

870117

Universidad Autónoma de Guadalajara  
INCORPORADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO  
"FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA"

---

---

392  
Ejemplar.



TEJIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**BISEÑO Y CALCULO DE UNA SUBESTACION ELECTRICA  
12 MVA, 69 - 6.6 KV. PARA UNA MINA**

---

---

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A :  
**FERNANDO JAVIER ROSETE ARAGON**  
GUADALAJARA, JAL. 1989

---

---



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.

I N D I C E . . .

- INTRODUCCION.
- ANTECEDENTES.
- CAPITULO No. 1: DIAGRAMA UNIFILAR.
- CAPITULO No. 2: ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO.
- CAPITULO No. 3: 3.1 DISEÑO Y CALCULO DEL SISTEMA DE PROTECCION.  
3.2 DISEÑO Y CALCULO DE RED DE TIERRAS.
- CAPITULO No. 4: LOCALIZACION DE EQUIPOS.  
DISEÑO DE ALUMBRADO Y SERVICIOS PROPIOS.
- CAPITULO No. 5: ESTUDIO ECONOMICO.
- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.
- BIBLIOGRAFIA.

## I N T R O D U C C I O N .

Una subestación eléctrica es el conjunto de elementos integrados que transforman, distribuyen, controlen y miden la energía eléctrica proveniente de las plantas generadoras, líneas de transmisión o línea de distribución en alta tensión.

El presente estudio tiene como objetivo calcular y diseñar una subestación eléctrica de 12 MVA, 69 KV primarios, 6.6 KV a la carga y su alumbrado.

Esta subestación será tipo intemperie lo cual requerirá -- que el equipo sea capaz de soportar condiciones atmosféricas adversas (lluvia, viento, descargas eléctricas, etc.).

Con ésta subestación se podrá dar energía para poder extraer del suelo un 50% más de mineral, que ha de transformarse - en PELET DE FIERRO, para después ser llevado a las siderurgicas sea fundido y después llevado a nuestro hogares convertido en - varillas, clavos, placas de fierro, etc.

## A N T E C E D E N T E S .

El estudio en mención se hará para una mina de hierro ubicada en el estado de Colima.

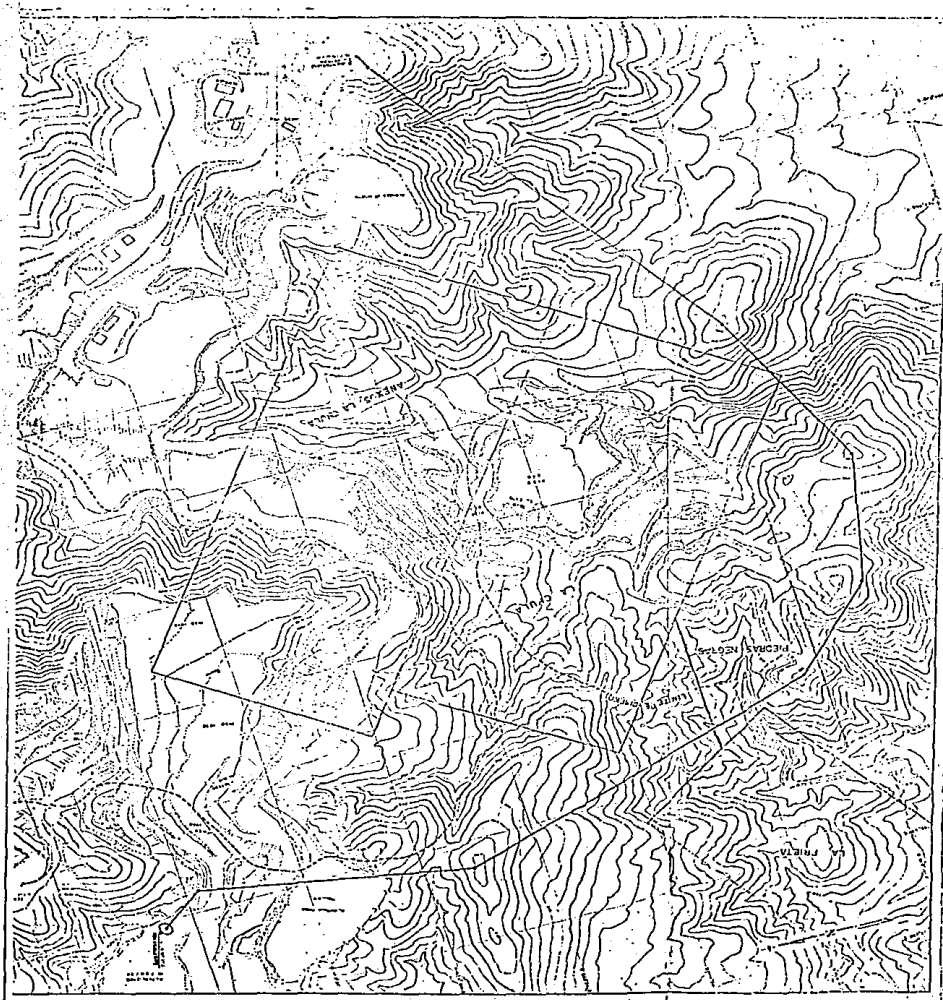
Esta mina, actualmente tiene una capacidad de molienda diaria de mineral de 6,000 Tons. aproximadamente, la piedra mineral ferrosa es transformada en PELET y es comprado por siderúrgicas en diferentes estados de la republica como son: Altos Hornos de México, Siderúrgica Lázaro Cardenas, Compañía Siderúrgica de Guadaluajara entre otras.

Debido a la necesidad de extraer más mineral, se necesitó una subestación similar a la ya existente.

En realidad no hubo más alternativa que instalar otra subestación, esto es por que para aumentar 50% la extracción de mineral se requiere dar energía a una pala "Bucyrus" que demanda --- 1723 KW, 3 perforadoras de demanda 339 KW c/u y 3 palas "Demag" que demanda en total 3133 KW; la subestación existente sólo puede dar energía para lo que ahora está instalado.

Después de analizar las diferentes alternativas para decidir dónde se instalaría la subestación analizando, costos, accesibilidad etc. se determinó la ubicación exacta como se indica en la fig. # 4 anexo a ésta pagina.

Así se procedió a desarroyar el proyecto para instalarse -- una subestación eléctrica de 12 MVA, que transformará de 69,000-Volts a 6600 Volts, con sus diferentes protecciones y así dar -- energía a las máquinas que extraerán mineral del subsuelo colí - mense.



CAPITULO 1.

DIAGRAMA UNIFILAR.





LISTA DE MATERIALES.

<u>PART.</u>	<u>UNID.</u>	<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>
1	PZA.	3	APARTARRAYOS AUTOVALVULARES, TENSION NOMINAL DE DESIGNACION 60 KV (ACTUAL).
2	PZA.	1	EQUIPO DE MEDICION DE S.E. (ACTUAL).
3	PZA.	3	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE PROPIEDAD - C.F.E. ACTUAL.
4	PZA.	3	TRANSFORMADORES DE POTENCIAL PROPIEDAD - C.F.E. ACTUAL.
5	PZA.	1	CUCHILLA DESCONECTADORA, TRIPOLAR OPERACION EN EQUIPO 69 KV, 600 AMP. (ACTUAL).
6	PZA.	3	CORTA CIRCUITO DE POTENCIA, TIPO SMD-28, 69 KV NOMINALES, 72.5 KV MAXIMOS, 350 KV DE NIVEL BASICO DE IMPULSO, 300 E. AMP.- MAXIMOS, 17 500 AMP. INTERRUPTIVOS SIMETRICO CAT. 192416, INCLUYE CONECTORES EX TREMOS, CAT. 3836 Y FUSIBLES TIPO SMD DE 125 AMP.
7	PZA.	3	APARTARRAYOS AUTOVALVULARES CLASE ESTACION TIPO SMD MCA. WESTINGHOUSE, DE OXIDO DE ZINC, CAT. 8030 A10A60.
8	PZA.	1	CIRCUITO SWITCHER ACTUAL.
9	PZA.	1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 12.5 M.V.A. -- 69/6.6 KV ACTUAL.
10	:		LINEA TRIFASICA AEREA, 69 KV SOPORTADA EN TORRES DE ACERO ESTRUCTURAL, 3 CABLES 266.8 MCM, TIPO ACSR.

LISTA DE MATERIALES.

<u>PART.</u>	<u>UNID.</u>	<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>
11	PZA.	2	CUCHILLA DESCONECTADORA TRIPOLAR, CAT. - 37016-L, 600 AMP. CONTINUOS, 350 KV, DE NIVEL BASICO DE IMPULSO OPERADA DESDE EL PISO MEDIANTE PALANCA MONTAJE VERTICAL, - APERTURA LATERAL.
12	PZA.	1	IDEM AL ANTERIOR PERO MONTAJE HORIZONTAL APERTURA VERTICAL, CAT. 45306-L.
13	PZA.	1	INTERRUPTOR DE POTENCIA EN PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE, O EN SFG, 69 KV NOMINALES 72.5 KV MAXIMOS, 1200 AMP NOMINALES, --- 1500 MVA. INTERRUPTIVOS MINIMOS TENSION- DE CONTROL 125 V.C.D. MECANISMO, MOTOR Y RESORTE A 220 Y A C, 60 HZ.
14	PZA.	1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 1200 KVA, EN FRIAMIENTO O A, 69KV/6.6 KV-3.81 KV CONE XION DELTA EN A.T. Y ESTRELLA EN B.T. - 8.3% DE IMPEDANCIA, CON TRANSFORMADORES- DE CORRIENTE EN BOQUILLAS, RELACION ---- <u>600/5 A</u> EN A.T. Y <u>2000/5 A</u> EN B.T. (RELA CION MULTIPLE), CON TRANSFORMADOR DE CO- RRIENTE RELACION 600/5 A EN EL NEUTRO -- FRECUENCIA NOMINAL 60 HERTZ CON CAMBIA-- DOR DE DERIVACIONES SIN CARGA, +2.5%, EN EL LADO DE A.T.

LISTA DE MATERIALES.

<u>PART.</u>	<u>UNID.</u>	<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>
15	PZA.	1	RELEVADOR DE PALLA A TIERRA, MCA. WES-- TINGHOUSE, TIPO CO9 UNIDAD DE TIEMPO -- 0.5-2.5A, UNIDAD INSTANTANEA 4-16A, TEN SION DE CONTROL 125 V.C.D.
16	PZA.	1	RELEVADOR DE SOBRE CORRIENTE, TIPO CO9-- RANGO DE LA UNIDAD DE TIEMPO 4-12 AMP.-- RANGO DE LA UNIDAD - INSTANTANEA 20-80-- AMP. TENSION DE CONTROL 125 VCD.
17	PZA.	1	RELEVADOR DE SOBRE CORRIENTE, TIPO CO9-- UNIDAD DE TIEMPO 0.5-2.5 AMP. UNIDAD -- INSTANTANEA, 4-16 AMP. TENSION DE CON - TROL 125 V.C.D.
18	PZA.	1	RESISTENCIA PARA ATERRIZAR EL NEUTRO -- DEL TRANSFORMADOR 6.35 OHMS. CON UN RE- GIMEN DE 600 AMP. DURANTE 10 SEGUNDOS - VOLTAJE 3810 VOLTS NEUTRO A TIERRA.
19	PZA.	24	TERMINAL TERMOCONTRACTIL, TIPO THERMO - FIT INTEMPERIE PARA CAL. 500 MCM, CON - AISLAMIENTO PARA 8 KV TIPO POLYCON EPR.
20	MTS.	400	CABLE DE ENERGIA DE COBRE CAL. 500 MCM. 3 CONDUCTORES POR FASE, CON AISLAMIENTO DE 8 KV TIPO POLYCON E.P.R. CON PANTA - LLA 100% NIVEL DE AISLAMIENTO, COLOCADO EN CHAROLA.

LISTA DE MATERIALES.

<u>PART.</u>	<u>UNID.</u>	<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>
21	PZA.	3	RELEVADOR DIFERENCIAL MONOFASICO PARA - TRANSFORMADOR DE 2 DEVANADOS, TIPO HU - 60 HERTZ COMO CIRCUITO DE RESTRICCION - POR ARMONICA DE PORCENTAJE, TENSION DE- CONTROL 125 V.C.D.
22	PZA.	1	INTERRUPTOR EN VACIO, VACARC, TIPO VAO- 7.2 KV NOMINALES, 3 FASES, 60 G.P.S. - TENSION MAXIMA 8.25 FACTOR K 125 NIVEL- BASICO DE IMPULSO 35 KV CORRIENTE NOMI- NAL 2000 AMP. CORRIENTE DE CORTOCIRCUI- TO NOMINAL A LA TENSION 29000 AMP. TEN- SION DE CONTROL 125 VCD, CAT. VAD 08035 -20 ESTE INTERRUPTOR ES EL PRINCIPAL DE UN METALCLAD, TIPO INTERIOR TIPO VC8-1, CON BARRAS PRINCIPALES DE 2000 AMP. IN- TERRUPTORES DE 1200 AMP. UNA SECCION -- PARA SERVICIOS PROPIOS Y EQUIPO DE PRO- TECCION Y MEDICION ESPECIFICADOS APARTE INCLUYE MONTA-CARGA CAT. VM1-200.
23	PZA.	1	KILOWATTHORIMETRO TRIFASICO PARA SER - USADO CON TRANSFORMADORES DE MEDICION - ELEMENTO DE CORRIENTE DE 5 AMP. ELEMEN- TOS DE VOLTAJE DE 120 VOLTS, TIPO D 4B- 3F.

LISTA DE MATERIALES.

<u>PART.</u>	<u>UNID.</u>	<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>
24	PZA.	1	SELECTOR DE AMPERMETRO TIPO 305A701G01 3 F, 6 H.
25	PZA.	1	AMPERMETRO PARA TABLERO O SIMILAR, ES- CALA 0-1200 AMP. ELEMENTO DE 5 A, 60 - HZ.
26	PZA.	1	SELECTOR DE VOLTMETRO TIPO 5# 503 702 G03, 3 F, 4 H, 130 V.
27	PZA.	1	VOLTMETRO DE CORRIENTE ALTERNA, ESCALA 0-10,000 VOLTS, ELEMENTO 120 VOLTS 60- HZ.
28	PZA.	1	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL CON PRESI - CION 0.3 ADECUADO PARA ALIMENTAR KILO- WATTHORIMETRO, RELACION 35 1 CON FUSI- BLE EN LA BASE, 4200/120 VOLTS.
29	PZA.	3	RELE DE BAJO VOLTAJE, TIPO CV-1.
30	PZA.	1	TRANSFORMADOR PARA SERVICIOS PROPIOS - TIPO SECO, 3 FASES, CONEXION DELTA EN- A.T. Y EN ESTRELLA EN B.T. 6000 VOLTS/ 220.127 VOLTS, 60 C.P.S. CAPACIDAD NO- MINAL 15 KVA.
31	PZA.	1	INT. TERMOMAGNETICO, 3 F, AMP. MARCO - F A .
32	PZA.	1	CENTRO DE CARGAS TIPO Q O 24-4AB.

