

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



37²
Ejempl.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

ELECTRIFICACION Y ALUMBRADO PUBLICO DEL FRACCIONAMIENTO
CIUDAD DEL SOL, DE CIUDAD OBREGON, SON.

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA ELECTRICA Y ELECTRONICA

PRESENTA:

JORGE ALBERTO SANCHEZ HIDALGO GONZALEZ

GUADALAJARA, JAL., 1988



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.

INDICE

	PAG.
INTRODUCCION	2
<u>CAPITULO I</u>	
Descripción de la obra	4
<u>CAPITULO II</u>	
Cálculo de la iluminación	5
<u>CAPITULO III</u>	
Determinación de cargas	15
<u>CAPITULO IV</u>	
Red de distribución primaria	20
<u>CAPITULO V</u>	
Red de distribución secundaria	49
<u>CAPITULO VI</u>	
Costos	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFIA	58

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

La ingeniería eléctrica ha sufrido cambios notables en los últimos años como resultado del acelerado desarrollo tecnológico, sin embargo, se considera que pasarán varios años antes que se cambien los conceptos convencionales de generación, transmisión, transformación y distribución de energía eléctrica.

El gran auge en la actualidad del desarrollo de los sistemas eléctricos de potencia es debido a que representan un elemento de primordial importancia en el desarrollo de los países; se han hecho esfuerzos técnicos considerables para la creación de centros de generación hidroeléctrica, termoelectrica y de energía nuclear, así como en el diseño y construcción de líneas de transmisión de extra-alta tensión y operación automática de los sistemas.

Un sistema de energía eléctrica consiste en una gran diversidad de cargas eléctricas repartidas en una región, en plantas generadoras para producir la energía eléctrica consumida por las cargas, una red de transmisión y de distribución para transportar esa energía de las plantas generadoras a los puntos de consumo, y, todo el equipo adicional necesario para lograr que el suministro de energía, se realice con las características de continuidad de servicio, de regulación de la tensión y de control de la frecuencia requerida.

Los sistemas de distribución son aquellos que llevan la potencia eléctrica hasta el consumidor haciendo la transferencia desde los sistemas de transmisión o subtransmisión. En terminos generales pueden ser de alta y de baja tensión. Las primeras son las que conducen la energía en altos voltajes a los puntos de alimentación donde se transforma para ser utilizada en las redes de baja tensión; en estas como su nombre lo indica, circula la corriente a tensión reducida, porque penetrando los conductores en las viviendas se correría el peligro de que la manipulación de los receptores produce se accidentes sensibles y quizá irreparables. En la República Mexicana se tienen tensiones de 34.5 KV y menores para el nivel de distribución. Estos sistemas se caracterizan por muchas conexiones sólidas con pocas posibilidades de desconexión entre si por lo que no se tiene un control central de la carga, excepto en areas donde se usan redes subterranas con protección automática. En general la mayoría de los dispositivos de desconexión se usan en las redes primarias que operan a 13.2, 13.8, 23 o 34.5 KV.

Los sistemas de distribución adoptan diversas disposiciones; ya sea que la distribución se haga con líneas aereas o subterranas y diversos arreglos de la topología del sistema: radial, en anillo o en red. Esto depende en gran parte de la densidad de carga en un area determinada, pudiendo ser esta de tipo residencial, industrial, comercial o rural.

El siguiente proyecto expone en forma práctica los aspectos mas importantes en la elaboración de una red de distribución, asi como el alumbrado público de un fraccionamiento residencial.

DESCRIPCION DE LA OBRA

El proyecto de electrificación y alumbrado público del fraccionamiento ciudad del sol constará de 501 áreas para viviendas, además de una escuela y dos parques, localizándose el acceso al fraccionamiento a 120 metros de la avenida cajeme.

El alumbrado público constará de 172 lámparas de vapor de mercurio de 250 Watts de potencia, además de 4 lámparas de vapor de sodio de 250 W para los parques. Para la alimentación del alumbrado se utilizarán dos conductores de cobre con forro TW calibre # 6 AWG, proyectándose su instalación en forma subterránea.

