsión de armónicas en corriente (DATD).

| Distorsión de armónicas en corriente. [%] | | | |
|---|------|------|------|
| Fase | A | B | C |
| Máxima | 15.4 | 15.5 | 18.9 |
| Mínima | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Promedio | 4.0 | 4.3 | 5.8 |

Tabla 3.6 Distorsión de armónicas en corriente.

En base a la especificación CFE-L000045 tabla 3, la máxima distorsión armónica de demanda (DATD) permitida es función de la corriente máxima de carga (887.1 [A]) y la corriente de corto circuito (34,569.47 [A]) resultando una relación $I_{cc}/I_L = 39$, por lo tanto la DATD máxima tolerable es de 8%, en base a nuestra tabla de distorsión obtenida del monitoreo los valores promedio se encuentran por debajo del límite permitido, podemos concluir que nuestros niveles de armónicos en corriente son aceptables.

Desbalance de tensión.

| Desbalance en tensión. | | | |
|------------------------|------|------|------|
| Fase | A | B | C |
| Máximo | 0.44 | 0.52 | 0.32 |
| Mínimo | 0.03 | 0.00 | 0.00 |
| Promedio | 0.25 | 0.16 | 0.11 |

Tabla 3.7 Desbalance en la tensión.

De acuerdo a la especificación CFE-L000045 Tabla 6 el desbalance máximo permitido es de 3% para una tensión menor a 1 kV. Como se puede observar en la tabla anterior, el valor máximo de desbalance de tensión que se obtuvo en el monitoreo fue de 0.52 % el cual resultó aceptable.

Desbalance en corriente.

| Desbalance en corriente. | | | |
|--------------------------|------|------|------|
| Fase | A | B | C |
| Máximo | 15.4 | 15.5 | 18.9 |
| Mínimo | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Promedio | 4.0 | 4.3 | 5.8 |

Tabla 3.8 Desbalance en la corriente.

En base a la especificación CFE-L000045 Tabla 7, el desbalance de corriente entre fases para tensiones menores a 1 kV y considerando que la corriente máxima de carga es de 887.1 [A] y la corriente de corto circuito de 34569.47 [A], la relación $I_{cc}/I_L = 39$, por lo tanto el desbalance permitido es de 8%, como podemos observar en la tabla anterior los valores promedios ninguno de estos excede al permitido.

Factor de potencia. (FP)

COLEGIO DE CIENCIAS Y HUMANIDADES PLANTEL VALLEJO, SUBESTACION 750 KVA,
MONITOREO DEL 11 /02/10 AL 18/02/10.

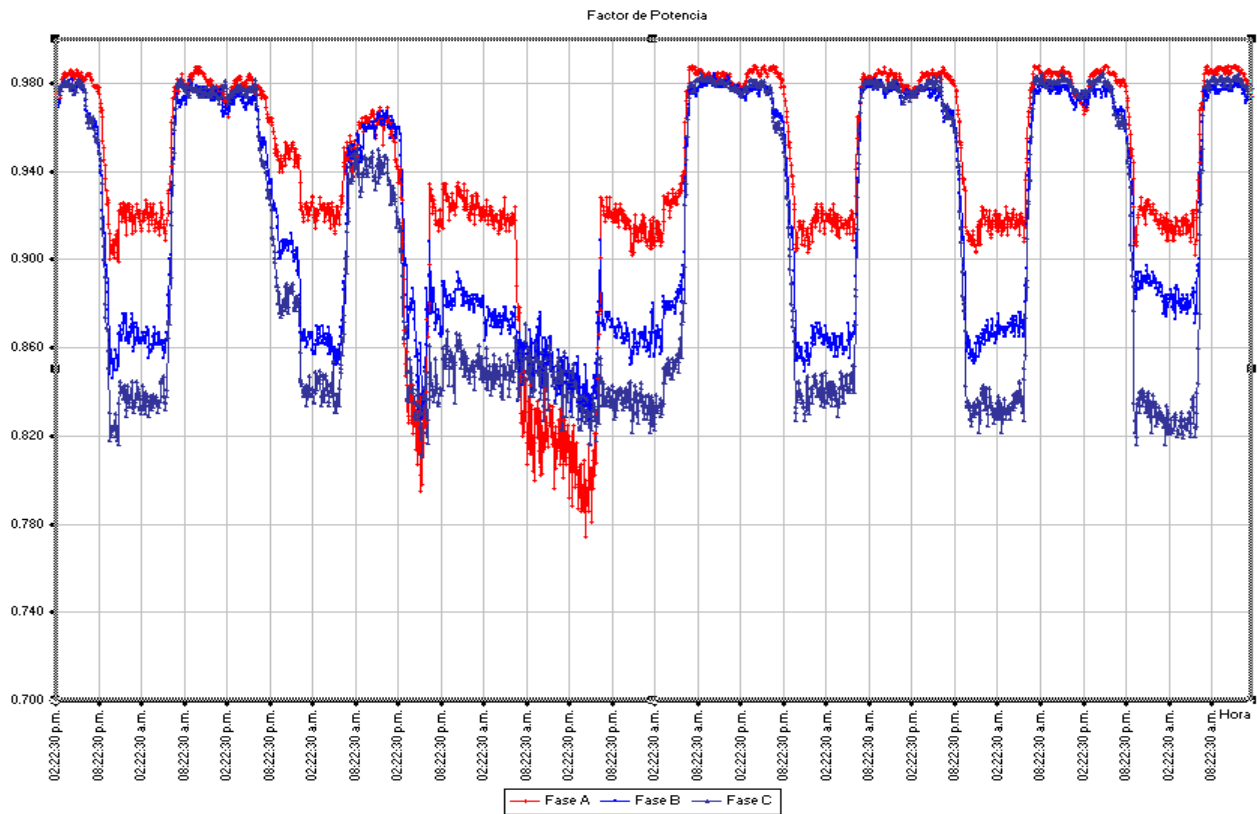


Figura 3.3 Frecuencia.

| Factor de potencia | |
|--------------------|------|
| Máximo | 0.98 |
| Mínimo | 0.81 |
| Promedio | 0.92 |

Tabla 3.9 Frecuencia.

Como se puede observar, se tiene un factor de potencia promedio aceptable de 0.92 considerando que el recomendado no debe estar por debajo de 0.9.

3.2 Edificio de Cómputo.

Todos los tableros de este edificio cuentan con hilo de puesta a tierra, barra de tierra, pero no hay barra de tierra aislada en los tableros regulados, la cual debe colocarse. Art. 250-5 y 250-43 (Ver anexo y foto 1).

- El tablero 'A' es el único que presenta mayor carga de la que puede manejar en uno de sus interruptores (ver Tabla 3.10), este circuito alimenta al tablero R2 y presenta una corriente nominal de 67.18 A, su corriente de protección es 83.98 A, tiene una protección de 3x70 A, no cumple con la norma, como lo indica el Art. 240-3 de la NOM-001-SEDE 2005 (Ver anexo).

| TABLERO | CIRCUITOS |
|---------|------------|
| A | (19,21,23) |

Circuitos con carga mayor que la capacidad del interruptor.

TABLA 3.10 Tablero A del edificio de cómputo.

- Algunos interruptores no están protegiendo al conductor porque la capacidad de conducción de corriente del conductor es menor que la capacidad del interruptor, por lo que éste no abrirá aún cuando la corriente que circule por el conductor sea mayor a la capacidad nominal. Lo anterior puede traer como consecuencia un sobrecalentamiento en los conductores, deterioro del aislamiento y fallas por corto circuito.

El tablero B cuenta con dos circuitos que presentan interruptores que no protegen al conductor. (Ver Tabla 3.11).

| Circuito | Protección instalada | Conductor instalado | Corriente permisible |
|----------|----------------------|---------------------|----------------------|
| B-27,29 | 2x50 A | 2-8 AWG | 40 A |
| B-34,36 | 2x30 | 2-12 | 25 A |

Tabla 3.11 Circuitos del Tablero B.

- El Art. 210-19 de la NOM-001-SEDE-2005, establece que la caída de tensión no debe exceder más del 5% desde el receptáculo más lejano hasta la fuente de alimentación. En este caso se presenta el problema en el tablero regulado R2 (ver Tabla 3.12). Tener grandes caídas de tensión en un circuito provoca pérdidas de energía por la distancia y la cantidad de carga en el circuito.

Circuitos que presentan caídas de tensión en el tablero R2 que rebasan lo establecido por la norma oficial mexicana, NOM-001-SEDE-2005.

| Circuito | Caída de tensión actual | Conductor instalado |
|----------|-------------------------|---------------------|
| R2-15 | 10.77% | 2-18 AWG |
| R2-16 | 11.90% | 2-18 AWG |

TABLA 3.12 Caída de Tensión del Tablero R2

- En el cuarto eléctrico hay tableros obstruidos por materiales ajenos a la instalación eléctrica, lo cual es incorrecto, ya que dicho cuarto es único y exclusivo para los tableros y los reguladores que ahí se encuentran según se establece en el Art.110-16 de la NOM. (Ver anexo)

En la Tabla 3.13 se muestra un resumen de las anomalías que presentan los tableros del edificio de Cómputo.

| EDIFICIO | TABLERO | DESCRIPCIÓN |
|----------|---------|---|
| CÓMPUTO | A | LIGERAMENTE OBSTRUIDOS CON MATERIAL DE PAPELERÍA. |
| | B | LIGERAMENTE OBSTRUIDOS CON MATERIAL DE PAPELERÍA. |
| | GRAL | LIGERAMENTE OBSTRUIDOS CON MATERIAL DE PAPELERÍA. |

TABLA 3.13 Anomalías de los Tableros del Edificio de Cómputo.

En las siguientes tablas se mostrará las densidades de potencia de los diferentes edificios y sus áreas, así como si están dentro de los rangos indicados por la NOM-007-SENER-2004, para la realización de dichas tablas fueron necesarios los planos y las cargas de alumbrado, para poder realizar el cálculo.

Las tablas nos muestran la siguiente información:

Carga: En el área y tipo de lámparas que se usa en el edificio y en que área se ubica.

Pot: La potencia de la lámpara considerando el balastro.

Cantidad: De lámparas en esta área.

Total: Potencia total (cantidad de lámparas x potencia de la lámpara-balastro)

Área: Área que iluminan las lámparas de la columna 1.

DPEA: densidad de potencia eléctrica por área. (Si el DPEA cumple se marca con verde la casilla)

DPEA que marca la norma NOM-007.

Adicionales: Notas u observaciones.

$$DPEA = \frac{WATTS}{\text{ÁREA}} = \frac{W}{m^2}$$

● Cómputo Planta baja

| CARGA EN SALONES | POT [W] | CANTIDAD | TOTAL [W] | ÁREA [m ²] | DPEA W/m ² | DPEA NORMA | ADICIONALES |
|--|---------|----------|-----------|------------------------|-----------------------|------------|---|
| Lámpara Fluorescente 2x32w T8 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 67.2 | 34 | 2284.8 | | 18.34395 | 19.8 | Para áreas destinadas a trabajo con computadoras se acepta un incremento de la DPEA de 3.8 W/m ² . |
| Lámpara Fluorescente Compacta 2x26w, 4 piernas,suspendida en luminario con difusor | 52 | 48 | 2496 | | | | |
| | | | 4780.8 | | | | |
| ESCALERAS | | | | | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x32w T8 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 67.2 | 2 | 134.4 | 40 | 6.36 | 9.70 | |
| Arbotante, Lámpara fluorescente 1x20w, 4 piernas | 20 | 6 | 120 | | | | |
| | | | 254.4 | | | | |

TABLA 3.14 Densidad de potencia eléctrica en alumbrado (DPEA) Planta Baja del edificio de Cómputo.

Nota: Se indica con color verde si el DPEA cumple con la NOM-007-SENER-2005 y con rojo si no cumple.

● Cómputo Nivel 1.

| CARGA EN SALONES | POT [W] | CANTIDAD | TOTAL [W] | ÁREA [m ²] | DPEA W/m ² | DPEA NORMA | ADICIONALES |
|--|---------|----------|-----------|------------------------|-----------------------|------------|---|
| Lámpara Fluorescente 2x32w T8 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 64 | 35 | 2240 | | | | Para áreas destinadas a trabajo con computadoras se acepta un incremento de la DPEA de 3.8 W/m ² . |
| Compacta 2x26w, 4 piernas, suspendida en luminario con difusor | 52 | 52 | 2704 | | | | |
| | | | 4944 | 260.62 | 18.97 | 16.00 | |
| ESCALERAS | | | | | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x32w T8 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 64 | 2 | 128 | | | | |
| Arbotante, Lámpara fluorescente 1x20w, 4 piernas | 20 | 6 | 120 | | | | |
| | | | 248 | 40.3461 | 6.15 | 9.70 | |

TABLA 3.15 Densidad de potencia eléctrica en alumbrado (DPEA) Nivel 1 del edificio de Cómputo.

Nota: Se indica con color verde si el DPEA cumple con la NOM-007-SENER-2005 y con rojo si no cumple.

3.3 Edificio 'W'

Los tableros de este edificio presentan desbalance de cargas mayor al 10%. Art. 551-42 (Ver anexo A).

- El tablero WA tiene un contactor desconectado que al parecer alimentaba los arbotantes de las escaleras, además éste tablero tiene varios espacios libres donde se puede conectar carga, esto facilita la distribución de cargas en el mismo. Art. 551-42. d) Desbalance de cargas (Ver anexo).

| TABLERO | WA | WB | WC |
|---------------|-------|-------|-------|
| DESBALANCE(%) | 66.16 | 16.47 | 18.53 |

TABLA 3.16 Desbalance de los tableros del edificio 'W'

- El interruptor de protección del tablero WC, no protege al conductor, ya que su corriente de interrupción de 75 A es mayor a la capacidad nominal del conductor de 55 A, lo cual implica que el conductor podría conducir una corriente mayor a la permisible, dañando el aislante del conductor por sobrecalentamiento, lo cual puede provocar un corto circuito en la instalación

| Circuito | Protección | Calibre conductor | Corriente permisible |
|------------|------------|-------------------|----------------------|
| B-25,27,29 | 3X70 A | 6 AWG | 55 A |

TABLA 3.17 El interruptor termomagnético no protege al conductor.

Para el edificio W el DPEA resulta muy bajo debido a que solo se encuentra alumbrado de bajo consumo, por lo que se omitió la Tabla de DPEA para este edificio.

3.4 SILADIN 'A'

- En varios tableros del edificio SILADIN 'A' presentan desbalance de cargas como se muestra en la Tabla 3.18.

| TABLERO | A | B | C | D | E | F | G | TGS-A |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| DESBALANCE(%) | 55.81 | 34.45 | 27.71 | 59.74 | 29.89 | 29.79 | 26.52 | 22.5 |

TABLA 3.18 Desbalance de cargas de tableros edificio SILADIN A.

- Un elemento importante de la instalación eléctrica es el conductor, encargado de llevar la energía eléctrica desde la fuente hasta la carga, por eso es importante protegerlo. Cada conductor está diseñado para conducir cierta cantidad de corriente, si se sobrepasa esa corriente y se mantiene por un tiempo prolongado sin que la protección opere, en el menor de los casos el conductor se degrada y su tiempo de vida útil se reduce, sin embargo también puede ocasionar un corto circuito. Por eso es importante seleccionar adecuadamente el interruptor termomagnético que protegerá al conductor. Según lo especificado en la Tabla 310-15 de la NOM-001-SEDE-2005.
- Cuando se seleccione el conductor, también se debe considerar que debemos tener una caída de tensión tolerable, Art. 210-19 de la NOM-001-SEDE-2005 (Ver anexo A), establece que la caída de tensión no debe exceder más del 5% desde el receptáculo más lejano hasta la fuente de alimentación.

En la Tabla 3.8 tenemos una lista de los circuitos donde los interruptores no protegen a los conductores como lo indica el Art. 240-3, NOM-001-SEDE-2005 (Ver anexo A).

| Tablero | Circuito | Protección instalada | Calibre conductor | Corriente permisible | Caída de tensión debida a la carga |
|---------|----------|----------------------|-------------------|----------------------|------------------------------------|
| A | 13,15,17 | 3x50 A | 6 AWG | 55 A | 0.62% |
| B | 13,15,17 | 3x50 A | 8 AWG | 40 A | 0.77% |
| C | 13,15,17 | 3x50 A | 10 AWG | 30 A | 0.41% |
| D | 1,3 | 3x30 A | 12 AWG | 25 A | 2.24% |
| | 13,15,17 | 3x50 A | 8 AWG | 40 A | 0.08% |
| E | 19,21 | 2x40 A | 10 AWG | 30 A | 0.01% |
| | 25,27,29 | 3X100 A | 4 AWG | 70 A | 1.10% |
| F | 25,27,29 | 3X100 A | 4 AWG | 70 A | 1.23% |
| G | 25,27,29 | 3X100 A | 4 AWG | 70 A | 0.52% |
| TGS-A | 1 | 3X100 A | 4 AWG | 70 A | 1.10% |
| | 5 | 3X70 A | 6 AWG | 55 A | 2.40% |

TABLA 3.19 Tableros de SILADIN A, Interruptores que no protegen a los conductores (Interruptores sombreados son los interruptores principales).

El problema mencionado anteriormente se presenta en los interruptores generales de los tableros derivados. Es muy importante atender esto de inmediato ya que son los conductores principales del tablero y si fallan o se deterioran, pueden dejar sin energía a toda el área controlada por dicho tablero.

Observamos que se requiere cambiar los interruptores de los circuitos indicados en la tabla 3.20, debido a que la corriente de protección es mayor a la que se encuentra instalada en cada uno de los circuitos.

| Tablero | Circuito | Protección instalada | Calibre conductor | Corriente permisible | Corriente de protección |
|---------|----------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| E | 7 | 1x15 A | 12 AWG | 25 A | 19.2 A |
| | 14,16,18 | 3x20 A | 10 AWG | 30 A | 36.5 A |
| F | 14 | 1x15 A | 10 AWG | 30 A | 18.01 A |
| | 19,21,23 | 3X15 A | 10 AWG | 30 A | 21.87 A |
| G | 19,21,23 | 3X15 A | 10 AWG | 30 A | 29.16 A |

Tabla 3.20 Tableros de SILADIN A, Interruptores que no protegen a los conductores

En la Tabla 3.21 se muestran las anomalías desglosadas que presentan los tableros del edificio SILADIN 'A'.

Los tableros de este edificio no tienen barra de tierras pero sí están aterrizados con el hilo de puesta a tierra por medio de empalmes.

| | |
|-------|--|
| A | HILOS DOBLES EN ALGUNOS INTERRUPTORES |
| D | SIN TAPA |
| E | INT. SUELTO CONECTADO A LA FASE B DENTRO DEL TABLERO |
| G | OBSTRUIDO |
| TGS-A | OBSTRUIDO CON MATERIAL DE LIMPIEZA Y JARDINERIA |

TABLA 3.21. Anomalías de desglosadas de los tableros del edificio SILADIN A.

En las siguientes Tablas se mostrará las densidades de potencia de los diferentes edificios y sus áreas, así como si están dentro de los rangos indicados por la NOM-007-SENER-2004, para la realización de dichas Tablas fueron necesarios los planos y las cargas de alumbrado, para poder realizar el cálculo.

Las Tablas nos muestran la siguiente información:

Carga: En el área y tipo de lámparas que se usa en el edificio y en que área se ubica.

Pot: La potencia de la lámpara considerando el balastro.

Cantidad: De lámparas en está área.

Total: Potencia total (cantidad de lámparas x potencia de la lámpara-balastro)

Área: Área que iluminan las lámparas de la columna 1.

DPEA: densidad de potencia eléctrica por área. (Si el DPEA cumple se marca con verde la casilla)

DPEA que marca la norma NOM-007.

Adicionales: Notas u observaciones.

$$DPEA = \frac{WATTS}{\text{ÁREA}} = \frac{W}{m^2}$$

● SILADIN 'A' Planta Baja

| CARGA EN LABORATORIOS | POT [W] | CANTIDAD | TOTAL[W] | ÁREA [m2] | DPEA W/m2 | DPEA NORMA |
|---|---------|----------|----------|-----------|-----------|------------|
| Lámpara Fluorescente 2x39w T12 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 78 | 36 | 2808 | | | |
| | | | 2808 | 263.21 | 10.67 | 16.00 |
| CARGA EN PASILLOS | | | | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x39w T12 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 78 | 22 | 1716 | | | |
| | | | 1716 | 173.55 | 9.89 | 7.50 |

TABLA 3.22 Densidad de potencia eléctrica en alumbrado (DPEA) Planta Baja del edificio SILADIN A.

Nota: Se indica con color verde si el DPEA cumple con la NOM-007-SENER-2005 y con rojo si no cumple.

● SILADIN 'A' Nivel 1

| CARGA EN LABORATORIOS | POT [W] | CANTIDAD | TOTAL[W] | ÁREA [m2] | DPEA W/m2 | DPEA NORMA |
|---|---------|----------|----------|-----------|-----------|------------|
| Lámpara Fluorescente 2x39w T12 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 97.5 | 36 | 3510 | | | |
| Lámpara incandescente | 200 | 1 | 200 | | | |
| | | | 3710 | 282.6088 | 13.13 | 14.00 |
| CARGA EN OFFICINAS | | | | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x39w T12 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 97.5 | 11 | 1072.5 | | | |
| | | | 1072.5 | 74.488 | 14.40 | 16.10 |
| CARGA EN PASILLOS | | | | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x39w T12 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 97.5 | 6 | 585 | | | |
| | | | 585 | 28.42 | 20.58 | 7.50 |

TABLA 3.23 Densidad de potencia eléctrica en alumbrado (DPEA) Nivel 1 del edificio SILADIN A.

Nota: Se indica con color verde si el DPEA cumple con la NOM-007-SENER-2005 y con rojo si no cumple.

3.5 SILADIN 'B'.

- Como se observa en la Tabla 3.24, se presenta una vez más el desbalance entre fases en los tableros del edificio SILADIN B. El que mayor desbalance presenta es el tablero H. Art. 551-42. d) Desbalance de cargas (Ver anexo A).

| TABLERO | H | I | J | K | M |
|----------------|-------|------|-------|------|-------|
| DESBALANCE (%) | 43.79 | 33.3 | 18.75 | 9.64 | 25.73 |

TABLA 3.24 Desbalance de cargas del edificio SILADIN B.

Podemos observar que el circuito K-14,16,18 (Tabla 3.25) presentó una caída de tensión mayor al 5% permitido por la NOM-001-SEDE 2005

| Circuito | Interruptor actual | conductor actual | Caída de tensión actual |
|------------|--------------------|------------------|-------------------------|
| K-14,16,18 | 3x15 A | 10 AWG | 5.86% |

Tabla 3.25 Circuito K del edificio SILADIN B, Interruptor que no protege a los conductores y propuesta del interruptor para la protección del circuito.

- En el tablero TGS-B (Tabla 3.26) los circuitos 1 y 4 tienen interruptores termomagnéticos que no protegen a los conductores, debido a que la capacidad de conducción de corriente del conductor es menor a la del interruptor. Se debe seleccionar adecuadamente los interruptores según lo indicado en el art. 240-3 de la NOM-001-SEDE-2005, ya que si se llega a conducir una corriente mayor a la permisible, se corre el riesgo de dañar el aislante o quemarlo produciendo un corto circuito (Ver tabla 3.26).

| Tablero | Circuito | Protección | Calibre conductor | Corriente permisible | Caída de tensión debida a la carga |
|---------|----------|------------|-------------------|----------------------|------------------------------------|
| TGSB | 1 | 3X100 A | 4 AWG | 70 A | 1.9 |
| | 4 | 3X50 A | 10 AWG | 30 A | 0.7 |

Tabla 3.26 Tablero TGSB del edificio SILADIN B, Interruptor que no protege a los conductores.

- Otro problema que se ha mencionado es la caída de tensión. Este problema se presenta en el tablero 'K' de este edificio. La caída de tensión es una pérdida de energía a través del conductor en el que intervienen la distancia y la cantidad de corriente que circula debido a la cantidad de carga. La alimentación con una tensión inadecuada puede provocar que los equipos se dañen o no funcionen adecuadamente.

| TABLERO | CIRCUITO | %e |
|---------|------------|------|
| K | (14,16,18) | 5.86 |

Se recomienda cambiar el conductor o quitar carga a los circuitos de la Tabla 3.27 y pasarlos a nuevos circuitos para así evitar que la caída sea mayor al 5%. Como se indica en el art. 210-19 de la NOM-001-SEDE-2005 (Ver anexo A).

TABLA 3.27 Caída de Tensión del circuito 14,16,18 del Tablero K.

En las siguientes Tablas se mostrará las densidades de potencia de los diferentes edificios y sus áreas, así como si están dentro de los rangos indicados por la NOM-007-SENER-2004, para la realización de dichas Tablas fueron necesarios los planos y las cargas de alumbrado, para poder realizar el cálculo.

Las Tablas nos muestran la siguiente información:

Carga: En el área y tipo de lámparas que se usa en el edificio y en que área se ubica.

Pot: La potencia de la lámpara considerando el balastro.

Cantidad: De lámparas en esta área.

Total: Potencia total (cantidad de lámparas x potencia de la lámpara-balastro)

Área: Área que iluminan las lámparas de la columna 1.

DPEA: densidad de potencia eléctrica por área. (Si el DPEA cumple se marca con verde la casilla)

DPEA que marca la norma NOM-007.

Adicionales: Notas u observaciones.

$$DPEA = \frac{WATTS}{\text{ÁREA}} = \frac{W}{m^2}$$

● Densidad de Potencia Eléctrica SILADIN 'B', Planta Baja.

| CARGA EN LABORATORIOS | POT [W] | CANTIDAD | TOTAL [W] | ÁREA [m2] | DPEA W/m2 | DPEA NORMA |
|---|---------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Lámpara Fluorescente 2x39w T12 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 97.5 | 30 | 2925 | | | |
| | | | 2925 | 226.56 | 12.91 | 14.00 |
| CARGA EN OFICINAS | | | | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x39w T12 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 97.5 | 10 | 975 | | | |
| | | | 975 | 162.91 | 5.98 | 16.10 |
| CARGA EN PASILLOS | | | | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x39w T12 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 97.5 | 21 | 2047.5 | | | |
| | | | 2047.5 | 162.91 | 12.57 | 7.50 |
| CARGA EN BAÑOS | | | | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x39w T12 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 97.5 | 4 | 390 | | | |
| Lámpara incandescente | 100 | 2 | 200 | | | |
| | | | 590 | 54.97 | 10.73 | 10.80 |

TABLA 3.28 Densidad de potencia eléctrica en alumbrado (DPEA) Planta Baja del edificio SILADIN B.

Nota: Se indica con color verde si el DPEA cumple con la NOM-007-SENER-2005 y con rojo si no cumple.

● SILADIN 'B', Nivel 1

| CARGA EN LABORATORIOS | POT [W] | CANTIDAD | TOTAL [W] | ÁREA [m2] | DPEA W/m2 | DPEA NORMA |
|---|---------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Lámpara Fluorescente 2x39w T12 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 97.5 | 27 | 2632.5 | | | |
| Lámpara incandescente | 100 | 2 | 200 | | | |
| | | | 2832.5 | 257.37 | 11.01 | 14.00 |
| CARGA EN OFICINAS | | | | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x39w T12 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 97.5 | 19 | 1852.5 | | | |
| | | | 1852.5 | | | |
| CARGA EN PASILLO | | | | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x39w T12 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 97.5 | 5 | 487.5 | | | |
| | | | 487.5 | | | |
| CARGA EN PASILLO | | | | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x75w T12 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 187.5 | 3 | 562.5 | | | |
| | | | | | | |

TABLA 3.29 Densidad de potencia eléctrica en alumbrado (DPEA) Nivel 1 del edificio SILADIN B.

Nota: Se indica con color verde si el DPEA cumple con la NOM-007-SENER-2005 y con rojo si no cumple.

3.6 Edificio Galerón.

- En la Tabla 3.15 se muestran los tableros que presentan desbalance y como se observa, están por arriba del 10% de desbalance permitido por la norma. Art. 551-42. d) Desbalance de cargas (Ver anexo).

➤

| TABLERO | A | B | C | D | E | F | J |
|---------------|------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| DESBALANCE(%) | 65.4 | 57.99 | 65.98 | 17.72 | 77.38 | 9.44 | 39.34 |

TABLA 3.30 Desbalance de cargas del edificio Galerón.

- Podemos observar que los circuitos A-26, 28,30 y B-2 de la Tabla 3.31 presentaron una caída de tensión mayor al 5% permitido por la NOM-001-SEDE 2005, de modo que se tiene que sustituir el conductor instalado por uno que nos permita tener una caída de tensión dentro de la tolerancia dada por la norma y pueda manejar la corriente de carga.

La caída de tensión afecta o daña a los equipos al no recibir la alimentación adecuada a la cual fueron diseñados. En la Tabla 3.16 podemos observar los circuitos que tienen una caída de tensión mayor al 5%.

| CIRCUITO | Caída de tensión actual | Conductor instalado |
|------------|-------------------------|---------------------|
| A-26,28,30 | 6.94% | 8 AWG |
| B-2 | 5.42% | 12 AWG |

Aunque los valores de caída de tensión están muy cercanos al límite permitido por norma, es necesario ponerles atención y hacer un cambio a un calibre mayor de los conductores.

TABLA 3.31 Caída de Tensión de los circuitos 26,28,30 Tablero A y circuito 2 Tablero B.

- Como se mencionó al inicio de esta sección, el edificio Galerón presenta bastantes irregularidades en cuanto a su instalación eléctrica y es necesario tomar medidas de corrección a la brevedad posible.

| EDIFICIO | TABLERO | DESCRIPCIÓN |
|----------|---------|---|
| GALERÓN | A | SIN DATOS, SIN TAPA ADECUADA, SATURADO, MAL PEINADO |
| | B | SIN TAPA, SIN DATOS, MAL PEINADO, SUCIO, INT. SUELTO DENTRO DE TABLERO. |
| | C | MAL PEINADO, TORNILLOS DE LA TAPA NO CORRECTOS, INT. DENTRO DE TABLERO COLGADO A UNA FASE |

TABLA 3.32 Anomalías de los Tableros del edificio Galerón.

Los tableros cuentan con hilo de tierra física, pero no tienen barra de tierras a donde conectarla al igual que sus derivaciones, como se indica en los Art. 250-26 ,250-50, 250-79 (Ver anexo A).

Un ejemplo de las fallas en la instalación eléctrica que se presentan en el edificio Galerón es:

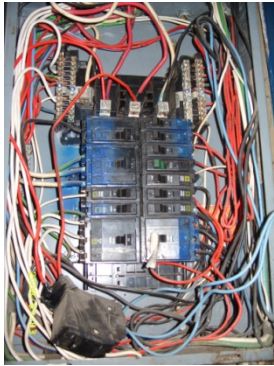


Foto 3.3 Tablero B del Edificio Galerón.