LISTA DE MATERIALES.

<u>PART.</u>	<u>UNID.</u>	<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>
33	PZA.	2	INT. EN VACIO VACRC TIPO VAD, 7.2 KV - NOMINALES, 3 FASES 60 C.P.S. TENSION - MAXIMA 8.25 KV FACTOR K# 1.25 NIVEL BA SICO DE IMPULSO 93 KV CORRIENTE NOMINAL 1200 A CORRIENTE DE CORTO CIRCUITO --- 29,000 AMP TENSION DE CONTROL 125 V.C. D. CAT. VAD-08038-12 ESTOS DOS INTE - RRUPTORES SON LOS DERIVADOS, ESP. 22.

La subestación de potencia que desarrollaremos en ésta tesis se alimentará de una línea de C.F.E. a 69,000 volts, 3 fases y 811.68 MVA. de capacidad de corto circuito (datos proporcionados por C.F.E.), ésta línea alimenta actualmente a la subestación No. 1 de la cual derivaremos.

La derivación se hará del bus de la subestación actual ---- (ver fig. No. 2), para proteger éste tramo de línea (aprox. 300-mts.) utilizaremos un juego de cortacircuitos, fusibles tipo SMD -2B, mca. SYC-SELMEC de 125 amperes, de capacidad nominal, 69 KV y 17500 AMPS. de capacidad interruptiva.

Para la acometida a la nueva subestación tenemos 3 apartarrayos autovalvulares, mca. Westinghouse, 60 KV de tensión nominal de designación clase subestación.

Después de los apartarrayos tenemos dos juegos de cuchillas desconectadoras de operación en grupo, simultánea en las tres fases apertura lateral, 69 KV, 600 AMPS., mca. SYC-SELMEC y una cuchilla idem. solo que 1200 AMPS. y doble apertura lateral, éstas cuchillas se utilizarán de BY PASS cuando se de mantenimiento interruptor en pequeño volumen de aceite. Las cuchillas se operarán desde el piso mediante una palanca.

Como protección del transformador tenemos un interruptor en pequeño volumen de aceite, para uso en intemperie, 69 KV nominales, y 1200 AMPS. de capacidad interruptiva mínima, la tensión -



de control de éste interruptor será de 125 volts corriente directa y el motor del mecanismo operará a 220 volts corriente alterna.

El transformador será de mca. IEM, 3 Ø, 12000 KVA, en condición OA y de 16000 KVA en condición FA, el voltaje primario será de 69000 volts, y el secundario será 6600 volts, la conexión será Delta en alta tensión y Estrella en baja tensión, éste transformador tiene cambiador de derivaciones de operación sin carga y sin tensión, operado desde fuera del tanque.

El transformador tiene tanque conservador y relevador Buchholtz y de presión, así como indicadores de temperatura y bajo nivel de aceite, con contactos de alarma.

Del secundario de éste transformador conectamos 3 cables por fase, calibre 500 mcm, de cobre, con aislamiento para 8 KV tipo-EPR, mca. Conductores Monterrey.

En las terminales de éstos cables se usará el tipo termoconúctil mca. RAY CHEM uso intemperie.

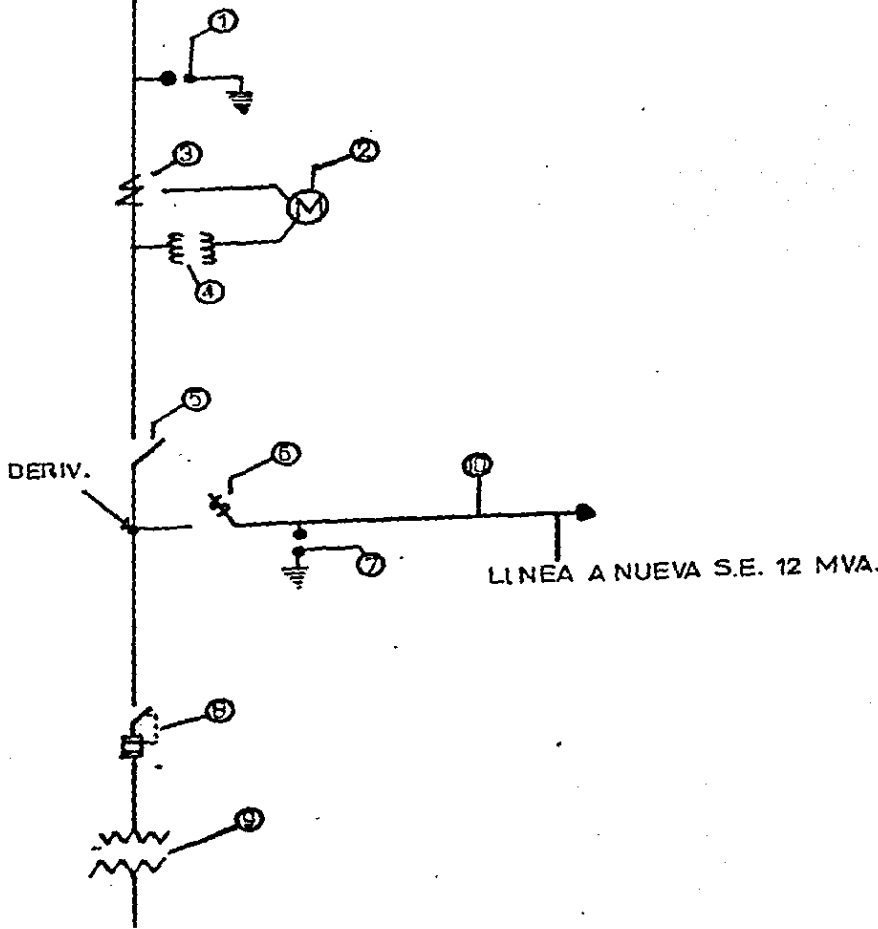
Estos cables conectarán un Metal-Clad, uso interior, mca. - SQUARE-D, cuyas características aparecen más adelante.

Se ha diseñado una red de tierras con cable de cobre calibre 4/0 AWG y varillas Copper-weld, a la cual deberá de conectarse el neutro y tanque del transformador, el neutro de los apartarrazos autovalvulares, la estructura y la cerca perimetral, el tablero Metal-Clad, los mandos de cuchillas de opera -

ción en grupo, la consola de baterías y en general todo punto-  
que pueda representar peligro al personal ó al equipo.

Para el neutro a tierra del transformador se instalará un  
banco de resistencia de 3800 volts, 6.35 OHMS, 600 AMPS.

ACOMETIDA C.F.E. 69 KV.



LISTA DE MATERIALES.

<u>PART.</u>	<u>UNID.</u>	<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>
1	PZA.	3	APARTARRAYOS AUTOVALVULARES, TENSION - NOMINAL DE DESIGNACION 60 KV (ACTUAL).
2	PZA.	1	EQUIPO DE MEDICION DE S.E. ( ACTUAL.).
3	PZA.	1	TRANSFORMADORES DE CORRIENTE PROPIEDAD C.F.E. ACTUAL. .
4	PZA.	3	TRANSFORMADORES DE POTENCIAL PROPIEDAD C.F.E. ACTUAL.
5	PZA.	1	CUCHILLA DESCONECTADORA, TRIPOLAR, OPE RACION EN GRUPO 69 KV, 600 AMPS. ----- (ACTUAL).
6	PZA.	3	CORTA CIRCUITO DE POTENCIA, TIPO SMD- 28, 69 KV NOMINALES, 72.5 KV MAXIMOS,- 350 KV DE NIVEL BASICO DE IMPULSO, 300 E. AMPS. MAXIMOS, 17 500 AMPS. INTERRUPT TIVOS SIMETRICO CAT. 192416, INCLUYE - CONECTORES EXTREMOS, CAT. 3836 Y FUSI- BLES TIPO SMD DE 125 AMPS. .
7	PZA.	3	APARTARRAYOS AUTOVALVULARES CLASE ESTÁ CION TIPO SMD MCA. WESTINGHOUSE, DE - OXIDO DE ZINC, CAT. 8030 A10A60.
8	PZA.	1	CIRCUITO SWITCHER. ACTUAL.
9	PZA.	1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 12.5 M.V.A.- 69/6.6 KV ACTUAL.
10			LINEA TRIFASICA AEREA, 69 KV SOPORTADA EN TORRES DE ACERO ESTRUCTURAL, 3 CA - BLES 266.8 MCN, TIPO ACSR.

CAPITULO # 2.

ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO.

## I N T R O D U C C I O N .

Un aspecto importante a considerar en la operación y planeación de sistemas eléctricos de potencia es su comportamiento en condiciones de corto circuito, que aunque es una situación indeseable, puede presentarse; debido a varias causas entre otras sobre tensiones por descargas atmosféricas, fallas de aislamiento, maniobras erróneas, etc.

Debido a lo anterior un equipo o sistema en condiciones de falla, puede sufrir daños muy graves, lo que hace necesario diseñar las instalaciones en tal forma que contengan los elementos de protección adecuados.

Los estudios de corto circuito son necesarios en los sistemas eléctricos en todas sus etapas, desde el punto de generación hasta el de utilización, en general el estudio de corto circuito permite:

- A) Calcular las corrientes de corto circuito para diferentes tipos de fallas y en los distintos puntos de la red, con el fin de seleccionar los elementos principales de protección.
- B) Determinar la potencia de corto circuito, para coordinación de protecciones.
- C) Conocer los efectos térmicos y dinámicos, y poder diseñar sistemas de barras y tableros adecuados.

Se entenderá por corto circuito a una falla que se presenta en una instalación y que demanda una corriente excesiva. Los ti -

pos de fallas que pueden presentarse son:

- 1.- FASE A TIERRA.
- 2.- FASE A FASE.
- 3.- DOS FASES A TIERRA.
- 4.- TRES FASES A TIERRA (TRIFASICA).

De éstos tipos de fallas el más probable de ocurrir es el - de fase a tierra (falla asimétrica).

Para cálculos perimetrales se puede suponer una falla trifásica y resolver la red en condiciones de simetría (falla simétrica), considerando una red en la que se representan las fuentes - de corto circuito y los elementos limitadores.

Este método de cálculo se le conoce como método del Bus Infinito ó porcentual.

En el estudio de corto circuito se consideran básicamente - dos tipos de elementos en la red.

- Las fuentes o elementos activos que son aquellos elementos de la red que suministran corriente al punto de falla y que en general son máquinas rotatorias como: alternadores, motores síncronos, motores de inducción, etc.
- Impedancia o elementos pasivos, que limitan la corriente de - corto circuito, y que son las impedancias de máquina rotatoria, impedancias de línea de transmisión y distribución, impedancia de transformadores y en general todo tipo de reactores y resistencias limitadoras.

## REPRESENTACION DE ELEMENTOS.

### " Diagrama Unifilar "

El estudio de corto circuito se inicia siempre con un diagrama unifilar del sistema, en donde se indiquen todos los elementos que van a intervenir, las fuentes y elementos pasivos; dando los valores de potencia, tensión e impedancia. Es conveniente recordar que en un sistema eléctrico las impedancias de los distintos elementos están referidos a sus valores de potencia y tensión denominados sus valores bases, por lo que es necesario cambiar estos valores a una base común de potencia y tensión con el objeto de que se puedan hacer operaciones entre ellos, cuando se quiera obtener la impedancia equivalente de la red o malla.

En los cálculos de corto circuito en instalaciones de alta tensión es suficiente trabajar solo con reactancias debido a que son mayores en magnitud que las resistencias efectivas, y no afectan la confiabilidad de los cálculos del estudio de corto circuito.

### DIAGRAMAS DE IMPEDANCIAS.

Después de que se ha hecho el diagrama unifilar y se han referido los valores de la red a una base común, se elabora el diagrama de impedancias que puede tener influencia en el cálculo, y como se menciona antes, la resistencia se considera despreciable en relación a la reactancia.



### LOCALIZACION DEL CORTO CIRCUITO.

La máxima corriente de corto circuito se produce en una --- FALLA TRIFASICA. En éste caso las magnitudes de las corrientes - de corto circuito son generalmente mayores que cuando la falla - se produce entre fase y tierra o entre dos fases; por consiguien - te para la selección de los dispositivos de protección basta cál - cular el corto circuito trifásico.

La ubicación del corto circuito en una instalación depende de la máxima corriente que circula por un interruptor, un fusible, etc., cuando la falla se produce en las terminales del dispositivo el cual debe tener la capacidad de interrumpir la falla.

### CALCULO DE CORTO CIRCUITO TRIFASICO SIMETRICO.

La subestación de potencia, objeto del presente estudio se alimentará de una línea de C.F.E., a 165,000 volts, 3 fases y -- 811.68 MVA de capacidad de corto circuito.

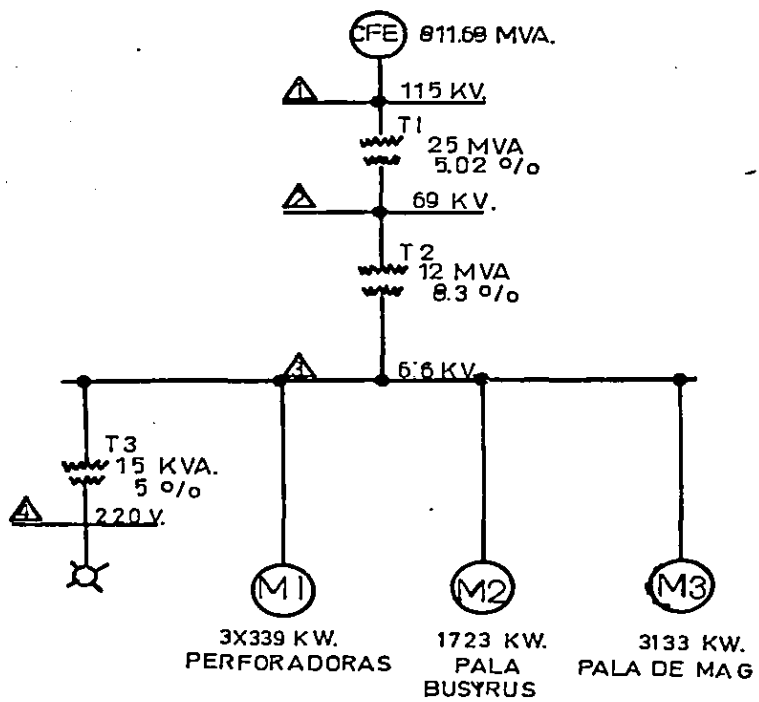
De acuerdo a los datos de C.F.E., la falla trifásica simétrica en 115 KV es:

$$I_f = 8,1168 \underline{-85,05} \text{ p.u.}$$

Si consideramos los siguientes valores base, para el análisis de circuito:

POTENCIA BASE = 100 MVA.

TENSION BASE = 115 KV.



