

CAPITULO 1 Metodología empleada.

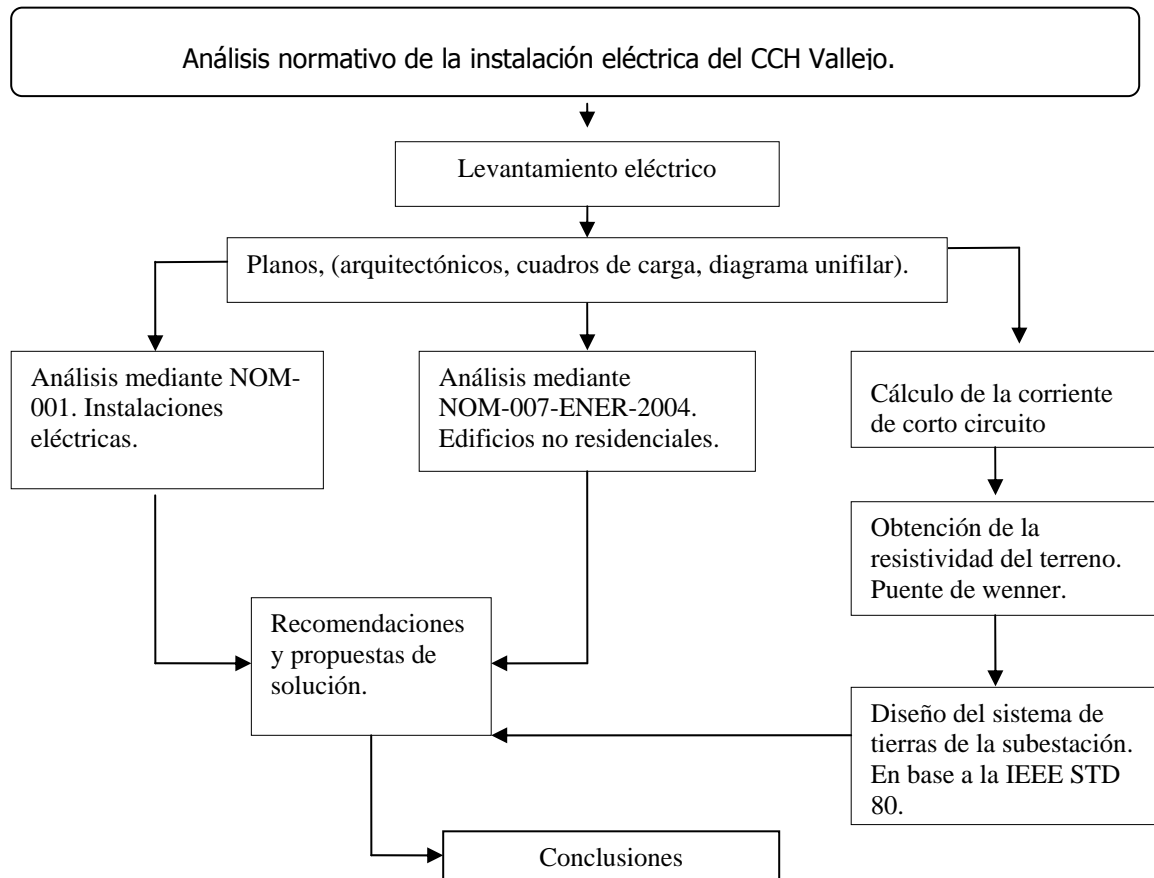


Figura 1.1 Metodología empleada.

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.

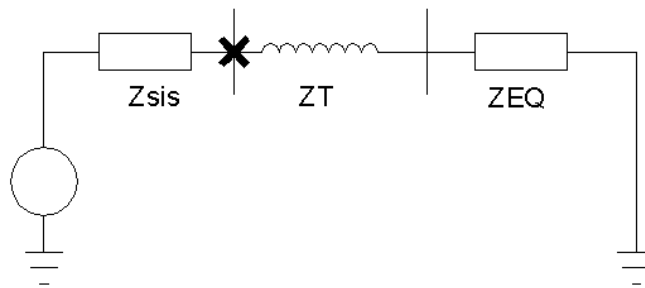


Figura 1.2 Diagrama de la falla trifásica del lado de alta tensión del transformador de la subestación.