La red de alta tensión que será aérea tendrá como voltaje de operación 13.2 KV. Se utilizará conductor de aluminio con refuerzo de acero ACSR calibre de 3/0 para la línea principal y de 1/0 para los remales, el seccionamiento será cortacircuitos fusible. Se utilizarán transformadores con capacidades de 15 hasta 112.2 KVA.

La red de distribución de baja tensión que también se proyectó en forma aérea utilizará cable neutranel de aluminio 3 # 3/0 + 1 # 1/0 y 4 # 1/0. Para el tendido de este cable se aprovecharán los postes utilizados para alta tensión, y donde sea necesario se utilizarán postes para baja tensión 9-450.

Para cuando se crucen dos circuitos de alta tensión se utilizarán los postes de 13-600. Los postes de 9-450 también se utilizarán como contrapostes. Todos los postes deberán quedar perfectamente plomados.

CALCULO DE LA ILUMINACION

Los principales cometidos que desempeña el alumbrado público son los de:

- Proporcionar una iluminación suficiente que ofrezca la máxima seguridad, tanto al tráfico rodado como al de peatones.
- Facilitar el mantenimiento de la ley y el orden durante la noche.
- Dar un aspecto atractivo a las vías urbanas.

Las estadísticas demuestran que los accidentes de circulación y los actos delictivos nocturnos disminuyen notablemente cuando se dispone de un buen alumbrado público. Asimismo el desarrollo comercial y turístico dependen mucho de la calidad de dicho alumbrado.

Dos son los factores que determinan las exigencias que debe cumplir un alumbrado público: el tráfico y la estética. Si bien estos guardan una cierta relación, en la mayoría de los casos se viene concediendo mayor importancia al primero, dado el gran incremento experimentado en el tráfico rodado.

Dentro del tipo de lámparas existentes, el empleo de uno u otro viene determinado en cada caso por diversos factores, entre los que se pueden citar como más importantes los siguientes: rendimiento luminoso, utilización anual, costo de adquisición, color de la luz, influencia que ejerce sobre el rendimiento y la duración, fluctuaciones de la tensión de la red y temperatura ambiente, etc..

El desarrollo de las lámparas de vapor de mercurio y de vapor de sodio a alta presión, en las que dentro de una extensa gama de potencias se ha llegado a conseguir un alto rendimiento luminoso con una larga vida útil y una aceptable reproducción de los colores, ha motivado que su empleo se generalice en la mayoría de las instalaciones de alumbrado público.

Por lo que respecta a otros tipos de lámparas, las incandescentes y las fluorescentes se instalan cada vez menos, las primeras por su bajo rendimiento y las segundas por su gran sensibilidad a las bajas temperaturas y a las corrientes de aire.

La altura de los puntos de luz en una instalación de alumbrado público ejerce una gran influencia sobre la calidad de la iluminación y sobre sus costos.

El situar los puntos de luz a gran altura presenta las siguientes ventajas e inconvenientes:

- VENTAJAS:
- Mejor distribución de luminancias sobre la calzada.
 - Menos deslumbramiento, lo cual permite instalar lámparas de mayor potencia luminosa por punto de luz.
 - Mayor separación entre puntos de luz con la consiguiente reducción del número de unidades luminosas y del costo total de la instalación.
- DESVENTAJAS:
- Dificulta el mantenimiento de la instalación e incrementa los costos.
 - Disminuye el factor de utilización, ya que una gran parte del flujo luminoso emitido incide fuera de la zona a iluminar.

La relación entre la separación y altura de los puntos afecta muy directamente a la uniformidad de la iluminación que se consigue sobre la calzada, a los valores absolutos de las luminancias y a las características fotométricas de la luminaria.

A medida que esta relación es menor, la uniformidad de la iluminación es mas elevada y mejor el reparto de luminancias, consiguiendose una mayor comodidad visual para los usuarios de la vía, pero esto lleva consigo un aumento en el costo de la instalación, ya que es necesario distanciar menos las unidades luminosas o situar los puntos de luz a una mayor altura. De aquí que esta relación debe ser un compromiso entre las unidades cualitativas de la iluminación y las necesidades económicas para satisfacerlas.