La corriente de falla en amperes será: .

$$I_f = 8.1168 \times I \text{ base} \quad \text{pero:}$$

$$I \text{ base} = \frac{\text{KVA base}}{\sqrt{3} \text{ KV base}} = \frac{100,000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 502,044 \text{ amperes.}$$

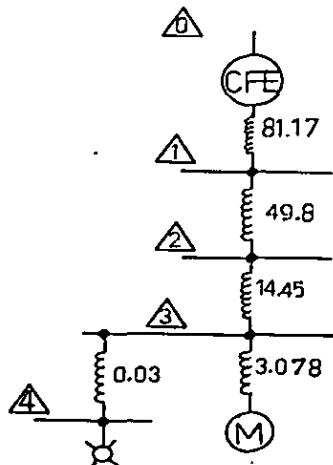
Luego  $I_f = 8.1168 \times 502,044 = 4,075 \text{ amperes.}$

Como se puede observar en el diagrama unifilar de la subestación, existe un autotransformador de 25 MVA 115/69 KV que alimenta al Bus 2, a través de una línea muy corta por lo cual no se considera para efecto de estudio.

Como se indicó inicialmente, el primer paso para resolver el corto circuito en un sistema eléctrico, es establecer el diagrama unifilar, con todos sus datos.

Una vez que se tiene el diagrama unifilar, se parte de éste para la elaboración del diagrama de admitancias, teniendo cuidado de referir todas las admitancias a una base común de potencia y tensión.

DIAGRAMA DE ADMITANCIAS.



Si sabemos que la admitancia es igual al recíproco de la impedancia, encontraremos la impedancia referida a la nueva base y después tomando su recíproco, obtendremos la admitancia correspondiente, es decir:

Y = admitancia.

$$Y = \frac{1}{Z} \quad \text{donde;}$$

Z = impedancia.

Para referir a una base diferente, se tiene la siguiente -  
expresión:

$$Z \text{ base } 2 = \frac{\text{KVA base } 2}{\text{KVA base } 1} \times Z \text{ base } 1$$

Entonces para la alimentación de C.F.E. se tiene:

$$\text{KVA base } 2 = 10 \text{ MVA.}$$

$$Z \text{ base } 2 = \frac{\text{KVA base } 2}{\text{KVA cc}} = \frac{10,000}{811,680} = 0.01232 \text{ p.u.}$$

$$Y = 1/Z \text{ p.u.} \quad Y = \underline{\underline{81.17}}$$

Para el transformador T1:

$$Z \text{ base } 2 = \frac{10,000}{25,000} \times \frac{5.02}{100} = 0.02 \text{ p.u. y luego;}$$

$$Y = 1/0.02 \quad Y = \underline{\underline{49.80}}$$

Para el transformador T2:

$$Z \text{ base } 2 = \frac{10,000}{12,000} \times \frac{8.3}{100} = 0.0692 \text{ p.u. y tambien.}$$

$$Y = 1/0.0692 \quad Y = \underline{\underline{14.45}}$$

Para el transformador T3:

$$Z \text{ base } 2 = \frac{10,000}{15} \times \frac{5}{100} = 33.33 \text{ p.u.}$$

$$Y = 1/33.33 \quad Y = \underline{\underline{0.03}}$$

Para los motores de inducción, se tiene una carga total de:

$$3 \times 339 + 1723 + 3133 = 5873 \text{ KW.}$$

$$\text{En HP, tenemos: } \frac{5873}{0.746} = 7872.65 \text{ HP}$$

Se considera esta carga funcionando simultáneamente, y con un factor de potencia de 85%.

La reactancia seleccionada es de 25%.

$$Z \text{ base } 2 = \frac{10,000}{7695} \times \frac{25}{100} = 0.3248 \text{ p.u. y tambien.}$$

$$Y = 1/0.3248$$

$$Y = \underline{\underline{3.078}}$$

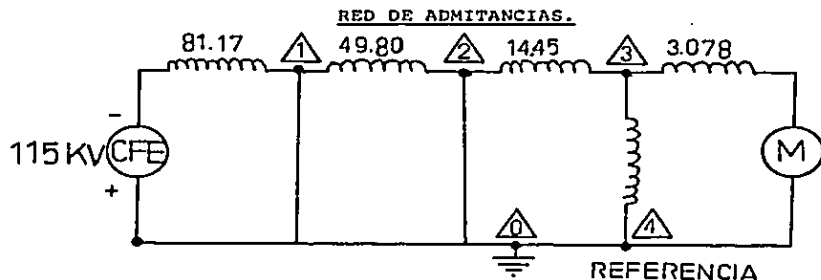


Fig. # 5.

A partir de la red de admitancias, en la que se han señalado todos los nudos, establecemos la matriz de admitancias; como sigue:

Admitancia propia del nudo 1, es la suma de las admitancias conectadas al nudo 1 y se denotará como;  $Y_1$ . admitancia propia del nudo, de igual forma  $Y_{22}$  e  $Y_{33}$ , son las admitancias de los nudos 2 y 3, y llevarán signo negativo.

Coadmitancia es la suma de las admitancias que unen a dos nudos,  $Y_{12}$  es la coadmitancia de los nudos 1 y 2.

De acuerdo a lo anterior se obtiene:

$$Y_{11} = -(81.17 + 49.80) = -130.97$$

$$Y_{12} = Y_{21} = 49.80$$

$$Y_{13} = Y_{31} = 0$$

$$Y_{14} = Y_{41} = 0$$

$$Y_{22} = -(49.80 + 14.45) = -64.25$$

$$Y_{23} = Y_{32} = 14.45$$

$$Y_{24} = Y_{42} = 0$$

$$Y_{33} = -(14.45 + 0.03 + 3.078) = -17.558$$

$$Y_{34} = Y_{43} = 0.03$$

$$Y_{44} = -0.03$$

Haciendo el arreglo matricial de los elementos queda:

$$Y \text{ base} = \begin{bmatrix} -130.97 & 49.80 & 0 & 0 \\ 49.80 & -64.25 & 14.45 & 0 \\ 0 & 14.45 & -17.558 & 0.03 \\ 0 & 0 & 0.03 & -0.03 \end{bmatrix}$$

Para obtener la matriz de impedancias, sabemos que:

$Z \text{ barra} = Y^{-1} \text{ barra}$  donde  $Y^{-1} \text{ barra}$  = matriz inversa de --- admitancia.

Resolviendo  $Y^{-1} \text{ barra}$  se obtiene:

$$Z \text{ barra} = \begin{bmatrix} 0.0119648 & 0.0113858 & 9.39108 \times 10^{-3} & 9.39108 \times 10^{-3} \\ 0.0113858 & 0.0299429 & 0.0246972 & 0.0246972 \\ 9.39108 \times 10^{-3} & 0.0246972 & 0.0774198 & 0.0774199 \\ 9.39108 \times 10^{-3} & 0.0246972 & 0.0774199 & 33.4108 \end{bmatrix}$$

El problema se resolverá mediante el método de tensiones en nudos (1<sup>a</sup> ley de KIR CHHOPF), a partir de la matriz de impedancia

Se establecen los siguientes valores de potencia y tensión-base.

KV base del nudo 1 = 115 KV.	I base = 50.204 amperes.
KV base del nudo 2 = 69 KV	I base = 83.674 amperes.
KV base del nudo 3 = 6.6 KV	I base = 874.773 amperes.
KV base del nudo 4 = 0.22 KV	I base = 26,243.194 amperes.

FALLA EL NUDO # 1.

Corriente de falla.

La corriente de falla del nudo  $i$ , se calculará como el recíproco de la impedancia propia del nudo  $i$ , es decir:

$$I_f = 1/0.0119648 = \underline{83.5785} \text{ p.u.}$$

$$I \text{ base} = \frac{\text{KVA base}}{\sqrt{3} \text{ KV base}} = \frac{10,000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 50.204 \text{ amperes luego}$$

$$I_f = 83.5785 \times 50.204 = \underline{4.196} \text{ amperes}$$

Cálculo de los voltajes en los nudos al ocurrir la falla,

$$V_n = \left| 1 - \frac{Z_{nk}}{Z_{kk}} \right| \quad \text{donde,}$$

$V_n$  = Voltaje en la nudo  $n$  al ocurrir la falla.

$Z_{kk}$  = Impedancia propia del nudo  $k$  que falla.

$Z_{nk}$  = Copedancia de la malla  $nk$ .

Al ocurrir la falla, el voltaje en el nudo 1, cae a cero, - entonces;

Voltaje en el nudo 1:

$$V_1 = 0 \text{ p.u.}$$

$$V_1 = \left| 1 - \frac{Z_n}{Z_n} \right| = 0 \text{ p.u.}$$



$$V_1 = 0 \text{ p.u.} \times \text{KV base} = 0 \times 115 = \underline{0 \text{ kv}}$$

Voltaje en el nudo 2:

$$V_2 = \left| 1 - \frac{221}{211} \right| = \left| 1 - \frac{0.0113858}{0.0119648} \right| = 0.0484 \text{ p.u.}$$

$$V_2 = 0.0484 \times \text{KV base} = 0.0484 \times 69 = \underline{3.3396 \text{ KV}}$$

Voltaje en nudo 3:

$$V_3 = \left| 1 - \frac{231}{211} \right| = \left| 1 - \frac{9.39108 \times 10^{-3}}{0.0119648} \right| = 0.2115 \text{ p.u.}$$

$$V_3 = 0.2115 \times \text{KV base} = 0.2115 \times 6.6 = \underline{1.4196 \text{ KV}}$$

Voltaje en nudo 4:

$$V_4 = \left| 1 - \frac{241}{211} \right| = \left| 1 - \frac{9.39108 \times 10^{-3}}{0.0119648} \right| = 0.2151 \text{ p.u.}$$

$$V_4 = 0.2151 \times \text{KV base} = 0.2151 \times 0.220 = \underline{0.0473 \text{ KV}}$$

Cálculo de las corrientes de la malla:

$$I_{ij} = (V_i - V_j) Y_{ij}$$

Corriente que circula por la admitancia Y, conectada a los nudos i y j, al ocurrir la falla.

$V_i$  = Voltaje del nudo i.

$V_j$  = Voltaje del nudo j.

$Y_{ij}$  = Coadmitancia de los nudos i y j.

$$V_0 = \frac{V_0}{V_{\text{base}}} = \frac{115}{115 \text{KV}} = 1 \text{ p.u.}$$

Entonces;  $I_{01} = (V_0 - V_1) Y_{01}$

$$V_0 = 1 \text{ p.u.} \quad I_{01} = (1 - 0) 81.17 = 81.17 \text{ p.u.}$$

$$V_1 = 0 \text{ p.u.}$$

$$I_{01} = 81.17 \times 50.204 = \underline{4.075 \text{ amperes.}}$$

$I_{03} = (V_0 - V_3) Y_{03}$

$$I_{03} = (1 - 0.2151) 3.078 = 2.4159 \text{ p.u.}$$

$$I_{o_3} = 2.4159 \times 874.773 = \underline{2,113.364} \text{ amperes.}$$

$$I_{12} = ( V_1 - V_2 ) Y_{12}$$

$$I_{12} = ( 0 - 0.0484 ) 49.8 = -2.4103 \text{ p.u.}$$

$$I_{12} = -2.4103 \times 83.674 = \underline{-201.68} \text{ amperes}$$

$$I_{12} = -2.4103 \times 50.204 = -121.007 \text{ amperes}$$

$$I_{23} = ( V_2 - V_3 ) Y_{23}$$

$$I_{23} = ( 0.0484 - 0.2151 ) 14.45 = -2.409 \text{ p.u.}$$

$$I_{23} = -2.409 \times 874.773 = \underline{-2,107.33} \text{ amperes}$$

$$I_{23} = -2.409 \times 83.674 = -201.57 \text{ amperes}$$

$$I_{34} = ( V_3 - V_4 ) Y_{34}$$

$$I_{34} = ( 0.2151 - 0.2151 ) 0.03 = 0 \text{ p.u.}$$

$$I_{34} = 0 \times 26,243.194 = \underline{0} \text{ amperes}$$

#### FALLA DEL NUDO 2.

$$I_f = 1/Z_{22} = 1/0.0299429 = 33.3969 \text{ p.u.}$$

$$I_{base} = \frac{10,000}{\sqrt{3} \frac{69}{69}} = \underline{83.674} \text{ amperes, luego}$$

$$I_f = 33.3969 \times 83.674 = \underline{2794.95} \text{ AMPS.}$$

#### VOLTAJE EN NUDO 1.

$$V_1 = \left| 1 - \frac{0.0113858}{0.0299429} \right| = \underline{0.61975} \text{ p.u.}$$

$$V_1 = 0.61975 \times 115 = \underline{71.2713} \text{ KV}$$

Al ocurrir la falla el voltaje en el nudo 2 cae a cero, en tonces:

$$V_2 = \underline{0} \text{ p.u.}$$

$$V_2 = 0 \text{ p.u.} \times 69 \text{ KV} = \underline{0} \text{ KV}$$

VOLTAJE EN NUDO 3.

$$V3 = \left| 1 - \frac{Z32}{Z22} \right| = \left| 1 - \frac{0.0246972}{0.0299429} \right| = 0.17519 \text{ p.u.}$$

$$V3 = 0.17519 \times 6.6 = 1.15625 \text{ KV}$$

VOLTAJE EN 4.

$$V3 = \left| 1 - \frac{Z24}{Z22} \right| = \left| 1 - \frac{0.0246972}{0.0299429} \right| = 0.17519 \text{ p.u.}$$

$$V3 = 0.13519 \text{ p.u.} \times 0.22 \text{ KV} = \underline{0.03854 \text{ AMPS.}}$$

CALCULO DE LAS CORRIENTES.

$$I01 = ( V0 - V1 ) Y01 = (1.061973)$$

$$I01 = ( 1 - 0.61973 ) 81.17 = 30.865 \text{ p.u.}$$

$$I01 = 30.865 \text{ p.u.} \times 50.204 = 1549.5 \text{ AMPS.}$$

$$I01 = ( V0 - V3 ) Y03$$

$$I03 = 2.5387 \times 874.773 = 2220.78 \text{ AMPS.}$$

$$I12 = ( V1 - V2 ) Y12$$

$$I12 = ( 0.61975 - 0 ) 49.0 = 30.8635 \text{ p.u.}$$

$$I12 = 30.8635 \times 83.674 = 2582.47 \text{ AMPS.}$$

$$I23 = ( V2 - V3 ) Y23$$

$$I23 = ( 0 - 0.17519 ) 14.45 = 2.5315 \text{ p.u.}$$

$$I23 = -2.5315 \times 874.773 = 2214.48 \text{ AMPS.}$$

$$I34 = ( V3 - V4 ) Y34$$

$$I34 = ( 0.17519 - 0.17519 ) 0.03 = 0 \text{ p.u.}$$

$$I34 = 0 \text{ KV}$$

FALLA AL NUDO 3.

$$I_f = 1/Z33 = \frac{1}{0.0774198} = 12.9166 \text{ p.y.}$$

$$I_{base} = \frac{10,000}{\sqrt{3 \cdot 6.6}} = 874.773 \text{ AMPS.}$$

$$I_f = 12.9166 \times 874.773 = 11,299.1 \text{ AMPS.}$$

( 30 )

VOLTAJE EN NUDO 1.

$$V1 = \left| 1 - \frac{Z13}{Z33} \right| = \left| 1 - \frac{9.39108 \times 10^{-3}}{0.0774198} \right| = 0.878699 \text{ p.u.}$$

$$V1 = 0.878699 \times 115 = 101.05 \text{ KV}$$

VOLTAJE EN NUDO 2.

$$V2 = \left| 1 - \frac{Z23}{Z33} \right| = \left| 1 - \frac{0.0246972}{0.0774198} \right| = 0.680997 \text{ p.u.}$$

$$V2 = 0.680997 \times 69 = 46.9888 \text{ KV}$$

VOLTAJE EN NUDO 3.