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 [VAR] con un factor de potencia FP de 0.9.

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

Obtenemos:

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

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

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

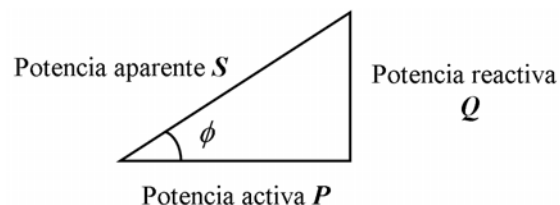


Figura 1.3 Triángulo de potencias.

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:

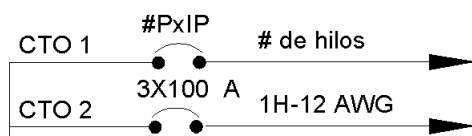
kVA base=Base de nuestro sistema [kVA]

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.**

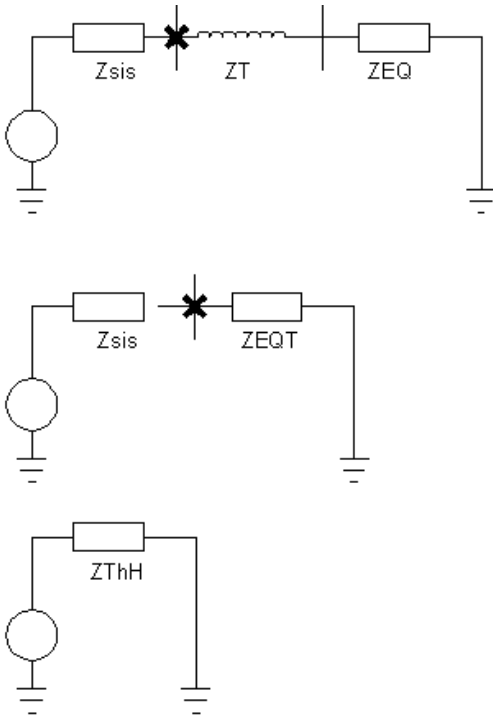


Figura 1.5 Diagrama de la impedancia Thevenin para el cálculo de corto circuito trifásico del lado de media tensión del transformador en la subestación.

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].

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

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

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

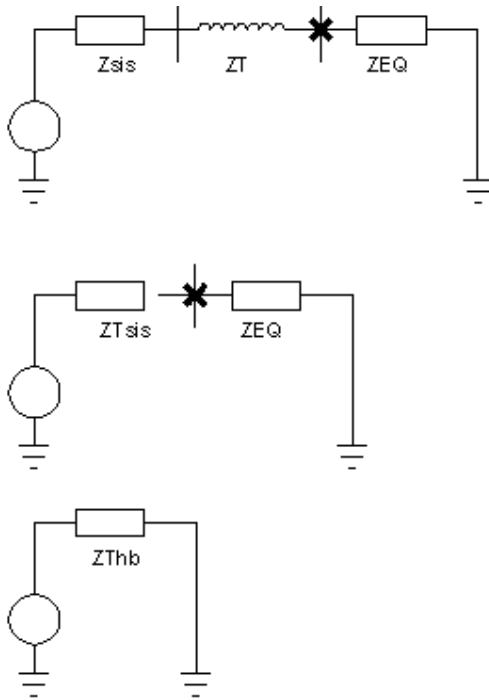


Figura 1.6 Diagrama de la impedancia Thevenin para el cálculo de corto circuito trifásico del lado de baja tensión del transformador en la subestación.