En la foto 3.3 se muestra el tablero 'B' ubicado en el taller de mantenimiento en el edificio Galerón. Este tablero presenta un peinado incorrecto de cables y un interruptor termomagnético suelto conectado a barras del tablero por medio de un conductor. No se permite esto y mucho menos empalmes dentro del tablero, según lo indicado en la NOM-001-2005 Art. 300-15 (Ver anexo A).

El tablero debe tener su tapa para proporcionar seguridad al personal que labora en el área y a la instalación.

- Los conductores instalados que no tienen letreros de marca, calibre y tipo de conductor, hace pensar que son de dudosa calidad y no proporcionan seguridad a la instalación, específicamente se encuentran en los tableros A, B, C del edificio Galerón. (Ver art. 310-11 del anexo A).
- Los conductores instalados en los tableros A, B, C; fotos 3.4-3.6, no cumplen con lo recomendado por la NOM-001-SEDE-2005 respecto al código de colores. Art. 310-12 (Ver anexo A).

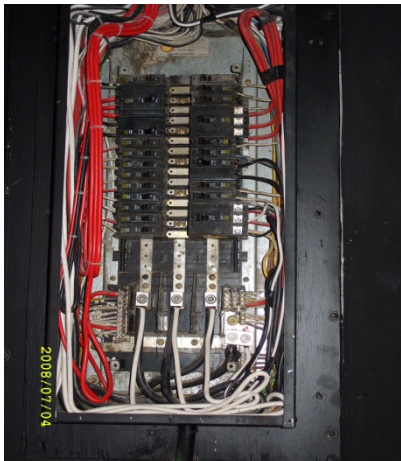


Foto 3.4 Tablero A edificio Galerón.

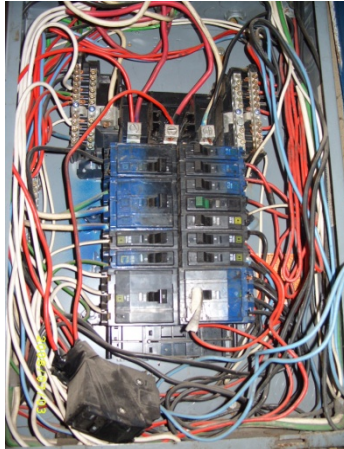


Foto 3.4. Tablero B edificio Galerón.



Foto 3.5 Tablero C edificio Galerón.

- En la imprenta encontramos un contacto que está alimentado a 220 V, sin embargo su diseño corresponde a los de 127V, como no tiene ningún letrero que indique su tensión puede dañar el equipo que se conecte ahí.
- Hay cableado 'hechizo' (Derivación de un circuito eléctrico permanente mediante una extensión, la cual no tiene carácter de permanente), en la instalación del área de mantenimiento (herrería) y de igual manera se encuentra una extensión, conectada a otra extensión para alimentar dos refrigeradores dentro del área de restaurante.
- El área del almacén cuenta con receptáculos alimentados de dos tableros (A y C), se recomienda tener la carga controlada desde un solo punto para mayor seguridad, o bien contar con un directorio que indique de dónde alimenta cada contacto, como se recomienda en la normatividad vigente, Art. 384-13 (Ver anexo A).

En las siguientes Tablas se mostrará las densidades de potencia de los diferentes edificios y sus áreas, así como si están dentro de los rangos indicados por la NOM-007-SENER-2004, para la realización de dichas Tablas fueron necesarios los planos y las cargas de alumbrado, para poder realizar el cálculo.

Las Tablas nos muestran la siguiente información:

Carga: En el área y tipo de lámparas que se usa en el edificio y en que área se ubica.

Pot: La potencia de la lámpara considerando el balastro.

Cantidad: De lámparas en esta área.

Total: Potencia total (cantidad de lámparas x potencia de la lámpara-balastro)

Área: Área que iluminan las lámparas de la columna 1.

DPEA: densidad de potencia eléctrica por área. (Si el DPEA cumple se marca con verde la casilla)

DPEA que marca la norma NOM-007.

Adicionales: Notas u observaciones.

$$DPEA = \frac{WATTS}{\text{ÁREA}} = \frac{W}{m^2}$$

● Galerón

| ALMACÉN | POT [W] | CANTIDAD | TOTAL [W] | ÁREA [m2] | DPEA W/m2 | DPEA NORMA |
|---|---------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| Lámpara Fluorescente 2x75w T12 en gabinete de 2.5x0.3m con difusor, suspendida | 187.5 | 4 | 750 | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x39w T12 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 97.5 | 30 | 2925 | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x32w | 67.2 | 2 | 134.4 | | | |
| | | | 3809.4 | 295.51 | 12.89 | 13.00 |
| CARGA EN BAÑOS | | | | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x39w T12 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 187.5 | 6 | 1125 | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x32w | 67.2 | 2 | 134.4 | | | |
| | | | 1259.4 | 51.1 | 24.65 | 10.18 |
| AUDITORIO | | | | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x39w T12 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 97.5 | 10 | 975 | | | |
| Lámpara Incandescente spot 150 V | 150 | 28 | 4200 | | | |
| | | | 5175 | 273.02 | 18.95 | 16.00 |
| COMEDOR | | | | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x32w | 67.2 | 47 | 3158.4 | 284.23 | 11.11 | 20.00 |
| INPRENTA | | | | | | |
| Lámpara Fluorescente 2x39w T12 en gabinete de 1.25x0.3m con difusor, suspendida | 97.5 | 35 | 3412.5 | | | |

TABLA 3.33 Densidad de potencia eléctrica en alumbrado (DPEA) del edificio Galerón.

Nota: Se indica con color verde si el DPEA cumple con la NOM-007-SENER-2005 y con rojo si no cumple.

CAPITULO 4

Análisis de las corrientes de corto circuito del CCH Vallejo y de la malla del sistema de tierras calculadas para el Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Vallejo, conforme lo establece la IEEE STD 80-2000.

Se realizó una memoria de cálculo la cual contiene diagramas, operaciones propiamente indicadas, así como el análisis de estas corrientes comparándolas con las protecciones instaladas. Para calcular estas corrientes encontramos la impedancia en tableros, transformadores y conductores, hasta encontrar impedancias totales, dicho proceso, así como sus operaciones es árduo, por lo que se colocó en el anexo B, si se desea ahondar en este proceso se puede consultar dicho anexo.

4.1 Reducción de impedancias total.

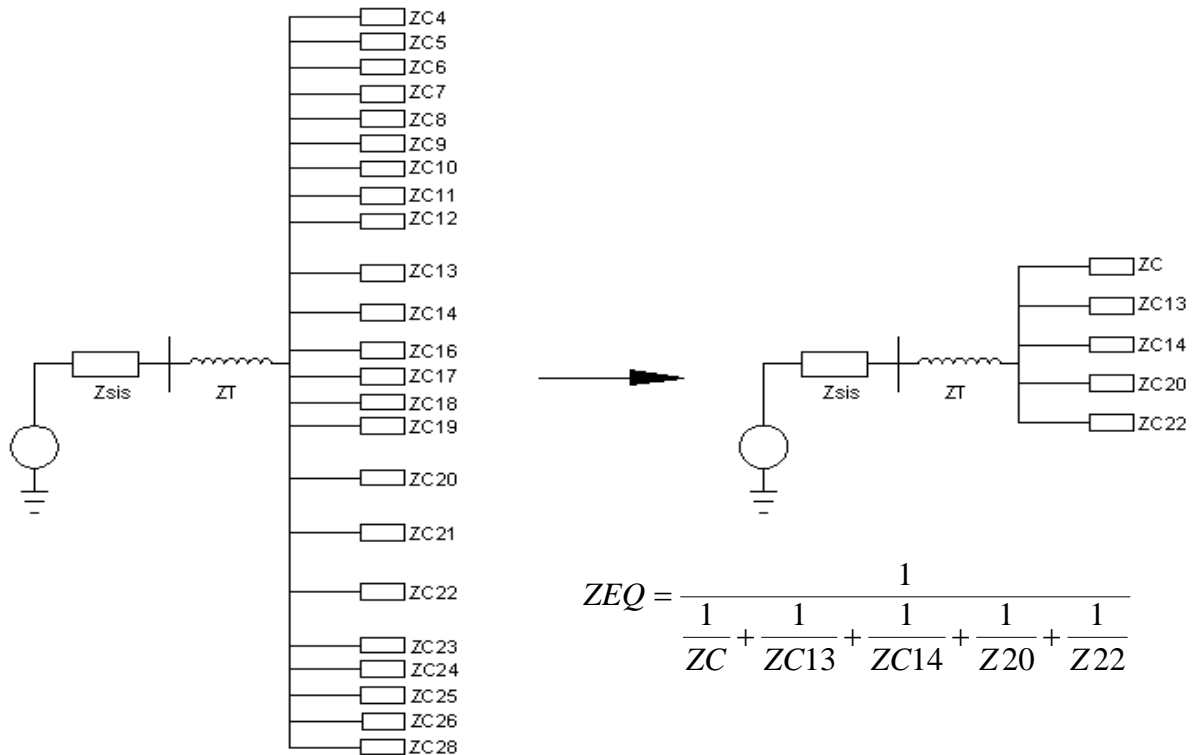


Figura 4.1 Diagrama unifilar simplificado de los edificios conjunto SILADIN, Galerón y Cómputo a la subestación.

Por lo tanto:

$$Z_{EQ} = \frac{1}{\frac{1}{1.29377} + \frac{1}{1.53407 + 4.69318j} + \frac{1}{8.65952 + 17.8877j} + \frac{1}{14.5565 + 30.2397j} + \frac{1}{18.19177 + 37.6464j}}$$

$Z_{EQ}=1.0245+0.3318989j$ pu.

De datos de placa.

$Z_T=0.061j$ pu.(Impedancia del transformador)

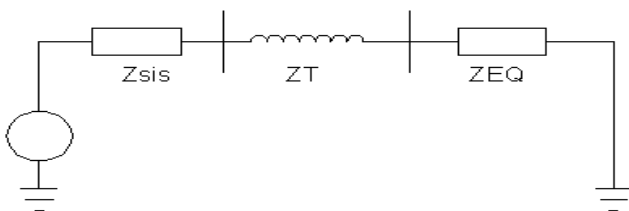


Figura 4.2 Diagrama Impedancia equivalente de los edificios conjunto SILADIN, Galerón y Cómputo a la acometida de la subestación CCH Vallejo.

En la fig. 4.2 tenemos la reducción final del diagrama de impedancias desde la acometida hasta el último tablero del plantel, en pu.

El voltaje de la fuente es la unidad debido a que estamos en pu.

Zsis en por unidad (pu) está en función de: $Z_{sis} = \frac{MVA_{BASE}}{MVA_{cc}}$

4.2 Cálculo de las corrientes necesarias para la correcta selección de los interruptores en la subestación.

Se llevo a cabo el cálculo de las corrientes de corto circuito en el lado de media tensión y en el de baja tensión, para saber si los interruptores en la subestación son los adecuados y que pueden proteger el transformador de 750 kVA, en el lado de media tensión y en el de baja tensión del transformador, las capacidades de interrupción son las siguientes:

Para el lado de media tensión:

Fusible de 15 Amp, con una capacidad interruptiva

Cortacircuitos Fusibles de Potencia Tipos SM-4® y SM-5® de S&C, 15 Amp, con una capacidad interruptiva de 32,000 A de corto circuito asimétrico y de 20,000 A de corto circuito simétrico, (Dato del fabricante del interruptor).

Para el lado de baja tensión:

Interruptor de electromagnético MASTERPACK, Corriente máx. de corto circuito del interruptor en el lado de baja tensión del transformador de la subestación, 75,000 A (Dato del fabricante del interruptor).

4.3 Cálculo de corriente de corto circuito trifásico en el lado de media tensión del transformador de 750 kVA.

Suponiendo una corriente de corto circuito del sistema de 7.5kA.

El voltaje del lado de media tensión es de 23,000[V].

$$Z_{sis} = \frac{MVA_{BASE}}{MVA_{cc}} = \frac{0.75[MVA]}{7.5[kA] * 23,000[V]} =$$

$$Z_{sis} = 0.00434783j \text{ pu}$$

$$Z_{EQT} = 0.061j + 1.02450062 + 0.33189899j \text{ pu}$$

$$Z_{EQT} = 1.02450062 + 0.39289899j \text{ pu}$$

$$Z_{ThH} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{sis}} + \frac{1}{Z_{EQT}}}$$

$$Z_{ThH} = \frac{1}{\frac{1}{0.00434783j} + \frac{1}{1.02450062 + 0.39289899j}} \text{ pu}$$

$$Z_{ThH} = 0.000016024 + 0.00434161j \text{ pu}$$

$$Z_{ThH} = 0.00434898 \angle 89.8 \text{ pu}$$

$$I_{cc3\phi pu} = \frac{1}{Z_{ThH}} = \frac{1}{0.000016024 + 0.00434161j} \text{ pu}$$

$$I_{cc3\phi pu} = 0.85008849 - 230.326339j \text{ pu}$$

$$I_{cc3\phi pu} = 230.327908 \angle -89.7883237 \text{ pu}$$

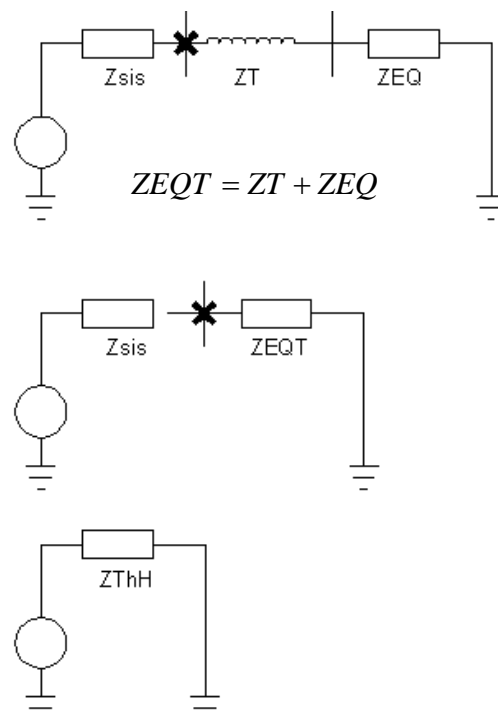


Figura 4.3 Diagrama de corto circuito trifásico del lado de media tensión del transformador de 750 KVA.

$$I_{basealta} = \frac{kVA_{base}}{\sqrt{3}(kvbase)} = \frac{750 KVA_{base}}{\sqrt{3}(23kvbase)} = 18.8266 [A]$$

$$I_{cc3\phi} = I_{cc3\phi pu} * I_{basealta} = (230.327908 \angle -89.7883237 \text{ j pu})(18.8266 [A])$$

$$I_{cc3\phi} = 4336.3 \angle -89.788 [A]$$

4.4 Cálculo de corriente de corto circuito trifásico en el lado de baja tensión del transformador de 750 kVA.

Suponiendo una corriente de corto circuito del sistema de 7.5kA.
El voltaje del lado de media tensión es de 23,000[V].

$$Z_{sis} = \frac{MVA_{BASE}}{MVA_{cc}} = \frac{0.75[MVA]}{7.5[kA] * 23,000[V]}$$

$$Z_{sis} = 0.00434783 \text{ j pu}$$

$$Z_T = 0.061 \text{ j pu}$$

$$Z_{Tsis} = 0.00434783 \text{ j} + 0.061 \text{ j pu}$$

$$Z_{Tsis} = 0.065347826 \text{ j pu}$$

$$Z_{Thb} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{Tsis}} + \frac{1}{Z_{EQ}}}$$

$$Z_{Thb} = \frac{1}{\frac{1}{0.065347826 \text{ j}} + \frac{1}{1.025 + 0.332 \text{ j}}} \text{ pu}$$

$$Z_{Thb} = 0.003623204 + 0.06394286 \text{ j pu}$$

$$Z_{Thb} = 0.064868 \angle 86.8 \text{ pu}$$

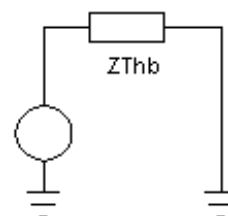
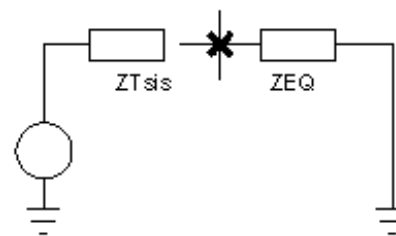
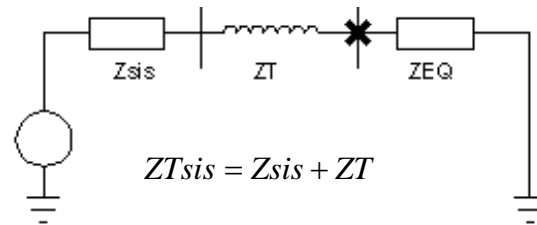


Figura 4.4 Diagrama de corto circuito trifásico del lado de baja tensión del transformador de 750 KVA.

$$I_{cc3\phi pu} = \frac{1}{Z_{Thb}} = \frac{1}{0.003623204 + 0.06394286 \text{ j}} \text{ pu} = 0.883316868 - 15.5889105 \text{ j pu}$$

$$I_{cc3\phi pu} = 15.61391624 \angle -86.7567054 \text{ pu}$$

$$I_{basebaja} = \frac{kVA_{base}}{\sqrt{3}(kvbase)} = 1968.239554 [A]$$

$$I_{cc3\phi} = I_{cc3\phi pu} * I_{basebaja} = (15.61391624 \angle -86.7567054)(1968.24 [A])$$

$$I_{cc3\phi} = 1738.57919 - 30682.7103 \text{ j [A]}$$

$$I_{cc3\phi} = 30731.9275 \angle -86.7567 [A]$$

4.5 Cálculo de corriente de corto circuito monofásico en el lado de media tensión del transformador de 750 kVA de la subestación del CCH Vallejo.

Suponiendo una corriente de corto circuito del sistema de 7.5kA.

El voltaje del lado de media tensión es de 23,000[V].

$$Z_{sis} = \frac{MVA_{BASE}}{MVAcc} = \frac{0.75[MVA]}{7.5[kA] * 23,000[V]}$$

$$Z_{sis} = 0.00434783j \text{ pu}$$

$$Z_{EQT} = Z_{EQ} + Z_T$$

$$Z_{ThH} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{sis}} + \frac{1}{Z_{EQT}}}$$

$$Z_{ThH} = \frac{1}{\frac{1}{0.00434783j} + \frac{1}{1.02450062 + 0.39289899j}} \text{ pu}$$

$$Z_{ThH} = 0.000016024 + 0.00434161j \text{ pu}$$

$$Z_{ThH} = 0.0043489.8 \angle 89.8 \text{ pu}$$

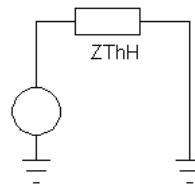
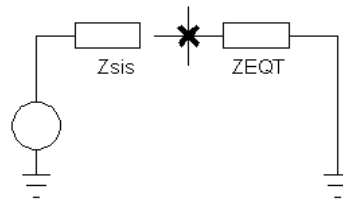
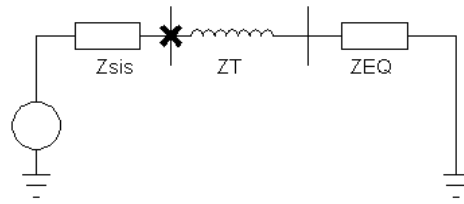


Figura 4.5 Diagrama de corto circuito monofásico en el lado de media tensión del transformador de 750 KVA.

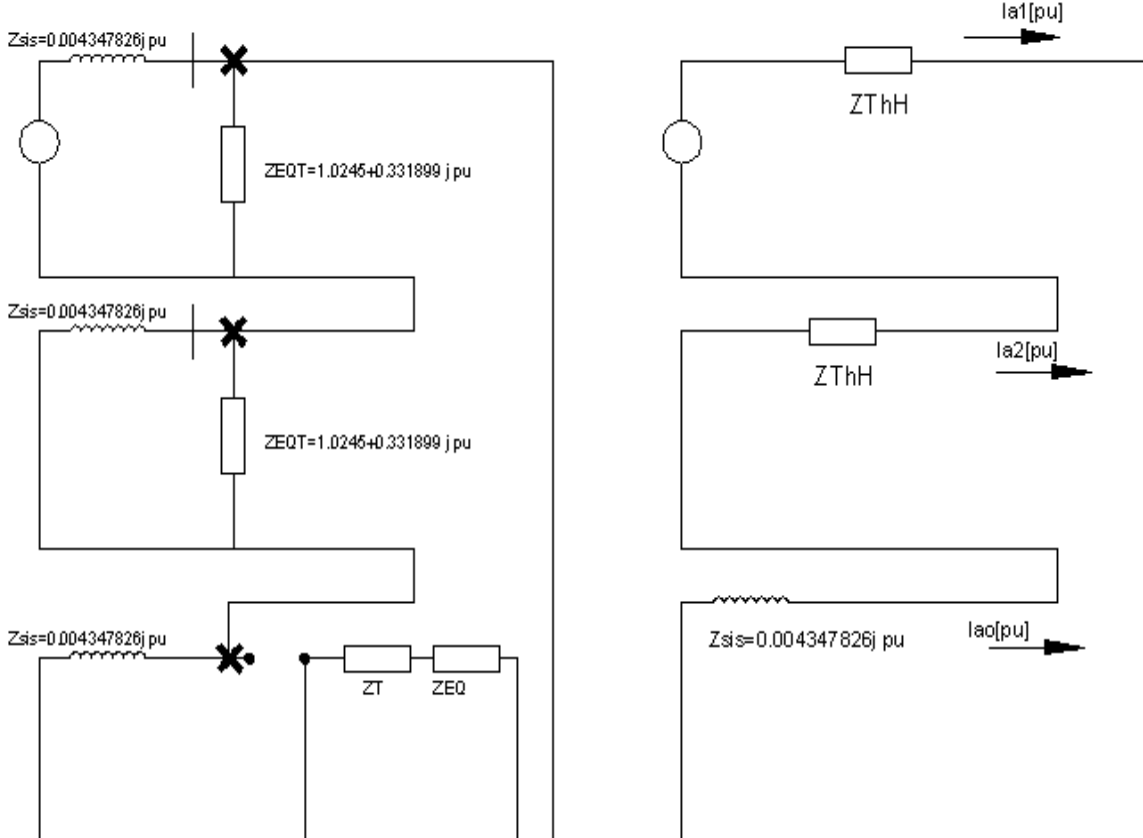


Figura 4.6 Diagrama de impedancias de secuencia positiva, negativa y cero para el corto circuito monofásico en el lado de media tensión del transformador de 750 KVA de la subestación CCH Vallejo.

$$I_{a1}[pu] = I_{a2}[pu] = I_{a0}[pu] = I_{a1}[pu] = \frac{1}{2 * Z_{ThH} + Z_{sis}}$$

$$I_{a1}[pu] = \frac{1}{2 * (0.000016024 + 0.00434161j) + 0.00434783j} pu = \frac{1}{3.2048E - 05 - 0.01303104j} pu$$

$$I_{a1}[pu] = 76.73950045 \angle -89.85888^\circ pu$$

$$I_{basealta} = \frac{kVA_{base}}{\sqrt{3}(kvbase)} = \frac{750KVA_{base}}{\sqrt{3}(23kvbase)} = 18.8266[A]$$

La corriente de corto circuito es igual a tres veces la corriente de secuencia positiva multiplicada por la corriente base en el lado de alta del transformador:

$$I_{cc1\phi H} = I_{basealta} * 3 * I_{a1}[pu] = 18.8266[A] * 3 * (76.73950045 \angle -89.85888^\circ) pu$$

$$I_{cc1\phi H} = 4334.24 \angle -89.86^\circ [A]$$

4.6 Cálculo de corriente de corto circuito monofásico en el lado de baja tensión del transformador de 750 kVA.

Suponiendo una corriente de corto circuito del sistema de 7.5kA.

El voltaje del lado de media tensión es de 23,000[V].

$$Z_{sis} = \frac{MVA_{BASE}}{MVA_{acc}} = \frac{0.75[MVA]}{7.5[kA] * 23,000[V]}$$

$$Z_{sis} = 0.00434783j pu$$

$$Z_T = 0.061j pu$$

$$Z_{Tsis} = Z_{sis} + Z_T$$

$$Z_{Tsis} = 0.00434783 j + 0.061 j pu$$

$$Z_{Tsis} = 0.06534782 j pu$$

$$Z_{Thb} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{Tsis}} + \frac{1}{Z_{EQ}}}$$

$$Z_{Thb} = \frac{1}{\frac{1}{0.06534782 j} + \frac{1}{1.025 + 0.332j}} pu$$

$$Z_{Thb} = 0.00362320 + 0.06394286 j pu$$

$$Z_{Thb} = 0.06486.8 \angle 86.8 pu$$

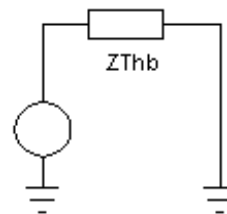
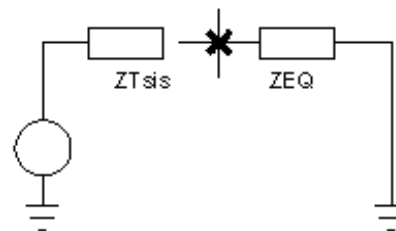
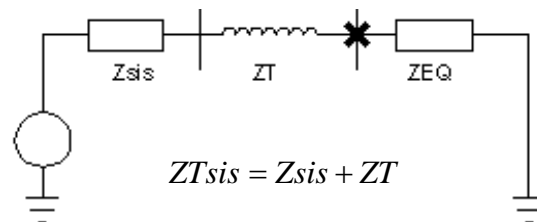


Figura 4.7. Diagrama de corto circuito monofásico en el lado de baja tensión del transformador de 750 KVA.

Para el caso de la impedancia de secuencia cero, el valor cambia debido a la conexión delta-estrella, por lo que anexamos el siguiente diagrama donde se muestra como se obtuvo dicha impedancia:

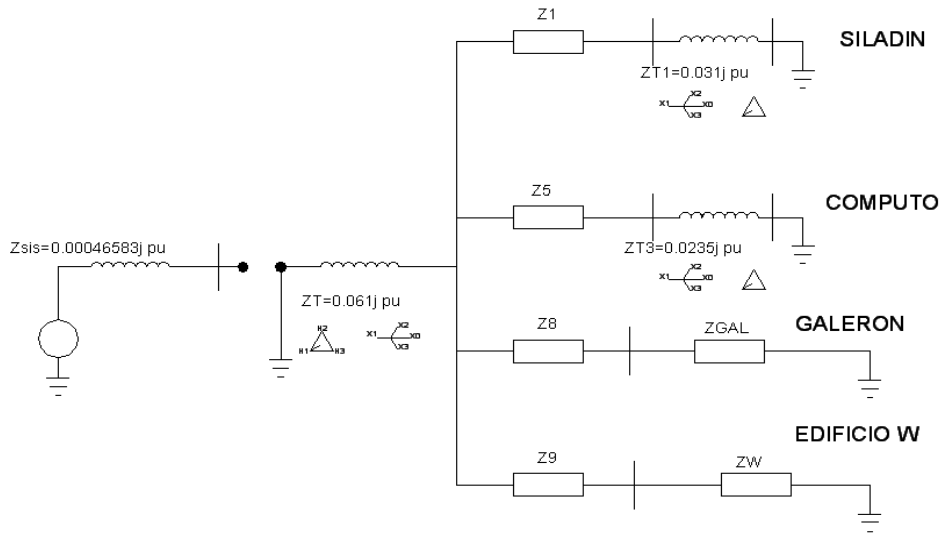


Figura 4.8 Diagrama de impedancias del sistema considerando los transformadores.

La Tabla 4.1 fue llenada de la con los datos de la Tabla 6, 7,11, ver anexo B.

| | R [pu] | Xj [pu] |
|------|------------|------------|
| Z1 | 0.01293906 | 0.01146695 |
| ZT1 | | 0.31 |
| Z5 | 0.01589877 | 0.02408059 |
| ZT3 | | 0.235 |
| Z8 | 0.67472142 | 1.2579552 |
| ZGAL | 13.8818214 | 28.9817675 |
| Z9 | 0.80888472 | 1.75258355 |
| ZW | 17.3828816 | 35.8938168 |

Tabla 4.1 (Datos previamente calculados de las Tablas 6 a 19 Ver anexo B).