Al ocurrir la falla en el nodo 3, el voltaje cae a cero, -  
entonces;

$$V3 = 0 \text{ p.u.}$$

$$V3 = 0 \text{ p.u.} \times 6.6 \text{ KV} = 0 \text{ KV}$$

VOLTAJE EN NUDO 4.

$$V4 = \left| 1 - \frac{Z43}{Z33} \right| = \left| 1 - \frac{0.0774199}{0.0774198} \right| = -1.19209 \times 10^{-7} \text{ p.u.}$$

$$V4 = 1.19209 \times 10^{-7} \times 0.22 = -2.6226 \times 10^{-8} \text{ KV}$$

CALCULO DE LAS CORRIENTES.

$$I_{o1} = (V_o - V1) Y_{o1}$$

$$I_{o1} = (1 - 0.878699) 81.17 = 9.8460 \text{ p.u.}$$

Siguiendo un analisis similar al nudo 1 y 2, se resuelven-  
los nudos 3 y 4 y los resultados se dan a continuación:

N U D O F A L L A D O .

	1	2	3	4
Corriente de falla (P.U./AMP)	83.5785/4.196	33.3969/2794.45	12.9166/11299.1	0.03/785.71
Voltaje 0 (P.U.KV)	1/50.204	1/50.204	1/50.204	1/50.204
Voltaje 1 (P.U.KV)	0/0	0.6197/71.2713	0.8787/101.05	0.9998/114.968
Voltaje 2 (P.U.KV)	0.0484/3.3396	0/0	0.681/46.9888	0.9993/68.95
Voltaje 3 (P.U.KV)	0.2151/1.4196	0.1752/1.1562	0/0	0.9977/6.585
Voltaje 4 (P.U.KV)	0.2151/0.0473	0.1752/0.0385	$-1.1921 \times 10^{-7} / -2.622 \times 10^{-8}$	0/0
I <sub>o1</sub> (P.U/AMP)	81.17/4.075	30.8641/1549.51	9.846/494.3	0.0228/1.1455
I <sub>o3</sub> (P.U/AMP)	2.4159/2113.3 64	2.5329/2215.68	3.0708/2686.3	$7.115 \times 10^{-3} / 6.2246$
I <sub>12</sub> (P.U/AMP)	$-2.4103 / -201.6$ 8	30.8641/2,582.5 2	9.846/823.832	0.0228/1.909
I <sub>23</sub> (P.U/AMP)	$-2.409 / -2107.3$ 3	$-2.5329 / -2215.68$	9.846/8612.79	0.0228/19.957
I <sub>34</sub> (P.U/AMP)	0/0	0/0	$3.5762 \times 10^{-9} / 93.853 \times 10^{-6}$	0.0299/785.471

CAPITULO # 3..

3.1 DISEÑO Y CALCULO DEL

SISTEMA DE PROTECCION\*\*\*

## A I S L A M I E N T O .

Los aisladores en las subestaciones eléctricas se emplean como elementos de montaje y sujeción de barras y conductores, - existen básicamente dos tipos:

- A) TIPO SOPORTE.
- B) TIPO SUSPENSION.

El empleo de cada uno de éstos tipos está sujeto al elemento conductor usado en el sistema de barras sólidas el aislador será de soporte, pero si se emplea cable entonces es común el - empleo de aisladores tipo suspensión formado por cadenas montadas generalmente en posición horizontal.

Para determinar la tensión crítica de flameo usaremos la - fórmula:

$$T C F = \frac{N B A I}{0.691 B}$$

Donde:

NBAI = Nivel básico de aislamiento al impulso, en éste ca so 350 KV.

B = Factor que toma en cuenta la presión barométrica y la temperatura ambiente y esto es:

$$B = \frac{( 3.92 \times b )}{( 273 + T )}$$

Donde: T = 25°C y b = 65.8 cms de mercurio a 1200 MSMM por lo - tanto,  $B = \frac{( 3.92 \times 65.8 )}{( 273 + 25 )} = 0.866$

Sustituyendo:

$$T C F = \frac{350}{(0.691 \times 0.866)} = 420.56 \text{ KV}$$

Para la distancia dieléctrica crítica a tierra tenemos que:

$$dt = \frac{TCP}{550} = \frac{420.56}{550} = \underline{0.764 \text{ MTS.}}$$

Para calcular el número de aisladores usaremos la fórmula:

$$N = \frac{d t}{\text{Altura del aislador}} = \frac{0.764}{0.146} = \underline{5.23}$$

Por lo tanto usaremos cadenas de 6 unidades de aisladores - de suspensión de 254 x 146 mm con distancia de fuga de 305 mm.



## APARTARRAYOS.

La función básica de los apartarrayos es proteger las instalaciones eléctricas y equipo de subestaciones, principalmente los transformadores eléctricos, cuando en la línea se produce una sobretensión que puede ser ocasionada a una caída de rayos en puntos cercanos u operaciones de interruptores también cercanos a las instalaciones; dicha sobretensión se deriva a tierra en forma de corrientes transitorias muy elevadas que pasan a través de las distancias de arco de los cilindros autovalvulados hasta la terminal de tierra, pasando por el indicador de fallas. El apartarrayos debe ser capaz de descargar las sobretensiones y de interrumpir la corriente permanente cuando termine el primer medio ciclo (1/120 de segundo) de la frecuencia normal de la línea donde se presenta la sobretensión.

### TIPOS DE APARTARRAYOS.

- 1) Clase Estación.
- 2) Clase Intermedia.

Para 69 KV, la tensión máxima de diseño es de 72.5 KV y como en éste caso el neutro está sólidamente conectado a tierra - el factor de aterrizamiento vale 0.8 es decir, que la tensión nominal del apartarrayo será:  $V_n = 72.5 \times 0.8 = 58 \text{ KV}$ .

Por lo tanto seleccionamos apartarrayos clase estación, ya que es una zona de muchos rayos, 69 KV de tensión nominal de designación, mca. WESTINGHOUSE con las siguientes características.

Tensión nominal de designación ..... 60 KV.  
 Corriente de descarga ..... 10 KV.  
 Tensión de impulso (1.2x50MSEG)..... 190 KV.  
 Tensión residual (8x20MSEG) ..... 174 KV.  
 Índice de elevación de tensión ..... 500 KV/M SEG.

Si suponemos que la descarga ocurre en un rango de 1600 mts de distancia de la subestación, la corriente de descarga es:

$$I_d = \frac{K \cdot Z \cdot N \cdot B \cdot A \cdot I}{Z_o}$$

Donde: NBAI = 350 KV.

Zo = Impedancia característica = 250.

K = Se determina de acuerdo a la tabla:

D ( M )	FACTOR (K).
700	3
1600	2
3200	1

Sustituyendo:

$$I_d = \frac{2 \times 2 \times 350}{250} = 5.6 \text{ KV.}$$

Lo cual está correcto ya que si nos fijamos en la tabla de descripción técnica del apartarrayos tenemos tolerancia hasta de 10 KA.

Si la instalación de los apartarrayos es muy cercana a la subestación el margen de protección es:

$$M_p = \frac{NBAI - \text{Máxima tensión en el apartarrayos}}{\text{Máxima tensión en el apartarrayos}} = \frac{350 - 190 \times 100}{150}$$

Mp = 84.2% Aceptable, aunque con el 20% se tendría buena protección.

CUCHILLAS FUSIBLES.

Para proteger la línea desde la derivación de la subestación actual se colocarán unas cuchillas fusibles para 69 KV; éstos fusibles se determinan de acuerdo a la capacidad OA del transformador o sea:

$$I = \frac{12000}{\sqrt{3 \times 69}} = 100.4 \text{ AMPS.}$$

Seleccionamos fusibles de 125 AMPS. la curva característica aparece en la curva característica anexo a ésta página.

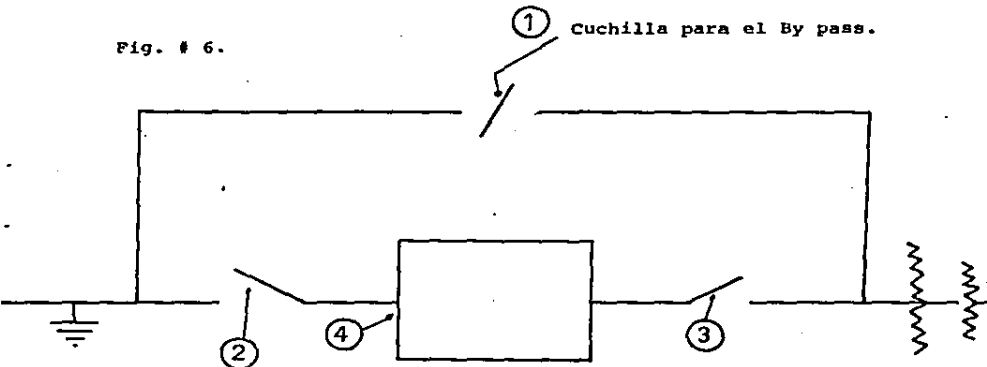


### CUCHILLAS DESCONECTADORAS.

Se utilizará una cuchilla de doble apertura de By pass cuando al interruptor se le dé mantenimiento (ver fig. # 6). Las otras dos cuchillas están normalmente cerradas cuando está en funcionamiento el interruptor.

Estas cuchillas nunca se abrirán cuando haya carga.

Fig. # 6. ① Cuchilla para el By pass.



- 1) Cuchilla Desc., doble apertura lateral, 69 KV, 600 AMPS. (NORMALMENTE ABIERTA).
- 2) Cuchilla Desc., simple apertura lateral, 69 KV, 600 AMPS. (NORMALMENTE CERRADAS).
- 3) Cuchilla Desc., simple apertura lateral, 69 KV, 600 AMPS. (NORMALMENTE CERRADA.).
- 4) Interruptor de potencia en P.V.A., 1200 AMPS. 69 KV.

OPERACION DEL BY PASS.

- 1º Paso: Desconectar la carga.
- 2º Paso: Cerrar la cuchilla (1) de doble apertura (QUE NORMALMENTE ESTA ABIERTA).
- 3º Paso: Abrir el interruptor en P.V.A.
- 4º Paso: Abrir las cuchillas (2) y (3) que son las de simple --  
apertura laterar.

De ésta manera ya queda funcionando el " BY PASS ".

Para desoperar el "BY PASS" se sigue la misma secuencia en sentido contrario, es decir: PRIMERO SE CIERRAN LAS CUCHILLAS -- (2) Y (3), SE CIERRA EL INTERRUPTOR EN P.V.A., POR ULTIMO SE -- ABRE LA CUCHILLA (1) Y SE CONECTA LA CARGA.

INTERRUPTOR EN PEQUEÑO VOLUMEN DE ACEITE.

Debido a que éste proyecto debía ejecutarse a la brevedad - posible, se adquirió un interruptor en pequeño volumen de aceite mca. ENERGOMEX, que estaba de entrega inmediata.

CARACTERISTICAS:

CATALOGO .....	HPGE 11/16.
TENSION NOMINAL .....	123 KV.
CORRIENTE NOMINAL .....	1200 AMPS.
CAPACIDAD INTERRUPTIVA NOMINAL .....	5000 MVA.
TIPO DEL MECANISMO DE OPERACION .....	CMR-3B.
PESO DEL POLO S/ACEITE Y MANDO .....	720 KG.
PESO DEL MECANISMO DE OPERACION .....	300 KG.

Este interruptor es equipo tripolar en P.V.A., su función principal es proteger en caso de corto circuito, está diseñado para servicio intemperie y sus polos están completamente separados, cada polo está provisto de una cámara de interrupción.

El interruptor está equipado con mecanismo de operación con resortes cargados por un motor eléctrico a 220 V., la tensión de control es de 125 V C D .

De acuerdo a los datos arrojados por el estudio de corto -- circuito, éste interruptor cumple con lo especificado, inclusive, está demasiado sobrado y no perjudica nada en el funcionamiento de la subestación sino al contrario es un equipo que será muy se guro.

FALLA A TIERRA DEL TRANSFORMADOR.

En el neutro del transformador tenemos una "DONA" con relación 600/5 AMPS.

Limitamos la corriente de falla a tierra a 600AMPS. mediante una resistencia de:

$$R = \frac{(6600 \cdot \sqrt{3})}{600} = 6.35$$

28 Resistencias EDGE WOUND de 0.91 OHMS c/u.

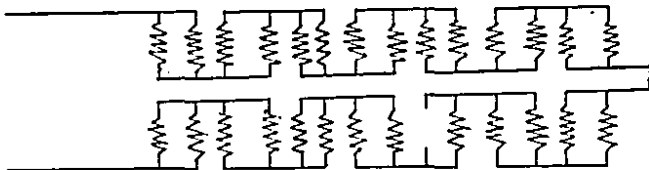


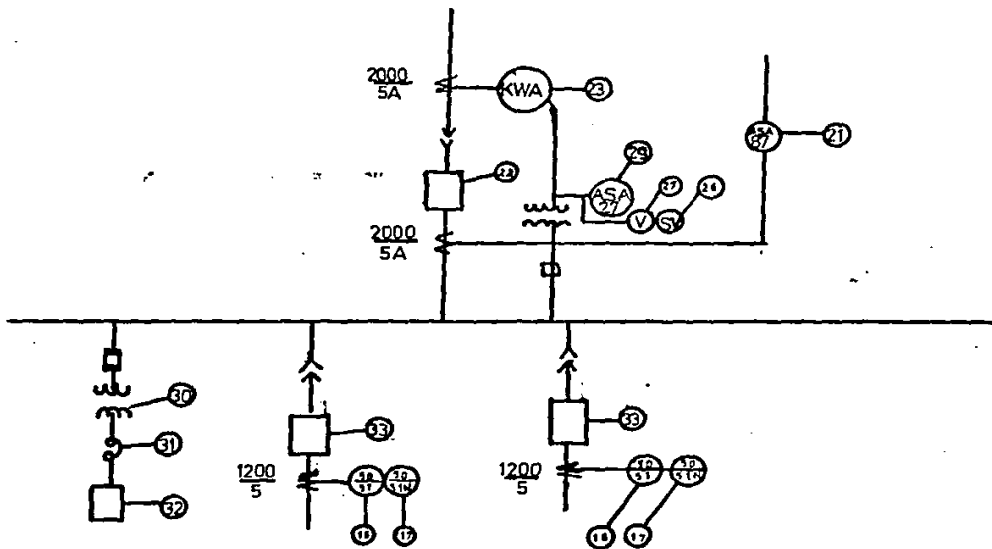
FIG. # 7.