La disposición de las unidades luminosas a lo largo de la vía pública se suele realizar de las siguientes formas:

- Axial
- Unilateral
- Bilateral al tresbolillo
- Bilateral pareadas

La disposición axial es poco recomendable debido, por una parte, a que necesita una suspensión por cables, y por otra, a que aumenta la tendencia de los conductores de vehiculos a circular por el centro de la calzada.

La disposición unilateral es una solución bastante utilizada en calzadas relativamente estrechas, pues representa una gran economía en el costo de las líneas de alimentación. Este tipo de disposición no conviene aplicarla a calzadas con anchura superior a los diez metros por el incon-

conveniente que presenta el que la parte de la calzada opuesta a las líneas de las luminarias quede deficientemente iluminada.

Las disposiciones bilaterales son las mas aconsejables, utilizándose el sistema al tresbolillo cuando la anchura de la calzada es igual o menor al doble de la anchura de la instalación prevista, y el sistema paralelo para anchuras superiores.

Para el proyecto del alumbrado público del fraccionamiento se consideraran las siguientes características:

- Avenida principal con camellón de 3 metros de ancho que divide a esta en calles de 12 metros de ancho.
- Calles secundarias con anchura de 12 metros.

El nivel medio de iluminación segun la tabla 2.1 será de 10 Lx para la avenida principal y de 7 Lx para las calles secundarias.

Se utilizarán lámparas de vapor de mercurio de la marca Westinghouse color blanca de lujo tipo H37-5KC/DX con 250 Watts de potencia, con formación del bulbo BT-28 cuyo flujo luminoso inicial aproximado (lúmenes a las 100 horas) es de 13000 y su flujo luminoso medio es de 9750Lm.

Se adoptará un tipo de luminaria hermética de distribución asimétrica, montada sobre báculo de acero. El factor de utilización de la luminaria es de 0.45.

De acuerdo con la tabla 2.2 para una potencia luminosa instalada de 9750 Lm corresponde una altura del punto de luz de 7.5 a 9 metros. Se utilizará una altura de 8 metros.

De la tabla 2.3, para una iluminación media de 7 Lx la separación entre puntos de luz será:

$$D = R \times h$$

donde: R - relación según tabla 2.3

h - altura del punto de luz

entonces:

$$D = 4 \times 8 = 32$$

y para la avenida principal:

$$D = 3.5 \times 6 = 28 \text{ mt}$$

y de acuerdo con la tabla 2.4:

$$\frac{h}{A} = \frac{8}{12} = 0.66$$

$$\frac{h}{A} = \frac{8}{24} = 0.33$$

por lo tanto la disposición de los puntos de luz sera bilateral al tresbolillo para las calles secundarias y bilateral pareadas para la avenida principal.

Para la alimentación de las lámparas se utilizarán cables calibre 8 AWG con forro TW, utilizando para esta 4 transformadores monofásicos de 15 KVA, de relación 13.2-220 cada uno. El número de lámparas será de 172 de vapor de mercurio para el alumbrado público y 4 de vapor de sodio para los parques todas de 250 Watts. El control se hará desde el contactor de dos polos de 70 amperes CR-16SM4270, un contactor para cada uno de los transformadores para el alumbrado. Para mandar la señal al contactor se utilizará fotocelda de 220 Volts.

El proyecto de alumbrado público incluirá registros ya que el tendido de la línea se hará en forma subterránea, la línea se enterrará en poliduc

to de 1/2 de pulgada de diámetro. En los cruces de calle se cubrirá con una capa de concreto pobre. Para la bajada del transformador al contactor se utilizará tubo con rosca de 1 + 1/4 de pulgada y su respectiva mufa.

Para la colocación de los registros del alumbrado se colocará de base una capa de arena, esto con el fin de evitar de que con la lluvia se inunde el registro. Como tapadera se colocará una placa metálica antiderrapante, además se construirá el pie de banqueta que se construirá sobre el terreno debidamente compactado.

TABLA 2.1 Nivel y factor de uniformidad de iluminación sobre la calzada y en servicio, en ausencia sobre datos numéricos sobre el tráfico.