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

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

$$ZThb = \frac{1}{\frac{1}{ZT_{sis}} + \frac{1}{Z_{EQ}}}$$

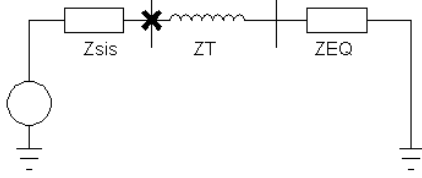
$$I_{cc\ 3\phi pu} = \frac{1}{ZThb} pu$$

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.

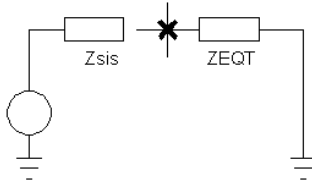
Zsis: La impedancia del sistema, dado por la siguiente ecuación:

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

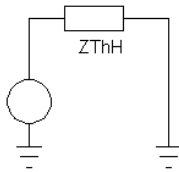
$$MVA_{cc} = I_{ccsis}[kA] * tensión[kV]$$

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.

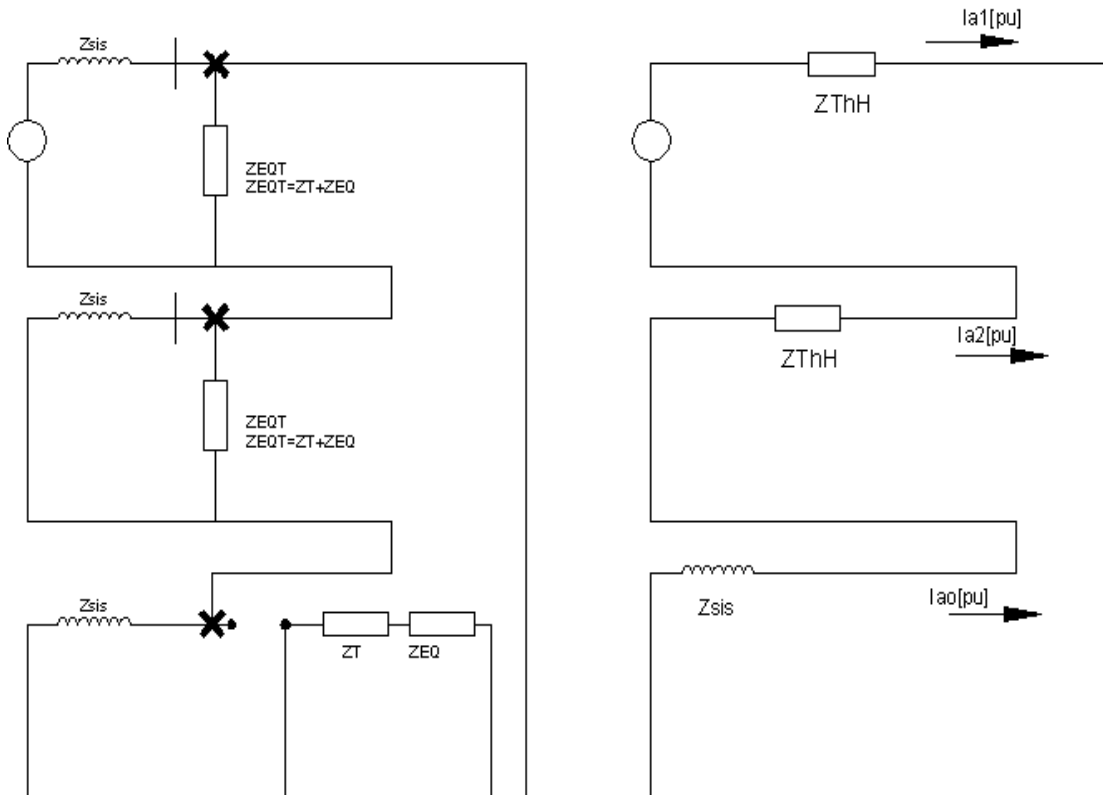


Figura 1.8 Diagrama de impedancias de secuencia positiva, negativa y cero para el corto circuito monofásico en el lado de media tensión del transformador de 750 KVA de la subestación CCH Vallejo.