CARACTERISTICAS ELECTRICAS.

- 3800 Volts.
- 6.35 Ohms.
- 600 AMPS.
- 10 Segundos.



# DIAGRAMA UNIFILAR DEL TABLERO METAL CLAD



### TABLERO METELCLAD.

La finalidad del Metalclad es la de agrupar en gabinetes compactos, dispositivos de distribución y control de la energía eléctrica en baja tensión así como los elementos para la protección de los conductores y equipos eléctricos de las instalaciones para obtener un medio seguro y eficiente de distribución, control y medición de la energía eléctrica utilizada.

El tablero Metalclad constará de 4 secciones:

Sección No. 1 contiene:

30 Un transformador para servicios propios, tipo seco, 3 fases, 6600 volts/220-127, conexión Delta-Estrella, 60 Hz, - la protección en A.T. será mediante fusible de 7.2 KV, 2 - AMPS.

32 Un centro de cargas, 3 fases, 4 hilos, 220 volts, 60 Hz, - cat. NQO-24-4AB.

23A Un centro de cargas para el sistema de corriente directa - cat. NAIB-10-3L.

Sección No. 2 y 4 contienen:

33 Un interruptor en vacío mca. SQUARE-D tipo VAD, 7.2 KV nominales, 3 fases, 60 Hz., tensión máxima 8.25 KV, factor K 1.25, nivel básico al impulso 95 KV, corriente nominal -- 1200 AMPS., corriente de corto circuito 29000 AMPS., tensión de control 125 V.C.D.

16 Tres relevadores de sobre corriente, mca. WESTINGHOUSE tipo C09, rango de la unidad tiempo 4-19-A, rango de la unidad instantánea 20-80A, tensión de control 125 V.C.D.

17 Un relevador de sobre corriente mca. WESTINGHOUSE tipo C09, rango de la unidad de tiempo 0.5-2.5A, rango de la unidad - instantánea 4-16 AMPS., línea de control 125 V.C.D.

61 Un switch de control.

88 Dos luces de control tipo dominó con grado de penetración - 1 PGS, tipo resistencia con foco de 6-8 volts, una con capuchón verde y otra con capuchón rojo.

Tres transformadores de corriente con relación 1200/5 AMPS. con precisión adecuada para equipo de protección.

Un jgo. de tablillas terminales.

Una resistencia calefactora de 300 wats 220 volts.

Sección No. 3 contiene:

22 Un interruptor en vacío mca. SQUARE-D vacarc tipo V.A.D., - 7.2 KV, factor K 1.25, nivel básico de impulso 95 KV, co - rriente nominal 2000 AMP., corriente de corto circuito ---- 29000 AMP, tensión de control 125 V.C.D. cat. VAD 08035-20.

16 Tres relevadores de sobre corriente, mca. WESTINGHOUSE tipo C09, rango de la unidad de tiempo 4-12 AMP., rango de la -- unidad instantánea 20-80 AMP., tensión de control 125 V.C.D

21 Tres relevadores diferenciales, monofásicos para protección del transformador de dos devanados mca. WESTINGHOUSE tipo - HU con restricción por armónicas y porcentaje tensión 125 - V.C.D.

88 Nueve luces de control tipo dominó con grado de penetración 1 PGS, tipo resistencia, con foco de 6-8 volts, cinco con - capuchón ambar, dos con capuchón rojos, y dos verdes.

- 61 Dos switch de control para mando de interruptor.
- 25 Un ampermetro mca. YEW, con escala 0-2000 AMP y elemento - de 5 AMP, 60 Hz.
- 27 Un voltmetro mca. YEW, con escala 0-10000 volts, elemento- 120 volts, 60 Hz.
- 28 Tres transformadores de potencial con precisión adecuada - para alimentar kilowatthorimetro, relación 35:1, 4200/120V. con fusible en la base.
- 24 Un selector de ampermetro. .
- 26 Un selector de voltmetro.
- 29 Tres roles de bajo voltaje.
- 23 Un kilowatthorimetro.
- 15 Un relevador de sobre corriente mca. WESTINGHOUSE tipo C09, rango de unidad de tiempo 0.5-2.5.AMP, rango de la unidad- instantánea 4-16 AMPS., tensión de control 125 V.C.D.
- 60 Un relevador auxiliar mca. WESTINGHOUSE tipo ASA 86. Una resistencia calefactora de 300 walta y 220 volts. Tablillas terminales y accesorios de sujeción.
- 61A Trasformador de corriente con relación 2000/5 AMP. con pre sición adecuada para protección.

### 3.2 RED DE TIERRAS.

Las instalaciones eléctricas están diseñadas para prevenir el peligro de cualquier contacto accidental de las partes metálicas que rodean a los elementos que se encuentran bajo tensión -- (inclusive los que trabajan sin tensión), los cuales deben estar provistos de los apoyos y aisladores adecuados.

Aún con éstas medidas de seguridad, permanece el peligro de que estas partes normalmente aisladas tengan contacto con las -- partes que no están a tensión y se tenga una diferencia de voltaje con respecto al suelo (tierra) que podrían causar algún accidente .

Este peligro se puede reducir y eventualmente eliminar estableciendo una conexión a tierra conveniente que se denomina --- " RED DE TIERRA " .

#### CLASIFICACION DE LAS CONEXIONES A TIERRA:

##### 1) Conexión a tierra para protección:

Se conecta eléctricamente al suelo aquellas partes de las -- eléctricas que no se encuentran sujetas a voltaje normalmente; -- pero que pueden tener diferencias de voltaje a causas de fallas accidentales, tales como son el tanque del transformador, la malla anticiclónica, la estructura metálica, los tableros eléctricos y en general todos los soportes metálicos de equipos y aparatos.

##### 2) Conexión a tierra para funcionamiento:

Para tener mayor seguridad y mejorar la regularidad de operación es necesario establecer una conexión a tierra en determi-

nados puntos de la instalación eléctrica como son el neutro del transformador, la conexión a tierra de los apartarrayos, de los hilos de guarda y algunos otros.

### 3) Conexión a tierra para trabajo:

Son aquellas conexiones a tierra temporales con partes de la instalación puestas fuera de servicio para dar mantenimiento reparaciones, aplicaciones, etc.

El primer paso a seguir antes de instalarse la red de tierras de la subestación es medir la resistencia del terreno, para poder seleccionar el calibre adecuado del conductor de la red y su longitud.

En nuestro caso usamos el método WENNER del "U.S. BUREAU OF STANDARDS" para medir la resistencia del terreno.

Según éste método se entierran cuatro electrodos a 15 cm. de profundidad, cada electrodo va a 10 mts. alineados, se coloca un voltímetro a los electrodos de adentro y un ampermetro a los exteriores y se toma la lectura (ver fig. # 8).

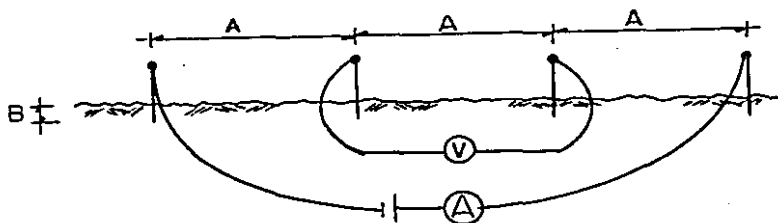


Fig. # 8.

A = Separación entre electrodos = 10 mts.

B = Profundidad de electrodos = 15 cm.

R = Resistencia medida. = 6.1

La resistencia se calcula con la fórmula siguiente:

$$\epsilon = \frac{4 AR}{1 + (2A/\sqrt{A^2 + 4B^2}) - (2A/\sqrt{4(A^2 + 4B^2)})}$$

Sustituyendo tenemos:

$$\epsilon = \frac{4 \times 10 \times 6.1}{1 + (2 \times 10 / \sqrt{10^2 + 4(0.15)^2}) - (2 \times 10 / \sqrt{4(10^2 + 4(0.15)^2})}$$

$$\epsilon = \underline{383.4 \Omega - \text{mt.}}$$

Para el cálculo de la falla de líneas con la tierra, supongamos BUS infinito, lo cual da la condición más desfavorable.

Por otra parte, con objeto de limitar la corriente de falla a 600 AMPES máximos, usaremos una resistencia de  $6.35 \Omega$ , de ésta forma tenemos:

$$I = (6600 / \sqrt{3}) + (6.35) = 600 \text{ AMPES.}$$

En el área del conductor de la falla a tierra se calcula con la ecuación de ONDERDONK, la cual se expresa como sigue:

$$A = \frac{I \cdot \sqrt{\log_{10} \left( \frac{(TM - Ta) + 1}{(234 + 40)} \right)}}{33 \times 3}$$

Sustituyendo:

$$A = \frac{600 \cdot \sqrt{\log_{10} \left( \frac{(250 - 50) + 1}{(234 + 40)} \right)}}{33 \times 3}$$

$$A = 12009.83 \text{ cm.}$$

$$A = 12.009 \text{ MCM.}$$

Sin embargo, debido a que el mínimo calibre recomendado por las normas es el 4/0 AWG, usaremos éste calibre, cuyos datos son:

$$\text{AREA} = 107 \text{ MM}^2.$$

$$\text{DIAMETRO} = 134 \text{ MM.}$$

La longitud de conductor necesaria para mantener los voltajes entre un conductor de la malla y tierra en el Centro de un rectángulo de la misma malla, está dada por la siguiente ecuación:

$$L = \frac{K_m \times K_i \times \epsilon \times I \times \sqrt{t}}{116 + 0.17 \times \epsilon s}$$

Donde:

$K_i = 0.65 + 0.172 \times n$ , ( $n$  es el número de conductores en paralelo, en éste caso 9).

$\epsilon =$  Resistividad del terreno en  $\Omega$ -Mt., en éste caso 383.43 Mt.

$I =$  Corriente de falla = 600 AMPS.

$t =$  Tiempo de tolerancia del voltaje por un ser Humano, según experimentos se toma 0.1 segundos.

$\epsilon s =$  Resistividad superficial del terreno, en éste caso tomamos terreno húmedo en la superficie, 1000  $\Omega$ -Mt. (grava).

$D =$  Espaciamiento de los conductores de la parrilla, aproximadamente 3 mts.

$h =$  Profundidad de la malla = 60 cms.

$d =$  Diámetro del conductor en Mts. (0.0134 Mts.)

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \left( \ln \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{\pi} \ln(3+4)(5+6)(7+8)(9+10)(11+12)(13+14) \right) \frac{1}{(15+16)}$$

Sustituyendo valores tenemos:



$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{3}{16 \times 0.6 \times 0.0134} + \frac{1}{\pi} \ln(3+4)(5+6)(7+8)(9+10)(11+12) \frac{--}{(13+14)(15+16)}$$

$$K_m = 0.2037$$

$$K_i = 0.65 + 0.172 \times 9$$

$$K_i = 2.19$$

Sustituyendo valores para encontrar L.

$$L = \frac{0.2037 \times 2.19 \times 383.43 \times 600 \times \sqrt{0.1}}{116 \times 0.17 \times 1000}$$

$$L = 113.89 \text{ Mts.}$$

Como podemos ver en el plano, la malla tiene una longitud de:

$$\text{CONDUCTOR: } (4 \times 25) + (2 \times 19) + (9 \times 15) + 4 = 277 \text{ Mts.}$$

$$15 \text{ Varillas COPPER-WELD de 3 mts. c/u} = 45 \text{ mts.}$$

$$\text{total } 322 \text{ mts.}$$

Para comprobar que la malla es segura recurrimos a las siguientes operaciones:

El voltaje de paso máximo tolerable, está dado por la ecuación:

$$E_{sm} = \frac{116 + 0.7 \times \&s}{\sqrt{t}} = \frac{116 + 0.7 \times 1000}{\sqrt{0.1}}$$

$$E_{sm} = 2580.41 \text{ Volts.}$$

El voltaje de toque máximo tolerable, está dado por la ecuación:

$$E_{tm} = \frac{116 \times 0.17 \times \&s}{\sqrt{t}} = \frac{116 \times 0.17 \times 1000}{\sqrt{0.1}}$$

$$E_{tm} = 904.41 \text{ Volts.}$$

El voltaje de toque es la diferencia de potencia entre un punto de la estructura y el centro de un rectángulo y se calcula con la ecuación:

$$E_t = K_M \times K_i \times \&(I+L)$$

$$Et = 0.2037 \times 2.19 \times 383.43 (600 + 322)$$

$$Et = 318.72 \text{ Volts.}$$

Puesto que el tolerable es 904.41 volts, consideramos la malla segura.

La resistencia total de la malla la calcularemos con la fórmula de LAURENT que dice:

$$R = \frac{\epsilon}{4r} + \frac{\epsilon}{L}$$

Donde:  $\epsilon$  = Resistividad =  $383.43 \Omega$  -Mt.

$r$  = Radio en mts. de un círculo cuya área sea igual a la de la malla.

$L$  = Longitud del conductor enterrado.

En éste caso, el área de la malla es :

$$A = 15 \times 25 = 375 \text{ M}^2$$

$$\pi r^2 = 375$$

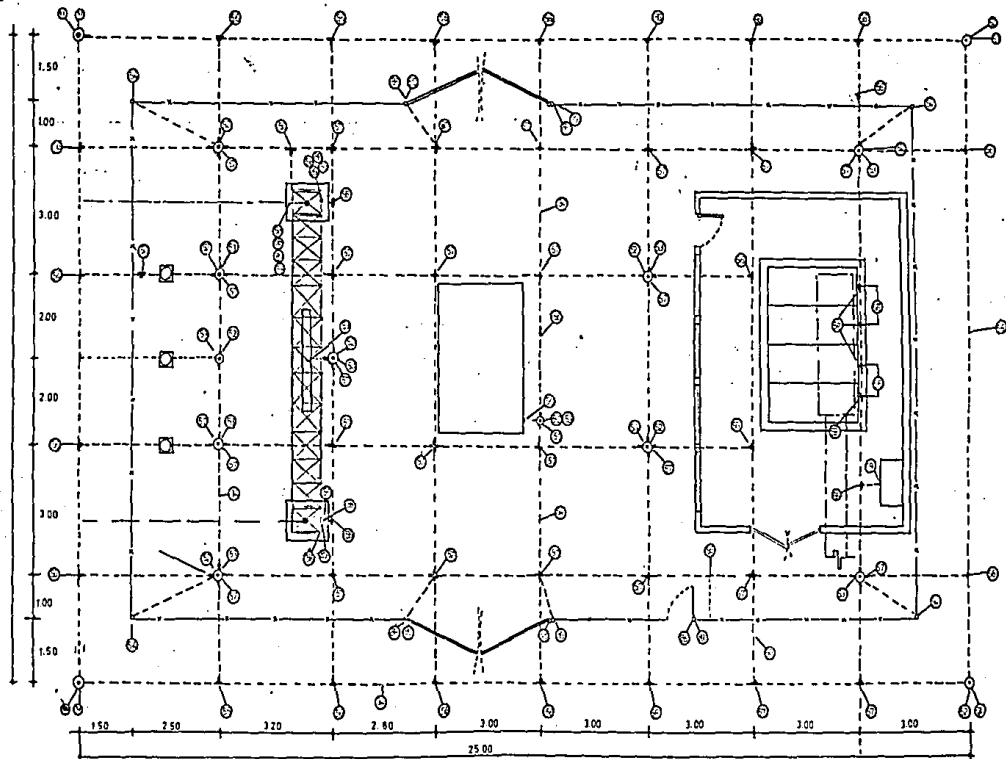
$$r = \sqrt{\frac{375}{\pi}} = 10.92 \text{ mts.}$$

Sustituyendo valores en la ecuación:

$$R = \frac{383.43}{4 \times 10.92} + \frac{383.43}{322}$$

$R = 9.96 \Omega$  Valor aceptable, según normas.