	VALORES MINIMOS		VALORES NORMALES	
	iluminación media (lux)	factor de uniformidad	iluminación media (lux)	factor de uniformidad
Carreteras de las redes básicas o afluentes.....	15	0.25	22	0.30
Vías principales o de penetración, continuación de carreteras de las redes básicas o afluentes.....	15	0.25	22	0.30
Vías principales o de penetración, continuación de carreteras de la red comarcal.....	10	0.25	15	0.25
vías principales o de penetración, continuación de carreteras de las redes local o vecinal.....	7	0.20	10	0.25
Vías industriales.....	4	0.15	7	0.20
Vías comerciales de lujo con tráfico rodado.....	15	0.25	22	0.30
Vías comerciales con tráfico rodado en general.....	7	0.20	15	0.25
Vías comerciales sin tráfico rodado.....	4	0.15	10	0.25
Vías residenciales con tráfico rodado.....	7	0.15	10	0.25
Vías residenciales con poco tráfico rodado.....	4	0.15	7	0.20
Grandes plazas.....	15	0.25	20	0.30
Plazas en general.....	7	0.20	10	0.25
Paseos.....	10	0.25	15	0.25

TABLA 2.2 Alturas recomendables del punto de luz en función de la potencia luminosa instalada.

Potencia luminosa instalada (lm)	Altura del punto de luz (m)
3000 a 9000	6.5 a 7.5
9000 a 19000	7.5 a 9
mayor que 19000	mayor o igual a 9

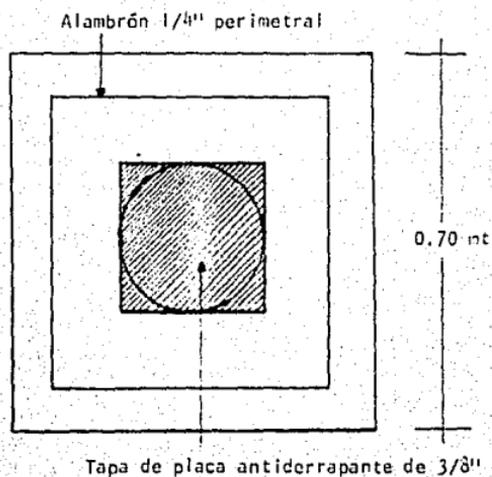
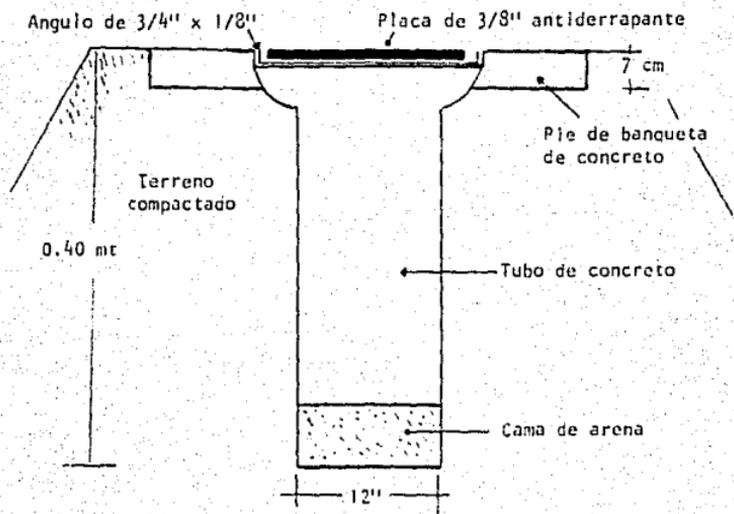
TABLA 2.3 Relación entre la separación y altura de los puntos de luz.

Iluminancia media Emed (lux)	Relación separación/altura
2 Emed 7	4 a 5
7 Emed 15	3.5 a 4
15 Emed 30	2 a 3.5

TABLA 2.4. Valores mínimos y recomendados de las relaciones entre la altura del punto de luz, y la anchura de la calzada, para distintos tipos de disposición de los puntos de luz.

Tipo de disposición	Relación $\frac{\text{Altura del punto de luz}}{\text{Anchura de la calzada}}$	
	Valor mínimo	Valor recomendable
Unilateral	0,85	1
Bilateral al trespelillo	1/2	2/3
Bilateral pareadas	1/3	1/2

REGISTRO DE ALUMBRADO PUBLICO



DETERMINACION DE CARGAS

En la planeación de los sistemas de distribución una de las características que establece el criterio de diseño, es lo que se conoce como la característica de la carga que varía según el tipo de usuarios.