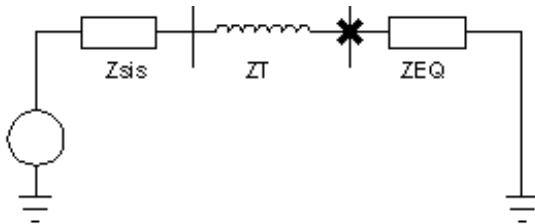
$$I_{a1}[pu] = I_{a2}[pu] = I_{a0}[pu] = I_{a1}[pu] = \frac{1}{2 * Z_{ThH} + Z_{sis}}$$

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

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.

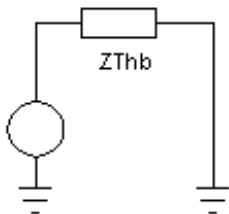
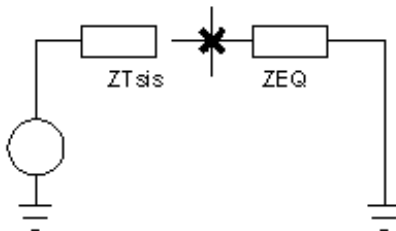
Zsis: La impedancia del sistema, dado por la siguiente ecuación:

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

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

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:

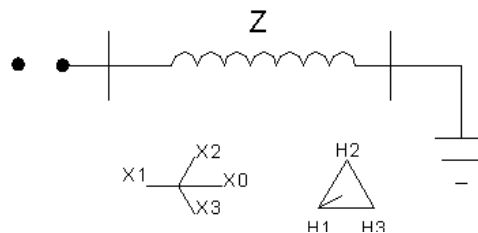


Figura 1.10 Conexión del transformador en secuencia cero.

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:

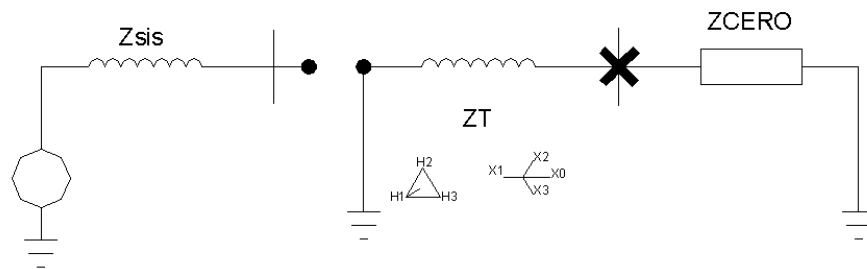


Figura 1.11 Diagrama de impedancia de secuencia cero.

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.