# RED DE TIERRAS



LISTA DE MATERIALES.

<u>PART.</u>	<u>UNID.</u>	<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>
32	PZA.	15	REGISTROS DE TIERRAS CONTENIENDO VARI _ LLA COPPER WELD DE 305 cms DE LONGITUD- 19 mm O ENTERRAS EN SU TOTALIDAD CON CO NECTORES MECANICOS VARILLA CABLE. SE U_ SARA CABLE DE COBRE DESNUDO CAL. No. 40 A.W.G. LA RESISTENCIA DE LOS ELECTRODOS DEBERAN DE SER DE 3 OHMS.
34	MTS.	400	RED PARA SISTEMA DE TIERRA COMPUESTO DE CABLE DESNUDO DE Cu SEMIDURO CAL. 4/0 - AWG.
	PZA.	15	TUBO DE ALBAÑAL DE 28 MM.
	PZA.	15	TAPA DE CONCRETO PRECOLADO.
	PZA.	17	CONECTOR BURDNY TIPO GAR 6429.
	PZA.	15	VARILLA COPPER WELD 305 cms.DE LARGO -- POR 19 mm. 0.
	PZA.		CABLE DE COBRE DESNUDO CAL. 4/0 AWG.
	MTS.	S.R.	HILO DE GUARDA, CABLE DE ACERO DE 9.35-- mm 0 3/8.
	MTS.	30	CABLE DE COBRE TIPO APARTARRAYOS, MCA.- CONDUMEX, NORMA UL-96A, SECCION 300 mm <sup>2</sup>
54	PZA.	7	CONECTOR BURNDY CAT. GAR 1929.
55	PZA.	4	CONECTOR BURNDY CAT. GBM-16.
56	PZA.	35	CONECTOR CADWELD TIPO TA PARA COBRE CAL. 4/0 AWG.

LISTA DE MATERIALES.

<u>PART.</u>	<u>UNID.</u>	<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>
57	PZA.	25	CONECTOR CADWELD TIPO XB PARA COBRE CAL. 4/0 AWG.
58	PZA.	3	CONDUCTOR CADWELD TIPO VE PARA CABLE DE COBRE CAL. 4/0 AWG.
59	PZA.	8	CONECTOR BURNDY CAT. GC 2929.
88	PZA.	8	CONECTOR GAR 1829.
89	MTS.	8	CINTA DE COBRE BURNDY BE-12.
	PZA.	2	TENSOR DE 3/4.
	PZA.	4	PERNO OJO 13mm. TIPO RE.
	PZA.	2	PERNO 1PA NORMA C.F.E.
	PZA.	2	GRAPA PARALELA PARA CABLE DE ACERO DE - 3/8".

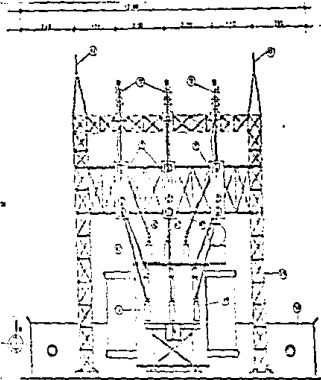
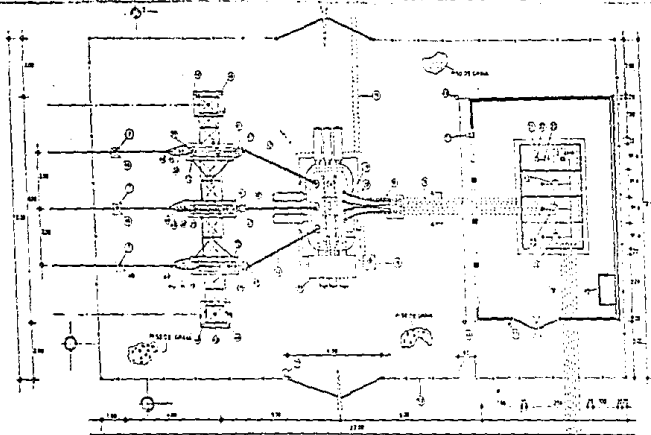
CAPITULO # 4.

LOCALIZACION DE EQUIPOS.

DISEÑO DE ALUMBRADO Y SERVICIOS

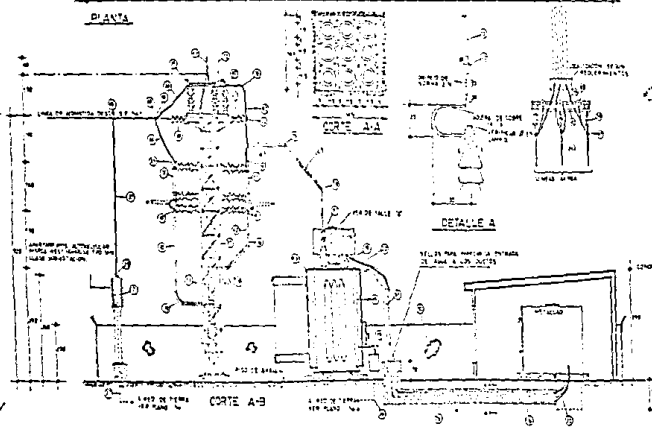
PROPIOS..

LOCALIZACION DE EQUIPOS



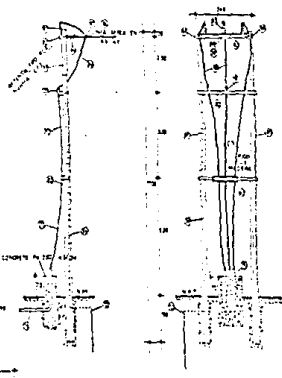
CORTE C-D

PLANTA



CORTE A-B

DETALLE A



TRANSICIÓN SUSTENTADO - AEREO

LISTA DE MATERIALES.

<u>PART.</u>	<u>UNID.</u>	<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>
11	PZA.	2	CUCHILLA DESCONECTADORA TRIPOLAR, CAT.- P-77000, 69 KV, 6AMP. CONTINUOS, 350 KV DE NIVEL BASICO DE IMPULSO, OPERADA DES DE EL PISO MEDIANTE PALANCA, MONTAJE -- VERTICAL, APERTURA VERTICAL.
12	PZA.	1	IDEM AL ANTERIOR PERO MONTAJE HORIZON - TAL, APERTURA HORIZONTAL.
13	PZA.	1	INTERRUPTOR DE POTENCIA EN PEQUEÑO VOLU MEN DE ACEITE O EN SF6, 69 KV NOMINALES 1500 MVA INTERRUPTIVOS MINIMOS, TENSION DE CONTROL 125 V.C.D. MECANISMO MOTOR Y Y REOSTE A 220 VAC, 60 C.P.S.
14	PZA.	1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 1200 KVA, EN- FRIAMIENTO OA, 69 KV/6.6.KV-3.81 KV, CO NEXION DELTA EN A.T. Y ESTRELLA EN B.T. <u>838</u> DE IMPEDANCIA, CON TRANSFORMADO RES DE CORRIENTE EN BOQUILLA, RELACION- <u>600/5A</u> EN A.T. Y <u>2000/5A</u> EN B.T. -- (RELACION MULTIPLE), CON TRANSFORMADOR- DE CORRIENTE RELACION 600/5A. EN EL NEU TRO, FRECUENCIA NOMINAL, 60 HERTZ, CON- CAMBIADOR DE DERIVACIONES SIN CARGA, -- 72.5% --2.5%, EN EL LADO DE A.T. CON RE LEVADOR BUCHHOLTZ, RELEVADOR DE PRESION INDICADOR DE TEMPERATURA, NIVEL DE ACEI



LISTA DE MATERIALES.

<u>PART.</u>	<u>UNID.</u>	<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>
			TE Y EQUIPO DE PRESERVACION CON NITRO
			GENO.
18	PZA.	1	RESISTENCIA PARA ATERRIZAR EL NEUTRO- DEL TRANSFORMADOR 6.35 OHMS. CON UN - REGIMEN DE 600 AMP DURANTE 10 SEGUN - DOS VOLTAJE 3610 VOLTS NEUTRO A TIE-- RRA.
19	PZA.	24	TERMINAL TERMOCONTRACTIL, TIPO TERMO- FIT, INTERPERIE PARA CAL. 500 MCM CON AISLAMIENTO PARA 8 KV, TIPO POLYCON - E.P.R.
20	MTS.	400	CABLE DE ENRGIA DE COBRE CAL. 500 MCM 3 CONDUCTORES POR FASE, CON AISLAMIE <u>N</u> TO PARA 8..KV, TIPO POLYCON E.P.R..CON PANTALLA 100% NIVEL DE AISLAMIENTO, - COLOCADO EN CHAROLA.
22	PZA.	1	INTERRUPTOR EN VACIO, VACARC TIPO VAD, 7.2 KV NOMINALES 3 FASES, 60 C.P.S -- TENSION MAXIMA 8.25, FACTOR K, 1.25 - NIVEL BASICO DE IMPULSO, 95 KV COR -- RIENTE NOMINAL 2000 AMP.TENSION DE -- CONTROL, 125 V.C.D. 08035-20, ESTE IN- TERRUPTOR ES EL PRINCIPAL, DE UN ME - TALCLAD, TIPO INTERPERIE, TIPO V.C.B.

LISTA DE MATERIALES.

<u>PART.</u>	<u>UNID.</u>	<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>
			CON BARRAS PRINCIPALES DE 2000 AMP, 2- INTERRUPTORES DE 1200 AMP. UNA SECCION PARA SERVICIOS PROPIOS Y EQUIPO DE PRO TECCION Y MEDICION ESPECIFICADOS APAR- TE, INCLUYE MONTA CARGA CAT. VMI-200.
30	PZA.	1	TRANSFORMADOR PARA SERVICIOS, TIPO SE- CO, 3 FASES, CONEXION DELTA EN A.T. Y- ESTRELLA EN B.T. 6600 VOLTS, 220-127 - VOLTS C.P.S. CAPACIDAD NOMINAL 15 KVA.
31	PZA.	1	INT. TERMOMAGNETICO, 3 R, 50 AMPS MAR CO A.
32	PZA.	1	CENTRO DE CARGAS TIPO QO 414 MS.
33		2	INT. EN VACIO, VACARC TIPO VAD, 7.2 - KV NOMINALES, 3 FASES 60 C.P.S. TEN - SION MAXIMA 8.25 KV, FACTOR K=1.25 NI VEL BASICO DE IMPULSO 95 KV CORRIENTE NOMINAL 1200 A CORRIENTE DE CORTO CIR CUITO 29000 AMP. TENSION DE CONTROL - 125 V.C.D. CAT. VAD-08036-12 ESTOS 2 INTERRUPTORES SON LOS DERIVADOS DEL - METALCLAD TIPO INTERPERIE VCB-1 (ESP. 22).
34	MTS.	15	CABLE DE COBRE DESNUDO CAL. 4/0 AWG.
35	PZA.	9	CONECTOR BURNDY TIPO NT CAT. NT2828.

LISTA DE MATERIALES.

<u>PART.</u>	<u>UNID.</u>	<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>
36	PZA.	1	PEDESTAL CAT. 92480R1-G.
37	MTS.	60	CABLE PARA CONEXION A TIERRA, COBRE DES- NUDO CAL. 4/0 AWG, TRENZADO FLOJO PARA - CONECTAR HILO DE GUARDA.
38	PZA.	24	AISLADOR TIPO 10 S NORMA C.F.E. EN CADE- NA DE 6 UNIDADES.
39	LOTE.	1	ESTRUCTURA METALICA GALV. VER PLANO.
40	PZA.	25	CONECTOR TIPO NAR 28-2N.
41	PZA.	6	AISLADOR TIPO P-2134.
42	MTS.	60	TUBO DE COBRE TIPO K, DE 38 MM Ø.
43	PZA.	2	VARILLA COPPER WELD DE 19 mm Ø Y 1.50 - MTS DE LONGITUD PARA DETALLE DE LAS PUN- TAS DE FARADAY VER PLANO No. 4.
44	PZA.	6	LUMINARIA TIPO SUBESTACION, CAT. 04252 - CON FOCO DE 400 W. VM CON BALASTRA A 220 VAC 60 HZ INCLUYE BRAZO CAT. 0876.
45	PZA.	1	BANCO DE BATERIA DE NIQUEL CADMIO, CON - 19 BLOQUES TIPO MEM 3-5, 125 V.C.D. CON- 32 AH, INCLUYE CARGADOR MCA. NIFE MOD. - CAM 130/12 EN GABINETE 2BC38.
46	PZA.	6	CONECTOR TIPO KVSU31.
47	PZA.	3	SOPORTE TIPO UH17-3 Y CONECTOR TIPO NT - 1728.
48	PZA.	3	CLEMA DE REMATE DE ALEACION DE ALUMINIO- DE ALTA RESISTENCIA.

LISTA DE MATERIALES.

<u>PART.</u>	<u>UNID.</u>	<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>
			CAT. DUW-31-WA.
49	MTS.	7	CABLE DE ENRGIA CLASE 8 KV, AISLAMIENTO EPR CAL. 4/0 AWG. Cu.
50	LOTE.	1	SERCA PERIMETRAL DE MALLA CICLONICA SE- GUN DISEÑO.
51	MTS.	6	CHAROLA DE ALUMINIO DE 40.64 cms. DE AN- CHO.
52	PZA.		VARILLA COPPER WELD DE 305 cms. DE LON- GITUD Y 19 mm. Ø INCLUYE TUBO DE CONCRE- TO DE 20 cms Ø Y 50 cms. DE LONGITUD - CON TAPA VER PLANO No. 4.
75	LOTE.	1	DRENAJE CON PENDIENTE DE 1.5%.
76	TRAMO		TUBO P.V.C. RIGIDO RD 26 DE 4" DE DIAME- TRO.
77	PZA.	3	EXTINGUIDOR DE POLVO SECO CO <sub>2</sub> .
78	PZA.	6	CODO 90° TUBO COBRE TIPO K DE 38 mm.
79	PZA.	12	CODO 45° TUBO COBRE TIPO K DE 38 mm.
80	PZA.	3	T. DE TUBO DE COBRE TIPO K DE 38 mm.
81	PZA.	2	POSTE DE CONCRETO OCTAGONAL C-11-70 CFE.
82	PZA.	6	CRUCETA DE Fe GALV. C4B NORMA C.F.E.
83	PZA.	3	APARTARRAYOS AUTOVALVULARES TENSION NO- MINAL DE DESIGNACION _____ 6 KV MCA. <u>WES</u> TINGHOUSE CLASE ESTACION.
84	PZA.	2	MOLDURA RE NORMA C.F.E.