Operaciones:

| | R [pu] | Xj [pu] |
|-------------------|------------|------------|
| ZA=Z1+ZT1 | 0.01293906 | 0.32146695 |
| ZB=Z5+ZT3 | 0.01589877 | 0.25908059 |
| ZC=Z8+ZGAL | 14.5565429 | 30.2397227 |
| ZD=Z9+ZW | 18.1917663 | 37.6464003 |

Tabla 4.2. Impedancias en PU del lado de baja tensión del transformador de 750 kVA.

$$ZAD = \frac{1}{\frac{1}{ZA} + \frac{1}{ZB} + \frac{1}{ZC} + \frac{1}{ZD}}$$

$$ZAD = 0.00782074 + 0.14243972j[\text{pu}]$$

$$ZAD // ZT = \frac{1}{\frac{1}{ZAD} + \frac{1}{ZT}}$$

$$ZAD // ZT = 0.00070194 + 0.04273656j \text{ pu}$$

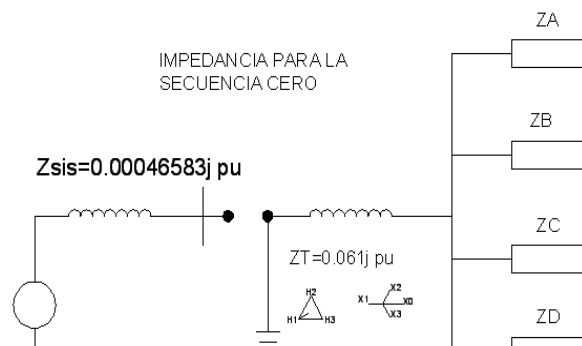
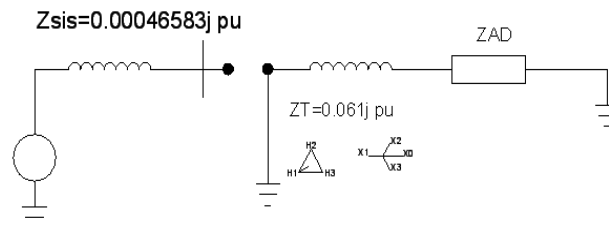


Figura 4.9 Diagrama de impedancias para la secuencia cero del sistema.



$$Z_{sis} = \frac{MVA_{BASE}}{MVA_{acc}} = \frac{0.75[MVA]}{7.5[kA] * 23,000[V]}$$

$$Z_{sis} = 0.00434783j \text{ pu}$$

$$Z_T = 0.061j \text{ pu}$$

$$Z_{Tsis} = Z_{sis} + Z_T$$

$$Z_{Tsis} = 0.00434783j + 0.061j \text{ pu}$$

$$Z_{Tsis} = 0.065347826j \text{ pu}$$

Impedancia de Thevenin en el lado de baja tensión.

$$Z_{Thb} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{Tsis}} + \frac{1}{Z_{EQ}}}$$

$$Z_{Thb} = \frac{1}{\frac{1}{0.065347826j} + \frac{1}{1.025 + 0.332j}} \text{ pu}$$

$$Z_{Thb} = 0.003623204 + 0.06394286j \text{ pu}$$

$$Z_{Thb} = 0.06486.8 \angle 86.8 \text{ pu}$$

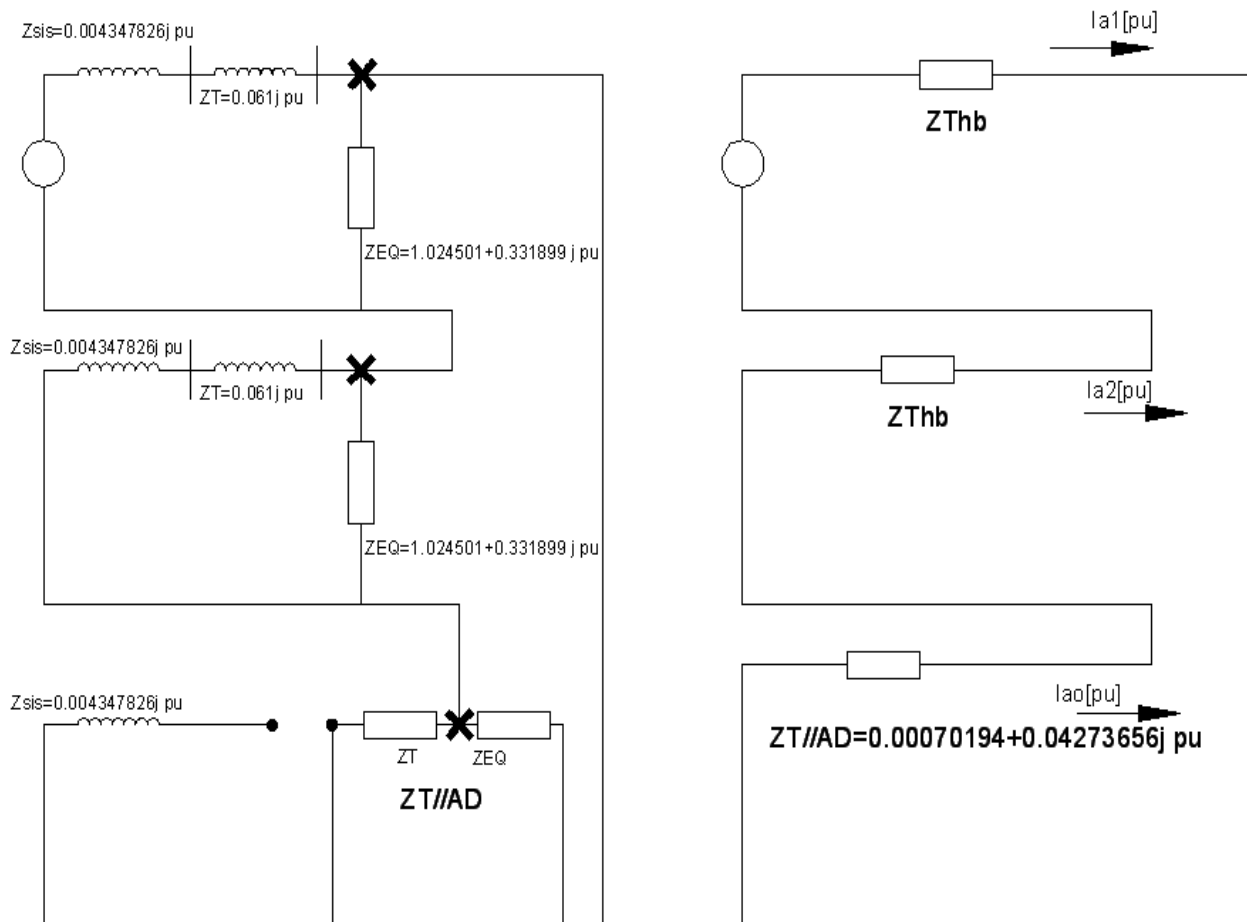


Figura 4.10 Diagrama de impedancias de secuencia positiva, negativa y cero para el corto circuito monofásico en el lado de baja tensión del transformador de 750 KVA de la subestación CCH Vallejo.

$$I_{cc1F} \phi \text{ pu} = \frac{1}{2 * Z_{Thb} + Z_T // AD} =$$

$$I_{cc1F} \phi \text{ pu} = \frac{1}{2(0.003623204 + 0.06394286j) + (0.000701936 + 0.04273656j)} \text{ pu}$$

$$I_{cc1F} \phi \text{ pu} = \frac{1}{0.007948345 + 0.17062229j} \text{ pu} = 0.27243553 - 5.84820776j \text{ pu}$$

$$I_{cc1F} \phi \text{ pu} = 5.855 \angle -87.3326317 \text{ pu}$$

$$I_{basebaja} = \frac{kVA_{base}}{\sqrt{3}(kv_{base})} = 1968.239554 [A]$$

La corriente de corto circuito es igual a tres veces la corriente de secuencia positiva multiplicada por la corriente base en el lado de alta del transformador:

$$I_{cc1F\phi} = 3 * I_{cc1F\phi pu} * I_{basebaja} = 3 * (0.272435532 - 5.84820776j pu)(1968.24 [A])$$

$$I_{cc1F\phi} = 1608.655167 - 34532.0215j [A]$$

$$I_{cc1F\phi} = 34569.4703 \angle -87.3326 [A]$$

4.7 Análisis de las corrientes.

Se calcularon las corrientes de corto circuito con el fin de determinar si las protecciones instaladas en la subestación son las adecuadas ante: Corto circuito en el lado de media tensión (trifásico y monofásico), corto circuito en el lado de baja tensión (trifásico y monofásico), en caso de que las protecciones antes mencionadas no sean las adecuadas, se debe realizar una propuesta de sustitución de protecciones, según se requiera, para lo cual utilizaremos la información de la Tabla 4.1 y datos de placa de las protecciones, ver figura 2.1.

| | |
|---|--------------|
| Corriente de corto circuito trifásico en media tensión | 4,336.3 [A] |
| Corriente de corto circuito trifásico en baja tensión | 30,731.9 [A] |
| Corriente de corto circuito monofásico en media tensión | 4,334.2 [A] |
| Corriente de corto circuito monofásico baja tensión | 34,569.5 [A] |

Tabla 4.3 Corrientes de corto circuito.

- *Protecciones instaladas en la lado de media tensión.*

Fusibles marca S&C SM-55, snuffler, 26 kV, tipo SM-5S, 26 kV, I nominal=15 A, ICC=32,000 [A], ver tabla 4.4.

CORTACIRCUITOS FUSIBLES DE POTENCIA SM-5–Capacidades de Interrupción en Cortocircuito de 50/60 Hertz

| kV , Nominal | | Amperes, RMS, de InterrupciónⓄ | | | | MVA, de Interrupción, Simétrico Trifásico, Ⓞ Basado en $\frac{X}{R} = 15$ |
|-----------------------------------|------------|--------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|---|
| SM-5 | Sistema | Asimétrico | Simétrico | | | |
| | | | Basado en $\frac{X}{R} = 15$ | Basado en $\frac{X}{R} = 10$ | Basado en $\frac{X}{R} = 5$ | |
| 4.16■ | 2.4 | 60 000 | 37 500 | 41 000 | 48 000 | 155 |
| | 2.4/4.16Y | 60 000 | 37 500 | 41 000 | 48 000 | 270● |
| 7.2 | 2.4 | 44 500 | 28 000 | 30 500 | 35 600 | 115 |
| | 2.4/4.16Y | 44 500 | 28 000 | 30 500 | 35 600 | 200 |
| | 4.8 | 43 500 | 27 000 | 29 800 | 34 800 | 225 |
| | 7.2 | 41 500 | 26 000 | 28 500 | 33 200 | 325● |
| 14.4 (capacidades 50/60 Hz) | 7.2 | 40 000 | 25 000 | 27 400 | 32 000 | 310 |
| | 4.8/8.32Y | 40 000 | 25 000 | 27 400 | 32 000 | 360 |
| | 12 | 40 000 | 25 000 | 27 400 | 32 000 | 520 |
| | 7.2/12.47Y | 40 000 | 25 000 | 27 400 | 32 000 | 540 |
| | 7.62/13.2Y | 40 000 | 25 000 | 27 400 | 32 000 | 570 |
| | 13.8 | 40 000 | 25 000 | 27 400 | 32 000 | 600 |
| | 14.4 | 40 000 | 25 000 | 27 400 | 32 000 | 620● |
| 14.4 (capacidades 60 Hz) | 16.5 | 40 000 | 25 000 | 27 400 | 32 000 | 715 |
| | 7.2 | 55 000 | 34 600 | 34 600 | 34 600 | 430 |
| | 4.8/8.32Y | 55 000 | 34 600 | 34 600 | 34 600 | 500 |
| | 12 | 55 000 | 34 600 | 34 600 | 34 600 | 720 |
| | 7.2/12.47Y | 55 000 | 34 600 | 34 600 | 34 600 | 750 |
| | 7.62/13.2Y | 54 000 | 34 000 | 34 000 | 34 000 | 780 |
| 25 | 13.8 | 54 000 | 34 000 | 34 000 | 34 000 | 815 |
| | 14.4 | 54 000 | 34 000 | 34 000 | 34 000 | 850● |
| | 7.2/12.47Y | 32 000 | 20 000 | 21 900 | 25 600 | 430 |
| | 7.62/13.2Y | 32 000 | 20 000 | 21 900 | 25 600 | 455 |
| | 13.8 | 32 000 | 20 000 | 21 900 | 25 600 | 480 |
| | 14.4 | 32 000 | 20 000 | 21 900 | 25 600 | 500 |
| 25 | 16.5 | 32 000 | 20 000 | 21 900 | 25 600 | 570 |
| | 23 | 32 000 | 20 000 | 21 900 | 25 600 | 795 |
| | 14.4/24.9Y | 32 000 | 20 000 | 21 900 | 25 600 | 860● |

Tabla 4.4 Cortacircuitos Fusibles de Potencia Tipos SM-4® y SM-5® de S&C, para uso con los rellenos fusibles de potencia SM Distribución Aérea (4.16 kV hasta 34.5 kV). Tabla tomada del BOLETÍN DESCRIPTIVO 242-30S, S&C ELECTRIC COMPANY.

• *Lado de baja tensión:*

Interruptor electromagnético, tipo Master Pack, Mca. Merlin Gerin, 1 kV, I nominal=2,500 [A], ICC=75,000 [A]. Estos datos fueron tomados de placa del interruptor.

Conclusión para el lado de media tensión: Con la información anterior verificamos que el fusible para el lado de alta tensión protege al transformador, ya que el valor máximo de corriente de corto circuito de 4,336.3 [A] no rebasa los 32,000 [A] con los que puede operar el fusible.

Por lo tanto no se requiere realizar una sustitución del fusible por otro de mayor capacidad.

Conclusión para el lado de baja tensión: Como en el caso anterior procedimos a comparar las corrientes obtenidas, el valor máximo de corriente de corto circuito obtenida es de 34,569.5 [A] y la corriente máxima con la que puede operar correctamente el interruptor electromagnético es de 75,000 [A].

Por lo tanto no es necesario reemplazar dicha protección, debido a que puede operar correctamente.

Finalmente se concluye que no se debe instalar nuevas protecciones para el lado de alta y de baja tensión del transformador de 750 kVA.

Después de calcular los potenciales de paso y de contacto (Ver anexo C), se genera la siguiente tabla, Si la malla es segura debe cumplir con las siguientes condiciones:

| Potencial | Cálculo de la malla [V] | | Tolerable[V] |
|-----------|-------------------------|---|--------------|
| Paso | 5,432.46 | < | 5,663.04 |
| contacto | 1,562.67 | < | 1,582.28 |

Tabla 4.5 Tabla comparativa de potenciales en la malla propuesta.

La malla diseñada cumple con los potenciales de paso y contacto, es capaz de disipar la corriente de corto circuito además de que la resistencia de esta es menor a los 5 $[\Omega]$ para subestaciones de distribución. Se cumple con el estándar de seguridad establecido por la IEEE STD 80-2000.

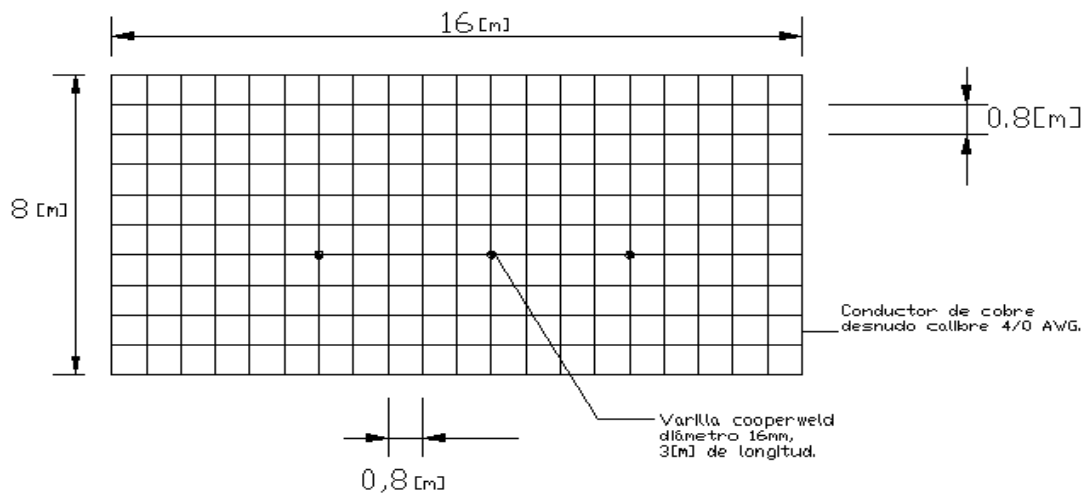


Figura 4.11 Malla propuesta de la subestación.

CAPITULO 5

Propuestas establecidas para la mejora de la instalación eléctrica.

5.1 Subestación eléctrica.

- Debe darse mantenimiento a la subestación eléctrica por lo menos una vez al año, esta recomendación se hace debido a que presenta una cantidad considerable de polvo dentro de la misma
- Extintores. Deben colocarse extintores, tantos como sean necesarios en lugares convenientes y claramente marcados, situando dos, cuando menos, en puntos cercanos a la entrada de las subestaciones. Para esta aplicación se permiten extintores de polvo químico seco. Los extintores deben revisarse periódicamente para que estén permanentemente en condiciones de operación y no deben estar sujetos a cambios de temperatura mayor que los indicados por el fabricante.
- No existe iluminación de emergencia, se recomienda colocar al menos dos luminarias frente al equipo de la subestación eléctrica.
- La iluminación debe estar conectada al sistema de emergencia y en un circuito independiente.
- Se necesita un incremento de demanda debido a que la actual es de 309,648 W y en el contrato con la compañía suministradora se contrato solo 270 kW, dicho incremento es debido a la construcción de los edificios de Cómputo, Edificio W, Edificio Galerón, SILADIN A, SILADIN B que representa un 64% de la demanda (considerando un factor de demanda de 0.5¹).
- Analizando la capacidad de la subestación de 750 kVA y la máxima demanda, podemos concluir que puede soportar un incremento de 270 kVA a 400 kVA con la compañía suministradora de energía eléctrica. El límite máximo recomendado para este caso sería de 450 kW, ya que no rebasa el 60%² de la capacidad del transformador.

La capacidad nominal máxima de la protección para los circuitos derivados debe ser la siguiente:

| NORMA OFICIAL | | ESTADO ACTUAL | | | Protección Propuesta |
|-------------------------|---------------------------------------|---------------|------------|-----------|----------------------|
| Calibre del alimentador | Capacidad máxima de la protección (A) | Actual | | | |
| | | Circuito | Protección | Calibre | |
| 4/0 AWG | 195 | 5 | 3x100 | 3-4AWG | 3x70 |
| 3/0 AWG | 165 | 6 | 3x70 | 3-6AWG | 3x60 |
| 1/0 AWG | 125 | 8 | 3x100 | 3-4AWG | 3x70 |
| 4 AWG | 70 | 13 | 3x400 | 6-3/0AWG | 3x350 |
| 6 AWG | 55 | 22 | 3x150 | 3-1/0 AWG | 3x125 |
| 8 AWG | 40 | 28 | 3x70 | 3-8 AWG | 3x40 |

Tabla 5.1 Protecciones adecuadas en el gabinete principal.

Nota: Únicamente se está considerando la ampacidad, no se toma en cuenta la carga conectada para la observación anterior.

Se debe actualizar la instalación eléctrica conforme a los datos de la Tabla anterior y conforme a lo indicado en la NOM-SEDE-2005 en la Tabla 310-15.

5.2 Edificio de Cómputo.

¹ Se considera 0.5 según la tabla 220-13.- Factores de demanda de la NOM-001.

² Se considera el 60 % de la capacidad del transformador por recomendación de CFE, en cuanto a demanda contratada.

Todos los tableros de este edificio cuentan con hilo de puesta a tierra, barra de tierra, pero no hay barra de tierra aislada en los tableros regulados, la cual debe colocarse. Art. 250-5 y 250-43 (Ver anexo y foto 5.1).

Se recomienda adquirir el accesorio para conectar el cable de tierra aislada e instalarlo en su lugar asignado en el tablero.



FOTO 5.1 Tablero Edificio de Cómputo sin barra de tierra aislada.

Existen tableros que presentan gran desbalance de cargas. Un tablero con desbalance presenta problemas de sobrecarga en alguna fase provocando caídas de tensión, corrientes en el neutro traduciéndose en pérdidas de energía eléctrica y daño o mal funcionamiento de los equipos.

| TABLERO | A | R1 | R2 | B | R3 | R4 |
|----------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| DESBALANCE (%) | 38.42 | 20.00 | 33.33 | 15.89 | 33.3 | 21.42 |

TABLA 5.2 Tableros con desbalance

Se recomienda hacer una distribución adecuada de las cargas para así tener un desbalance desde cero a 10% como máximo. El reacomodo de cargas se puede hacer reubicando contactos en otros circuitos o utilizando otros circuitos que no estén en uso.

Como ya se había mencionado antes en el capítulo 3 el tablero 'A' presenta mayor carga de la que puede manejar en uno de sus interruptores, presenta una corriente nominal de 67.18 A, su corriente de protección es 83.98 A, tiene una protección de 3X70 A., la cual debe sustituirse por una protección de 3x90 A, con el fin de proteger el conductor para evitar sobrecalentamientos y daños al aislamiento, como lo indica el Art. 240-3 de la NOM-001-SEDE 2005 (Ver anexo).

Para algunos interruptores que no están protegiendo al conductor, en el capítulo 3 el tablero B cuenta con dos circuitos que presentan interruptores que no protegen al conductor, se recomienda colocar una protección adecuada a la ampacidad de los conductores que se tienen conectados a la protección. Según lo indicado en la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-2005 (Capacidad de conducción de corriente [A] permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 ° C a 90 ° C). Como se muestra en la Tabla 5.3 gracias a esta propuesta se evitara un sobrecalentamiento en los conductores, deterioro del aislamiento y fallas por corto circuito.

| Circuito | Protección instalada | Conductor instalado | Corriente permisible | Protección adecuada |
|----------|----------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| B-27,29 | 2x50 A | 2-8 AWG | 40 A | 3x40 A |
| B-34,36 | 2x30 | 2-12 | 25 A | 2x20 A |

Tabla 5.3 Circuitos del Tablero B

Con base al Art. 210-19 de la NOM-001-SEDE-2005, hay un problema en el tablero regulado R2 mencionado en el capítulo 3 para evitar este problema se sugiere cambiar el conductor por otro de un calibre mayor para poder obtener una mejor caída de tensión ver Tabla 5.4

| Circuito | Caída de tensión actual | Conductor instalado | Conductor adecuado | Nueva caída de tensión |
|----------|-------------------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| R2-15 | 10.77% | 2-18 AWG | 2-12 AWG | 2.68% |
| R2-16 | 11.90% | 2-18 AWG | 2-12 AWG | 2.98% |

TABLA 5.4 Caída de Tensión del Tablero R2 sustitución de conductor.

Como ya se menciona en el capítulo 3 en el cuarto eléctrico hay tableros obstruidos por materiales ajenos a la instalación eléctrica, esto se mejora con dejar libre de cualquier objeto ajeno a los tableros.

En el caso del DPEA de este edificio se recomienda reducir carga en salones.

5.3 Edificio 'W'

Los tableros de este edificio presentan desbalance de cargas mayor al 10%. Art. 551-42 (Ver anexo).

- El tablero WA debe tener un reacomodo de cargas para que esté balanceado, ya que esto a su vez logrará disminuir el desbalance el tablero WB.
- El tablero WA tiene un contactor desconectado, al conectarlo se reduciría el desbalance ya que se distribuiría en las tres fases las lámparas que alimenta dicho contactor, además éste tablero tiene varios espacios libres donde se puede conectar carga, esto facilita la distribución de cargas en el mismo. Art. 551-42. d) Desbalance de cargas (Ver anexo A).

| TABLERO | WA | WB | WC |
|---------------|-------|-------|-------|
| DESBALANCE(%) | 66.16 | 16.47 | 18.53 |

TABLA 5.5 Desbalance de los tableros del edificio 'W'

- El interruptor de protección del tablero WC, no protege al conductor. Es necesario colocarle un interruptor de menor capacidad, tanto en el circuito del tablero WB como en el general del WC, el correcto sería uno de 3x50 A.

La corriente permisible del conductor fue tomada de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-2005 (Capacidad de conducción de corriente [A] permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 ° C a 90 ° C).

| Circuito | Protección | Calibre conductor | Corriente permisible | Protección adecuada |
|------------|------------|-------------------|----------------------|---------------------|
| B-25,27,29 | 3X70 A | 6 AWG | 55 A | 3X50 A |

TABLA 5.6 El interruptor termomagnético no protege al conductor.

A los tableros del edificio 'W' se recomienda darles mantenimiento preventivo contemplando el peinado de cables y limpieza para evitar futuras fallas (Tabla 5.7).

| | |
|----|-----------------------|
| WA | MAL PEINDO DE CABLES |
| WB | SUCIO |
| WC | SIN BARRA DE TIERRAS. |

TABLA 5.7 Anomalías de los tableros del edificio 'W'.

5.4 SILADIN 'A'

- En varios tableros del edificio SILADIN 'A' presentan desbalance de cargas como se muestra en la Tabla 5.8 Se sugiere realizar una distribución equitativa de cargas en las diferentes fases del tablero para evitar caídas de tensión entre fases o de fase a neutro, además de la operación de protecciones innecesaria, lo que trae como consecuencia la interrupción de energía eléctrica. Art. 551-42. d) Desbalance de cargas (Ver anexo A).

| | | | | | | | | |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| TABLERO | A | B | C | D | E | F | G | TGS-A |
| DESBALANCE(%) | 55.81 | 34.45 | 27.71 | 59.74 | 29.89 | 29.79 | 26.52 | 22.5 |

TABLA 5.8 Desbalance de Cargas de Tableros edificio SILADIN A.

En la Tabla 3.19 del capítulo 3 tenemos una lista de los circuitos donde los interruptores no protegen a los conductores como lo indica el Art. 240-3, NOM-001-SEDE-2005 (Ver anexo A).

Se recomienda cambiar el interruptor por uno que proteja el conductor y pueda manejar la corriente de la carga que tiene conectada, se considero la caída de tensión en cada circuito, estas fueron menores al 5% en cada circuito de la Tabla 5.9.

La corriente permisible del conductor fue tomada de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-2005 (Capacidad de conducción de corriente [A] permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 ° C a 90 ° C).

| Tablero | Circuito | Protección instalada | Calibre conductor | Corriente permisible | Caída de tensión debida a la carga | Protección adecuada |
|---------|----------|----------------------|-------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------|
| A | 13,15,17 | 3x50 A | 6 AWG | 55 A | 0.62% | 3x50 A |
| B | 13,15,17 | 3x50 A | 8 AWG | 40 A | 0.77% | 3x40 A |
| C | 13,15,17 | 3x50 A | 10 AWG | 30 A | 0.41% | 3x30 A |
| D | 1,3 | 3x30 A | 12 AWG | 25 A | 2.24% | 3X20 A |
| | 13,15,17 | 3x50 A | 8 AWG | 40 A | 0.08% | 3x40 A |
| E | 19,21 | 2x40 A | 10 AWG | 30 A | 0.01% | 3x30 A |
| | 25,27,29 | 3X100 A | 4 AWG | 70 A | 1.10% | 3X70 A |
| F | 25,27,29 | 3X100 A | 4 AWG | 70 A | 1.23% | 3X70 A |
| G | 25,27,29 | 3X100 A | 4 AWG | 70 A | 0.52% | 3X70 A |
| TGS-A | 1 | 3X100 A | 4 AWG | 70 A | 1.10% | 3X70 A |
| | 5 | 3X70 A | 6 AWG | 55 A | 2.40% | 3x50 A |

TABLA 5.9 Tableros de SILADIN A, Interruptores que no protegen a los conductores (Interruptores sombreados son los interruptores principales).

Para el caso del circuito E-14,16,18 se tiene que sustituir el conductor 10 AWG cuya corriente permisible es de 30 A, por uno de calibre 8 AWG con una corriente permisible de 40 A, esto debido a que su corriente de protección es de 36.5 A (Ver Tabla 5.10).

La corriente permisible del conductor fue tomada de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-2005 (Capacidad de conducción de corriente [A] permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 ° C a 90 ° C).

| Tablero | Circuito | Protección instalada | Calibre conductor | Corriente permisible | Corriente de protección | Protección adecuada | Calibre adecuado |
|---------|----------|----------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|---------------------|------------------|
| E | 7 | 1x15 A | 12 AWG | 25 A | 19.2 A | 1x20 A | sin cambio |
| | 14,16,18 | 3x20 A | 10 AWG | 30 A | 36.5 A | 3x40 A | 8 AWG |
| F | 14 | 1x15 A | 10 AWG | 30 A | 18.01 A | 1x20 A | sin cambio |
| | 19,21,23 | 3X15 A | 10 AWG | 30 A | 21.87 A | 1X30 A | sin cambio |
| G | 19,21,23 | 3X15 A | 10 AWG | 30 A | 29.16 A | 3X30 A | sin cambio |

Tabla 5.10 Tableros de SILADIN A, Interruptores que no protegen a los conductores.

En la tabla 5.11 se muestran las anomalías que presentan los tableros del edificio SILADIN 'A'.

Los tableros de este edificio no tienen barra de tierras pero sí están aterrizados con el hilo de puesta a tierra por medio de empalmes. Se recomienda instalar la barra de tierras en los tableros para conectar adecuadamente los hilos de tierra de los circuitos derivados y asegurar una correcta puesta a tierra, lo que no sucede al realizar empalmes sobre empalmes. Esto según lo indicado en los artículos 250-26, 250-50, 250-79 de la NOM-001-SEDE-2005 (Ver anexo A).

| | |
|-------|--|
| A | HILOS DOBLES EN ALGUNOS INTERRUPTORES |
| D | SIN TAPA |
| E | INT. SUELTO CONECTADO A LA FASE B DENTRO DEL TABLERO |
| G | OBSTRUIDO |
| TGS-A | OBSTRUIDO CON MATERIAL DE LIMPIEZA Y JARDINERIA |

TABLA 5.11 Anomalías de los Tableros del edificio SILADIN A.

- Para los interruptores derivados que tienen dos conductores, es recomendable tener sólo uno conectado a ellos, si hay una falla en uno de los circuitos que alimenta, el interruptor operará y ambos circuitos se verán desenergizados, esto provocará que se tenga una falla no deseada en el suministro de la energía eléctrica.
- La tapa del tablero 'D' es necesario colocarla, para tener protegido al personal de limpieza que labora en el área y para proteger al tablero de cualquier daño físico, Art. 110-3 (Ver anexo A).
- No debe haber objetos o materiales que obstruyan al tablero 'D' para maniobrar libremente en él. Según lo indicado en el Art. **110-16** (Ver anexo A).
- Este edificio no cumple con la norma para el área de pasillos, se recomienda cambiar el tipo de lámparas por T8 de 32 W.

5.5 SILADIN 'B'.

- Se recomienda tener un directorio de las cargas que controla los tableros para poder identificarlos de manera rápida en caso de alguna emergencia o por si es necesario hacer una maniobra en él.
Art. 230-2 b), 384-13 (Ver anexo A).

| TABLERO | H | I | J | K | M |
|----------------|-------|------|-------|------|-------|
| DESBALANCE (%) | 43.79 | 33.3 | 18.75 | 9.64 | 25.73 |

TABLA 5.12 Desbalance de cargas del edificio SILADIN B.

Podemos observar que el circuito K-14,16,18 (Tabla 5.13) presentó una caída de tensión mayor al 5% permitido por la NOM-001-SEDE 2005, se hizo el cambio a otro conductor para q baje la caída de tensión.

| Circuito | Interruptor actual | conductor actual | Caída de tensión actual | Conductor propuesto |
|------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------------------|
| K-14,16,18 | 3x15 A | 10 AWG | 5.86% | 8 AWG |

Tabla 5.13 Circuito K del edificio SILADIN B, Interruptor que no protege a los conductores y propuesta del interruptor para la protección del circuito.

Se recomienda llevar a cabo un reacomodo de cargas en todos los tableros mostrados en la Tabla 18, para así, tener una carga proporcionalmente distribuida en las tres fases. Se recuerda que cuando un tablero presenta desbalance se llegan a presentar corrientes en el neutro, el cual no debe tener, esto representa una pérdida de energía. Además otro problema que se llega a presentar es incremento en las caídas de tensión en las fases con mayor carga.

- En la Tabla 5.14 se muestran los tableros con circuitos que tienen mayor carga que la capacidad del interruptor instalado. Cuando toda la carga conectada demande energía al mismo tiempo el interruptor abrirá el circuito como debe ser y se quedará sin energía todo lo que está conectado en ese circuito, también se debe considerar la capacidad de corriente permisible del conductor y la caída de tensión.

Se recomienda cambiar el interruptor por uno que proteja el conductor y pueda manejar la corriente de la carga que tiene conectada, se considero la caída de tensión en cada circuito cuidando que estas fueron menores al 5% según el Art. 210-19 de la NOM-001-SEDE-2005 (Ver anexo A y Tabla 5.14).