De acuerdo con las normas de distribución de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), para las distintas zonas se tienen los siguientes tipos de cargas:

- A.- Residenciales (fraccionamientos y conjuntos habitacionales)
- B.- Comerciales
- C.- Industriales
- D.- Turísticas
- E.- Rurales (centros de población, agropecuarios mineros).

En el proyecto de cualquier instalación eléctrica de alumbrado y fuerza es conveniente tomar en cuenta que debe cumplir con los siguientes requisitos:

CAPACIDAD.— En general cada sistema eléctrico debe estar diseñado para satisfacer la demanda de servicio que se presente y considerar también el pronós-

tico de carga para instalaciones futuras, esta medida es conveniente y necesaria en algunos casos debido a que el uso de la electricidad tiende a incrementarse en industrias, edificios, comercios, etc. y deben tenerse instalaciones calculadas para la demanda prevista en un lapso de tiempo determinado.

FLEXIBILIDAD.- Dependiendo del tipo de instalación eléctrica que se trate, industrial, comercial, residencial, se debe proyectar para que tenga una flexibilidad adecuada para la distribución de circuitos y para el entubado y alambrado, por lo que dependiendo de la localización física de los elementos de la instalación por alimentar, se debe procurar que las bandas de tubería, ductos y alimentaciones en general tengan una localización tal que permita hacer cambios o modificaciones en la instalación sin que esto represente problemas técnicos complejos o gastos excesivos por las modificaciones.

ACCESIBILIDAD.- Cualquier instalación eléctrica, en forma independiente de la localización de las máquinas y aparatos por alimentar, se debe proyectar en tal forma que sea accesible en su instalación, mantenimiento y servicio en general.

CONFIABILIDAD.- Dependiendo de la naturaleza de la instalación ya sea un edificio, una industria, un almacén o centro comercial, un hospital o una casa habitación, varía el grado de seguridad en el suministro de la energía eléctrica, entendiéndose esto desde el punto de vista de planeación como la probabilidad de que este un determinado tiempo (estimado por lo general en forma anual) dentro de servicio, esto en forma independiente de la garantía o confiabilidad que se tenga en el suministro de la energía eléctrica por parte de las compañías suministradoras. Esto va a plantear la necesidad de estu

diar en algunos casos varias alternativas de soluciones posibles, considerando la confiabilidad de cada una de ellas y desde luego la influencia que cada solución tiene en el aspecto económico.

Las características de la carga se consideran de acuerdo al tipo de vivienda, ya que varía mucho sobre todo en esta zona Noroeste, por las altas temperaturas que se registran la demanda aumenta, debido a la utilización de aires acondicionados; debido a esto es muy importante definir el tipo de vivienda para que el suministro de energía sea satisfactorio.

TIPO DE VIVIENDA		DEMANDA MEDIA POR LOTE
RESIDENCIAL	ALTO	3000 W
	MEDIO	5000 W
INTERES SOCIAL	VIS-B	3000 W
	VIS-A	2000 W
	VAIM	1500 W

El fraccionamiento consta de la siguiente lotificación:

315 lotes de 10 X 23 m

100 lotes de 15 X 18 m

100 lotes de 8 X 18 m

10 lotes de 8 X 23 m

En la siguiente página se muestra el cuadro de cargas:

CUADRO DE CARGAS

Número de transformador	KVA de capacidad	KW/Lote	# de lotes	KVA Lotes	Factor de Utilización
1	30	5	4	23.53	78.43%
2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 14, 16, 21, 24, 26, 27, 30, 35, 38, 41, 44, 45.	112.5	5	16	94.11	83.66%
7, 19, 22, 23, 32, 40, 42, 46.	75	5	11	64.70	36.27%
11, 12, 13, 15, 17, 18, 25, 29, 36, 39.	45	5	6	35.30	78.43%
33, 34, 43.	75	5	10	58.82	78.43%
28	112.5	5	15	88.23	78.43%

Los transformadores 9, 20, 31 y 37 de 15 KVA de capacidad se utilizarán para el alumbrado público, cada uno alimentará 44 lámparas de 250 Watts por lo que el factor de utilización será de 86.27 %.