LISTA DE MATERIALES.

<u>PART.</u>	<u>UNID.</u>	<u>CANT.</u>	<u>DESCRIPCION.</u>
85	PZA.	1	OJO RE NORMA C.F.E.
86	MTS.	S.R.	CABLE DE COBRE DESNUDO CAL. 250 MCM.
87	PZA.	3	CLEMA DE TENSION BURNDY CAT. DUW 31.

## A L U M B R A D O . -

El propósito fundamental que se persigue al iluminar un área determinada es el de hacer visible los objetos que se localizan en esa área.

Esto acontece cuando la luz procedente de la fuente, cae sobre ellos y se refleja hacia nuestros ojos.

**L U X :** Es la unidad de intensidad de iluminación y corresponde a un flujo de un lumen que incide sobre una superficie de  $1 \text{ mt}^2$ .

**LUMEN :** Es el flujo luminoso emitido dentro de la unidad de ángulo sólido por una fuente puntual uniforme de una intensidad de una candela.

En nuestro caso, la solución se dará de la siguiente manera:

- 1.- Determinar nivel luminoso (LUX) requerido en el área, éste dato nos lo proporciona el fabricante de las luminarias.
- 2.- Coeficiente de utilización (CU), valor obtenido de tabla.
- 3.- Factor de conservación ó pérdidas de luz (FP).

Las lámparas envejecen, se acumula suciedad, esto disminuye la iluminación inicial cuándo la lámpara está nueva.

Los factores que determinan en conjunto el factor final de pérdidas (FP) son las siguientes:

- A) Factor de reactancia, éste valor lo da la balastro y será de 97%.
- B) Factor de tensión de alimentación, éste valor será de 100% considerando que no hay variación en la tensión de alimentación.

- C) Factor de reflectancia y transmitancia de la lámpara, en si - es el envejecimiento interior de la lámpara y se considerará 100%.
- D) Factor de falla de lámparas, éste factor nos indica la tolerancia para que en determinado momento no funcione una ó más lámparas, el valor será 100% debido a que no habra tolerancia.
- E) Factor de temperatura ambiente, se considerará valor de 100% debido a que la temperatura ambiente no afecta.
- F) Factor de intercambio de calor, se considerará 100% debido a que tampoco afecta.
- G) Factor de degradación luminosa, valor proporcionado por el fabricante y será de 74%.
- H) Factor de disminución de emisión luminosa por suciedad, considerando que a las lámparas se les dará mantenimiento cada 3 meses, éste valor será de 85%.

Para nuestro caso en que se utilizan lámparas de vapor de - mercurio de 400 watts, los factores que corresponden son los siguientes:

$$F P = 0.97 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.0 \times 0.74 \times 0.85 = 0.61$$

$$F P = \underline{0.61}$$

En el área de la subestación se requiere un nivel de iluminación mínimo de 20 luxes y las lámparas utilizadas tienen una emisión luminosa inicial de 21,000 lúmenes cada una.

(Valores proporcionados por el fabricante).

La fórmula es la siguiente:

$$N = \frac{E \times A}{LL \times CU \times F.P.}$$

Despejando tenemos que:

$$A = \frac{N \times LL \times CU \times FP}{E}$$

Donde:

N = Número de lámparas a instalar.

E = Nivel de iluminación requerido (luxes).

CU= Coeficiente de utilización.

FP= Factor de pérdidas.

A = Area a iluminar a M<sup>2</sup>.

LL= Lúmenes de la lámpara es posición de operación.

Entonces;

E = 20 Lúmenes.

LL= 21,000 Lúmenes.

FP= 0.61

CU= 0.25

N = 6

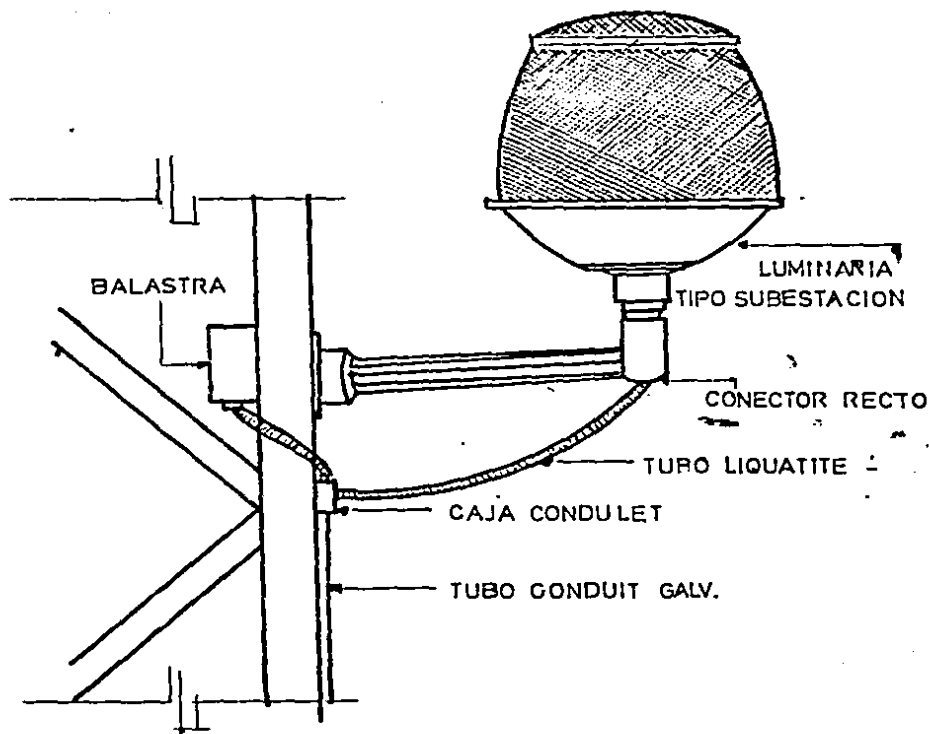
El área que puede iluminarse es:

$$A = \frac{N \times LL \times CU \times FP}{E} = \frac{6 \times 21,000 \times 0.25 \times 0.61}{20}$$

A = 960 M<sup>2</sup> Valor aceptable debido a que nosotros queremos iluminar el área de la subestación y su periferia.



# LUMINARIA



**DATOS DE REFERENCIA DE LAS LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO LIFE GUARD**

Designación ASA	Formación del tubo	Descripción	Longitud del tubo aproximada (mm)	Longitud total aproximada (mm)	Diámetro de la base del tubo de la base (mm)	o Plega total aproximada (mm)	o Plega aproximada (mm)
40 vatios H40DL/02	0-17	Branca de tubo	10	130	70	1100	270
30 vatios H30DL/02	0-17	Branca de tubo	10	130	70	1100	270
75 vatios H75-2	0-21	Cero	20	140	90	2300	2750
H75-1/C	0-21	Branca normal	20	140	90	2750	2300
H75-1/02	0-21	Branca de tubo terminado	20	140	90	2700	2300
H75-1/02	0-21	Branca de tubo	20	140	90	2300	2700
100 vatios H100-4L	0-25	Cero	20	130	90	4100	2400
H100-4M/C	0-25	Branca normal	20	130	90	4600	2300
H100-4M/02	0-25	Branca de tubo terminado	20	130	90	4600	2300
H100-4M/02	0-25	Branca de tubo	20	130	90	4100	2400
H100-4M	0-25	Cero sin parafuto o reflector	20	130	90	4100	2400
H100-4M	0-25	Cero, sin tubo o reflector	20	130	90	4100	2400
H100-4M/02	0-25	Cero	20	130	90	4100	2400
H100-4M/C	0-25	Branca normal	20	130	90	4100	2400
H100-4M/02	0-25	Branca de tubo terminado	20	130	90	4600	2300
H100-4M/02	0-25	Branca de tubo	20	130	90	4600	2300
175 vatios H175-2/02	0-25	Cero	21	210	120	7700	4600
H175-2/C	0-25	Branca normal	21	210	120	7700	4600
H175-2/C/02	0-25	Branca de tubo terminado	21	210	120	8200	4600
H175-2/C/02	0-25	Branca de tubo	21	210	120	8200	4600
H175-2/02	0-25	Branca de tubo terminado	21	210	120	8200	4600
250 vatios H250-2/02	0-25	Cero	24	210	120	12100	6600
H250-2/C/02	0-25	Branca de tubo	24	210	120	12600	6700

FRONTE DE LUZ

Designación del tubo	Potencia en vatios (W)	Temperatura de operación (°C)		Eficiencia de emisión de luz (lm/W)	Características de operación		Máximo de operación de operación de operación
		-10°C	25°C		Temperatura (°C)	Temperatura (°C)	
H-2	40	100	100	0,8	0,8	90	7-10
H-2	30	210	210	0,9	0,9	95	10-15
H-2	25	225	225	1,0	0,9	130	10-15
H40-02	100	225	225	1,3	0,85	130	10-15
	175	210	225	2,2	1,3	130	10-15
	250	210	225	3,1	2,2	130	10-15
H100-12	400	210	225	5	3,2	135	20-25
H40-17	425	400	400	2,3	1,7	265	21-25
H10-10	300	400	400	4,2	2,8	305	20-25
H10-12	300	210	210	1,2	0,9	225	40-25
H10-15	300	400	400	0	0	150	40-25
H10	300	0	...	0,3	0,3	0,30	205-100

<b>400 velos</b>							
M33-1-CD	BT-27	Cura	70	292	170	21000	10200
M33-1-DA/C	BT-27	Blanca normal	70	292	170	20500	10100
M33-1-DA/P	BT-27	Blanca de alta capacidad	70	292	170	20000	10000
M33-1-DA/DH	BT-27	Blanca de luz	70	292	170	20500	10100
M33-1-P	R-27	Interior para habitaciones de habitación	...	323	...	15100	10400
M33-1-DA/DH	R-27	Int. para habitaciones de hotel y apartamento	...	323	...	15000	10300
M33-1-L	R-20	Interior para habitaciones de hotel	...	376	...	17200	10000
M33-1-P/DA/DH	R-20	Interior, no hotel, blanca de luz de luz	...	376	...	15500	12400
<b>475 velos</b>							
M33-1-PA	BT-27	Cura	60	292	170	21000	13200
M33-1-PA/C	BT-27	Blanca normal	60	292	170	20500	12800
<b>700 velos</b>							
M33-1-PA	BT-66	Cura	127	360	241	41000	25700
M33-1-PA/DH	BT-66	Blanca de luz	127	360	241	41000	26700
<b>1000 velos</b>							
M33-1-3CV	BT-50	Cura	160	390	241	51000	44000
M33-1-3CV/DH	BT-50	Blanca de luz	160	390	241	50000	39000
M33-1-3CV	BT-50	Cura	160	390	241	51000	41000
M33-1-3CV/C	BT-50	Blanca normal	160	390	241	51000	41000
M33-1-3CV/P	BT-50	Blanca de alta capacidad	160	390	241	50000	40000
M33-1-3CV/DH	BT-50	Blanca de luz	160	390	241	50000	41000
M33-1-3CV/C	BT-50	Blanca normal para habitaciones	160	390	241	51000	44000
M33-1-3CV/P	BT-50	Blanca de alta capacidad para habitaciones	160	390	241	50000	40000
M33-1-3F	R-20	Interior para habitaciones de hotel	...	323	...	40000	30000
M33-1-3F/C	R-20	Blanca de alta capacidad para habitaciones de hotel	...	323	...	40000	30000
<b>3000 velos</b>							
M33-1	T-0 1/2	Cura (blanca única) No L30000, en parte blanca de habitación	122	1307	...	122000	100000

\* Para más detalles sobre características de referencia. Los valores para luz en cualquier habitación con iluminación interior.

\*\* Valor medio para 10 000 horas de servicio en condiciones típicas de uso, excepto para las M33.

\*\*\* Valor medio para 1 000 horas de servicio.

Nota: Este manual es un libro de datos técnicos y no debe ser usado como guía de instalación. La responsabilidad de la instalación de este equipo, de acuerdo con las normas de instalación, permisos y de cumplimiento de todas las leyes.

## SERVICIOS PROPIOS.

Para determinar la capacidad del transformador de servicios propios, sumaremos las cargas que se quieran alimentar del mismo.

### DESCRIPCION DE LA CARGA.

- \* 6 luminarias de vapor de mercurio de 400 w c/u y su balastrada cada luminaria demanda 5.5 AMPS., y en total las 6 luminarias demandan 6.3 Kw.
- \* Las resistencias demandan 4.1 Kw.
- \* 5 Luminarias 2 x 38 AMPS. con balastra demandan 1.2 Kw.
- \* 5 Luminarias incandescentes de 100 watts c/u con 500 watts.
- \* Banco de baterías y cargador demandan 2.6 W.
- \* Control del interruptor en PVA, 69 KV, demanda 3.1 Kw.
- \* Control del interruptor en B.T. demanda 2.7 Kw y como son 2 suman 5.4 Kw.
- \* Motor del interruptor de 69 Kv consume 4.4 Kw.
- \* Contactos varios = 4 W.

Como vemos la suma de cargas nos dá 31.60 Kw ó sea 39.5 KVA monofásicos.

Recomendamos un transformador eléctrico trifásico, tipo seco de 15 KVA, 6.6 KV primarios, 220-127 V. secundarios.

Como vemos, éste transformador satisficará nuestras necesidades actuales y algunas cargas futuras.



CAPITULO # 5

ESTUDIO ECONOMICO.