La corriente permisible del conductor fue tomada de la Tabla 310-16 de la NOM-001-SEDE-2005 (Capacidad de conducción de corriente [A] permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 ° C a 90 ° C).

| Tablero | Circuito | Protección | Calibre conductor | Corriente permisible | Caída de tensión debida a la carga | Protección adecuada |
|---------|----------|------------|-------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------|
| H | 5 | 1X15 A | 12 AWG | 25 A | 2.60% | 3x20 A |
| | 18 | 1X15 A | 10 AWG | 30 A | 1.10% | 1X30 A |
| | 19,21,23 | 3x20 A | 10 AWG | 30 A | 1.40% | 3x30 A |
| K | 8 | 1x15 A | 10 AWG | 30 A | 4.32% | 3X30 A |
| | 14,16,18 | 3x15 A | 10 AWG | 30 A | 5.86% | Ver tabla 19.1 |
| L | 1 | 1X15 A | 12 AWG | 25 A | 2.56% | 3x20 A |
| | 19,21,23 | 3X15 A | 10 AWG | 30 A | 0.97% | 3x30 A |
| | 20,22,24 | 3X15 A | 10 AWG | 30 A | 0.43% | 3x30 A |
| M | 8 | 1X15 A | 10 AWG | 25 A | 1.13% | 3x20 A |
| | 14,16,18 | 3x20 A | 10 AWG | 30 A | 1.12% | 3x30 A |
| TGSB | 5 | 3X50 A | 6 AWG | 55 A | 0.10% | 3x50 A |

TABLA 5.14 Tableros del edificio SILADIN B, Interruptores que no protegen a los conductores.

- En el tablero TGS-B (Tabla 5.15) los circuitos 1 y 4 se seleccionaron adecuadamente los interruptores según lo indicado en el art. 240-3 de la NOM-001-SEDE-2005, (Ver Tabla 5.15).

| Tablero | Circuito | Protección | Calibre conductor | Corriente permisible | Caída de tensión debida a la carga | Protección adecuada |
|---------|----------|------------|-------------------|----------------------|------------------------------------|---------------------|
| TGSB | 1 | 3X100 A | 4 AWG | 70 A | 1.9 | 3X70 A |
| | 4 | 3X50 A | 10 AWG | 30 A | 0.7 | 3x30 A |

Tabla 5.15 Tablero TGSB del edificio SILADIN B, Interruptor que no protege a los conductores.

Podemos observar que el circuito K-14,16,18 (Tabla 5.16) presentó una caída de tensión mayor al 5% permitido por la NOM-001-SEDE 2005, de modo que se tiene que sustituir el conductor instalado por uno que nos permita tener una caída de tensión dentro de la tolerancia dada por la norma y pueda manejar la corriente de carga.

| Circuito | Interruptor actual | conductor actual | Caída de tensión actual | Conductor propuesto | Protección propuesta | Caída de tensión bajo norma |
|------------|--------------------|------------------|-------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|
| K-14,16,18 | 3x15 A | 10 AWG | 5.86% | 8 AWG | 3x40 A | 3.93% |

Tabla 5.16 Circuito K del edificio SILADIN B, Interruptor que no protege a los conductores y propuesta del interruptor para la protección del circuito.

- Para el problema de caída de tensión en el tablero 'K' de este edificio.

| TABLERO | CIRCUITO | %e |
|---------|------------|------|
| K | (14,16,18) | 5.86 |

Se recomienda cambiar el conductor o quitar carga a los circuitos de la Tabla 5.17 y pasarlos a nuevos circuitos para así evitar que la caída sea mayor al 5%. Como se indica en el art. 210-19 de la NOM-001-SEDE-2005 (Ver anexo A).

TABLA 5.17 Caída de Tensión del circuito 14,16,18 del Tablero K.

- Es recomendable colocar la tapa del tablero 'K', para evitar accidentes, ya que en esa zona se manejan escobas y equipo de jardinería que pueden dañar la integridad del tablero y poner en riesgo a las personas que realizan maniobras en esta área.

| EDIFICIO | TABLERO | DESCRIPCIÓN |
|--------------|---------|--|
| SILADIN 'B'. | K | SIN TAPA |
| | M | INT. SUELTO CONECTADO A LA FASE B DENTRO DEL TABLERO |
| | TGS-B | OBSTRUIDO CON MATERIAL DE LIMPIEZA Y JARDINERIA |

TABLA 5.18 Anomalías de los Tableros del edificio SILADIN B.

- También se recomienda no almacenar equipo o materiales de ningún tipo en las distintas áreas asignadas para los tableros (Ver fotos 5.2 a 5.5), estos materiales dificultan las maniobras en los tableros en caso de una emergencia. Es importante que estén libres de obstáculos de acuerdo a las disposiciones de la NOM-001-SEDE-2005 Art. 110-16, (Ver anexo A).



FOTO 5.2 Tablero general SILADIN B.



FOTO 5.3 Tablero L del edificio SILADIN B.



FOTO 5.4 Tablero H del edificio SILADIN B.



FOTO 5.5 Tablero M del edificio SILADIN B.

- Este edificio no cumple con los DPEA adecuados para pasillos, se recomienda cambiar las lámparas fluorescentes 2x39 W, por 2x32 W.

5.6 Galerón.

- Se recomienda balancear los tableros de la Tabla 3.30, esto se lleva a cabo mediante la reconexión de carga, ayudados del DU unifilar y los cuadros de carga, procurando que la carga eléctrica se distribuya uniformemente.
- Se recomienda quitar carga de los circuitos de la Tabla 3.31, para evitar pérdidas considerables de energía por caída de tensión.
- Para el tablero A se debe colocar la tapa adecuada, ordenar los conductores adecuadamente, para el tablero B se recomienda colocar la tapa adecuada, ordenar los conductores, darle mantenimiento, quitar un interruptor suelto que está dentro del tablero, para el tablero C se recomienda ordenar los conductores, reconectar un interruptor termomagnético en el tablero y no de una de sus fases (Int. Suelto).
- Colocar barra de tierras en los tableros que posean tierra física.
- Para futuras instalaciones se recomienda colocar conductores debidamente marcados con el calibre, marca y tipo de conductor, con el fin de mantener una instalación segura.
- Se recomienda colocar los conductores adecuados en cuanto a color con el fin de tener una instalación eléctrica correctamente identificada.
- Se debe colocar la tapa de contacto según su capacidad. (220 V ó 127 V).
- Se deben colocar los conductores en una canalización que proteja dicho conductor con el fin de evitar un accidente.
- Se recomienda controlar la carga desde un solo tablero que corresponda a un área determinada, con el fin de tener correctamente identificada la carga.
- En base al análisis se recomienda reducir carga de alumbrado del auditorio y de los baños, debido a que rebasan el DPEA propuesto por la NOM-007.

5.7 Sustitución de alumbrado obsoleto por lámparas ahorradoras de energía.

Con base en las tablas de cada uno de los edificios del capítulo 2 donde se observan las lámparas que actualmente se encuentran, se pueden sustituir por nuevas y más eficientes, en la tabla [5.19] se recomienda realizar el cambio de lámparas T12 por T5, lo cual habla de una instalación con capacidad para ahorrar energía por sustitución de lámparas de menor consumo, en el caso del edificio W no se hizo ningún cambio debido a que ya cuenta con lámparas ahorradoras y no es necesario hacer un cambio más que los focos incandescentes A19 de 100 W.

| EDIFICIO | LÁMPARA ACTUAL | CANTIDAD | POT. LUM. C/BALASTRO | POTENCIA TOTAL [kW] | LÁMPARA PROPUESTA | CANTIDAD | POT. LUM. C/BALASTRO | POTENCIA TOTAL [kW] | AHORRO [KW] |
|-------------|----------------|----------|----------------------|---------------------|----------------------|----------|----------------------|---------------------|-----------------|
| CÓMPUTO | T8 2x32 W | 77 | 67.2 | 5.1744 | T5 2x24 W | 77 | 48 | 3.696 | 1.4784 |
| 'W' | A19 100 W | 4 | 100 | 0.4 | LFC 1X26 W | 3 | 27.3 | 0.0819 | 0.3181 |
| SILADIN 'A' | T12 2X39 W | 114 | 97.5 | 11.115 | T5 2X24 W | 114 | 48 | 5.472 | 5.643 |
| | A19 100 W | 3 | 100 | 0.3 | LFC 1X26 W | 3 | 27.3 | 0.0819 | 0.2181 |
| SILADIN 'B' | T12 2X39 W | 116 | 97.5 | 11.31 | T5 2X24 W | 116 | 48 | 5.568 | 5.742 |
| | Punta 250 W | 2 | 312.5 | 0.625 | Lamp. Inducc 100 W | 2 | 100 | 0.2 | 0.425 |
| | A19 100 W | 5 | 100 | 0.5 | LFC 23 W | 5 | 24.15 | 0.12075 | 0.37925 |
| GALERÓN | Reflector 400W | 12 | 500 | 6 | VAPOR DE SODIO 250 W | 12 | 250 | 3 | 3 |
| | T12 2X39 W | 115 | 97.5 | 11.2125 | T5 2X24 W | 115 | 48 | 5.52 | 5.6925 |
| | T12 2X75 W | 14 | 187.5 | 2.625 | T5 2X54 W | 14 | 108 | 1.512 | 1.113 |
| | | | TOTAL | 49.2619 | | | TOTAL | 25.25255 | 24.00935 |

TABLA 5.19 Sustitución de Lámparas ahorradoras para los edificios de Computo, W, SILADIN A, SILADIN B y Galerón.

La reducción total de carga instalada por sustitución es de 24 KW lo cual representa un 48.7 % de la carga total de alumbrado de todos los edificios.

5.8 Evaluación económica.

En la Tabla No. 5.20 Podemos observar los costos de energía mensual con las lámparas actualmente instaladas tomando en cuenta lo siguiente:

- Horario de labores de la dependencia de 6:00 a 22:00 horas.
- Horario intermedio de 6:00 a 18:00 horas (**14** horas de operación).
- Horario punta de 18:00 a 22:00 horas (**2** horas de operación), horario de invierno.
- **20** días de operación al mes.
- Tarifa HM región central (Costos de Energía promedio de 2010) y suponiendo un factor de demanda, F.D.= 1 para el sistema de alumbrado.

Se realizó cada edificio con el fin de poder realizar una de sustitución de alumbrado programado, según las necesidades y el presupuesto disponible por la dependencia.

Análisis de la facturación edificio de CÓMPUTO.

| LÁMPARAS ACTUALES PARA EL EDIFICIO DE CÓMPUTO | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------------------|---------------------|--------------------------|----------------|-----------|-----------|---------------------------|---------------|-------------|------------|-------------|----------------|
| LÁMPARA | CANTIDAD | POT. LUM. C/BALASTRO | POTENCIA TOTAL [kW] | CONSUMOS MENSUALES [kWh] | | | | COSTOS DE ENERGIA MENSUAL | | | | | |
| | | | | BASE KWh | INTERMEDIO KWh | PUNTA KWh | TOTAL KWh | BASE \$ | INTERMEDIO \$ | PUNTA \$ | TOTAL \$ | POTENCIA kW | TOTAL \$ |
| T8 2x32 W | 77 | 67.2 | 5.1744 | | 1448.832 | 206.976 | 1655.808 | | 1658.622874 | 385.7411712 | 2044.36404 | 819.62496 | 2863.99 |
| LFC 2X26 W | 100 | 52 | 5.2 | | 1456 | 208 | 1664 | | 1666.8288 | 387.6496 | 2054.4784 | 823.68 | 2878.16 |
| LFC 1X20 W | 6 | 20 | 0.12 | | 33.6 | 4.8 | 38.4 | | 38.46528 | 8.94576 | 47.41104 | 19.008 | 66.42 |
| Costo total de operación mensual: | | | | | | | | | | | | | 5808.57 |

TABLA 5.20 Lámparas Actuales del Edificio de Computo.

| LÁMPARAS PROPUESTAS PARA EL EDIFICIO DE CÓMPUTO | | | | | | | | | | | | | |
|---|----------|----------------------|---------------------|--------------------------|----------------|-----------|-----------|---------------------------|---------------|------------|------------|-------------|----------------|
| LÁMPARA | CANTIDAD | POT. LUM. C/BALASTRO | POTENCIA TOTAL [kW] | CONSUMOS MENSUALES [kWh] | | | | COSTOS DE ENERGIA MENSUAL | | | | | |
| | | | | BASE KWh | INTERMEDIO KWh | PUNTA KWh | TOTAL KWh | BASE \$ | INTERMEDIO \$ | PUNTA \$ | TOTAL \$ | POTENCIA kW | TOTAL \$ |
| T5 2x24 W | 77 | 48 | 3.696 | | 1034.88 | 147.84 | 1182.72 | | 1184.730624 | 275.529408 | 1460.26003 | 585.4464 | 2045.71 |
| LFC 2X26 W | 100 | 52 | 5.2 | | 1456 | 208 | 1664 | | 1666.8288 | 387.6496 | 2054.4784 | 823.68 | 2878.16 |
| LFC 1X20 W | 6 | 20 | 0.12 | | 33.6 | 4.8 | 38.4 | | 38.46528 | 8.94576 | 47.41104 | 19.008 | 66.42 |
| Costo total de operación mensual: | | | | | | | | | | | | | 4990.28 |

TABLA 5.21 Lámparas Propuestas del Edificio de Computo.

Se tiene un Ahorro en Costo de Energía (ACE) de \$9819.39 anual en el Edificio de Cómputo.

Periodo de Retorno (PR):

$$PR = \frac{\text{Inversión}}{\text{ACE}} :$$

ACE: Ahorro Costo de Energía Eléctrica.

| LÁMPARA PROPUESTA | CANTIDAD | C/LÁMPARA | C/BALASTRO | C/LUMINARIO | TOTAL |
|-------------------|----------|-----------|------------|-------------|-------------|
| T5 2x24 W | 77 | \$127.70 | \$163.13 | \$423.00 | \$54,964.91 |
| LFC 2X26 W | | | | | |
| LFC 1X20 W | | | | | |
| INVERSION TOTAL | | | | | \$54,964.91 |

TABLA 5.22 Precio de las Lámparas Propuestas del Edificio de Computo.

| EDIFICIO | ACE/año | Inversion (\$) | PR (años) |
|---------------------|---------|----------------|-----------|
| EDIFICIO DE CÓMPUTO | 9819.39 | 54964.91 | 5.60 |

TABLA 5.23 PR del Edificio de Computo.

Como podemos observar la recuperación del proyecto parece lenta, sin embargo se debe considerar que dicho cambio de tecnología tiene varios beneficios, entre ellos la tecnología de las T5 permiten evitar un nuevo reemplazo a largo plazo; ya que las tecnología T8 que podría haber sido la otra opción de reemplazo tenderá a ser sustituida por T5, por lo que se realizó un ahorro adicional al mudar directamente de T12 a T5.

Cabe aclarar que no es necesario que se sustituya al mismo tiempo todas las lámparas, se puede realizar un programa de sustitución a mediano plazo para ir sustituyendo las lámparas de acuerdo al presupuesto de la dependencia.

Análisis de la facturación edificio 'W'.

| LÁMPARAS ACTUALES PARA EL EDIFICIO 'W' | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|----------------------|---------------------|--------------------------|------------|---------|----------|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| LÁMPARA | CANTIDAD | POT. LUM. C/BALASTRO | POTENCIA TOTAL [kW] | CONSUMOS MENSUALES [kWh] | | | | COSTOS DE ENERGIA MENSUAL | | | | | |
| | | | | BASE | INTERMEDIO | PUNTA | TOTAL | BASE | INTERMEDIO | PUNTA | TOTAL | POTENCIA | TOTAL |
| | | | | kWh | kWh | kWh | kWh | \$ | \$ | \$ | \$ | kW | \$ |
| T5 3X14 W | 140 | 44.1 | 6.174 | | 1728.72 | 246.96 | 1975.68 | | 1979.03866 | 460.259352 | 2439.29801 | 977.9616 | 3417.25961 |
| T8 2X32 W | 122 | 67.2 | 8.1984 | | 2295.552 | 327.936 | 2623.488 | | 2627.94793 | 611.174323 | 3239.12225 | 1298.62656 | 4537.74881 |
| A19 100 W | 4 | 100 | 0.4 | | 112 | 16 | 128 | | 128.2176 | 29.8192 | 158.0368 | 63.36 | 221.3968 |
| Costo total de operación mensual: | | | | | | | | | | | | 8176.40522 | |

TABLA 5.24 Lámparas Actuales del Edificio W.

| LÁMPARAS ACTUALES PARA EL EDIFICIO 'W' | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|----------------------|---------------------|--------------------------|------------|---------|----------|---------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| LÁMPARA | CANTIDAD | POT. LUM. C/BALASTRO | POTENCIA TOTAL [kW] | CONSUMOS MENSUALES [kWh] | | | | COSTOS DE ENERGIA MENSUAL | | | | | |
| | | | | BASE | INTERMEDIO | PUNTA | TOTAL | BASE | INTERMEDIO | PUNTA | TOTAL | POTENCIA | TOTAL |
| | | | | kWh | kWh | kWh | kWh | \$ | \$ | \$ | \$ | kW | \$ |
| T5 3X14 W | 140 | 44.1 | 6.174 | | 1728.72 | 246.96 | 1975.68 | | 1979.03866 | 460.259352 | 2439.29801 | 977.9616 | 3417.25961 |
| T8 2X32 W | 122 | 67.2 | 8.1984 | | 2295.552 | 327.936 | 2623.488 | | 2627.94793 | 611.174323 | 3239.12225 | 1298.62656 | 4537.74881 |
| LFC 1X26 W | 3 | 27.3 | 0.0819 | | 22.932 | 3.276 | 26.208 | | 26.252536 | 6.1054812 | 32.3580348 | 12.97296 | 45.3309948 |
| Costo total de operación mensual: | | | | | | | | | | | | 8000.33942 | |

TABLA 5.25 Lámparas Propuestas del Edificio W.

Se tiene un Ahorro en Costo de Energía (ACE) de \$2112.79 anual en el Edificio 'W'.

Periodo de Retorno (PR):

$$PR = \frac{\text{Inversión}}{\text{ACE}} :$$

ACE: Ahorro Costo de Energía Eléctrica.

| LÁMPARA PROPUESTA | CANTIDAD | C/LÁMPARA | C/BALASTRO | C/LUMINARIO | TOTAL |
|-------------------|----------|-----------|------------|-----------------|----------|
| T5 3X14 W | 77 | | | | |
| T8 2X32 W | 100 | | | | |
| LFC 1X26 W | 4 | | \$193.00 | | \$772.00 |
| | | | | INVERSION TOTAL | \$772.00 |

TABLA 5.26 Precio de las Lámparas Propuestas del Edificio W.

| EDIFICIO | ACE/año | Inversion (\$) | PR (años) |
|--------------|---------|----------------|-----------|
| EDIFICIO 'W' | 2112.79 | 772 | 0.37 |

TABLA 5.27 PR del Edificio W.

Como podemos observar la recuperación del proyecto es muy rápida., debido a que solo se sustituyen lámparas fluorescentes compactas además de que la cantidad de estas lámparas son escasas, por tal razón este edificio puede omitirse, sin embargo se debe considerar que este cambio de tecnología tiene varios beneficios, ya que obtenemos tanto beneficios económicos, esto hablando por año y un ahorro de energía muy indispensable.

Análisis de la facturación edificio SILADIN 'A'.

| LÁMPARAS ACTUALES PARA EL EDIFICIO SILADIN 'A' | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|----------------------|---------------------|--------------------------|------------|-------|--------|---------------------------|------------|-----------|------------|----------|---------|
| LÁMPARA | CANTIDAD | POT. LUM. C/BALASTRO | POTENCIA TOTAL [kW] | CONSUMOS MENSUALES [kWh] | | | | COSTOS DE ENERGIA MENSUAL | | | | | |
| | | | | BASE | INTERMEDIO | PUNTA | TOTAL | BASE | INTERMEDIO | PUNTA | TOTAL | POTENCIA | TOTAL |
| | | | | kWh | kWh | kWh | kWh | \$ | \$ | \$ | \$ | kW | \$ |
| T12 2X39 W | 114 | 97.5 | 11.115 | | 3112.2 | 444.6 | 3556.8 | | 3562.84656 | 828.60102 | 4391.44758 | 1760.616 | 6152.06 |
| A19 100 W | 3 | 100 | 0.3 | | 84 | 12 | 96 | | 96.1632 | 22.3644 | 118.5276 | 47.52 | 166.05 |
| Foco 200 W | 1 | 200 | 0.2 | | 56 | 8 | 64 | | 64.1088 | 14.9096 | 79.0184 | 31.68 | 110.70 |
| Costo total de operación mensual: | | | | | | | | | | | | 6428.81 | |

TABLA 5.28 Lámparas Actuales del Edificio SILADIN 'A'.

| LÁMPARAS ACTUALES PARA EL EDIFICIO SILADIN 'A' | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|----------------------|---------------------|--------------------------|------------|--------|---------|---------------------------|-------------|------------|-------------|----------|---------|
| LÁMPARA | CANTIDAD | POT. LUM. C/BALASTRO | POTENCIA TOTAL [kW] | CONSUMOS MENSUALES [kWh] | | | | COSTOS DE ENERGIA MENSUAL | | | | | |
| | | | | BASE | INTERMEDIO | PUNTA | TOTAL | BASE | INTERMEDIO | PUNTA | TOTAL | POTENCIA | TOTAL |
| | | | | kWh | kWh | kWh | kWh | \$ | \$ | \$ | \$ | kW | \$ |
| T5 2X24 W | 114 | 48 | 5.472 | | 1532.16 | 218.88 | 1751.04 | | 1754.016768 | 407.926656 | 2161.943424 | 866.7648 | 3028.71 |
| LFC 1X26 W | 3 | 27.3 | 0.0819 | | 22.932 | 3.276 | 26.208 | | 26.2525536 | 6.1054812 | 32.3580348 | 12.97296 | 45.33 |
| foco 200 W | 1 | 200 | 0.2 | | 56 | 8 | 64 | | 64.1088 | 14.9096 | 79.0184 | 31.68 | 110.70 |
| Costo total de operación mensual: | | | | | | | | | | | | 3184.74 | |

TABLA 5.29 Lámparas Propuestas del Edificio SILADIN 'A'.

Se tiene un Ahorro en Costo de Energía (ACE) de \$38,928.86 anual en el Edificio SILADIN 'A'.

Periodo de Retorno (PR):

$$PR = \frac{\text{Inversión}}{\text{ACE}}$$

ACE: Ahorro Costo de Energía Eléctrica.

| LÁMPARA PROPUESTA | CANTIDAD | C/LÁMPARA | C/BALASTRO | C/LUMINARIO | TOTAL |
|-------------------|----------|-----------|------------|-----------------|-------------|
| T5 2X24 W | 114 | \$127.70 | \$163.13 | \$423.00 | \$81,376.62 |
| LFC 1X26 W | 3 | | \$193.00 | | \$579.00 |
| foco 200 W | 1 | | | | |
| | | | | INVERSION TOTAL | \$81,955.62 |

TABLA 5.30 Precio de las Lámparas Propuestas del Edificio SILADIN 'A'.

| EDIFICIO | ACE/año | Inversion (\$) | PR (años) |
|-------------|----------|----------------|-----------|
| SILADIN 'A' | 38928.86 | 81955.62 | 2.11 |

TABLA 5.31 PR del Edificio SILADIN 'A'.

En este edificio la recuperación es rápida, y por tal razón se considera que esta muda de tecnología tiene varios beneficios, entre ellos la tecnología de las T5 permiten evitar un nuevo reemplazo a largo plazo. Se aclara que no es necesario que se sustituya al mismo tiempo todas las lámparas, se puede realizar un programa de sustitución a mediano plazo para ir sustituyendo las lámparas de acuerdo al presupuesto de la dependencia.

Análisis de la facturación edificio SILADIN 'B'.

| LÁMPARAS ACTUALES PARA EL EDIFICIO SILADIN 'B' | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|----------------------|---------------------|--------------------------|------------|-------|--------|---------------------------|------------|-----------|------------|----------|---------|
| LÁMPARA | CANTIDAD | POT. LUM. C/BALASTRO | POTENCIA TOTAL [kW] | CONSUMOS MENSUALES [kWh] | | | | COSTOS DE ENERGIA MENSUAL | | | | | |
| | | | | BASE | INTERMEDIO | PUNTA | TOTAL | BASE | INTERMEDIO | PUNTA | TOTAL | POTENCIA | TOTAL |
| | | | | kWh | kWh | kWh | kWh | \$ | \$ | \$ | \$ | kW | \$ |
| T12 2X39 W | 116 | 97.5 | 11.31 | | 3166.8 | 452.4 | 3619.2 | | 3625.35264 | 843.13788 | 4468.49052 | 1791.504 | 6259.99 |
| Punta 250 W | 2 | 312.5 | 0.625 | | 175 | 25 | 200 | | 200.34 | 46.5925 | 246.9325 | 99 | 345.93 |
| A19 100 W | 5 | 100 | 0.5 | | 140 | 20 | 160 | | 160.272 | 37.274 | 197.546 | 79.2 | 276.75 |
| Reflector 400W | 12 | 500 | 6 | | 1680 | 240 | 1920 | | 1923.264 | 447.288 | 2370.552 | 950.4 | 3320.95 |
| Costo total de operación mensual: | | | | | | | | | | | | 10203.63 | |

TABLA 5.32 Lámparas Actuales del Edificio SILADIN 'B'.

| LÁMPARAS ACTUALES PARA EL EDIFICIO SILADIN 'B' | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|----------------------|---------------------|--------------------------|------------|--------|---------|---------------------------|-------------|------------|------------|----------|---------|
| LÁMPARA | CANTIDAD | POT. LUM. C/BALASTRO | POTENCIA TOTAL [kW] | CONSUMOS MENSUALES [kWh] | | | | COSTOS DE ENERGIA MENSUAL | | | | | |
| | | | | BASE | INTERMEDIO | PUNTA | TOTAL | BASE | INTERMEDIO | PUNTA | TOTAL | POTENCIA | TOTAL |
| | | | | kWh | kWh | kWh | kWh | \$ | \$ | \$ | \$ | kW | \$ |
| T5 2X24 W | 116 | 48 | 5.568 | | 1559.04 | 222.72 | 1781.76 | | 1784.788992 | 415.083264 | 2199.87226 | 881.9712 | 3081.84 |
| Lamp. Inducc 100 W | 2 | 100 | 0.2 | | 56 | 8 | 64 | | 64.1088 | 14.9096 | 79.0184 | 31.68 | 110.70 |
| LFC 23 W | 5 | 24.15 | 0.12075 | | 33.81 | 4.83 | 38.64 | | 38.705688 | 9.001671 | 47.707359 | 19.1268 | 66.83 |
| VAPOR DE SODIO 250 W | 12 | 250 | 3 | | 840 | 120 | 960 | | 961.632 | 223.644 | 1185.276 | 475.2 | 1660.48 |
| Costo total de operación mensual: | | | | | | | | | | | | 4919.85 | |

TABLA 5.33 Lámparas Propuestas del Edificio SILADIN 'B'.

Se tiene un Ahorro en Costo de Energía (ACE) de \$63,405.68 anual en el Edificio SILADIN 'B'.

Periodo de Retorno (PR):

$$PR = \frac{\text{Inversión}}{\text{ACE}}$$

ACE: Ahorro Costo de Energía Eléctrica.

| LÁMPARA PROPUESTA | CANTIDAD | C/LÁMPARA | C/BALASTRO | C/LUMINARIO | TOTAL |
|------------------------|----------|-----------|------------|-------------|--------------------|
| T5 2X24 W | 116 | \$127.70 | \$163.13 | \$423.00 | \$82,804.28 |
| Lamp. Inducc 100 W | 2 | | | | |
| LFC 23 W | 5 | \$193.00 | | | \$965.00 |
| VAPOR DE SODIO 250 W | 12 | | | | |
| INVERSION TOTAL | | | | | \$83,769.28 |

TABLA 5.34 Precio de las Lámparas Propuestas del Edificio SILADIN 'B'.

| EDIFICIO | ACE/año | Inversion (\$) | PR (años) |
|-------------|----------|----------------|-----------|
| SILADIN 'B' | 63405.28 | 83769.28 | 1.32 |

TABLA 5.35 PR del Edificio SILADIN 'B'.

Como podemos observar la recuperación del proyecto está relativamente en el corto plazo, por tal razón es bastante conveniente hacer la sustitución de las lámparas pues esta muda de tecnología tiene varios beneficios, entre ellos la tecnología de las T5 permiten evitar un nuevo reemplazo a largo plazo. Además de que se tendrá una recuperación de la inversión muy rápida. Cabe aclarar que no es necesario que se sustituya al mismo tiempo todas las lámparas, se puede realizar un programa de sustitución a mediano o corto plazo para ir sustituyendo las lámparas de acuerdo al presupuesto de la dependencia.

Análisis de la facturación edificio GALERÓN.

| LÁMPARAS ACTUALES PARA EL GALERÓN | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|-------------------------|------------------------|--------------------------|------------|-------|-------|---------------------------|------------|-----------|------------|----------|---------|
| LÁMPARA | CANTIDAD | POT. LUM. C/BALASTRO | POTENCIA TOTAL [kW] | CONSUMOS MENSUALES [kWh] | | | | COSTOS DE ENERGIA MENSUAL | | | | | |
| | | | | BASE | INTERMEDIO | PUNTA | TOTAL | BASE | INTERMEDIO | PUNTA | TOTAL | POTENCIA | TOTAL |
| | | | | kWh | kWh | kWh | kWh | \$ | \$ | \$ | \$ | kW | \$ |
| T12 2X39 W | 115 | 97.5 | 11.2125 | | 3139.5 | 448.5 | 3588 | | 3594.0996 | 835.86945 | 4429.96905 | 1776.06 | 6206.03 |
| T12 2X75 W | 14 | 187.5 | 2.625 | | 735 | 105 | 840 | | 841.428 | 195.6885 | 1037.1165 | 415.8 | 1452.92 |
| PAR 150 W | 20 | 150 | 3 | | 840 | 120 | 960 | | 961.632 | 223.644 | 1185.276 | 475.2 | 1660.48 |
| PAR 75 W | 8 | 75 | 0.6 | | 168 | 24 | 192 | | 192.3264 | 44.7288 | 237.0552 | 95.04 | 332.10 |
| Costo total de operación mensual: | | | | | | | | | | | | | 9651.52 |

TABLA 5.36 Lámparas Actuales del Edificio GALERÓN.

| LÁMPARAS ACTUALES PARA EL GALERÓN | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------|-------------------------|------------------------|--------------------------|------------|-------|--------|---------------------------|------------|------------|------------|----------|---------|
| LÁMPARA | CANTIDAD | POT. LUM. C/BALASTRO | POTENCIA TOTAL [kW] | CONSUMOS MENSUALES [kWh] | | | | COSTOS DE ENERGIA MENSUAL | | | | | |
| | | | | BASE | INTERMEDIO | PUNTA | TOTAL | BASE | INTERMEDIO | PUNTA | TOTAL | POTENCIA | TOTAL |
| | | | | kWh | kWh | kWh | kWh | \$ | \$ | \$ | \$ | kW | \$ |
| T5 2X24 W | 115 | 48 | 5.52 | | 1545.6 | 220.8 | 1766.4 | | 1769.40288 | 411.50496 | 2180.90784 | 874.368 | 3055.28 |
| T5 2X54 W | 14 | 108 | 1.512 | | 423.36 | 60.48 | 483.84 | | 484.662528 | 112.716576 | 597.379104 | 239.5008 | 836.88 |
| PAR 150 W | 20 | 150 | 3 | | 840 | 120 | 960 | | 961.632 | 223.644 | 1185.276 | 475.2 | 1660.48 |
| PAR 75 W | 8 | 75 | 0.6 | | 168 | 24 | 192 | | 192.3264 | 44.7288 | 237.0552 | 95.04 | 332.10 |
| Costo total de operación mensual: | | | | | | | | | | | | | 5884.73 |

TABLA 5.37 Lámparas Propuestas del Edificio GALERÓN.