Como se muestra en el cuadro de cargas se escogió una demanda media por lote de 5 KW.

Según normas de CFE el factor de utilización de cada transformador no debiera ser mayor al 90%.

RED DE DISTRIBUCION PRIMARIA

Tanto en líneas de transmisión como en redes de distribución la conducción de la energía eléctrica a altas tensiones evita muchas pérdidas por efecto Joule, por lo que la regulación de la tensión resulta satisfactoria.

El voltaje primario utilizado para la electrificación del fraccionamiento será de 13.2 KV.

La conexión de la red será en forma radial. En este esquema un alimentador primario suministra energía a varias subestaciones (por lo general tipo poste) y cada transformador de estas subestaciones da servicio a su respectiva carga sin que exista conexión entre subestaciones. Con este esquema en el caso de alguna falla en el secundario de un transformador se aísla la carga alimentada por esa subestación sin afectar el resto para esto se requiere una adecuada coordinación de las protecciones.

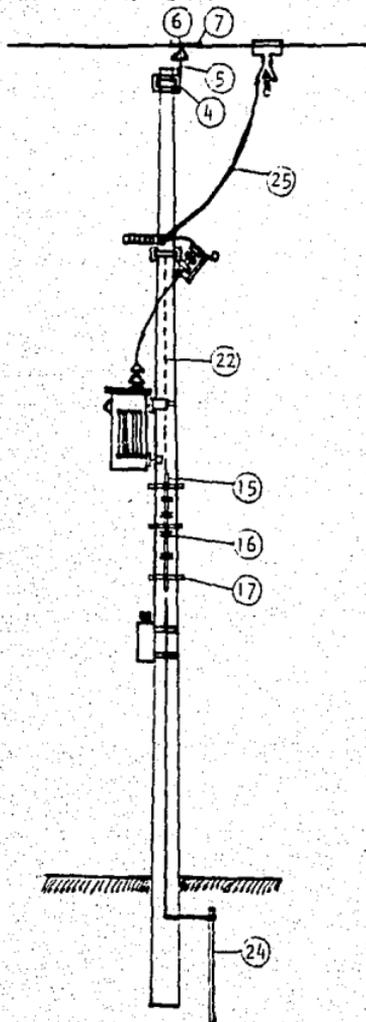
La línea primaria recorrerá todo el fraccionamiento sobre su avenida principal; esta será de aluminio con refuerzo de acero ACSR de calibre 3/0 AWG, a su vez a esta línea se le conectarán cables que serán los ramales de calibre 1/0 AWG ACSR. Los transformadores que se van a alimentar varían sus capacidades desde 15 hasta 112.5 KVA.

En la tabla 4.1 se dan las características de los transformadores de distribución tipo poste con tensión primaria de 13.2 trifásicos.

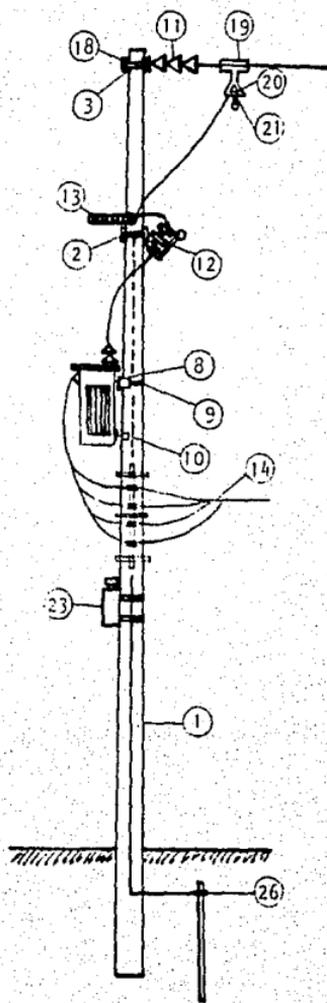
TABLA 4.1 Características de transformadores de distribución tipo poste con tensión primaria de 13.2 Kv trifasicos.