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

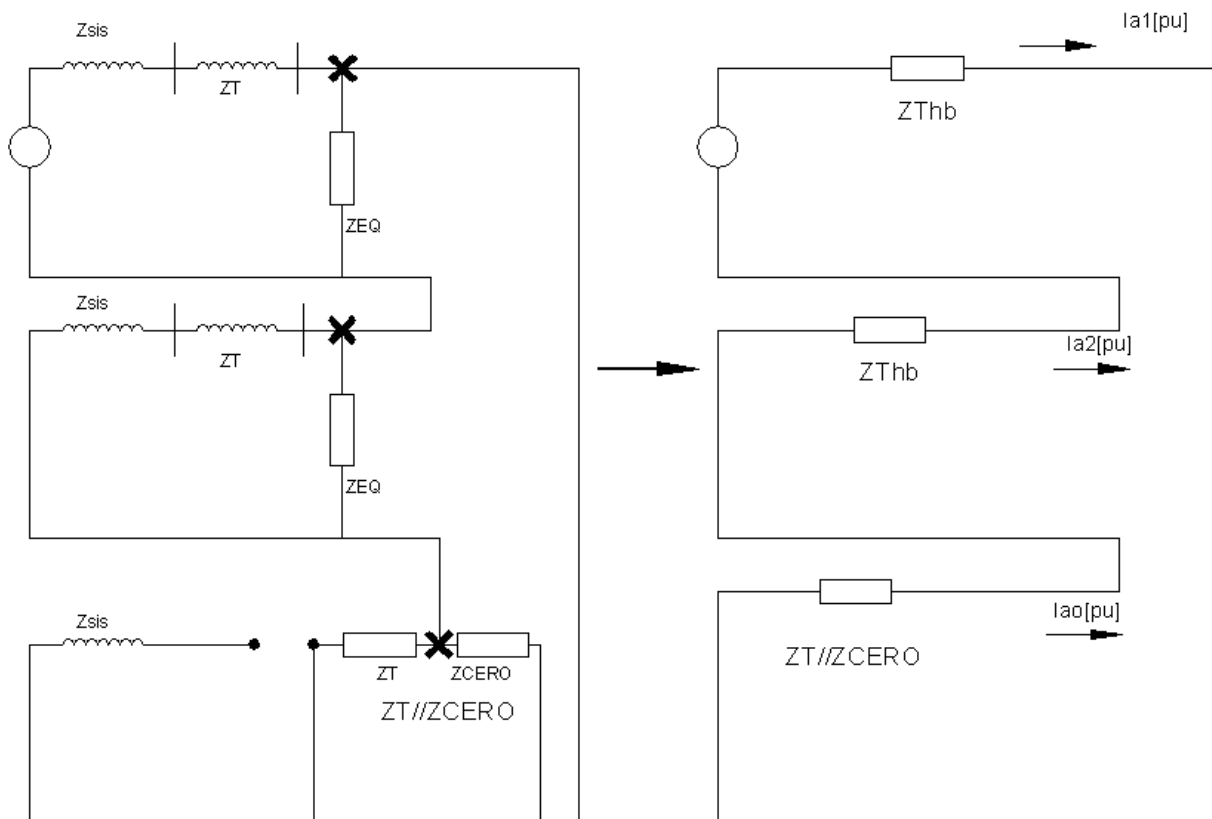


Figura 1.12 Diagrama de impedancias de secuencia positiva, negativa y cero para el cálculo de corto circuito monofásico en el lado de baja tensión.

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

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

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.

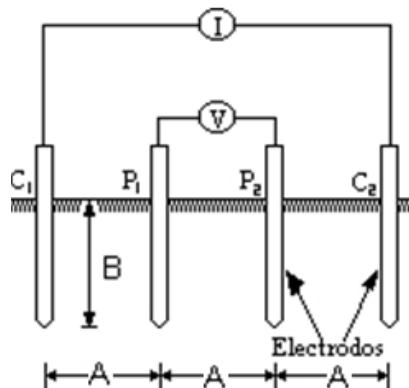


Figura 1.13 Diagrama de conexiones para el puente de Wenner, Tomado de NMX-J-549-ANCE-2005.

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.

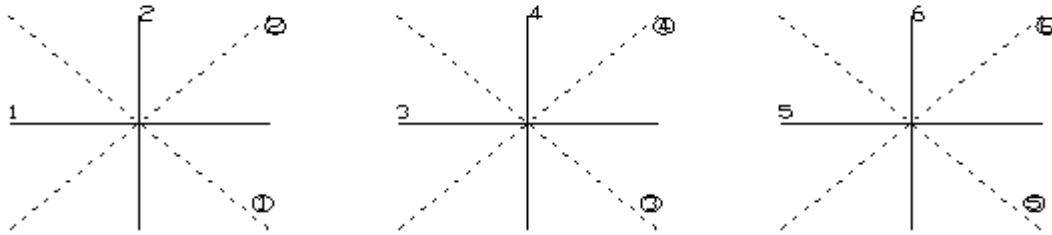


Figura 1.14 Trayectorias recomendadas para la obtener las mediciones de resistividad.

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.