Se tiene un Ahorro en Costo de Energía (ACE) de \$45,201.48 anual en el Edificio GALERÓN.

Periodo de Retorno (PR):

$$PR = \frac{\text{Inversión}}{\text{ACE}}$$

ACE: Ahorro Costo de Energía Eléctrica.

| LÁMPARA PROPUESTA | CANTIDAD | C/LÁMPARA | C/BALASTRO | C/LUMINARIO | TOTAL |
|------------------------|----------|-----------|------------|-------------|--------------------|
| T5 2X24 W | 115 | \$127.70 | \$163.13 | \$423.00 | \$82,090.45 |
| T5 2X54 W | 14 | \$127.70 | \$163.13 | \$534.00 | \$11,547.62 |
| PAR 150 W | 20 | | | | |
| PAR 75 W | 8 | | | | |
| INVERSION TOTAL | | | | | \$93,638.07 |

TABLA 5.38 Precio de las Lámparas Propuestas del Edificio GALERÓN.

| EDIFICIO | ACE/año | Inversion (\$) | PR (años) |
|----------|----------|----------------|-----------|
| GALERÓN | 45201.48 | 93638.07 | 2.07 |

TABLA 5.39 PR del Edificio GALERÓN.

En este edificio la recuperación es en mediano plazo, lo que significa que es muy viable el cambio de las lámparas además de que se considera que dicho cambio de tecnología tiene varios beneficios, entre ellos que la tecnología de las T5 permite evitar un nuevo reemplazo a largo plazo; se aclara que no es necesario que se sustituya al mismo tiempo todas las lámparas, se puede realizar un programa de sustitución a mediano plazo para ir sustituyendo las lámparas de acuerdo al presupuesto de la dependencia.

CAPITULO 6

Conclusiones.

Se participó activamente en cada una de las etapas del levantamiento eléctrico de lámparas, contactos, tableros de distribución y equipo de fuerza (motores) de cada dependencia solicitada: SILADIN, edificio de cómputo, edificio W Y edificio Galerón.

Posteriormente realizamos el análisis y las recomendaciones pertinentes para que la dependencia recomendando las modificaciones necesarias a la instalación eléctrica para que esta funcionara correctamente y de manera segura, como lo recomienda la NOM-001-SEDE-2005. Ya que mantener una instalación bajo norma, implica minimizar los gastos por reparación de la instalación eléctrica.

Se llevó a cabo la identificación de la carga, es decir de qué tablero se alimentaba cada lámpara, contacto y motor, con el fin de cuantificar la carga instalada, ya que esta información se utilizó para el cálculo de cuadros de carga, cálculo de caídas de tensión, de la corriente de corto circuito que a su vez nos permitió proponer una malla para la subestación y dejar correctamente protegida la subestación ante un corto circuito.

Colaboramos en el levantamiento de cada tablero dentro de las dependencias antes mencionadas, esta información era requerida para el cálculo de caída de tensión de cada circuito y para dar un dictamen de la instalación eléctrica bajo los lineamientos de la NOM-001-SEDE-2005.

Se realizó el diagrama unifilar indicando, la localización de la acometida, interruptor general y del equipo principal incluyendo tableros generales de distribución, también se calcularon las caídas de tensión y longitudes de los alimentadores.

Ubicamos tuberías en los planos de la instalación eléctrica de los edificios antes mencionados, con el fin de encontrar trayectorias de alimentación y colocar la cédula de cableado correspondiente en cada trayectoria y finalmente corroborar que las tuberías no estuvieran saturadas.

Se realizó la medición de la resistividad del terreno, para lo cual se utilizamos el megger, esta medición fue necesaria para realizar la propuesta de la malla del sistema de tierra para la subestación, utilizamos el método del puente de Wenner, el cual se explicó anteriormente (Ver capítulo 1.4).

Una vez encontrada la carga instalada en el CCH Vallejo, se procedió a encontrar la impedancia debida a esa carga de cada edificio, impedancia de los alimentadores, impedancia de los motores y así poder encontrar finalmente la corriente de corto circuito, así mediante el método de las componentes simétricas se calculó:

- Corriente de corto circuito trifásica del lado de alta del transformador.
- Corriente monofásica del lado de alta del transformador.
- Corriente de corto circuito trifásica del lado de baja del transformador.
- Corriente de corto circuito monofásica del lado de baja del transformador.

Con base en estos cálculos se llegó a la conclusión de que la corriente monofásica del lado de baja tensión fue mayor (Ver capítulo 5), por lo que se calculó la malla de la subestación con base a esta corriente, ya que este sería el peor de los casos de corto circuito, la malla del sistema de tierras fue calculada mediante la IEEE-STD 80-2000.

Elaboramos el comparativo de DPEA instalado en el CCH Vallejo con la norma (NOM-007-ENER-2004), donde se indicó a la dependencia donde puede ahorrar energía al bajar la carga instalada dado que se encuentra por arriba de los DPEAS permitidos.

Como aportaciones podemos decir que los trabajos realizados en el Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Vallejo, aportan seguridad y eficiencia en las instalaciones eléctricas; ya que el análisis de la instalación eléctrica bajo la NOM-001-SEDE-2005 puntualizamos las correcciones necesarias para el seguro y correcto funcionamiento de las instalaciones, lo cual beneficia en primer lugar a la comunidad universitaria dentro del CCH Vallejo, ya que se evita realizar gastos en reparación de las instalaciones por falla eléctrica, efectos térmicos, sobrecorrientes y de igual manera minimizar los daños por accidentes para el personal que labora en la dependencia, garantizando la utilización segura de la energía eléctrica.

Dibujamos y entregamos los cuadros de carga de cada área, se revisamos que las protecciones fueran las adecuadas al conductor, ya que si se permite que circule una corriente mayor a la nominal permisible del

conductor, se corre el riesgo de que se dañe el aislamiento del conductor por sobrecalentamientos y posteriormente ocasionar una falla a tierra o entre fases.

Se revisó que las protecciones fueran la adecuada a la carga, ya que si la corriente de carga rebasa la corriente de protección, siendo que esta fue mal calculada y el interruptor está por debajo de la corriente nominal, este operará sin que haya una corriente que pueda dañar el aislamiento, interrumpiendo la continuidad de la energía.

Establecimos los lugares donde existen extensiones donde se usan como si fueran de uso permanente, siendo que una extensión solo debe ser temporal, así que la dependencia, debe corregir esta irregularidad, ya que puede ocasionar un accidente de corto circuito, ya que toda trayectoria debe estar protegida por un tubo de PVC o tubería conduit que proteja el conductor de un posible esfuerzo mecánico que ocasione un corto circuito.

En los planos entregados se colocaron, las cargas de cada nivel, la cédula de cableado de cada tubería ubicada, la cual fácilmente nos indica si la tubería está saturada o si se encuentra con un factor de relleno adecuado, lo cual evita un sobrecalentamiento en los conductores y mínimos daños al forro del conductor cuando se introdujo en la tubería, lo cual minimiza el riesgo de corto circuito entre conductores dentro de la tubería.

También se aportó las ubicaciones en el diagrama unifilar donde se presentan pérdidas eléctricas por caída de tensión, la corrección de estas irregularidades se transforman en un ahorro de energía y se prolonga la vida útil de los aparatos eléctricos, ya que si no hay caídas de tensión mayores a las del +/- 10%, los aparatos tienden a cumplir con su vida útil nominal.

Entregamos una memoria de cálculo la cual contiene la medición del terreno y el cálculo de la corriente de corto circuito, datos que sirvieron para la construcción de la malla del sistema de tierras para la subestación, la cual está basada en la IEE-STD 80-2000. La cual protege tanto a personal que se encuentre en la subestación o cerca de la misma en caso de corriente de corto circuito, asegurando un potencial bajo en las estructuras de contacto y de paso, para evitar daños físicos a personas alrededor de la subestación en caso de un corto circuito.

Se entregó a la dependencia un análisis de densidad de potencia de alumbrado (DPEA) de los edificios Galerón, conjunto SILADIN y W, en los cuales se especificó en que puntos se tiene que reducir la carga, con lo cual se tendría un ahorro de energía, gracias a este estudio observamos que hay una gran cantidad de lámparas fluorescentes T12, las cuales pueden ser sustituidas por T8, reduciendo el DPEA de los diferentes edificios, aproximadamente de un 25% en pérdidas por balastro a un 5%, ya que con un balastro electrónico y lámpara T8 se mantiene el flujo luminoso que se tenía y se reduce el consumo de watts así como las pérdidas del balastro.

Finalmente podemos decir que los trabajos realizados para el CCH Vallejo, los llevamos a cabo satisfactoriamente, entregando planos actualizados de las instalaciones eléctricas; verificando que cumplan con las Normas Oficiales Mexicanas de instalaciones eléctricas (NOM-001-SEDE-2005) y se encuentren en condiciones adecuadas para su buen funcionamiento, puntualizando las correcciones necesarias.

Se entregó la memoria de cálculo de corriente de corto circuito para el transformador de 750KVA, en el lado de alta del transformador y en el lado de baja del mismo, concluyendo que los interruptores actualmente instalados son los adecuados, ya que tanto para el interruptor que protege el lado de 23,000 kV la corriente de corto circuito obtenida no supera la corriente de corto circuito de protección del interruptor, de igual manera para el interruptor de baja tensión, la corriente de corto circuito no supera la corriente de protección ante corto circuito del interruptor.

Entregando la memoria de cálculo de la malla de la subestación para el transformador de 750 KVA, la cual fue diseñada bajo la IEEE-STD 80-2000, con lo cual garantizamos que esta malla fue diseñada con bases científicas para garantizar la seguridad de las personas que se encuentren en las proximidades de la subestación durante un corto circuito si es el caso, ya que se diseñó la malla de tal manera que se cumplan con los potenciales tolerables para el cuerpo humano, potenciales de contacto y de paso.

El análisis de la densidad de potencia de alumbrado instalaciones de alumbrado permitió calificar a los edificios como buenos respecto a cada DPEA calculado para cada área según la dependencia, ya que en ningún área considerada grande se requiere disminuir la carga instalada porque no está por encima de los límites establecidos por la NOM-007-ENER-2004, sin embargo pudimos observar que se tienen una gran cantidad de lámparas fluorescentes T12, las cuales al tener un balastro electromagnético y una tecnología ya vieja de los 70's en la

lámpara fluorescente, se recomienda cambiar estas lámparas por fluorescentes T5, las cuales mantienen el mismo flujo luminoso y reducen la potencia consumida en relación a las T12 del 20%, esto debido a su balastro electrónico, gracias a la tecnología de la lámpara se puede reducir la potencia y reducir a 5% las pérdidas por el balastro.

Gracias a la evaluación económica se pudo apreciar que el cambio de lámparas es muy conveniente ya que tenemos un ahorro de energía y por lo tanto un ahorro económico, lo cual es muy importante para la dependencia, con esta propuesta de sustitución de lámparas se notó que en el edificio de cómputo la inversión es a largo plazo, lo cual nos quiere decir que ese edificio no es muy conveniente en este momento hacer el cambio de lámparas, aunque puede considerarse la sustitución de acuerdo con el presupuesto de la dependencia.

En el caso del edificio 'W' la sustitución es a corto plazo, quiere decir que en menos de un año se recupera la inversión, esto se debe a que este edificio ya cuenta con lámparas eficientes que no se deben de cambiar, además la sustitución es en cantidades bajas, solo cuatro lámparas para sustituir, lo cual quiere decir que esta sustitución sería inmediata.

En el SILADIN 'A' tenemos una recuperación a mediano plazo puesto que la inversión es de poco más de 2 años, esto nos lleva a que es importante hacer el cambio de las lámparas, el tiempo no es mucho y además se tendrían muy buenos beneficios económicos a futuro.

En el SILADIN 'B' tenemos que nuestro tiempo de recuperación es bastante viable pues el tiempo es bastante corto, apenas 1.32 años que equivale a casi un año cuatro meses, ya en un año y medio se empezaría a tener utilidades a causa del ahorro de energía.

Con el edificio GALERÓN tenemos que la recuperación es a mediano plazo, después de 2 años ya se tendría la inversión recuperada.

Cabe señalar que el tiempo de recuperación de la inversión son muy buenos puesto que no se toma en cuenta el costo mano de obra, pero esto es porque la dependencia tiene trabajadores que harían dicho trabajo de sustitución.

Se realizaron estos trabajos con el fin de cumplir con los requisitos que pide la compañía suministradora LyFC, los cuales fueron llevados a buen término, concluyendo satisfactoriamente el objetivo.

6 Bibliografía.

- Raúl Martín, José. Diseño de subestaciones eléctricas, México, UNAM, Facultad de Ingeniería, 2ª. Ed., 2000, paginas 245-290.
- Viqueira Landa, Jacinto. Redes Eléctricas 2, México, UNAM, Facultad de Ingeniería. 2004.
- Ángeles. Javier, Instalaciones eléctricas residenciales, Impreso por Schneider Electric.
- Ángeles. Javier, Instalaciones eléctricas industriales y comerciales, Impreso por Schneider Electric.
- Norma oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005, Instalaciones eléctricas. (Utilización).
- Norma Oficial Mexicana NOM-007-ENER-2005, Eficiencia Energética en sistemas de alumbrado en edificios no residenciales.
- Comisión Federal de Electricidad, enero 2005, especificación CFE L0000-45-2005, (Forma de onda I y V suministro), "Desviaciones permisibles en las formas de onda de tensión y corriente en el suministro y consumo de energía eléctrica"
- Diario oficial de la federación. Reglamento de la ley del servicio público de energía eléctrica, México DF 1993.
- IEEE guía de seguridad de puesta a tierra en una subestación de AC. (IEEE Std 80-2000), The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Park Avenue, New York, USA, 2000.
- Medición de sistemas de tierra. NMX-J-549-ANCE-2005.

Referencias de Internet.

- Página web, Tema: Antecedentes de las instalaciones CCH Vallejo, <http://www.cch.unam.mx/antecedentes.php>, fecha de visita: 15 de septiembre 2009.
- Página web, Tema: Nomenclatura de las potencias según el tipo de motor, http://www.engineeringtoolbox.com/locked-rotor-code-d_917.html, fecha de visita: 24 de octubre 2010.

Anexo A.

Artículos utilizados de la NOM-001-SEDE-2005.

110-3. Instalación y uso de los equipos. Los equipos y en general los productos eléctricos utilizados en las instalaciones eléctricas deben usarse o instalarse de acuerdo con las indicaciones incluidas en la etiqueta, instructivo o marcado.

110-14. Conexiones eléctricas. Debido a las diferentes características del cobre y del aluminio, deben usarse conectadores o uniones a presión y terminales soldables apropiados para el material del conductor e instalarse adecuadamente. No deben unirse terminales y conductores de materiales distintos, como cobre y aluminio, a menos que el dispositivo esté identificado (aprobado conforme con lo establecido en 110-2) para esas condiciones de uso. Si se utilizan materiales como soldadura, fundentes o compuestos, deben ser adecuados para el uso y de un tipo que no cause daño a los conductores, sus aislamientos, la instalación o a los equipos.

a) Empalmes. Los conductores deben empalmarse con dispositivos adecuados según su uso o con soldadura de bronce, soldadura al arco o soldadura con un metal de aleación fundible. Los empalmes soldados deben unirse primero, de forma que aseguren, antes de soldarse, una conexión firme, tanto mecánica como eléctrica. Los empalmes, uniones y extremos libres de los conductores deben cubrirse con un aislamiento equivalente al de los conductores o con un dispositivo aislante adecuado.

110-16. Espacio de trabajo alrededor de equipo eléctrico (de 600 V nominales o menos). Alrededor de todo equipo eléctrico debe existir y mantenerse un espacio de acceso y de trabajo suficiente que permita el funcionamiento y el mantenimiento rápido y seguro de dicho equipo.

210-7. Receptáculos y conectores para cordones

a) Con conexión de puesta a tierra. Los receptáculos instalados en circuitos derivados de 15 A y 20 A debe ser con conexión de puesta a tierra. Los receptáculos con conexión de puesta a tierra deben instalarse sólo en circuitos para la tensión y corriente eléctricas para las cuales están clasificados, excepto lo establecido en las Tablas 210-21(b)(2) y (b)(3). **d) Reemplazo de receptáculos.** Cuando se reemplacen receptáculos deben cumplirse las siguientes condiciones (1), (2) y (3) cuando proceda.

1) Cuando haya instalado un medio de puesta a tierra o un conductor de puesta a tierra en la envolvente del receptáculo, según la Excepción de la Sección 250-50(b), deben utilizarse receptáculos con conexión de puesta a tierra y deben conectarse al conductor de tierra, según 210-7(c) o de acuerdo a la Excepción de 250-50(b).

2) Cuando se reemplacen receptáculos protegidos con interruptor de circuito por falla a tierra, deben ser sustituidos sólo por otros del mismo tipo, en donde sea requerido por esta NOM.

3) Cuando no haya conductor de puesta a tierra en la envolvente del receptáculo, la instalación debe cumplir las siguientes condiciones:

210-19. Conductores: Tamaño nominal del conductor y capacidad de conducción de corriente mínimos General. Los conductores de los circuitos derivados deben tener una capacidad de conducción de corriente no-menor a la carga máxima que alimentan. Además, los conductores de circuitos derivados de salidas múltiples que alimenten a receptáculos para cargas portátiles conectadas con cordón y clavija, deben tener una capacidad de conducción de corriente no-menor a la capacidad nominal del circuito derivado. Los cables armados cuyo conductor neutro sea más pequeño que los conductores de fase, deben marcarse de esa manera (indicando el tamaño del neutro). 210-19. Conductores: Tamaño nominal del conductor y capacidad de conducción de corriente mínimos

a) NOTA 4: Los conductores de circuitos derivados como están definidos en el Artículo 100, dimensionados para evitar una caída de tensión eléctrica superior a 3% en la salida más lejana que alimente a cargas de calefacción, alumbrado o cualquier combinación de ellas y en los que la caída máxima de tensión eléctrica de los circuitos alimentadores y derivados hasta la toma de corriente eléctrica más lejana no supere 5%, proporcionarán una razonable eficacia de funcionamiento. Para la caída de tensión eléctrica de los conductores de los circuitos alimentadores.

210-20. Protección contra sobrecorriente. Los conductores de circuitos derivados y equipos deben estar protegidos mediante dispositivos de protección contra sobrecorriente con una capacidad nominal o ajuste.

220-13. Cargas para receptáculos en inmuebles que no sean de vivienda. En inmuebles que no sean de vivienda, se permite añadir a las cargas de alumbrado cargas para receptáculos de no más de 180 VA por salida, según

220-3(c) (7), sujetas a los factores de demanda de la Tabla 220-11 o también sujetas a los factores de demanda de la Tabla 220-13.

TABLA 220-13.- Factores de demanda para cargas de receptáculos que no son unidades de vivienda

| Parte de la carga de receptáculos a la que se aplica el factor de demanda (VA) | Factor de demanda (%) |
|--|-----------------------|
| Primeros 10 kVA o menos | 100 |
| A partir de 10 kVA | 50 |

230-2 Número de acometidas

b) Identificación. Cuando un edificio o estructura esté alimentado por más de una acometida o por una combinación de circuitos derivados, alimentadores y acometidas, se debe instalar una placa o un directorio permanente en cada lugar de conexión de acometida, identificando todas las demás acometidas, los alimentadores y los circuitos derivados que alimenten al inmueble o estructura y el área cubierta por cada uno de ellos. Véase 225-8(d).

d) Conductores en derivación. Se permite que los conductores en derivación estén protegidos contra sobrecorriente según se indica en 210-19 (c), 240-21, 364-11, 364-12 y 430-53(d).

Conductores en derivación: conductores derivados que se unen permanentemente a otros conductores principales o a ductos con barras o cajas de barras.

e) Conductores para circuitos de aparatos eléctricos a motor. Se permite que los conductores de los circuitos de aparatos eléctricos a motor estén protegidos contra sobrecorriente según se establece en las Partes B y D del Artículo 422.

250-5. Sistemas y circuitos de c.a. que deben ser puestos a tierra. Los sistemas y circuitos de c.a. deben ser puestos a tierra, según se establece en los siguientes incisos:

NOTA: Un ejemplo de un sistema que puede ser puesto a tierra es una conexión en delta del transformador con un vértice puesto a tierra. Para el conductor que debe ser puesto a tierra, véase 250-25 (4).

a) Circuitos de c.a. de menos de 50 V. Los circuitos de corriente alterna de menos de 50 V se deben poner a tierra en cualquiera de las siguientes circunstancias:

- 1) Cuando estén alimentados por transformadores, si el sistema de suministro del transformador excede de 150 V a tierra.
- 2) Cuando estén alimentados por transformadores si el sistema que alimenta al transformador no está puesto a tierra.
- 3) Cuando estén instalados como conductores aéreos fuera de los inmuebles.

300-10. Continuidad eléctrica de envolventes y canalizaciones metálicas.

a) Fijación correcta. Las canalizaciones, conjuntos de cables, cajas, gabinetes y accesorios deben estar firmemente sujetos en su lugar. No se permite como único soporte a los alambres de soporte no fijados de una parte rígida.

240-3. Protección de los conductores. Los conductores que no sean cordones flexibles y cables de aparatos eléctricos, se deben proteger contra sobrecorriente según su capacidad de conducción de corriente, tal como se especifica en 310-15, excepto los casos permitidos o exigidos por los siguientes apartados:

250-26. Puesta a tierra de los sistemas de c.a. derivados separadamente. Un sistema de c.a. derivado separadamente que requiera ser puesto a tierra, debe hacerse según se especifica a continuación:

a) Puente de unión. Se debe instalar un puente de unión, de tamaño nominal que cumpla lo establecido en 250-79 (d) para los conductores de fase derivados para conectar los conductores de puesta a tierra del equipo del sistema derivado al conductor puesto a tierra. Excepto como se permite en las

Excepciones 4 o 5 de 250-23(a), esta conexión se debe hacer en cualquier punto del sistema derivado separadamente, desde su fuente hasta el primer medio de desconexión o dispositivo de protección contra sobrecorriente del sistema o en la fuente del sistema derivado separadamente que no tenga medio de desconexión o dispositivo de sobrecorriente.

250-43. Equipo fijo o conectado de forma permanente. Se deben poner a tierra, independientemente de su tensión eléctrica nominal, las partes metálicas expuestas y no-conductoras de corriente eléctrica del equipo descrito a continuación ((a) a (j)), y las partes metálicas no destinadas a conducir corriente eléctrica del equipo y de envolventes descritas en (k) y (l):

b) Armazones y estructuras de tableros de distribución. Los armazones y estructuras de tableros de distribución en los que esté instalado equipo de interrupción.

250-50. Conexiones de los conductores de puesta a tierra de equipo. Las conexiones de los conductores de puesta a tierra del equipo en la fuente de suministro de los sistemas derivados separadamente, se deben hacer de acuerdo con lo indicado en 250-26(a). Las conexiones de los conductores de puesta a tierra del equipo de la acometida, se deben hacer según los siguientes incisos:

a) En sistemas puestos a tierra. La conexión se debe hacer por la unión del conductor de puesta a tierra de equipo, al conductor puesto a tierra de la acometida y al conductor del electrodo de puesta a tierra.

b) En sistemas no puestos a tierra. La conexión se debe hacer por la unión del conductor de puesta a tierra de equipo, al conductor del electrodo de puesta a tierra.

250-74. Conexión de la terminal de puesta a tierra de un receptáculo a la caja. Se debe realizar una conexión de la terminal de puesta a tierra de un receptáculo a la caja de conexiones efectivamente puesta a tierra.

250-79. Puente de unión principal y puente del equipo

a) Material. Los puentes de unión principal y del equipo deben ser de cobre o de otro material resistente a la corrosión. Un puente de unión principal o un puente de unión según lo exigido en 250-26(a) puede ser un cable, alambre, tornillo o conductor equivalente adecuado.

300-6. Protección contra la corrosión. Las canalizaciones metálicas, armaduras metálicas de cables, cajas, cubiertas de cables, gabinetes, codos metálicos, uniones y accesorios, soportes y sus herrajes, deben ser de materiales aprobados conforme con 110-2 para el medio ambiente donde se instalen.

a) Disposiciones generales. Las canalizaciones de fierro, armaduras y cubiertas de cables, cajas, gabinetes, codos metálicos y accesorios, soportes y sus herrajes de materiales ferrosos, deben protegerse adecuadamente contra la corrosión en su interior y en su exterior (excepto las roscas en las uniones) por una capa de material aprobado como resistente a la corrosión, tal como zinc, cadmio o esmalte. En los casos en que la protección contra la corrosión sea solamente por medio de esmalte, no se deben usar en exteriores o en lugares húmedos, tales como los descritos en (c) de esta Sección.

NOTA: En general, los lugares en los cuales se manejan y almacenan productos químicos, ácidos y alcalinos pueden presentar condiciones severas de corrosión especialmente si son lugares húmedos o mojados. Existen condiciones severas de corrosión en áreas de plantas empacadoras de carne, tenerías, pegamentos, algunos establos, instalaciones cercanas al mar, albercas, áreas donde se utilizan productos químicos para deshielo y sótanos o cuartos de almacenamiento para cueros, crudos, materiales para embalar, fertilizantes, sal y productos químicos.

310-11 Marcado a) Información necesaria. Todos los conductores y cables deben ir marcados con la información necesaria siguiente, según el método de marcado aplicable descrito en 310-11(b) y de acuerdo con las normas nacionales de producto existentes:

1) La tensión eléctrica nominal máxima.

2) La letra o letras que indican el tipo de alambres o cables, tal como se especifica en otros lugares de esta Norma.

3) El nombre del fabricante, marca comercial u otra marca que permita identificar fácilmente a la organización responsable del producto.

4) El tamaño nominal en mm² (AWG o kcmil)

5) En los ensambles de cables debe marcarse cuando el tamaño del conductor neutro es menor que los de los cables de fase. **NOTA** - Para mayor información ver el Apéndice B.1 informativo.

310-12. Identificación de los conductores

a) Conductores puestos a tierra. Los conductores aislados, de tamaño nominal de 13,3 mm² (6 AWG) o más pequeños, diseñados para usarse como conductores puestos a tierra en circuitos, deben tener una identificación exterior de color blanco o gris claro. Los cables multiconductores planos de tamaño nominal de 21,2 mm² (4 AWG) o mayores pueden llevar un borde exterior sobre el conductor puesto a tierra.

Excepción 1: Los cables de aparatos eléctricos, como se indica en el artículo 402.

Excepción 2: Los cables con recubrimiento metálico y aislamiento mineral.

Excepción 3: Un conductor de circuitos derivados identificado como se establece en 210-5(a).

Excepción 4: Cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión de una instalación aseguren que sólo interviene en ella personal calificado, se permite que los conductores puestos a tierra de los cables multiconductores se identifiquen permanentemente en sus terminales en el momento de la instalación, mediante una marca clara de color blanco u otro medio igualmente eficaz.

En los cables aéreos, la identificación debe ser como se indica o por medio de un borde situado en el exterior del cable, lo cual permita identificarlo. Se considera que los cables con recubrimiento exterior de color blanco o gris claro, pero con hilos de color en la malla para identificar al fabricante, cumplen lo establecido en esta Sección.

NOTA: Para los requisitos de identificación de conductores mayores de 13,3 mm² (6 AWG), véase 200-6.

b) Conductores de puesta a tierra. Se permite instalar conductores de puesta a tierra desnudos, cubiertos o aislados. Los conductores de puesta a tierra, cubiertos o aislados individualmente, deben tener un acabado exterior continuo verde o verde con una o más franjas amarillas.

Excepción 1: Se permite identificar permanentemente, en el momento de la instalación, a un conductor aislado o cubierto de tamaño mayor que 13,3 mm² (6 AWG) como conductor de puesta a tierra en sus dos extremos y en todos los puntos en los que el conductor esté accesible. La identificación se debe hacer por uno de los métodos siguientes:

a. Quitando el aislamiento o cubierta del conductor en toda la parte expuesta.

b. Pintando de verde el aislamiento o cubierta en toda la parte expuesta.

c. Marcando la parte expuesta del aislamiento o cubierta con cinta verde o etiquetas adhesivas de color verde.

Excepción 2: Cuando las condiciones de mantenimiento y supervisión de una instalación aseguren que sólo personal calificado tiene acceso a la misma, se permite identificar permanentemente un conductor aislado en un cable multiconductor que se identifique como conductor de puesta a tierra en cada extremo y en todos los puntos en que el conductor esté accesible, en el momento de la instalación, por uno de los métodos siguientes:

a. Quitando el aislamiento o cubierta del conductor en toda la parte expuesta.

b. Pintando de verde el aislamiento o cubierta en toda la parte expuesta.

c. Marcando la parte expuesta del aislamiento o la cubierta con cinta verde o etiquetas adhesivas de color verde.

c) Conductores de fase. Los conductores que vayan a utilizarse como conductores de fase, ya sea como conductores sencillos o en cables multiconductores, deben estar identificados de modo que se distingan claramente de los conductores puestos a tierra y de los de puesta a tierra. Los conductores de fase se deben distinguir por colores distintos al blanco, gris claro o verde o por cualquier combinación de colores y sus correspondientes marcas. Estas marcas deben ir también en un color que no sea blanco, gris claro o verde, y deben consistir en una franja o franjas, o una serie de marcas iguales espaciadas de manera uniforme. Estas marcas no deben interferir en modo alguno con las marcas superficiales que se exigen en 310-11(b)(1).

300-15. Cajas, cajas de paso o accesorios

a) Caja de salida o caja de paso o de empalme. Debe instalarse una caja de salida o caja de paso o de empalme, que cumpla lo establecido en 370-16 y 370-28, para cada punto de conexión de empalme de conductores, salida, punto de conexión, punto de unión, o punto de jalado, para la conexión de tubo (conduit), canalizaciones de superficie u otras canalizaciones.

354-6. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y derivaciones se deben hacer únicamente en cajas de empalme.

324-12. Empalmes. Los empalmes deben estar soldados, a no ser que se utilicen dispositivos de empalme aprobados. No se deben hacer empalmes en línea o que se puedan romper por tensión mecánica.

331-13. Empalmes y derivaciones. Los empalmes y las derivaciones sólo deben hacerse en las cajas de empalmes, cajas de salida, cajas de dispositivos o cajas de paso.

342-5. Empalmes y derivaciones. Las extensiones deben consistir en un ensamble continuo e ininterrumpido, sin empalmes y sin conductores expuestos entre los accesorios. Se permiten las derivaciones cuando se utilicen accesorios de conexión aprobados que las cubran completamente. Los cables aéreos y sus conectores deben ir dotados de un medio aprobado para señalar la polaridad. Los conectores derivados tipo contacto deben contar con un mecanismo de candado.