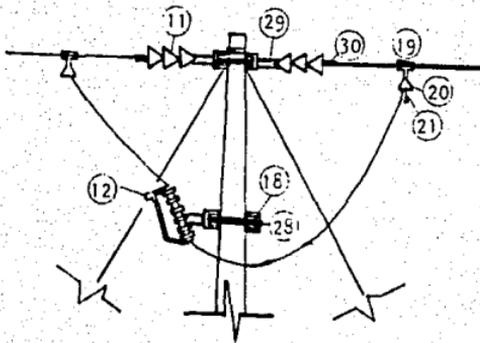
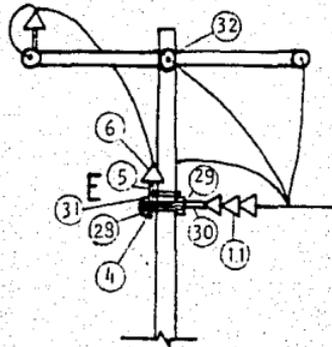
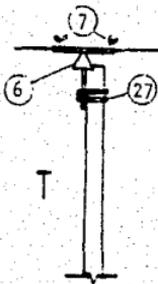
Características	Valores
Capacidades nominales en KVA	15, 30, 45, 75, 112.5
Tensiones en el primario, volts	13,530, 13,200, 12,870, 12,540, 12,210.
Tensiones secundarias, volts	220/127
Conexión	delta - estrella
Frecuencia en Hz	60
Clase de aislamiento en boquillas de alta tensión, KV.	15 (3 boquillas)
Clase de aislamiento en boquillas de baja tensión, KV.	1.2 (4 boquillas)
Impedancia en porciento	2 hasta 45 KVA y 3 para 75 y 112.5 KVA.

T-IT1

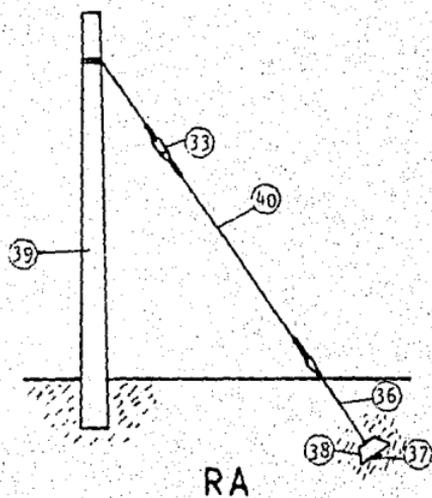
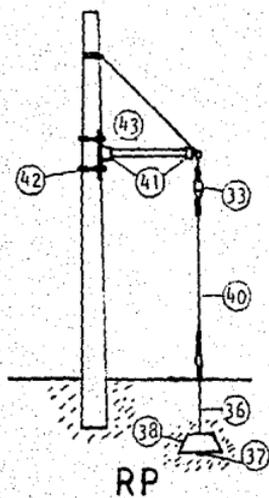
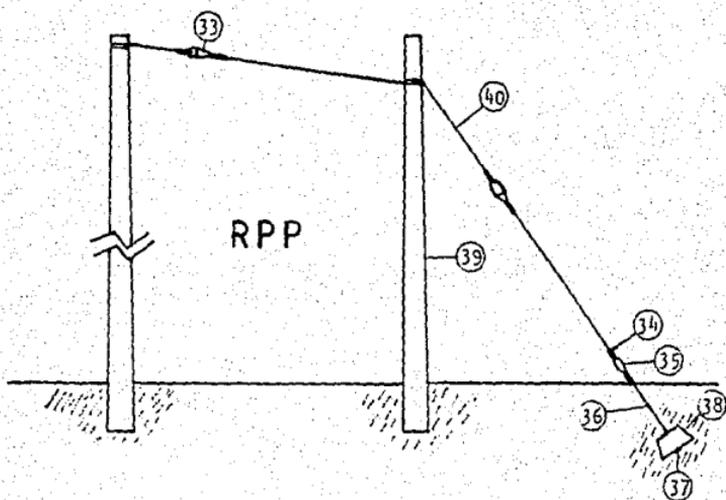