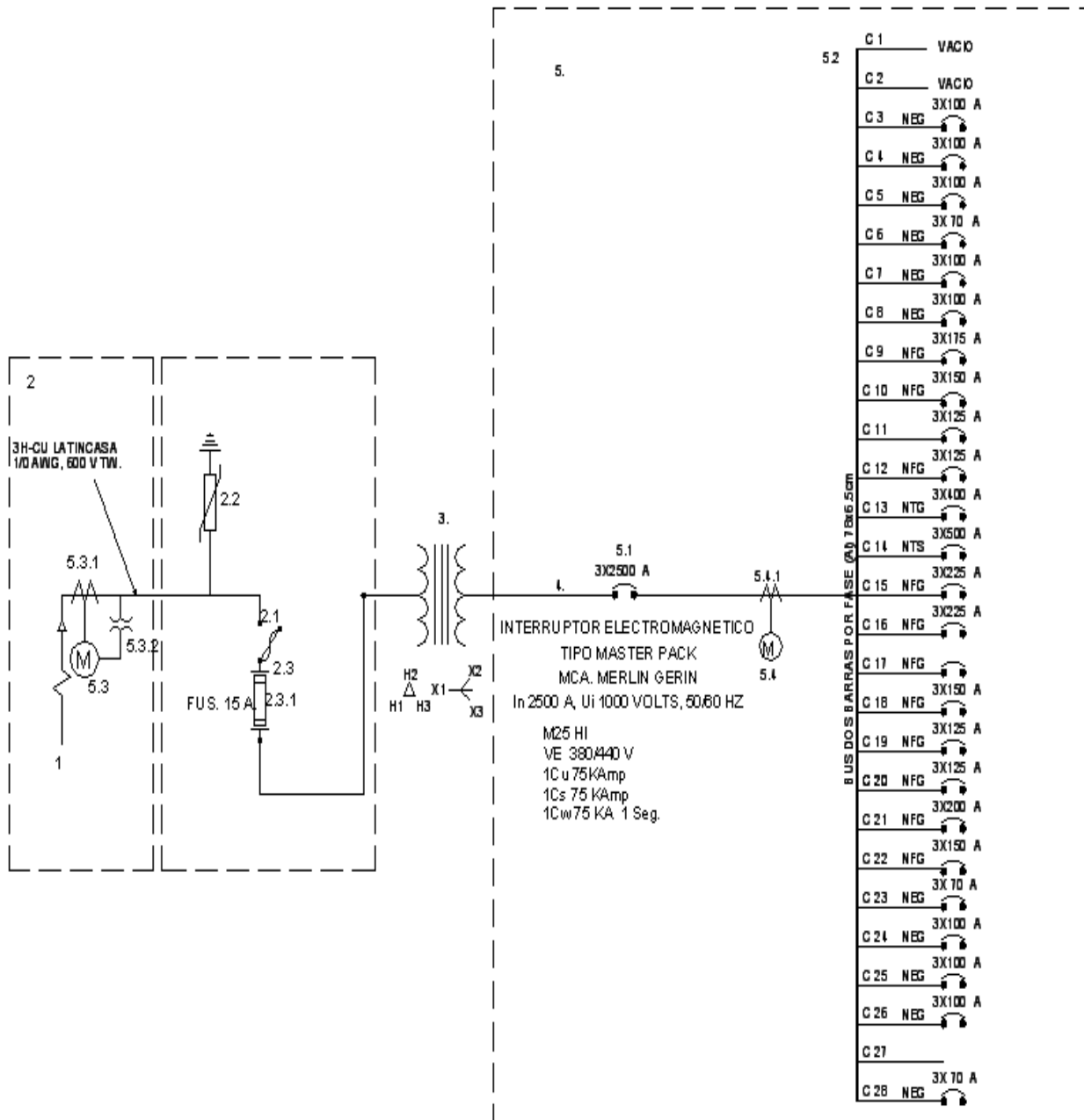


FIGURA 2.1 Diagrama unifilar subestación CCH
Valejo, Ver anexo D.

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.