384-13. Disposiciones generales. Todos los tableros de alumbrado y control deben tener parámetros nominales no menores a los mínimos del alimentador según la carga calculada, de acuerdo con lo establecido en el artículo 220. Los tableros de alumbrado y control deben estar marcados de forma duradera por el fabricante con su capacidad de conducción de corriente y tensión eléctrica nominales, el número de fases para los que están proyectados y el nombre del fabricante o marca comercial, de manera visible tras su instalación y sin que las marcas estorben la distribución o cableado interior. Todos los circuitos de un tablero de alumbrado y control y sus modificaciones, deben identificarse de manera legible en cuanto a su finalidad o uso, en un *directorio* situado en el frente de la puerta del panel gabinete o en su interior.

450-9. Ventilación. La ventilación debe ser adecuada para disipar las pérdidas a plena carga del transformador, sin que se produzca un aumento de temperatura que exceda la nominal del transformador.

450-48. Almacenamiento dentro de las bóvedas. No deben almacenarse materiales dentro de las bóvedas de los transformadores.

551-42. Circuitos derivados requeridos.

d) Más de cinco circuitos sin un sistema administrador de energía aprobado. Un conjunto alimentador de 50 A, 120 V o 127 V o 120/240 V o 127/220 V debe ser utilizado cuando se emplean seis o más circuitos. La distribución de carga debe asegurar un razonable balanceo de corrientes entre fases.

924-8. Protección contra incendio. Independientemente de los requisitos y recomendaciones que se fijen en esta Sección, debe cumplirse la reglamentación en materia de prevención de incendios.

a) Extintores. Deben colocarse extintores, tantos como sean necesarios en lugares convenientes y claramente marcados, situando dos, cuando menos, en puntos cercanos a la entrada de las subestaciones.

Para esta aplicación se permiten extintores de polvo químico seco.

Los extintores deben revisarse periódicamente para que estén permanentemente en condiciones de operación y no deben estar sujetos a cambios de temperaturas mayores que los indicados por el fabricante.

En las subestaciones de tipo abierto o pedestal instalados en redes de distribución no se requiere colocar extintores de incendio.

Anexo B

Memoria de cálculo de corriente corto circuito para el Colegio de Ciencias y humanidades plantel Vallejo.

Esta memoria debe contener ecuaciones, diagramas y operaciones propiamente indicadas.

Datos del transformador de la subestación, el cual se tomó como base para realizar los cálculos correspondientes en PU (Por unidad):
Capacidad 750 [kVA].
Impedancia $Z_T=6.1\%$

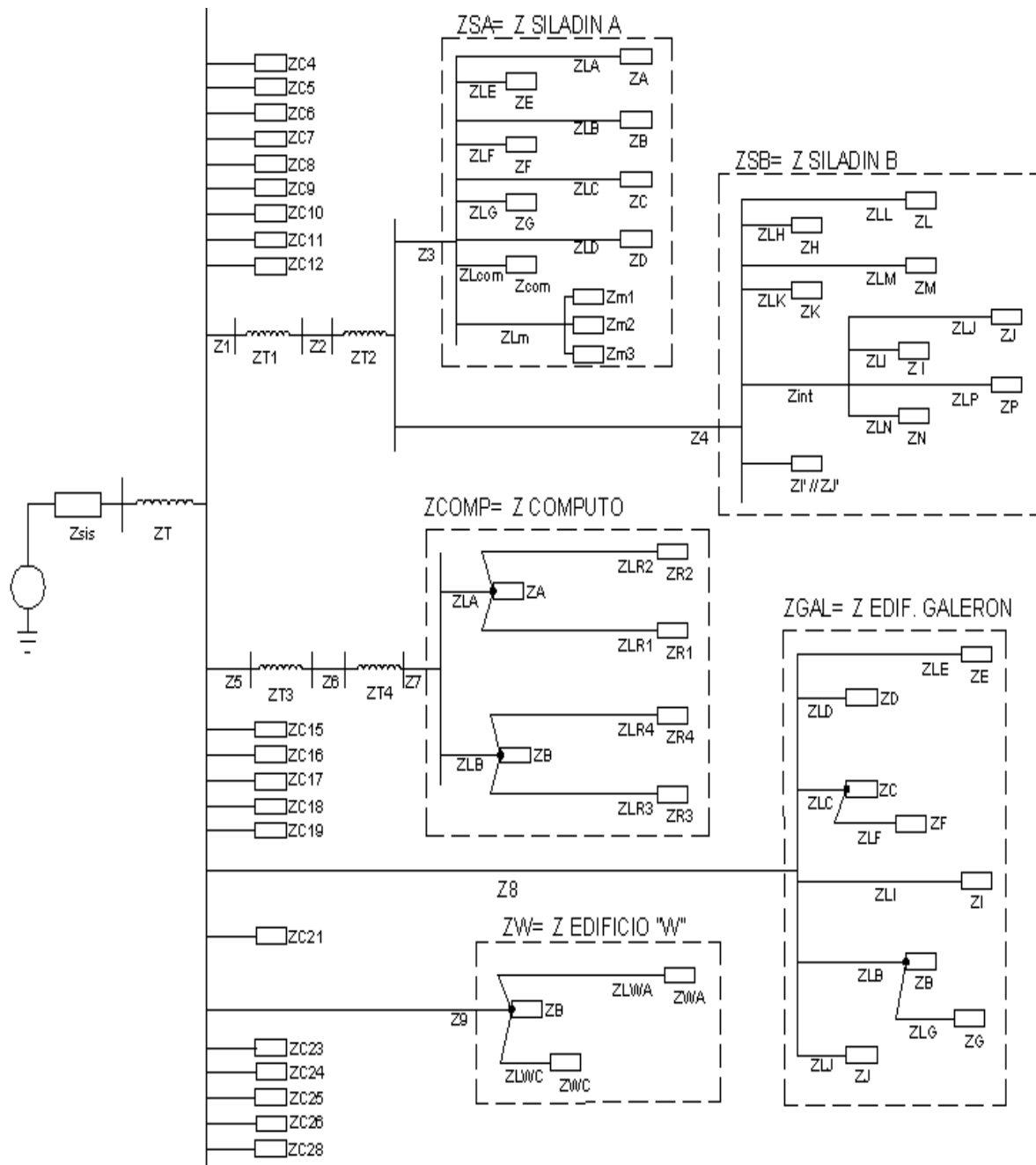


Figura1. Diagrama Unifilar de Impedancias de los edificios SILADIN A, B, W, edificio de cómputo y edificio Galerón.

Se realizó la reducción de impedancias del diagrama unifilar, para obtener la impedancia equivalente y calcular la corriente de corto circuito, para esto, manejamos las impedancias del diagrama unifilar en PU (por unidad). Encontramos la impedancia base, la cual se calculó con la siguiente expresión.

$$Z_{base} = \frac{kV_{base}^2}{MVA_{base}} = Z_{bb}$$

Voltaje del lado de baja tensión del transformador: 220 [V].

MVA base=750 [kVA]

KV base=0.22 [kV]

Zbase= 0.0645334 [Ω]

Reducción de impedancias del edificio SILADIN A.

La Tabla 1 muestra las impedancias en PU de cada alimentador del diagrama unifilar para el SILADIN A según la Tabla 9 (NEC).- Resistencia y reactancia para cables a 600V, a 75 ° C, 3 fases, CA a 60 [Hz], calculamos la impedancia de los conductores.

| IMPEDANCIA DE LOS ALIMENTADORES SILADIN "A" | | | | | | | |
|---|-----------|---------------|--------------|-------------------|---------------------|----------|----------|
| TABLERO | #C X FASE | CALIBRE [AWG] | LONGITUD [m] | X [Ω /Km] | Y [Ω /Km] j | X [PU] | Y [PU] j |
| ZLA | 1 | 8 | 29.5 | 0.213 | 2.56 | 0.097368 | 1.170249 |
| ZLB | 1 | 8 | 34 | 0.213 | 2.56 | 0.112221 | 1.348761 |
| ZLC | 1 | 10 | 14.8 | 0.207 | 3.9 | 0.047473 | 0.894422 |
| ZLD | 1 | 8 | 4 | 0.213 | 2.56 | 0.013202 | 0.158678 |
| ZLE | 1 | 4 | 28.2 | 0.197 | 1.02 | 0.086086 | 0.445723 |
| ZLF | 1 | 4 | 39 | 0.197 | 1.02 | 0.119055 | 0.616426 |
| ZLG | 1 | 6 | 13.6 | 0.21 | 1.61 | 0.044256 | 0.339298 |
| Zlcom | 1 | 6 | 46.7 | 0.21 | 1.61 | 0.151968 | 1.165088 |
| Zlmot | 1 | 4 | 44.7 | 0.197 | 1.02 | 0.136455 | 0.706519 |
| Z3 | 1 | 300 | 9 | 0.167 | 0.148 | 0.02329 | 0.020641 |

TABLA 1. Impedancia de los Alimentadores en PU SILADIN A.

Calculamos la impedancia en los tableros considerando el triangulo de potencias formado por la Potencia Real P[W], y la carga Reactiva Q[VAR], con un factor de potencia (fp) de 0.9.

De la expresión $P=VI$ [W] y $V=ZI$ [V];

$$\text{Obtenemos } Z[R] = \frac{V^2 [V]}{P [W]}$$

$$\text{Para } Z[i] = \frac{V^2 [V]}{Q [VAR]} j,$$

$$S[VA] = \frac{P}{FP} [W]$$

Para la potencia reactiva Q:
 $Q [VAR]=S[VA] \text{ Seno}(\text{Angcos}(0.9))$

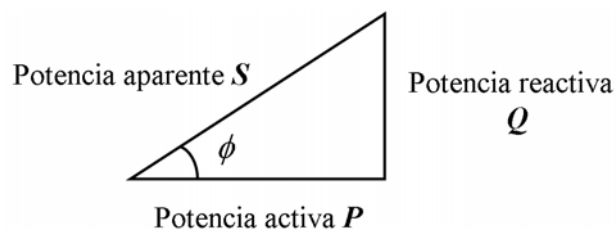


Figura 2. Triangulo de potencias

Siendo nuestro voltaje de 220 V, tenemos todas los elementos necesarios para encontrar la impedancia y posteriormente la impedancia en PU.

$$Z[R] = \frac{V^2 [V]}{P [W]}; \quad Z[i] = \frac{V^2 [V]}{Q [VAR]}$$

La impedancia ZA en pu, se obtuvo utilizando las ecuaciones anteriores, ver el ejemplo siguiente:

$$Z_{A[R]} = \frac{220^2 [V]}{3855.1 [W]} = 12.5547975 [\Omega]$$

$$Z_{A[i]} = \frac{V^2 [V]}{Q [VAR]} = \frac{220^2}{3855.1(\text{seno}(\text{ang cos}(0.9)))} \frac{[V]}{[VAR]} = 25.9232[\Omega]$$

0.9

$$Z_{A[R]pu} = \frac{12.5547975}{0.0645334} = 194.547583pu$$

$$Z_{Apu[i]} = \frac{25.9232842}{0.0645334} = 401.703992pu$$

| IMPEDANCIA DE LOS TABLEROS SILADIN "A" | | | | | |
|--|------------------|--------------|-----------|------------|-----------|
| Z bb= | 0.0645334 | [Ω] | | | |
| Nombre de los tableros | POTENCIA (P) [W] | Calculando Z | | X [PU] | Y [PU] j |
| | | X [Ω] | Y [Ω] j | | |
| ZA | 3855.1 | 12.5548 | 25.923284 | 194.547282 | 401.70337 |
| ZB | 4147.6 | 11.6694 | 24.095104 | 180.82728 | 373.37416 |
| ZC | 3382.6 | 14.30852 | 29.54439 | 221.722706 | 457.81548 |
| ZD | 3752.5 | 12.89807 | 26.632073 | 199.866549 | 412.68665 |
| ZE | 17949.2 | 2.696499 | 5.5677608 | 41.7845489 | 86.277197 |
| ZF | 14524.5 | 3.332301 | 6.880571 | 51.636836 | 106.62031 |
| ZG | 15657.5 | 3.09117 | 6.3826826 | 47.9003178 | 98.905104 |

TABLA 2. Impedancia en PU de los Tableros SILADIN A.

La impedancia Zm (Impedancia de 3 motores) y Zcom (Impedancia de 1 compresor), fue obtenida con la siguiente relación:

$$X_{pu} = \frac{X_{pu} (kVA_{base})}{kVA_{motor}}$$

Tenemos que tenemos para Zcom;

$$X_{pu}=0.25$$

$$kVA_{base}=750[kVA]$$

$$kVA_{motor \ a \ rotor \ bloqueado}=5.9 [kVA]$$

$$\text{Por lo tanto } Z_{com} \text{ en PU} = \frac{0.25 (750kVA)}{5.9kVA} = 31.8 jpu ;$$

Zm es la impedancia equivalente tres motores conectados en paralelo con la misma impedancia

$$(Z_{m1} = Z_{m2} = Z_{m3}):$$

$$X_{pu}=0.25$$

$$kVA_{base}=750[kVA]$$

$$kVA_{motor \ a \ rotor \ bloqueado}=7.5 [kVA]$$

$$\text{Por lo tanto } Z_m \text{ en PU} = \frac{1}{3} \frac{0.25 (750\text{kVA})}{7.5\text{kVA}} = 8.3 \text{ jpu};$$

Comenzamos con la reducción del diagrama de impedancias del SILADIN A, como los tableros se encuentran en serie con la impedancia que los conecta al tablero general del SILADIN A (TGSA), sumamos cada impedancia de conductor con el tablero que le corresponde.

Realizamos las sumas de impedancias para el SILADIN A, con el fin de generar la Tabla 41.

Ejemplo:

$$Z_{S1} = (194.54758 + 401.70399j) + (0.097368 + 1.170249j) = 194.645 + 402.8742j \text{ pu}$$

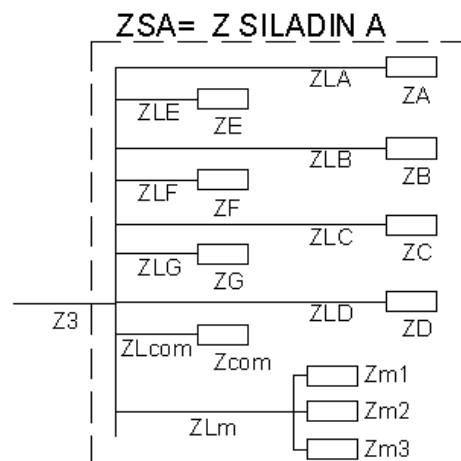


Figura 3. Diagrama de impedancias, conductores y tableros del SILADIN A.

| Operación | X [PU] | Y [PU] j |
|-----------------|-------------|----------|
| ZS1= ZA+ZLA | 194.6449514 | 402.8742 |
| ZS2= ZB+ZLB | 180.939781 | 374.7235 |
| ZS3= ZC+ZLC | 221.7705227 | 458.7106 |
| ZS4= ZD+ZLD | 199.8800612 | 412.846 |
| ZS5= ZE+ZLE | 41.87069944 | 86.72305 |
| ZS6= ZF+ZLF | 51.75597088 | 107.2369 |
| ZS7= ZG+ZLG | 47.9446482 | 99.24455 |
| ZS8= Zlcom+Zcom | 0.151968054 | 32.94475 |
| ZS9= Zlmot+Zmot | 0.136455132 | 9.03985 |

Tabla 3. Reducción de impedancias en PU del edificio SILADIN A.

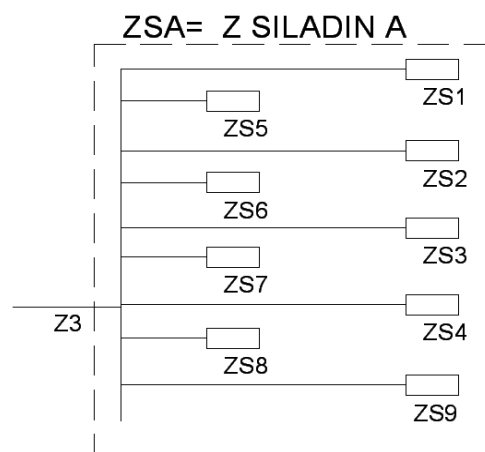
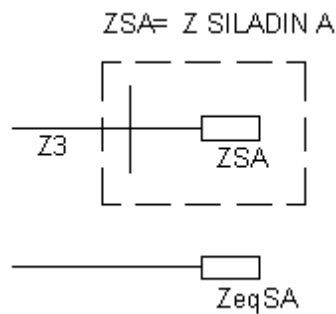


Figura 6. Diagrama de impedancias del SILADIN A.

Encontramos la impedancia equivalente:

$$Z_{SA} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{S1}} + \frac{1}{Z_{S2}} + \frac{1}{Z_{S3}} + \frac{1}{Z_{S4}} + \frac{1}{Z_{S5}} + \frac{1}{Z_{S6}} + \frac{1}{Z_{S7}} + \frac{1}{Z_{S8}} + \frac{1}{Z_{S9}}}$$



$$Z_3 = 0.02329 + 0.020641 j \text{ pu}$$

$$Z_{SA} = 0.58040647 + 5.68993471 j \text{ pu}$$

$$Z_{eqSA} = Z_3 + Z_{SA} = 0.603697 + 5.71057521 j \text{ pu}$$

Figura 4. Diagrama de impedancia equivalente del edificio SILADIN A.

4.1.2 Reducción de impedancias del edificio SILADIN B.

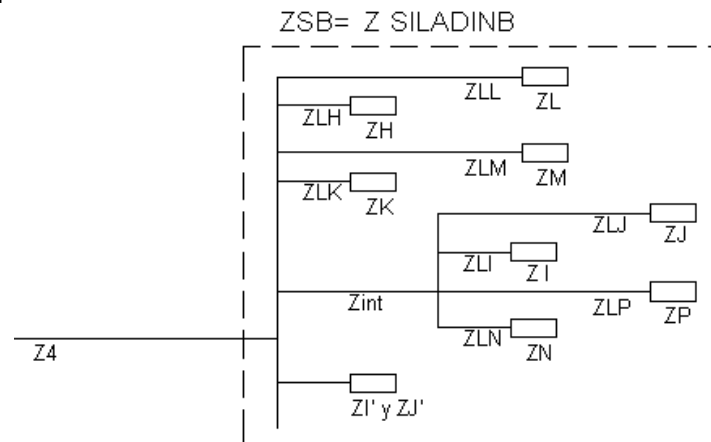


Figura 5. Diagrama de impedancias del Siladin B.

Basándonos en la Tabla 9 (NEC).- Resistencia y reactancia para cables a 600V, a 75 °C, 3 fases, CA a 60 [Hz], calculamos la impedancia de los conductores del SILADIN B, Tabla 4.

| IMPEDANCIA DE LOS ALIMENTADORES SILADIN "B" | | | | | | | |
|---|-----------|---------------|--------------|----------|------------|-----------|------------|
| Imp. Conductor | #C X FASE | CALIBRE [AWG] | LONGITUD [m] | X [Ω/Km] | Y [Ω/Km] j | X [PU] | Y [PU] j |
| ZLL | 1 | 4 | 91 | 0.197 | 1.02 | 0.2777946 | 1.43832719 |
| ZLH | 1 | 4 | 37 | 0.197 | 1.02 | 0.1129494 | 0.58481435 |
| ZLM | 1 | 4 | 14.7 | 0.197 | 1.02 | 0.0448745 | 0.23234516 |
| ZLN | 1 | 10 | 3 | 0.207 | 3.9 | 0.0096229 | 0.18130175 |
| ZLI | 1 | 6 | 14 | 0.21 | 1.61 | 0.0455579 | 0.34927704 |
| ZLJ | 1 | 6 | 17.5 | 0.21 | 1.61 | 0.0569473 | 0.4365963 |
| ZLP | 1 | 8 | 3 | 0.213 | 2.56 | 0.0099019 | 0.11900833 |
| ZLK | 1 | 6 | 2.5 | 0.21 | 1.61 | 0.0081353 | 0.0623709 |
| Zint | 1 | 1/0 | 34 | 0.18 | 0.39 | 0.0948348 | 0.20547531 |
| Z4 | 1 | 300 | 2.5 | 0.167 | 0.148 | 0.0064695 | 0.00573347 |

Tabla 4. Impedancia de los alimentadores SILADIN B.

Calculamos la impedancia de los tableros en base a la potencia real y reactiva, tal como se hizo para el SILADIN A, como ejemplo calculamos ZL en por unidad (Impedancia en por unidad del tablero L).

$$ZL[R] = \frac{220^2 \text{ [V]}}{21492.5 \text{ [W]}} = 2.25194[\Omega]$$

$$ZL[i] = \frac{V^2 \text{ [V]}}{Q \text{ [VAR]}} = \frac{220^2 \text{ [V]}}{21,492.5(\text{seno}(\text{ang} \cos(0.9))) \text{ [VAR]}} = 4.64985 [\Omega]$$

$$ZL[R]pu = \frac{2.2519484}{0.0645334} = 34.8959 pu$$

$$ZLpu[i] = \frac{4.64985}{0.0645334} = 72.0534 pu$$

La siguiente Tabla para la impedancia de los tableros SILADIN B, esta elaborada con las ecuaciones anteriores.

IMPEDANCIA DE LOS TABLEROS SILADIN 'B'

$$Z_{bb} = 0.0645334 \text{ } [\Omega]$$

| Impedancia de tableros | POTENCIA (P) [W] | Voltaje | Calculando Z | | | |
|------------------------|------------------|---------|--------------|---------|---------|-----------|
| | | | X [Ω] | Y [Ω] j | X [PU] | Y [PU] j |
| ZL | 21492.5 | 220 | 2.2519484 | 4.64985 | 34.8959 | 72.053463 |
| ZH | 18940 | 220 | 2.5554382 | 5.2765 | 39.5988 | 81.763942 |
| ZM | 16152.5 | 220 | 2.9964402 | 6.18708 | 46.4325 | 95.874265 |
| ZN | 540 | 127 | 29.868519 | 61.6728 | 462.839 | 955.67476 |
| ZI | 9900 | 220 | 4.8888889 | 10.0946 | 75.7576 | 156.42516 |
| ZJ | 8100 | 220 | 5.9753086 | 12.3379 | 92.5926 | 191.1863 |
| ZP | 360 | 127 | 44.802778 | 92.5093 | 694.258 | 1433.5121 |
| ZK | 92449.02 | 220 | 0.5235318 | 1.08099 | 8.11258 | 16.750952 |
| Zi' | 877.5 | 127 | 18.380627 | 37.9525 | 284.824 | 588.10754 |
| Zj' | 1170 | 127 | 13.78547 | 28.4644 | 213.618 | 441.08066 |

Tabla 5. Impedancia de los Tableros SILADIN B.

Comenzamos con la reducción de impedancias para el SILADIN B, como ejemplo ZSB1:

$$ZSB1 = (0.197 + 1.02j) + (34.8959 + 72.053463j) = 35.1737 + 73.4918jpu, \text{ ver Tabla 44.}$$

| Operación | X [PU] | Y [PU] j |
|--------------|------------|----------|
| ZSB1= ZL+ZL | 35.1737065 | 73.49179 |
| ZSB2= ZLH+ZH | 39.7117027 | 82.34876 |
| ZSB3= ZLM+ZM | 46.4773393 | 96.10661 |
| ZSB4= ZLN+ZN | 462.848475 | 955.8561 |
| ZSB5= ZLI+ZI | 75.8031728 | 156.7744 |
| ZSB6= ZLJ+ZJ | 92.6495878 | 191.6229 |
| ZSB7= ZLP+ZP | 694.268181 | 1433.631 |
| ZSB8= ZLK+ZK | 8.12071876 | 16.81332 |

Tabla 6. Impedancias en PU del edificio SILADIN B.

Para Zi' y Zj', realizamos el equivalente, dado que están conectados en paralelo:

$$ZSB9 = \frac{1}{\frac{1}{Zi'} + \frac{1}{Zj'}} = \frac{1}{\frac{1}{284.82 + 588.107j} + \frac{1}{213.618 + 441.08066j}} = 122.0673897 + 252.04609j pu$$

El nuevo diagrama de impedancias resulta:

ZSB= Z SILADINB

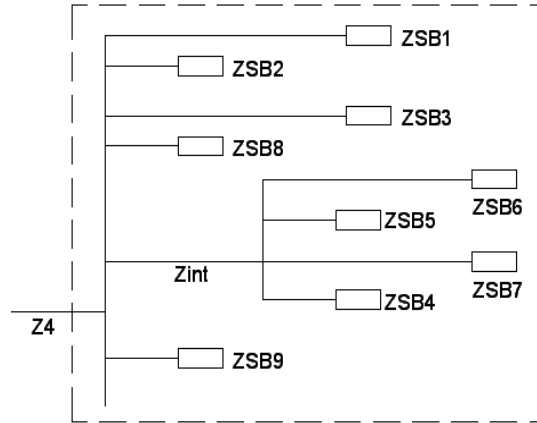


Figura 6. Diagrama de impedancias del SILADIN B, primera reducción.

$$Z_{Eq\ 4,5,6,7} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{SB4}} + \frac{1}{Z_{SB5}} + \frac{1}{Z_{SB6}} + \frac{1}{Z_{SB7}}} = 36.249864 + 74.9575435j\ pu$$

$$Z_{EQB} = Z_{int} + Z_{Eq\ 4,5,6,7}$$

$$Z_{EQB} = Z_{int} + Z_{Eq\ 4,5,6,7} = (0.0948348 + 0.20547531j) + (36.249864 + 74.9575435j) =$$

$$Z_{EQB} = 36.3446991 + 75.16302j\ pu$$

ZSB= Z SILADINB

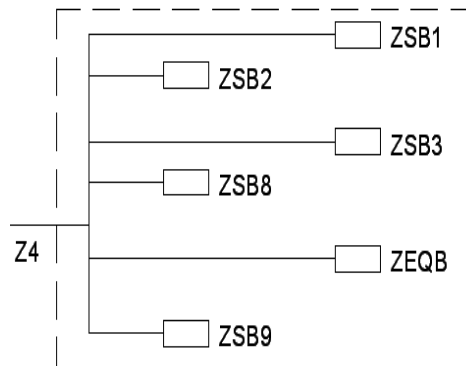
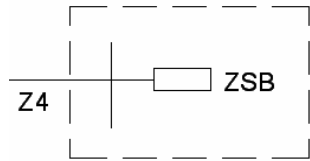


Figura 7. Diagrama de impedancia del SILADIN B, segunda reducción.

$$Z_{SB} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{SB1}} + \frac{1}{Z_{SB2}} + \frac{1}{Z_{SB3}} + \frac{1}{Z_{SB4}} + \frac{1}{Z_{SB5}} + \frac{1}{Z_{SB6}}} = 4.2739771 + 8.85708816j\ pu$$

$$Z_{SB} = Z_{SILADINB}$$

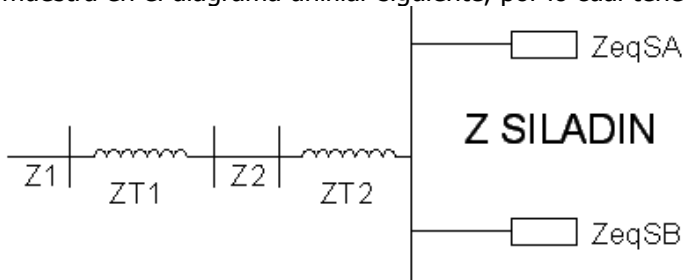


$$Z_{eqSB} = Z_4 + Z_{SB} = 4.28044659 + 8.86282163 \text{ j pu}$$

Figura 8. Impedancia equivalente del Edificio Siladin B.

Reducción de impedancias del conjunto SILADIN.

El edificio SILADIN en conjunto, esta formado por el SILADIN 'A' Y 'B', los cuales están conectados como se muestra en el diagrama unifilar siguiente, por lo cual tenemos que la impedancia total del conjunto SILADIN es ZS:



$$Z_S = \frac{1}{\frac{1}{Z_{eqSA}} + \frac{1}{Z_{eqSB}}}$$

Figura 9. Diagrama de impedancia conjunto SILADIN a tablero en subestación.

$$Z_S = \frac{1}{\frac{1}{0.603697 + 5.71057521 \text{ j pu}} + \frac{1}{4.28044659 + 8.86282163 \text{ j pu}}}$$

$$Z_S = 0.8450326 + 3.57877979 \text{ j pu}$$

Basándonos en la Tabla 9 (NEC).- Resistencia y reactancia para cables a 600V, a 75 °C, 3 fases, CA a 60 [Hz], calculamos la impedancia de los conductores Z1 y Z2 para el diagrama anterior que interconectan a la subestación con los transformadores y posteriormente alimentan al conjunto SILADIN. (Ver Tabla 7).

IMPEDANCIA DE LOS ALIMENTADORES Z1 y Z2

$$Z_{bb} = 0.0645334 \quad \Omega$$

DE TABLAS

| Imp. Conductor | #C X FASE | CALIBRE | LONGITUD [m] | X [Ω/Km] | Y [Ω/Km] j | X [PU] | Y [PU] j |
|----------------|-----------|---------|--------------|----------|------------|------------|------------|
| Z1 | 2 | 3/0 AWG | 10 | 0.171 | 0.259 | 0.01293906 | 0.01146695 |
| Z2 | 1 | 400 kCM | 271 | 0.161 | 0.115 | 0.67610056 | 0.48292897 |

Tabla 7. Impedancia en PU de los alimentadores Z1 y Z2.

Para calcular la impedancia de un transformador en pu:

$$Z_{pu} = \frac{\% Z x kVA_{base}}{kVA_{transf}} (100)$$

Donde:

Para ZT2

%Z=6.2% para el transformador T2.

$$kVA_{base} = 750[kVA]$$

$$kVA_{transformador} = 150[kVA]$$

$$ZT2 = \frac{6.2\% 750[kVA]}{150[kVA]} = 0.31 jpu$$

Para ZT1

%Z=6.2% para el transformador T1.

$$kVA_{base} = 750[kVA]$$

$$kVA_{transformador} = 150[kVA]$$

$$ZT1 = \frac{6.2\% 750[kVA]}{150[kVA]} = 0.31 jpu$$

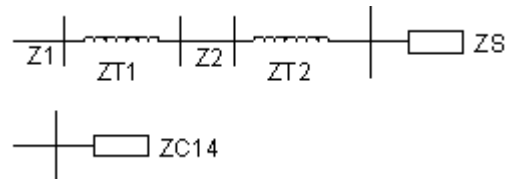


Figura 10. Diagrama de impedancia total del conjunto SILADIN a la subestación.

Dado que las impedancias Z1, ZT1, Z2, ZT2 y ZS, están conectados en serie, obtenemos:

$$ZC14 = Z1 + ZT1 + Z2 + ZT2 + ZS$$

$$ZC14 = (0.01293906 + 0.01146695 j) + 0.31 j + (0.676100560.48292897) + 0.31 j + (0.8450326 + 3.57877979 j) = 1.53407221 + 4.69317571 j pu$$

Siendo esta impedancia la impedancia total desde la subestación hasta el ultimo tablero del edificio SILADIN, conectada en el circuito 14 de la subestación.