A continuación tenemos los costos de los diferentes materiales para la instalación de ésta subestación:

<u>EQUIPO.</u>	<u>CANT.</u>	<u>P.UNITARIO.</u>	<u>TOTAL.</u>
1.-Cortacircuito fusible de potencia en ac. bórico, mca. SYC-SELMEC 72.5 KV máximos, 350KV de nivel básico de impulso, - 300E Amps. interruptivos simétrico, cat. 192416, - incluye: Conectores extremos cat. 3836 y fusible tipo SMD de 125 A.	3	\$ 8'205,000.00	\$24'615,000.00
2.-Apartarrayos autoavalvular clase estación, 60 Kv, tipo SMD, mca. WES - TINGHOUSE, de oxido de zinc, cat. 8030A10A60.	3	\$ 7'558,000.00	\$22'674,000.00
3.-Cuchilla desconectadora tripolar mca. SYC-SELMEC cat. 37016-L, 69Kv - nominales 600 Ampers continuos 350 Kv de nivel básico de impulso operadora desde el piso mediante palanca, montaje vertical, apertura lateral.	2	\$17'650,000.00	\$35'300,000.00
4.-Idem anterior pero -- montaje horizontal doble apertura lateral, cat. - 45306-L.	1	\$26'530,000.00	\$26'530,000.00
5.-Interruptor de potencia en pequeño volumen de aceite, corriente nominal 1200, voltaje nominal 69 Kv, 1500 MVA de capacidad interruptiva. Tensión de control 125 VCD-mca. ENERGOMEX.	1	\$105'380,000.00	\$105'380,000.00

<u>E Q U I P O .</u>	<u>CANT.</u>	<u>P.UNITARIO.</u>	<u>TOTAL.</u>
6.-Relevador de falla a tierra mca. WESTINGHOUSE tipo C09 unidad de tiempo 0.5-2.5A - unidad instantánea 4-16 A, tensión de control 125 VCD.	1	\$ 330,000.00	\$ 330,000.00
7.-Tablero metalclad-6.6Kv nom. descrito - anteriormente. Incluye: Relevador de sobrecorriente mca. WESTINGHOUSE tipo C09, rango de la unidad de tiempo 4-12 Amperes, rango de la unidad instantánea 20-80 Amprs, Tensión de control -- 125 VCD.	1	\$172'325,000.00	\$172'325,000.00
	9		
Relevador de sobrecorriente mca. WESTINGHOUSE tipo C09, unidad de tipo 0.5-2.5A, unidad instantánea 4-16A. Tensión de control 125 vcd.	1		
Relevador diferencial monofásico para transformador de 2 devanados mca. WESTINGHOUSE tipo NU, 60 Hertz con circuitos de restricción por armónicas y de porcentaje tensión de control 125 V.C.D.	3		
Interruptor en vacío mca. SQUARE-D, vacarc tipo vad, 7.2 Kv nominales, 3 fases, 60 CPS tensión máxima 8.25,- factor K 1.25, nivel básico de impulso 95-Kv, corriente nominal 2000 Amps, corriente de corto circuito nominal a la tensión no	1		



EQUIPO.CANT.P.UNITARIO.TOTAL.

minal 29000 A.  
Tensión de control 125  
VCD, cat. Vad 08035-20  
Este interruptor es el  
principal de un metal-  
Clad tipo intemperie -  
tipo VCB-1 con barras-  
principales de 200 Amp  
dos interruptores deri-  
vados de 1200 A, una -  
sección para servicios  
propios y equipos de -  
protección y medición-  
especificas, dos apar-  
te incluye montacarga-  
cat. VMI-200.

Kilowatthorímetro tri-  
fásico mca. WESTINGHO  
SE para ser usados con  
transformadores de me-  
dición. Elementos de -  
corriente de SA, ele-  
mentos de voltaje de -  
120 volts tipo D4 B-3F.

Selector de amperíme -  
tro mca. WESTINGHOUSE-  
tipo 505A701G01 3 fa -  
ses 4 hilos.

Amperímetro para table  
ro mca. YEM o similar,  
escala 0-1200A, elemen  
to de SA, 60 Hz.

Selector de voltmetro-  
mca. WESTINGHOUSE tipo  
S#505A702G05, 3 fases-  
4 hilos 120 volts.

Voltmetro de corriente  
alterna escala voltme-  
tro de corriente alter  
na escala 0-10,000 vol  
ts elemento 120 volts-  
60 Hz.

Transformador de poten  
cia con precisión 0.3-  
adecuado para alimen -  
tar kilowatthorímetro-  
relación 4200/120 (35:  
1) con fusibles en la-  
base

<u>E Q U I P O .</u>	<u>CANT.</u>	<u>P.UNITARIO.</u>	<u>TOTAL.</u>
Rele de bajo voltaje - mca. WESTINGHOUSE tipo CV-1.	3		
Interruptor en vacio - mca. SQUARE-D vacarc - tipo Vad, 7.2 Kv, nomi- nales, 3 fases 60 CPS- tensión máxima 8.25 Kv, factor K=1.25, nivel - básico de impulso 95 - Kv, corriente nominal- 1200A, corriente nomi- nal 1200A, tensión de- control 125 VCD, cat.- Vad-08035-12 estos dos interruptores son los derivados del metal - clad tipo intemperie - VCB-1 descritos en el inicio.	2		
Rele auxiliar para la- protección diferencial Asa 86 mca. WESTINGHO- SE.	1		
Switch control para - los interruptores mca. WESTINGHOUSF.	3		
Luz piloto mca. SQUARE -D tipo dominó con gra- do de penetración 1P65 con resistencia y foco de 6-8 volts, capuchon rojo.	4		
Idem capuchón verde.	4		
Idem capuchón ambar.	4		
8.-Resistencia para a- terrizar el neutro del transformador 6.35 --- OHMS, con un voltaje - neutro a tierra.	1	\$ 9'327,000.00	\$ 9'327,000.00
9.-Terminal termocon - tractil mca. RAYCHEM - tipo thermofit intempe- rie para cable de cobre cal. 500 MCM con aisla- miento para 8 Kv tipo- polycon EPR.	24	\$ 16,000.00	\$ 384,000.00

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

<u>E Q U I P O .</u>	<u>CANT.</u>	<u>P.UNITARIO.</u>	<u>TOTAL.</u>
10.-Cable de energia - de cobre cal. 500 MCM- 3 conductores por fase con aislamiento para 8 Kv tipo polycon EPR -- con pantalla 100% nivel de aislamiento, coloca dos en charola.	400 Mts.	\$14'313,816.00	\$57'255,264.00
11.-Transformador para servicios propios tipo seco, 3 fases conexión delta en AT y estrella en BT 6600 volts/220-- 127 volts CPS capacidad nominal 15 Kva.	1	\$ 4'525,000.00	\$ 4'525,000.00
12.-Interruptor termomagnético mca. SQUARE-D 3 polos, 70A, marco.	1	\$ 339,540.00	\$ 339,540.00
13.-Centro de cargas - mca. SQUARE-D, tipo-QO, cat. NCO-24-4AB.	1	\$ 996,480.00	\$ 996,480.00
14.-Cable de cobre desnudo cal. 4/0 AWG .	460	\$ 18,569.00	\$ 8'541,740.00
15.-Conector Burnoy tipo NT cat. NT2828.	3	\$ 31,318.00	\$ 93,954.00
16.-Pedestral mca. SYC -SELMEC, cat. 92480R1-G.	1	\$ 3'200,000.00	\$ 3'200,000.00
17.-Cable para conexión a tierra cobre -- desnudo cal. 4/0 AWG. -- trenzado flojo.	30	\$ 18,569.00	\$ 557,070.00
18.-Aislador tipo 10S-norma C.F.E.	42	\$ 34,093.00	\$ 1'431,906.00
19.-Conector BURNDY -- cat. NAR-28-2N.	6	\$ 25,300.00	\$ 151,800.00
20.-Aislador mca. IUSA tipo P-2134.	12	\$ 300,143.00	\$ 3'601,716.00
21.-Varilla COPPER WELD de 19 mm. de diam. y 1.50 Mts, de longitud, para detalle de las puntas faraday.	2	\$ 25,800.00	\$ 51,600.00

<u>EQUIPO.</u>	<u>CANT.</u>	<u>P.UNITARIO.</u>	<u>TOTAL.</u>
22.-Luminaria tipo subestación mca. HOLOPHANE cat. 04252 c/foco de 400 WVM, con balastro a 220 VAC-60Hz, incluye brazo cat. 0876.	6	\$ 512,000.00	\$ 3'072,000.00
23.-Banco de baterías mca. NIFE de níquel cadmio con 19 bloques tipo MEP-3-, 125 VCD con 32 AH, incluye carga dor mca. NIFE mod. CAM 130/12 en gabinete 28C 38.	1	\$46'550,000.00	\$46'550,000.00
24.-Conector BURNDY tipo KVSU31.	6	\$ 16,000.00	\$ 100,800.00
25.-Soporte mca. BURNDY tipo UH17-3 y conector BURNDY NT 1728.	3	\$ 14,300.00	\$ 42,900.00
26.-Clema de remate de aleación de aluminio de alta resistencia mca. BURNDY cat. DUW31-W.	3	\$ 68,525.00	\$ 205,575.00
27.-Cable de energía clase 8 Kv aislamiento EPR cal. 4/0 AWG cobre.	7 Mts.	\$ 76,890.00	\$ 538,230.00
28.-Varilla COPPER WELD de 350 cm. de longitud y 19 mm de diámetro y 50 cm de longitud y tapa.	15	\$ 25,800.00	\$ 387,000.00
29.-Conector BURNDY cat. GAR 6429.	15	\$ 20,715.00	\$ 310,725.00
30.-Conector BURNDY cat. GAR 1929.	7	\$ 19,820.00	\$ 138,740.00
31.-Conector BURNDY cat. GEM-16 incluye trenza de cobre.	4	\$ 31,318.00	\$ 125,272.00
32.-Conector CAD WELD tipo TA para cobre cal. 4/0 AWG.	36	\$ 10,600.00	\$ 318,600.00
33.-Conector CAD WELD tipo XB para cobre cal. 4/0 AWG.	25	\$ 9,850.00	\$ 246,250.00

<u>E Q U I P O .</u>	<u>CANT.</u>	<u>P.UNITARIO.</u>	<u>TOTAL.</u>
34.-Conector CAD WELD-tipo TB para cable de cobre cal. 4/0 AWG.	3	\$ 9,230.00	\$ 27,690.00
35.-Conector BURNDY -- cat. GC2929.	8	\$ 18,437.00	\$ 147,496.00
36.-Lámpara SLIM LINE-2x38 watts en gabinete tipo industrial con ba lastra a 127 volts 60-CPS.	5	\$ 119,300.00	\$ 596,500.00
37.-Apagador ARROW HART en caja condulet FS -- mca. DOMEX.	2	\$ 9,680.00	\$ 19,360.00
38.-Tubo conduit galva nizado pared gruesa de 3/4" de diametro.	110	\$ 12,696.00	\$ 469,752.00
39.-Condulet L serie - ovalada de 3/4" c/tapa.	32	\$ 6,152.00	\$ 196,864.00
40.-Tubo flexible tipo licuatite de 3/4".	15	\$ 8,310.00	\$ 124,650.00
41.-Conector recto para tubo licuatite.	15	\$ 4,389.00	\$ 65,835.00
42.-Tubo conduit galv. pared gruesa de 1" de diametro.	100 Mts.	\$ 19,616.00	\$ 667,046.00
43.-Condulet L serie - ovalada de 1" c/tapa.	18	\$ 9,485.00	\$ 170,730.00
44.-Tubo flexible tipo licuatite de 1".	3 Mts.	\$ 11,658.00	\$ 34,974.00
45.-Conductor recto para tubo licuatite de 1".	4	\$ 5,930.00	\$ 23,720.00
46.-Tubo PVC rígido tipo RD-26 mca. ESLON de 4" de diametro.	60 T.	\$ 95,386.00	\$ 5,723,160.00
47.-Poste de concreto-octagonal C-11-700 norma C.F.E.	2	\$ 294,525.00	\$ 589,050.00
48.-Cruceta FE galv. - C4B norma C.F.E.	6	\$ 58,200.00	\$ 349,200.00
49.-Apartarrayos auto-valvulares tipo subestación tensión nominal de designación 6Kv mca WESTINGHOUSE.	3	\$ 99,000.00	\$ 297,000.00

<u>E Q U I P O .</u>	<u>CANT.</u>		<u>P.UNITARIO.</u>	<u>TOTAL.</u>
50.-Moldura RE norma - de C.F.E.	2	\$	2,750.00	\$ 5,500.00
51.-Ojo RE norma CFE.	5	\$	2,750.00	\$ 13,750.00
52.-Clema de tensión - BURNDY cat. DUW-31.	3	\$	80,600.00	\$ 241,800.00
53.-Conector GAR-1829-mca. BURNDY.	8	\$	19,820.00	\$ 158,560.00
54.-Perno ojo de 13 mm.	4	\$	4,200.00	\$ 16,800.00
55.-Perno 1PA norma CFE	2	\$	10,200.00	\$ 20,400.00
56.-Grapa paralela de-3/8".	2	\$	1,824.00	\$ 3,648.00
57.-Conector monofásico sencillo arrow-hart en caja condulet FS de 19 mm.	2	\$	7,843.00	\$ 15,686.00
58.-Cable de cobre cal 6 AWG tipo thw mca. -- CONDUCTORES MONTERREY.	60 Mts.	\$	2,871.00	\$ 172,260.00
59.-Idem pero cal. 8 - AWG.	30 Mts	\$	2,119.00	\$ 63,570.00
60.-Idem pero cal. 12 AWG.	100	\$	880.00	\$ 88,000.00
61.-Interruptor tipo-50 de 2x20 AMPS mca. SQUARE-D.	5	\$	42,240.00	\$ 211,200.00
62.-Idem pero 2x30.	5	\$	42,240.00	\$ 211,200.00
63.-Idem pero 1x20.	1	\$	15,780.00	\$ 15,780.00
64.-Centro de carga - mca. SQUARE-D cat. -- NAIB-10 3L.	1	\$	591,630.00	\$ 591,630.00
65.-Interruptor tipo-NAIB de 2x30.	2	\$	110,400.00	\$ 220,800.00
<u>TOTAL DE MATERIAL</u> .....				\$541'263,773.00 +

I.. V .A

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Como hemos visto en los resultados obtenidos por el estudio, ésta será una subestación muy confiable y de buena operación.

Respetando las normas de calidad, seguridad y la buena preparación del personal, ésta subestación nos dará un correcto funcionamiento para los fines convenidos.

Hay que recordar que por más que los equipos de muy buena calidad, cumplan con todas las normas establecidas, estén sobrados de capacidad y su construcción sea de lo mejor; la experiencia nos dice que muchos de los daños que sufren los equipos son provocados por fallas humanas como son: Conectores mal apretados, tierras conectadas que se dejan después de un mantenimiento, -- etc.

Hay que concientizar al personal de que su trabajo es muy importante, cualquier cosa que hagan mal se notará mucho porque pueden dejar sin electricidad a la mina y causar pérdidas millonarias; como mencionamos, es solo una fallita la que se necesita para que surja la catástrofe.

Aparte de ser muy importante su trabajo, es muy arriesgado; por esto se recomienda tener también protegido al personal (casco, cinturones de seguridad, guantes, etc.).

Se recomienda tambien tarimas de fibra de vidrio ó madera - por donde el personal camine en el interior de la subestación.

Tambien se recomienda que los apartarrayos sean de construc  
ción robusta, debido a que caen muchos rayos en ésta zona.



B I B L I O G R A F I A .

- \*- MANUAL DE DISEÑO DE SUBESTACIONES.  
COMPANIA DE LUZ Y FUERZA.  
EDITADO POR: RELACIONES INDUSTRIALES.
- \*- ANALISIS DE SISTEMA DE POTENCIA (GROSS).  
EDITORIAL INTERAMERICANA.
- \*- ESTUDIOS COORDINACION DE AISLAMIENTOS (C.F.E.).  
ESPECIFICACION CPELOOOO-06.
- \*- TRANSMISION AND DISTRIBUSION REFERENCE BOOK.  
EDITADO POR: WESTINGHOUSE.
- \*- IEEE GUIDE FOR SAFETY IN S.E. GROUNDING.  
EDITADO POR: IEEE STD. 80-1976.
- \*- MANUAL DEL ALUMBRADO (WESTINGHOUSE).  
EDITORIAL DOSSAT.