Reducción de impedancias del edificio de cómputo.

Se realizó la reducción de impedancias del edificio de cómputo, el cual presenta el siguiente diagrama de impedancias, desde la subestación hasta los tableros derivados en la dependencia.

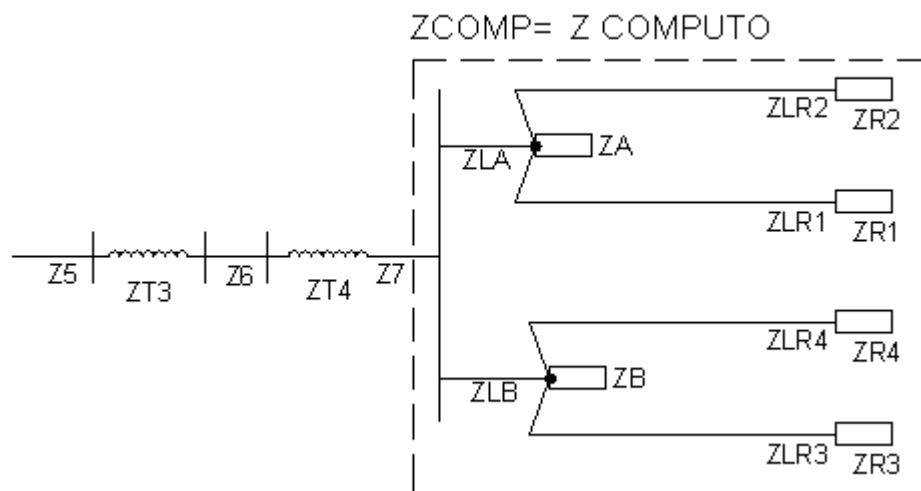


Figura 11. Diagrama de impedancias del edificio de cómputo a la subestación.

Encontramos las impedancias de los conductores, basándonos en la Tabla 9 (NEC).- Resistencia y reactancia para cables a 600V, a 75 °C, 3 fases, CA a 60 [Hz].

IMPEDANCIA DE LOS ALIMENTADORES EDIFICIO DE CÓMPUTO A LA SUBESTACIÓN.

| Imp. de alimentadores | #C X FASE | CALIBRE[AWG] | LONGITUD[m] | X [Ω/Km] | Y [Ω/Km] j | X [PU] | Y [PU] j |
|-----------------------|-----------|--------------|-------------|----------|------------|----------|----------|
| ZLR2 | 1 | 4 | 2.42 | 0.197 | 1.02 | 0.007388 | 0.03825 |
| ZLR1 | 1 | 4 | 1.98 | 0.197 | 1.02 | 0.006044 | 0.031295 |
| ZLR4 | 1 | 4 | 2.42 | 0.197 | 1.02 | 0.007388 | 0.03825 |
| ZLR3 | 1 | 4 | 2.42 | 0.197 | 1.02 | 0.007388 | 0.03825 |
| ZLA | 1 | 2/0 | 2.5 | 0.177 | 0.33 | 0.006857 | 0.012784 |
| ZLB | 1 | 2/0 | 7 | 0.177 | 0.33 | 0.019199 | 0.035795 |
| Z7 | 1 | 3/0 | 30 | 0.171 | 0.259 | 0.079494 | 0.120403 |
| Z6 | 1 | 3/0 | 282 | 0.171 | 0.259 | 0.747242 | 1.131788 |
| Z5 | 2 | 3/0 | 12 | 0.171 | 0.259 | 0.015899 | 0.024081 |

Tabla 8. Impedancia de los Alimentadores del Edificio de Cómputo a la subestación.

Posteriormente calculamos la impedancia en los tableros R1, R2, R3, R4, como se calculó anteriormente a partir de la carga y sabiendo que V=220[V], las ecuaciones son:

$$Z[R] = \frac{V^2 [V]}{P [W]} \quad , \quad Z[i] = \frac{V^2 [V]}{Q [VAR]} j \quad \text{y} \quad Q [VAR] = S[VA] \sin(\text{Angcos}(0.9))$$

Como ejemplo calculamos ZR2 (Impedancia del tablero R2) en por unidad:

$$ZR2[R] = \frac{220^2 [V]}{23,040 [W]} = 2.100694 [\Omega]$$

$$ZR2[i] = \frac{V^2 [V]}{Q [VAR]} = \frac{220^2}{\frac{23,040(\text{seno}(\text{ang} \cos(0.9)))}{0.9} [VAR]} \frac{[V]}{[VAR]} = 4.337537 [\Omega]$$

$$ZR2[R]pu = \frac{2.100694}{0.0645334} = 32.5521pu$$

$$ZR2pu[i] = \frac{4.337537}{0.0645334} = 67.213935pu \quad ; \quad \text{ver Tabla 47.}$$

IMPEDANCIA DE LOS TABLEROS EDIFICIO DE CÓMPUTO

$$Z_{bb} = 0.0645334 \quad [\Omega]$$

| Nombre de los tableros | POTENCIA (P) [W] | Calculando Z | | | |
|------------------------|------------------|----------------|------------------|------------|-----------|
| | | X [Ω] | Y [Ω] j | X [PU] | Y [PU] j |
| ZR2 | 23040 | 2.100694 | 4.337537 | 32.5521001 | 67.213935 |
| ZR1 | 9720 | 4.979424 | 10.281569 | 77.1605337 | 159.32192 |
| ZR4 | 13500 | 3.585185 | 7.4027298 | 55.5555843 | 114.71178 |
| ZR3 | 11160 | 4.336918 | 8.9549151 | 67.2043358 | 138.76425 |
| ZA | 18428.4 | 2.626381 | 5.4229804 | 40.698074 | 84.033831 |
| ZB | 20182.2 | 2.398153 | 4.9517324 | 37.1614783 | 76.73143 |

Tabla 9 Impedancia en PU de los Tableros en el edificio de cómputo.

Calculamos la impedancia ZCE1 como ejemplo del modo de realización de la Tabla 10.

$$ZCE1 = (0.007388 + 0.03825j) pu + (32.5521001 + 67.213935j) pu = 32.5594 + 67.25218 pu$$

| | OPERACIÓN | X [PU] | Y [PU] j |
|-------|-----------|-----------|----------|
| ZCE1= | ZLR2+ZR2 | 32.559487 | 67.25218 |
| ZCE2= | ZLR1+ZR1 | 77.1665 | 159.3532 |
| ZCE3= | ZLR4+ZR4 | 55.562971 | 114.75 |
| ZCE4= | ZLR3+ZR3 | 67.211723 | 138.8025 |

Tabla 10. Impedancias en PU del Edificio de Cómputo.

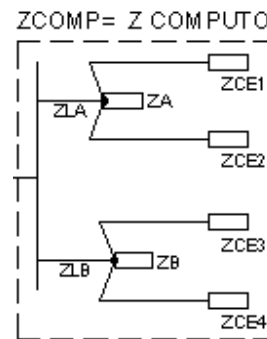


Figura 11. Diagrama de impedancia Edificio de cómputo.

$$Z_{eqc1} = \frac{1}{ZCE1 + ZA + ZCE2}$$

$$Z_{eqc2} = \frac{1}{ZCE3 + ZB + ZCE4}$$

Realizando las operaciones indicadas:

$$Z_{eqc1} = \frac{1}{(32.559487 + 67.25218j) + (40.698074 + 84.033831j) + (77.1665 + 159.3532j)} pu =$$

$$Z_{eqc1} = 14.6534793 + 30.2620006j pu$$

$$Z_{eqc2} = \frac{1}{(55.56297176 + 114.75j) + (37.1614783 + 76.73143j) + (67.21172329 + 138.8025j)} pu =$$

$$Z_{eqc2} = 16.7264526 + 34.5404712j pu$$

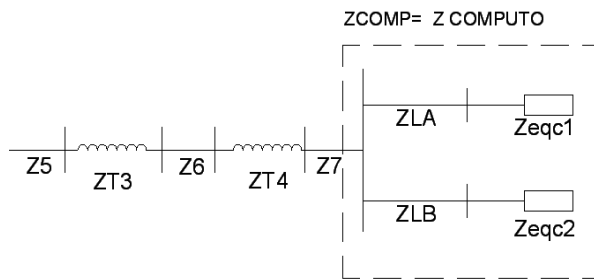


Figura 12. Diagrama de impedancias equivalente del edificio de cómputo a la subestación.

| | OPERACIÓN | X [PU] | Y [PU] j |
|------|-----------|-------------|----------|
| Zca= | ZLA+Zeqc1 | 14.66033625 | 30.27478 |
| Zcb= | ZLB+Zeqc2 | 16.74565199 | 34.57627 |

Tabla 10. Impedancia en PU de los alimentadores Zca y Zcb.

$$Z_{COMP} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{ca}} + \frac{1}{Z_{cb}}} = \frac{1}{\frac{1}{14.66033625 + 30.27478j} + \frac{1}{16.745651 + 34.57627j}} \text{ pu}$$

$$Z_{COMP} = 7.81688154 \text{ } 5 + 16.1414349 \text{ } 8 \text{ j pu}$$

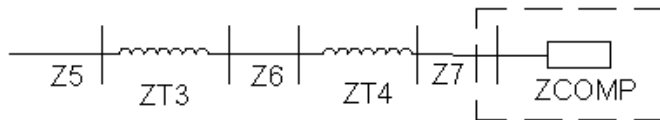


Figura 13. Diagrama de impedancia del edificio de cómputo a la subestación.

La impedancia de un transformador en pu se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Z_{pu} = \frac{\% Z x kVA_{base}}{kVA_{transf} (100)}$$

Donde:

Para ZT4

%Z=4.7% para el transformador T4.

$$kVA_{base} = 750[kVA]$$

$$kVA_{transformador} = 150[kVA]$$

$$ZT2 = \frac{4.7\% 750[kVA]}{150[kVA]} = 0.235 \text{ jpu}$$

Para ZT3

%Z=4.7% para el transformador T3

$$kVA_{base} = 750[kVA]$$

$$kVA_{transformador} = 150[kVA]$$

$$ZT3 = \frac{4.7\% 750[kVA]}{150[kVA]} = 0.235 \text{ jpu}$$

Tenemos un circuito conectado en serie, sumamos las impedancias que fueron obtenidas previamente:

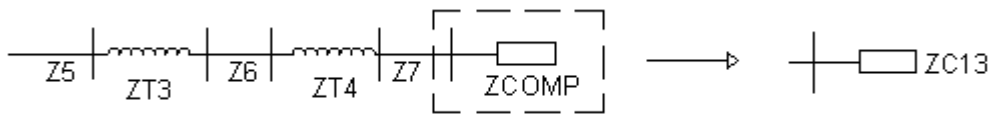


Figura 14. Diagrama de impedancia total del edificio de cómputo a la subestación.

$$Z_{C13} = Z_{COMP} + Z_7 + Z_{T4} + Z_6 + Z_{T3} + Z_5 =$$

$$Z_{C13} = (7.816881 + 16.14143j) + (0.079494 + 0.120403j) + (0.235 j) +$$

$$+ (0.747242 + 1.131788j) + (0.235 j) + (0.015899 + 0.024081j) pu =$$

$$Z_{C13} = 8.659516277 + 17.88770631j pu$$

Reducción de impedancias del edificio Galerón.

Diagrama de impedancias del edificio Galerón.

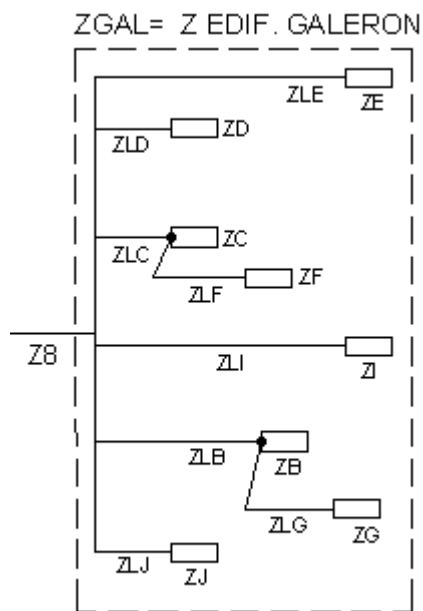


Figura 15. Diagrama de impedancia del edificio Galerón.

Basándonos en la Tabla 9 (NEC).- Resistencia y reactancia para cables a 600V, a 75 °C, 3 fases, CA a 60 [Hz], calculamos la impedancia de los conductores del edificio Galerón, ver Tabla 11.

IMPEDANCIA DE LOS ALIMENTADORES 'EDIFICIO GALERÓN'

| Imp. del conductor | #C X FASE | CALIBRE [AWG] | LONGITUD [m] | X [Ω/Km] | Y [Ω/Km] j | X [PU] | Y [PU] j |
|--------------------|-----------|---------------|--------------|----------|------------|----------|----------|
| ZLE | 1 | 6 | 11 | 0.21 | 1.61 | 0.035795 | 0.274432 |
| ZLD | 1 | 8 | 33 | 0.213 | 2.56 | 0.108921 | 1.309092 |
| ZLI | 1 | 10 | 94 | 0.207 | 3.9 | 0.301519 | 5.680788 |
| ZLG | 1 | 10 | 25.3 | 0.207 | 3.9 | 0.081153 | 1.528978 |
| ZLB | 1 | 8 | 65 | 0.213 | 2.56 | 0.21454 | 2.578514 |
| ZLF | 1 | 6 | 16 | 0.21 | 1.61 | 0.052066 | 0.399174 |
| ZLC | 1 | 6 | 66.8 | 0.21 | 1.61 | 0.217376 | 1.66655 |
| ZLJ | 1 | 6 | 20 | 0.21 | 1.61 | 0.065083 | 0.498967 |
| ZLA | 1 | 1/0 | 245 | 0.18 | 0.39 | 0.683368 | 1.480631 |
| Z8 | 1 | 2/0 | 246 | 0.177 | 0.33 | 0.674721 | 1.257955 |

Tabla 11. Impedancia de los Alimentadores Edificio Galerón.

Posteriormente calculamos la impedancia en los tableros de la dependencia, con las siguientes ecuaciones:

$$Z[R] = \frac{V^2 [V]}{P [W]} \quad , \quad Z[i] = \frac{V^2 [V]}{Q [VAR]} j \quad \text{y} \quad Q [VAR] = S[VA] \sin(\text{Angcos}(0.9))$$

A partir de la carga y sabiendo que V=220[V], ver Tabla 12:

IMPEDANCIA DE LOS TABLEROS 'EDIFICIO GELERON'

$$Z_{bb} = 0.0645334 \quad [\Omega]$$

| Imp. de los tableros | POTENCIA (P) [W] | Voltaje [V] | Calculando Z | | | |
|----------------------|------------------|-------------|--------------|---------|---------|----------|
| | | | X [Ω] | Y [Ω] j | X [PU] | Y [PU] j |
| ZE | 7989.95 | 220 | 6.058 | 12.508 | 93.868 | 193.820 |
| ZD | 5400 | 220 | 8.963 | 18.507 | 138.889 | 286.779 |
| ZI | 1109 | 220 | 43.643 | 90.114 | 676.285 | 1396.401 |
| ZG | 2106 | 220 | 22.982 | 47.453 | 356.126 | 735.332 |
| ZB | 11775.5 | 220 | 4.110 | 8.487 | 63.692 | 131.511 |
| ZF | 2729.8 | 220 | 17.730 | 36.610 | 274.746 | 567.298 |
| ZC | 16717.18 | 220 | 2.895 | 5.978 | 44.864 | 92.636 |
| ZJ | 6378.7 | 220 | 7.588 | 15.667 | 117.579 | 242.778 |

Tabla 12. Impedancia de los Tableros del Edificio Galerón.

Realizamos las sumas correspondientes para obtener la primera reducción, (Ver Tabla 13).

| Operación | X [PU] | Y [PU] j |
|----------------------|---------|----------|
| $Z_e = Z_{LE} + Z_E$ | 93.904 | 194.094 |
| $Z_d = Z_{LD} + Z_D$ | 138.998 | 288.089 |
| $Z_i = Z_{LI} + Z_I$ | 676.587 | 1402.082 |
| $Z_g = Z_{LG} + Z_G$ | 356.207 | 736.861 |
| $Z_f = Z_{LF} + Z_F$ | 274.798 | 567.697 |
| $Z_j = Z_{LJ} + Z_J$ | 117.644 | 243.277 |

Tabla 13. Impedancias en PU del Edificio Galerón.

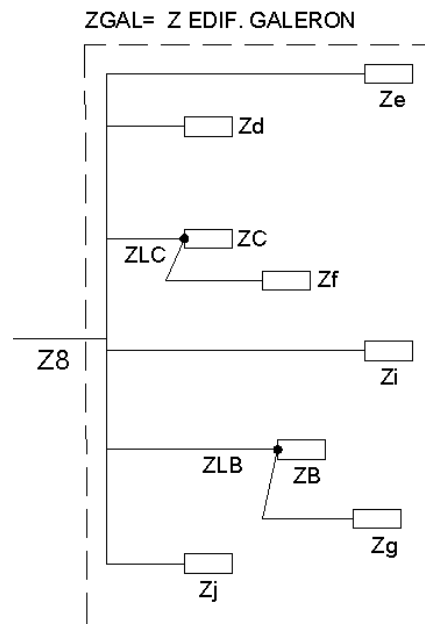


Figura 16. Diagrama de impedancias edificio Galerón primera reducción.

Realizamos los equivalentes en paralelo correspondientes, como ejemplo se calculó Zed (Ver Tabla 14):

$$Z_{ed} = \frac{1}{\frac{1}{Z_e} + \frac{1}{Z_d}} = \frac{1}{\frac{1}{(93.904 + 194.094) pu} + \frac{1}{(138.998 + 288.089 j) pu}} = 56.043 + 115.965 j pu$$

| | OPERACIÓN (Paralelo de impedancias) | X [PU] | Y [PU] j |
|------|--|--------|----------|
| Zed= | Ze//Zd | 56.043 | 115.965 |
| ZCF= | ZC//Zf | 38.567 | 79.640 |
| ZBG= | ZB//Zg | 54.031 | 111.594 |

Tabla 14. Operación en paralelo en PU de Zed, Zcf y Zbg.

ZGAL= Z EDIF. GALERON

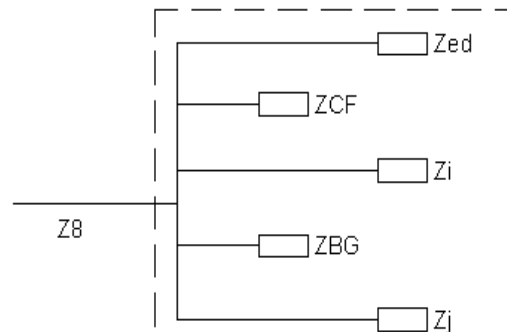


Figura 17. Diagrama de impedancia edificio Galerón segunda reducción.

| | OPERACIÓN | X [PU] | Y [PU] j |
|------|-----------|--------|----------|
| ZCF= | ZLC+ZCF | 38.785 | 81.307 |
| ZBG= | ZLB+ZBg | 54.245 | 114.173 |

Tabla 15. Operación en serie en PU de ZCF y ZBG.

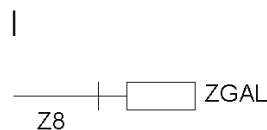
$$Z_{GAL} = \frac{1}{\frac{1}{Z_{ed}} + \frac{1}{Z_{CF}} + \frac{1}{Z_i} + \frac{1}{Z_{BG}} + \frac{1}{Z_j}}$$

Posteriormente de encontrar ZGAL, podemos encontrar

$$Z_{C20} = Z_{GAL} + Z_8.$$

$$Z_{GAL} = \frac{1}{\frac{1}{56.043 + 115.965j} + \frac{1}{38.785 + 81.307j} + \frac{1}{676.587 + 1402.082j} + \frac{1}{54.245 + 114.173j} + \frac{1}{117.644 + 243.277j}}$$

$$Z_{C20} = Z_{GAL} + Z_8.$$



$$\begin{aligned} Z_{GAL} &= 13.88182145 + 28.98176755j \text{ pu.} \\ Z_{C20} &= (3.88182145 + 28.98176755j) + (0.674721 + 1.257955j) \text{ pu} \\ Z_{C20} &= 14.5565429 + 30.2397227j \text{ pu.} \end{aligned}$$

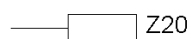


Figura 18. Impedancia equivalente total del edificio Galerón a la subestación.

Reducción de impedancias del edificio W.

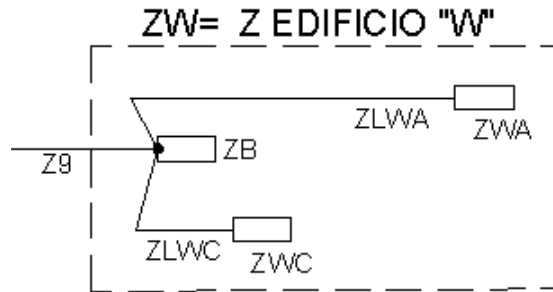


Figura 18. Diagrama de Impedancias del edificio W.

Basándonos en la Tabla 9 (NEC).- Resistencia y reactancia para cables a 600V, a 75 °C, 3 fases, CA a 60 [Hz], se calculó la impedancia de los conductores (Ver Tabla 16).

IMPEDANCIA DE LOS ALIMENTADORES 'EDIFICIO W'

| TABLERO | #C X FASE | CALIBRE[AWG] | LONGITUD[m] | X [Ω/Km] | Y [Ω/Km] j | X [PU] | Y [PU] j |
|---------|-----------|--------------|-------------|----------|------------|----------|----------|
| ZLWA | 1 | 6 | 3 | 0.21 | 1.61 | 0.009762 | 0.074845 |
| ZLWC | 1 | 1/0 | 3 | 0.18 | 0.39 | 0.008368 | 0.01813 |
| Z9 | 1 | 1/0 | 290 | 0.18 | 0.39 | 0.808885 | 1.752584 |

Tabla 16. Impedancia de los Alimentadores Edificio W.

Calculo de la impedancia en los tableros de la dependencia, en base a las siguientes ecuaciones:

$$Z[R] = \frac{V^2 [V]}{P [W]}, \quad Z[i] = \frac{V^2 [V]}{Q [VAR]} j \quad \text{y} \quad Q [VAR] = S[VA] \sin(\text{Angcos}(0.9))$$

A partir de la carga y sabiendo que V=220[V], (Ver Tabla 56):

IMPEDANCIA DE LOS TABLEROS 'EDIFICIO W'

$$Z_{bb} = 0.0645334 \quad [\Omega]$$

| Nombre de los tableros | POTENCIA (P) [W] | Voltaje [V] | Calculando Z | | | |
|------------------------|------------------|-------------|--------------|---------|---------|----------|
| | | | X [Ω] | Y [Ω] j | X [PU] | Y [PU] j |
| ZWA | 6684.4 | 220 | 7.241 | 14.951 | 112.202 | 231.675 |
| ZB | 19007 | 220 | 2.546 | 5.258 | 39.459 | 81.476 |
| ZWC | 17458.5 | 220 | 2.772 | 5.724 | 42.959 | 88.702 |

Tabla 17. Impedancia de los Tableros del Edificio W.

Reduciendo el diagrama de impedancias:

| | OPERACIÓN | X [PU] | Y [PU] j |
|-----|-----------|---------|----------|
| ZA= | ZLWA+ZWA | 112.211 | 231.750 |
| ZC= | ZLWB+ZWB | 42.967 | 88.720 |

Tabla 18. Impedancia de los Alimentadores Za y Zc.

$$Z_W = \frac{1}{\frac{1}{Z_B} + \frac{1}{Z_A} + \frac{1}{Z_C}}$$

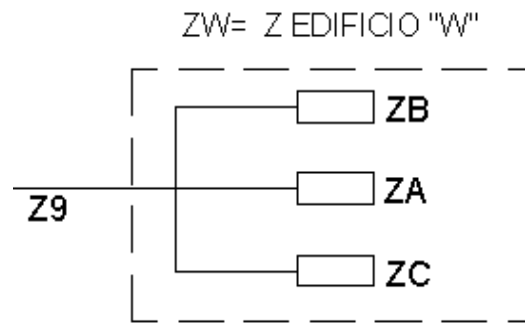


Figura 19. Diagrama de impedancias del edificio W, primera reducción.

$$Z_W = \frac{1}{\frac{1}{39.459 + 81.476j} + \frac{1}{112.202 + 231.675j} + \frac{1}{42.959 + 88.702j}} \text{ pu} = 17.38288 + 35.89382j \text{ pu}$$

$$Z_{C22} = Z_W + Z_9 = (17.38288 + 35.89382j) + (0.808885 + 1.752584j) \text{ pu}$$

$$Z_{C22} = 18.1917663 + 37.6464003j \text{ pu}$$

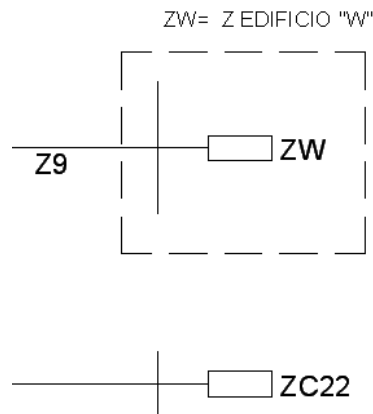


Figura 20. Diagrama de impedancia total del edificio W a la subestación.

Para los circuitos ZC4-ZC12, ZC16-ZC19, ZC21, ZC23, ZC28, se calculó la impedancia basándonos en 'Ley de Ohm' y la capacidad de corriente de cada interruptor (Ver Tabla 19).

$V = ZI$, considerando un voltaje de 220 V, y un FP unitario.

$$Z = \frac{220[V]}{I[A]}$$

En la siguiente Tabla se colocaron los circuitos de la subestación de los cuales no se identificaron las cargas para encontrar la impedancia, se utilizó la corriente permisible del conductor instalado y la tensión entre líneas que se tenían.

| Zbase=0.0645334 Ω | | | | |
|--|----------------------|---------------|---------------|---------------|
| Circuito No. | Interruptor Polo-Amp | Corriente [A] | IMPEDANCIA pu | $\frac{1}{Z}$ |
| ZC1 | Libre | | | |
| ZC2 | Libre | | | |
| ZC3 | 3x100 | S/C | | |
| ZC4 | 3x100 | 100 | 34.09 | 0.03 |
| ZC5 | 3x100 | 100 | 34.09 | 0.03 |
| ZC6 | 3x70 | 70 | 48.70 | 0.02 |
| ZC7 | 3X100 | 100 | 34.09 | 0.03 |
| ZC8 | 3X100 | 100 | 34.09 | 0.03 |
| ZC9 | 3x175 | 175 | 19.48 | 0.05 |
| ZC10 | 3x150 | 150 | 22.73 | 0.04 |
| ZC11 | 3x125 | 125 | 27.27 | 0.04 |
| ZC12 | 3x125 | 125 | 27.27 | 0.04 |
| ZC15 | 3X225 | 225 | 15.15 | 0.07 |
| ZC16 | 3X225 | 225 | 15.15 | 0.07 |
| ZC17 | SIN DATO | 225 | 15.15 | 0.07 |
| ZC18 | 3X150 | 150 | 22.73 | 0.04 |
| ZC19 | 3X125 | 125 | 27.27 | 0.04 |
| ZC21 | 3X200 | 200 | 17.05 | 0.06 |
| ZC23 | 3X70 | 70 | 48.70 | 0.02 |
| ZC24 | 3X100 | 100 | 34.09 | 0.03 |
| ZC25 | 3X100 | 100 | 34.09 | 0.03 |
| ZC26 | 3X100 | 100 | 34.09 | 0.03 |
| ZC27 | VACIO | | | |
| ZC28 | 3X70 | 70 | 48.70 | 0.02 |
| $\frac{1}{ZC\ 4} + \frac{1}{ZC\ 5} + \frac{1}{ZC\ 6} + \dots + \frac{1}{ZC\ 28} =$ | | | | 0.77 |

Tabla 19. Impedancia de los alimentadores que no se identificaron las cargas.

Para el circuito ZC17, no se tenía la capacidad del interruptor por lo que se tomó en cuenta la corriente dada por la TABLA 310-17 Capacidad de conducción de corriente (A) permisible para cables monoconductores aislados de 0 a 2 000 V nominales, al aire libre y a temperatura ambiente de 30 °C, de la NOM-001.

Dado que tiene un conductor de 2/0 AWG, su capacidad es de 225 [A] (Ver Tabla 19).

La impedancia total de los circuitos ZC4 A ZC28 en la subestación, esta dada por la siguiente ecuación:

$$ZC = \frac{1}{\frac{1}{ZC4} + \frac{1}{ZC5} + \frac{1}{ZC6} + \dots + \frac{1}{ZC28}} = 1.29\ pu$$

ANEXO C

Memoria de cálculo de la malla del sistema de tierras para el Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Vallejo, conforme lo establece la IEEE STD 80-2000.

Se realizó el diseño de la malla del sistema de tierras con el fin de que pueda disipar la máxima corriente de corto circuito que se pueda presentar¹ en el CCH Vallejo, dicho diseño implica haber calculado previamente la resistividad del terreno ver capítulo².

Tabla de datos para obtener la resistividad del terreno basándonos en el método de puente de Wenner:

| Núm. de medición | Distancia de separación | Dirección 1 [Ω] | Dirección 2 [Ω] | Dirección 3 [Ω] | Dirección 4 [Ω] | Promedio [Ω] | Promedio [Ω m] |
|------------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------|
| 1 | 4.5 | 0.21 | 0.31 | 0.21 | 0.34 | 0.2675 | |
| 2 | 3 | 0.51 | 0.87 | 0.45 | 0.58 | 0.6025 | |
| 3 | 2 | 1.51 | 1.39 | 0.98 | 1.28 | 1.29 | |
| Promedio total | | | | | | 0.72 | 14.326 |

Tabla de datos para obtener la resistividad del terreno.

Equipo utilizado, Medidor de resistividad de tierra (Megger), marca AEMC, modelo 4600.

Se presentan las características de la malla, la cual debe cumplir con los potenciales de paso y de contacto.

| DATOS | Valor | Unidades |
|---|----------|----------|
| Resistividad terreno (σ) | 14.33 | [Ωm] |
| Iccf-t | 34569.47 | [A] |
| X"/R | 20 | |
| Tiempo de falla (t_{falla}) | 0.5 | [s] |
| Largo de la malla (b) | 16 | [m] |
| Ancho de la malla (a) | 8 | [m] |
| Resistencia del material cont. (σ_s) | 5000 | [Ωm] |
| Espesor material (h_s) | 0.2 | [m] |
| Profundidad de la red (h) | 0.6 | [m] |
| Longitud de la varilla (L_v) | 3.00 | [m] |
| Diámetro de la varilla | 0.0159 | [m] |
| Calibre del conductor | 4/0 | AWG |
| Diámetro conductor (d) | 0.0134 | [m] |
| *Factor de decremento (D_f) | 1.03 | |
| Factor de proyección (F_p) | 1 | |
| No. de conductores verticales (cv) | 21 | |
| No. conductores horizontales. (ch) | 11 | |
| Separación entre conductores. (D) | 0.8 | [m] |
| No. de varillas (#v) | 3 | |
| Profundidad de referencia (h_o) | 1 | [m] |

Memoria de cálculo de la malla del sistema de tierras para el Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Vallejo.

¹ Ver Tabla 4.3 y anexo B para mayor información de este calculo.

² Ver capítulo 1.4..

*La relación X/R, esta dada por la impedancia en el bus de la falla, el cual tuvo un valor próximo de 20, por lo que tenemos que el factor de decremento por Tablas y para un tiempo de duración de la falla de 0.5 s, tenemos:

*El factor de decremento (D_F) esta en función de t_{falla} y $\frac{X}{R}$ (0.5, 20); y su valor se obtiene de Tablas.
Corriente de falla máxima a tierra en la malla

$$I_{max\ cc} = (I_{cct-t})(Df)(Fp) = 34569.47 [A](1.03) * 1 = 35,606.554 [A]$$

Factor de reflexión (K)

$$k = \frac{\sigma - \sigma_s}{\sigma + \sigma_s} = \frac{14.33[\Omega m] - 5000[\Omega m]}{14.33[\Omega m] + 5000[\Omega m]} = -0.99428609$$

Factor de reducción (Fr):

$$F_r = 1 - \frac{0.09(1 - \frac{\sigma}{\sigma_s})}{2h_s + 0.09} = 1 - \frac{0.09(1 - \frac{14.33}{5000})}{2(0.2[m]) + 0.09} = 0.816853$$

Potenciales tolerables para el cuerpo humano con un peso corporal de 70 [kg]

$$E_{contacto} = \frac{(1000 + 1.5Fr\sigma_s) * 0.157}{\sqrt{t_{falla}}} = \frac{(1000 + 1.5(0.816853)5000) * 0.157}{\sqrt{0.5}} = 5,663.04[V]$$

$$E_{paso} = \frac{(1000 + 6Fr\sigma_s)0.157}{\sqrt{t_{falla}}} = \frac{(1000 + 6(0.8168)5000)0.157}{\sqrt{0.5}} = 1,582.28[V]$$

Longitud total de las varillas (lvT)

$$L_{vt} = (\# v)(lv) = 3 * 3 = 9[m]$$

Longitud total de la malla (LT) considerando longitud total de las varillas (lvT); (Varillas ubicadas en las esquinas de la cuadrícula de la malla)

$$L_T = (cv * a) + (ch * b) + L_{vt} = (21 * 8[m]) + (11 * 16[m]) + 9[m] = 353[m]$$

Área de la malla (A_m)

$$A_m = a(b) = 8[m] * 16[m] = 128[m^2]$$

Resistencia de malla (R_g)

Utilizando la fórmula de Sverak para redes de tierra de una subestación recomendada por IEEE-STD 80-2000.

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

$$Rg = \sigma \left(\frac{1}{L_T} + \left(\frac{1}{\sqrt{20 * Am}} \right) * \left(1 + \frac{1}{1 + \left(h * \sqrt{\frac{20}{Am}} \right)} \right) \right)$$

$$Rg = 14.33[\Omega m] \left(\frac{1}{353[m]} + \left(\frac{1}{\sqrt{20 * 128[m^2]}} \right) * \left(1 + \frac{1}{1 + \left(0.6 * \sqrt{\frac{20}{128[m^2]}} \right)} \right) \right) = 0.55[\Omega]$$

Para esta subestación de distribución la resistencia debe ser menor a 5Ω.

Factor de esparcimiento para la tensión de malla (km)

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

Donde: $k_{ii}=1$ para mallas con varillas de aterrizaje en sus esquinas.

LC = longitud total del conductor en la malla

$$Lc = (cv * a) + (ch * b) = 21 * 8[m] + 11 * 16[m] = 344[m]$$

LP = longitud perimetral de la malla

$$Lp = (2 * 16[m]) + (2 * 8[m]) = 48[m]$$

$$n = \frac{2 * Lc}{Lp} = 2 \frac{344[m]}{48[m]} = 14.33$$

$$kh = \sqrt{1 + \frac{h}{ho}} = \sqrt{1 + \frac{0.6}{1}} = 1.26$$

Entonces se obtiene el valor km.

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

$$km = \frac{1}{2\pi} \left(\ln \left(\frac{1[m]^2}{16 * 0.6[m] * 0.0134 [m]} + \frac{(1[m] + 2 * 0.6[m])^2}{8 * 0.6[m] * 0.0134 [m]} - \frac{0.6[m]}{4 * 0.0134} \right) + \frac{1}{1.26} \ln \left(\frac{8}{\pi(2 * 14.33 - 1)} \right) \right)$$

$$km = 0.34$$

Potencial de contacto de la malla.

$$Ki = 0.645 + (0.172 * n) = 0.656 + (0.172 * 14.33) = 3.1$$

Donde: k_i = Factor de corrección para la geometría de la malla

Entonces

$$E_{CONTACTO} = \frac{\sigma * Km * Ki * I_{max cc}}{L_T} = \frac{14.33[\Omega m] * 0.34 * 3.1 * 36,367.08 [V]}{353[m]}$$

$$E_{CONTACTO} = 1,562.7 [V]$$

Donde:

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

$$ks = \frac{1}{\pi} \left(\frac{1}{2 * 0.6[m]} + \left(\frac{1}{1[m] + 0.6[m]} \right) + \frac{1}{1[m](1-0.5^{14.33-2})} \right) = 0.89$$

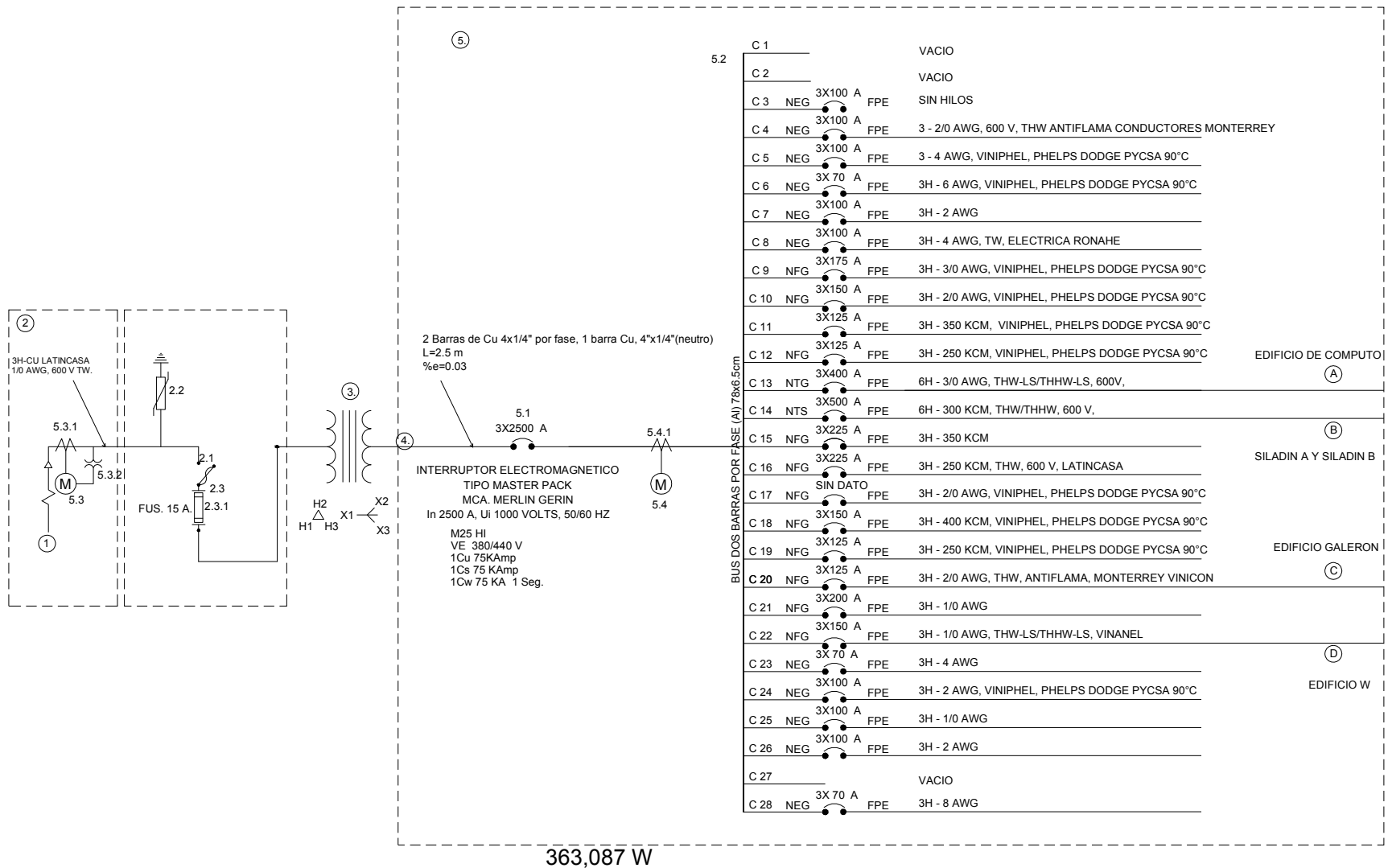
$$E_{paso} = \frac{\sigma * k_s * k_i * I_{max cc}}{0.75L_C + 0.85L_{VT}}$$

$$E_{paso} = \frac{14.33[\Omega m] * 0.89 * 3.1 * 36,367.08}{0.75 * 344[m] + 0.85 * 9[m]} = 5,432.46[V]$$

ANEXO D

Diagrama Unifilar del Colegio de Ciencias y Humanidades plantel Vallejo.

TABLERO GENERAL SUBESTACION



EDIFICIO DE COMPUTO

(A)

(T3)
TRANSFORMADOR SECO
220/440 VOLTS
150 KVA, TRIFASICO, 60 HZ
DE SUBESTACIÓN A EDIFICIO COMPUTO

6H-3/0 AWG
2H-3/0 AWG (neutro)
1H-2/0 AWG, TF
L=12 m
%e=0.35



6H - 2/0 AWG

3X200 A

3H-3/0 AWG
1H-3/0 AWG (neutro)
1H-2/0 AWG, TF
L=282m
%e=7.31

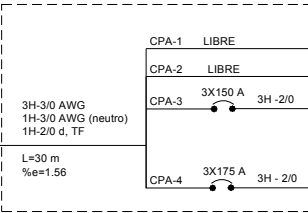
3X200 A

(T4)
TRANSFORMADOR SECO
440/220 VOLTS
150 KVA, TRIFASICO, 60 HZ
EDIFICIO COMPUTO



3H - 3/0 AWG

3X400 A



CPA-1 LIBRE

CPA-2 LIBRE

CPA-3 3X150 A

CPA-4 3X175 A

3H-3/0 AWG
1H-3/0 AWG (neutro)
1H-2/0 d, TF
L=30 m
%e=1.56

96,029.6 W

TAB A EDIF. DE COMPUTO

(E)

L=2.5m %e=0.09

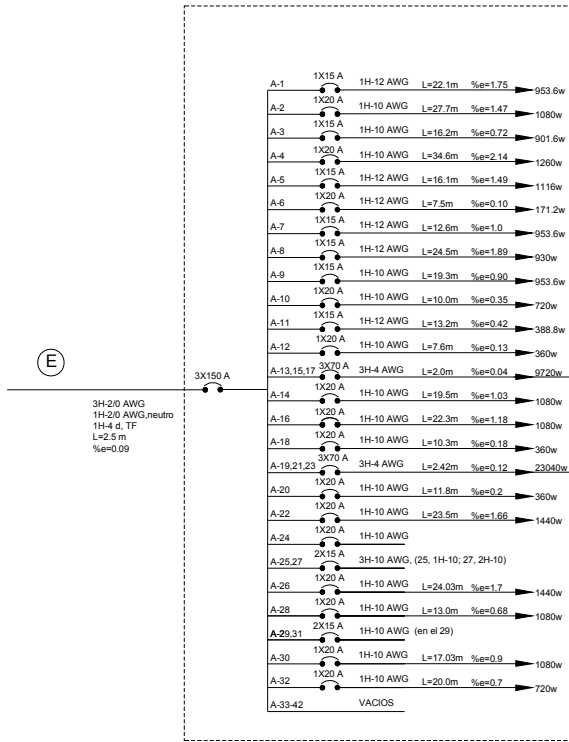
TAB B EDIF. DE COMPUTO

(F)

L=7m %e=0.21

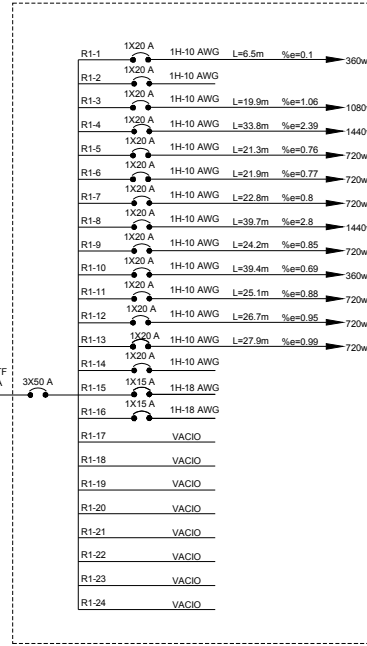
CPA

A



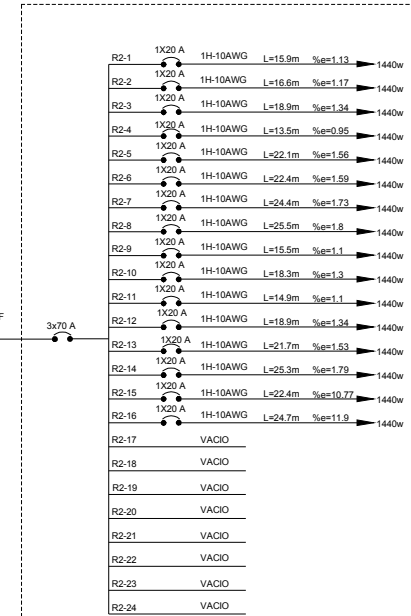
51,188.4 W

R1

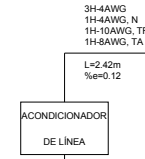


9,720 W

R2



23,040 W



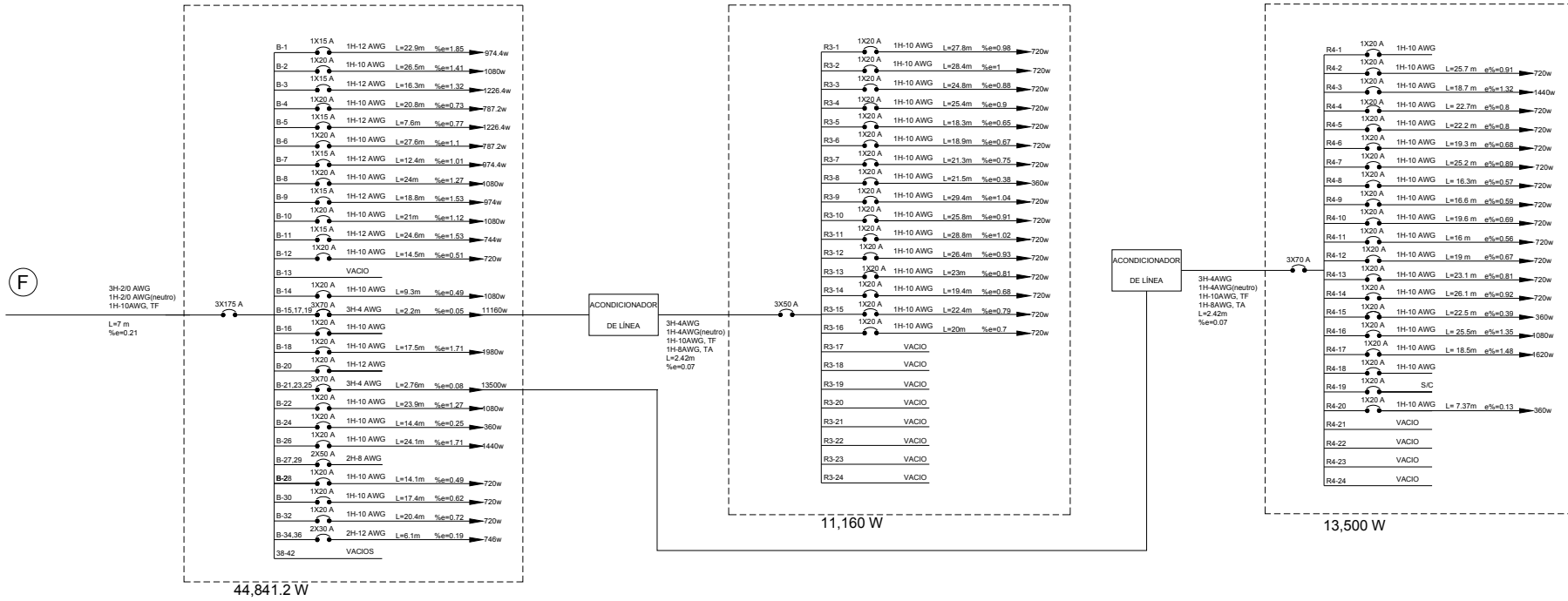
E

3H-20 AWG
1H-20 AWG neutro
1H-4 d. TF
L=2.5 m
%e=0.09

B

R3

R4

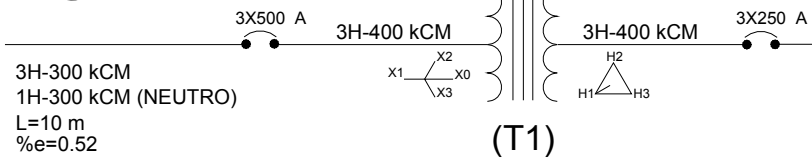


44,841.2 W

11,160 W

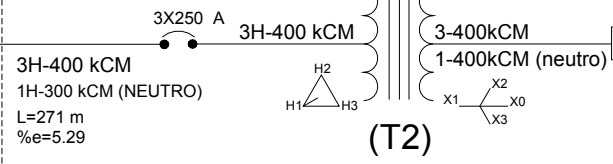
13,500 W

B



3H-300 kCM
1H-300 kCM (NEUTRO)
L=10 m
%e=0.52

(T1)
TRANSFORMADOR SECO
220/440 VOLTS
150 KVA, TRIFASICO, 60 HZ
DE SUBESTACIÓN A EDIFICIO SILADIN



3H-400 kCM
1H-300 kCM (NEUTRO)
L=271 m
%e=5.29

(T2)
TRANSFORMADOR SECO
440/220 VOLTS
150 KVA, TRIFASICO, 60 HZ
EDIFICIO SILADIN

SILADIN 'A'

G

3H-300 kCM
1H-300 kCM (NEUTRO)
1H-4 d, TF
L=9 m
%e=0.22

SILADIN 'B'

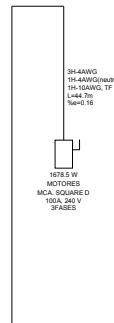
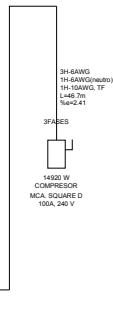
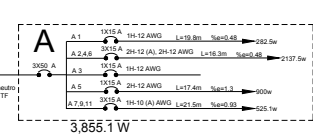
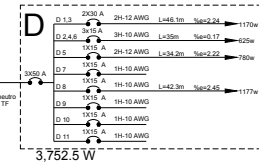
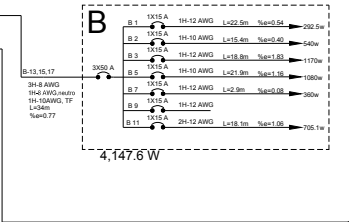
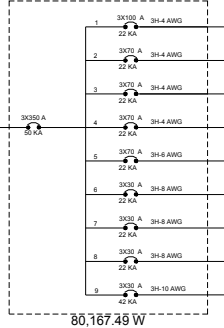
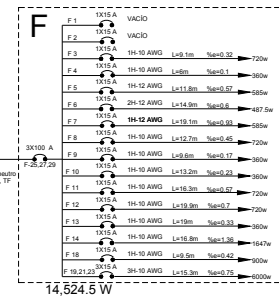
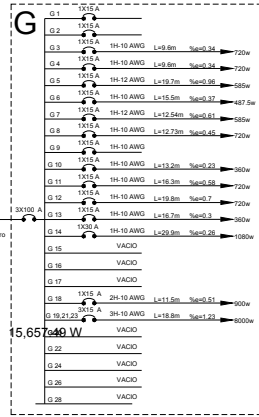
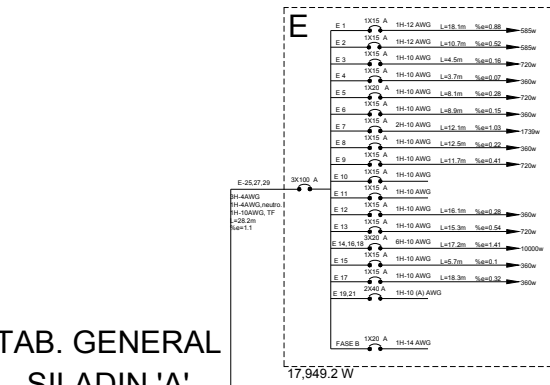
H

3H-300 kCM
1H-300 kCM (NEUTRO)
1H-4 d, TF
L=61 m
%e=1.7

TAB. GENERAL SILADIN 'A'

SILADIN 'A'
Ⓢ

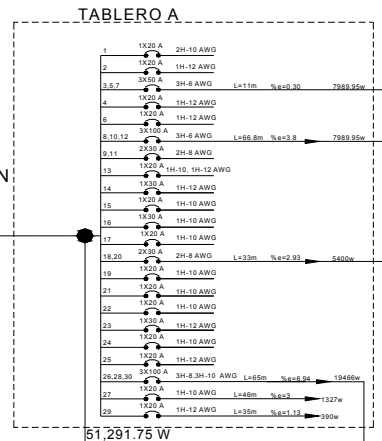
3x300 MCM
1H-4 & TF
L=48.0m
%a=0.22



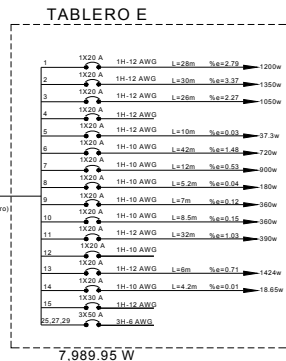
EDIFICIO GALERÓN

©

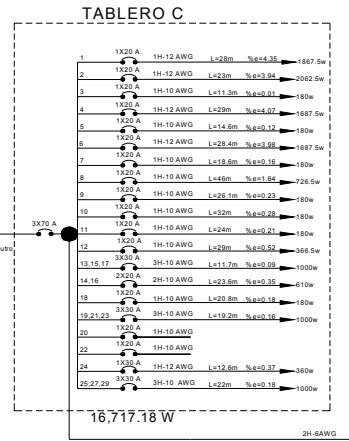
3H-2.0 AWG
1H-2.0 AWG (neutro)
1H-2.0 AWG. TF
L=245m
%e=0.56



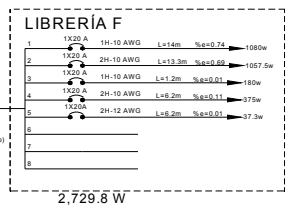
51,291.75 W



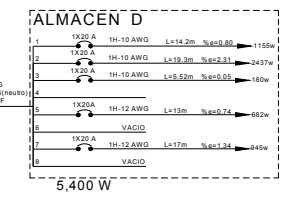
7,989.95 W



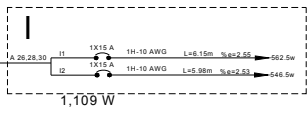
16,717.18 W



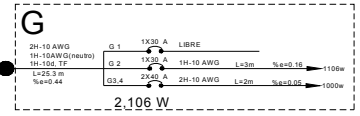
2,729.8 W



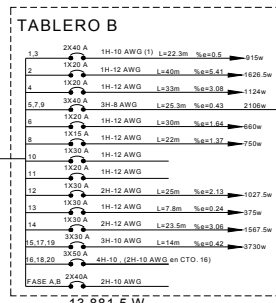
5,400 W



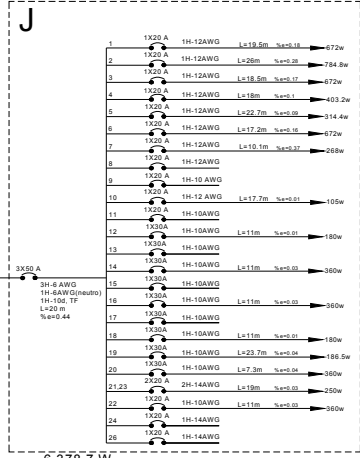
1,109 W



2,106 W



13,881.5 W



6,378.7 W

EDIFICIO W

WB

| | | | | | |
|-------------|--------|-----------|---------|---------|----------|
| WB-1 | 1X15 A | 1H-12 AWG | L=33m | %e=3.69 | 1344w |
| WB-2 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=41m | %e=1.09 | 540w |
| WB-3 | 1X15 A | 1H-12 AWG | L=17m | %e=1.52 | 1075.2w |
| WB-4 | 1X20A | 1H-10 AWG | L=35m | %e=1.05 | 360w |
| WB-5 | 1X15 A | 1H-12 AWG | L=28m | %e=1.56 | 672w |
| WB-6 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=38m | %e=1.68 | 900w |
| WB-7 | 1X15 A | 1H-12 AWG | L=36m | %e=1.94 | 650.4w |
| WB-8 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=43m | %e=1.90 | 900w |
| WB-9 | 1X15 A | 1H-12 AWG | | | |
| WB-10 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=35m | %e=1.55 | 900w |
| WB-11 | 1X20 A | 1H-12 AWG | L=20m | %e=0.78 | 470.4w |
| WB-12 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=34m | %e=1.20 | 720w |
| WB-13 | | VACIO | | | |
| WB-14 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=33.2m | %e=1.17 | 720w |
| WB-15 | | VACIO | | | |
| WB-16 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=28.8m | %e=1.27 | 900w |
| WB-17 | 1X20 A | 1H-12 AWG | | | |
| WB-18 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=20m | %e=1.69 | 1726.5w |
| WB-19 | 1X20 A | 1H-12 AWG | | | |
| WB-20 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=17m | %e=0.30 | 360w |
| WB-21 | 1X20 A | 1H-10 AWG | | | |
| WB-22 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=18.8m | %e=0.82 | 900w |
| WB-23 | 1X20 A | 1H-10 AWG | | | |
| WB-24 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=14m | %e=0.49 | 720w |
| WB-25,27,29 | 3X70 A | 3H-6 AWG | L=3m | %e=0.18 | 17458.5w |
| WB-26 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=35m | %e=1.55 | 900w |
| WB-28 | 1X20A | 1H-10 AWG | L=53.2m | %e=2.35 | 900w |
| WB-30 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=28.5m | %e=2.16 | 1546.5w |
| WB-31,33,35 | 3X30 A | 3H-8 AWG | | | |
| WB-32 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=32m | %e=1.13 | 720w |
| WB-34 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=31.2m | %e=1.38 | 900w |
| WB-36 | 1X20 A | 1H-10 AWG | | | |
| WB-37,39,41 | 3X50 A | 3H-6 AWG | L=3m | %e=0.07 | 6686.4w |
| WB-38 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=26.3m | %e=0.23 | 180w |
| WB-40 | | VACIO | | | |
| WB-42 | | VACIO | | | |

43,149.9 W

WC

| | | | | | |
|----------|--------|-----------|---------|---------|--------|
| WC-1 | 1X15 A | 1H-12 AWG | L=41.5m | %e=3.05 | 882w |
| WC-2 | 1X20 A | 1H-12 AWG | L=52m | %e=3.9 | 900w |
| WC-3 | 1X15 A | 1H-12 AWG | L=51m | %e=3.0 | 705.6w |
| WC-4 | | VACIO | | | |
| WC-5 | 1X15 A | 1H-12 AWG | L=35.7m | %e=1.31 | 441w |
| WC-6 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=46.2m | %e=2.05 | 900w |
| WC-7 | 1X15 A | 1H-12 AWG | L=41.5m | %e=1.8 | 488.7w |
| WC-8 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=40.5m | %e=1.79 | 900w |
| WC-9 | | VACIO | | | |
| WC-10 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=43.6m | %e=1.93 | 900w |
| WC-11 | 1X15 A | | | | |
| WC-12 | 1X20 A | | | | |
| WC-13 | 1X20 A | 1H-10 AWG | | | |
| WC-14 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=38.5m | %e=1.71 | 900w |
| WC-15 | | VACIO | | | |
| WC-16 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=38m | %e=1.59 | 900w |
| WC-17 | | VACIO | | | |
| WC-18 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=28.2m | %e=1.75 | 1260w |
| WC-19 | 1X20 A | 1H-10 AWG | | | |
| WC-20 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=39.0m | %e=1.07 | 559.5w |
| WC-21 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=33.0m | %e=1.52 | 933w |
| WC-22 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=31.5m | %e=1.40 | 900w |
| WC-23 | | VACIO | | | |
| WC-24 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=31.5m | %e=1.39 | 900w |
| WC-25 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=44.3m | %e=1.96 | 900w |
| WC-26 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=31.0m | %e=1.37 | 900w |
| WC-27 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=37.5m | %e=1.66 | 900w |
| WC-28 | 1X20A | 1H-10 AWG | | | |
| WC-29 | | VACIO | | | |
| WC-30 | 1X20A | 1H-10 AWG | L=36.0m | %e=1.91 | 1080w |
| WC-31-42 | | VACIOS | | | |

17,458.5 W

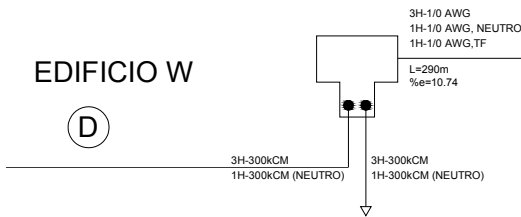
WA

| | | | | | |
|--------|--------|-----------|-------|---------|---------|
| WA-1 | 1X15 A | 1H-12 AWG | L=22m | %e=1.96 | 1075.2w |
| WA-2 | 1X15 A | 1H-12 AWG | L=38m | %e=4.25 | 1344w |
| WA-3 | 1X15 A | 1H-12 AWG | L=40m | %e=4.47 | 1344w |
| WA-4 | 1X20A | 1H-10 AWG | L=45m | %e=1.99 | 900w |
| WA-5 | 1X15 A | 1H-12 AWG | L=28m | %e=0.87 | 403.2w |
| WA-6 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=24m | %e=0.85 | 720w |
| WA-7,9 | 2X15 A | S/C | | | |
| WA-8 | 1X20 A | 1H-10 AWG | L=45m | %e=1.99 | 900w |

6,684.4 W

EDIFICIO W

(D)



3H-1/0 AWG
1H-1/0 AWG (neutro)
1H-6 AWG, TF

3X70 A
25kA

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18

L=3m
%e=0.18