R-IT1





RR-ccf

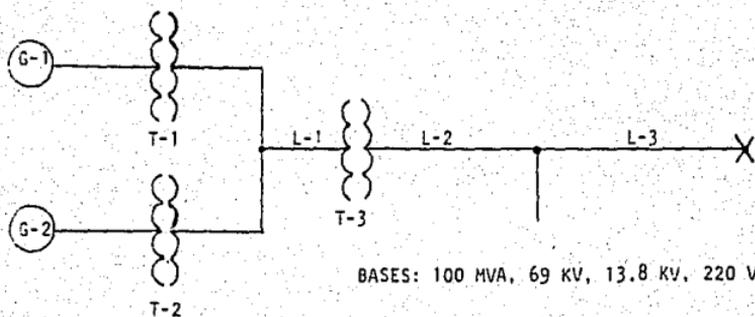


LISTA DE MATERIALES DE LAS ESTRUCTURAS

- 1.- Poste de concreto octogonal 12-750, 13-600.
- 2.- Cruceta C4T
- 3.- Abrazadera 2UC
- 4.- Arandela IPC
- 5.- Alfiler 1A
- 6.- Aislador tipo alfiler
- 7.- Amarres con alambre de aluminio # 4 suave
- 8.- Soporte CVI
- 9.- Abrazadera universal
- 10.- Separador SITC
- 11.- Aislador tipo suspensión
- 12.- Cortacircuito fusible
- 13.- Apartarrayos 12 KV
- 14.- Cable neutranel
- 15.- Bastidor B4
- 16.- Aislador carrete
- 17.- Abrazadera 4BS
- 18.- Cruceta C4R
- 19.- Conector VCT-76
- 20.- Estribo de cobre
- 21.- Conector tipo perico
- 22.- Alambre de cobre cal. # 4 AWG
- 23.- Gabinete para alumbrado público
- 24.- Varilla de tierra

- 25.- Alambre de cobre desnudo semiduro cal. 2 AWG
- 26.- Conector para varilla de tierra
- 27.- Abrazadera IU
- 28.- Perno de doble rosca
- 29.- Ojo RE
- 30.- Horquilla con guardacabo
- 31.- Dado 46R
- 32.- Moldura RE
- 33.- Aislador piña 1353
- 34.- Grapa paralela
- 35.- Guardacabo
- 36.- Perno ancla IPA
- 37.- Arandela 2PC
- 38.- Base cónica
- 39.- Poste de 9-450
- 40.- Cable de acero galvanizado cal. 3/8"
- 41.- Grapa y base RBC
- 42.- Abrazadera IBS
- 43.- Tubo de acero galvanizado

CALCULO DE CORTO CIRCUITO



BASES: 100 MVA, 69 KV, 13.8 KV, 220 V

$$\underline{G-1 = G-2}$$

$$150 \text{ MVA}$$

$$13.8 \text{ KV}$$

$$X_1 = X_2 = 0.09 \text{ P.U.}$$

$$X_0 = 0.03 \text{ P.U.}$$

$$X_1 = X_2 = 0.06j$$

$$X_0 = 0.02j$$

Linea 1

$$Z_1 = 0.399 + 1.032j$$

$$Z_2 = 0.399 + 1.032j$$

$$Z_3 = 1.027 + 3.324j$$

Linea 3

$$Z_1 = 1.18 + 1.317j$$

$$Z_2 = 1.18 + 1.317j$$

$$Z_3 = 1.647 + 5.117j$$

$$\underline{T-1 = T-2}$$

$$150 \text{ MVA}$$

$$13.8/69 \text{ KV}$$

$$Z = 10\%$$

$$\text{Delta-Estrella}$$

$$X_1 = X_2 = X_3 = 0.066j$$

T-3

$$20 \text{ MVA}$$

$$69/13.8 \text{ KV}$$

$$Z = 8\%$$

$$\text{Delta-Estrella}$$

$$X_1 = X_2 = X_3 = 0.39j$$

Linea 2

$$Z_1 = 3.143 + 5.313j$$

$$Z_2 = 3.143 + 5.313j$$

$$Z_3 = 5.475 + 24.313j$$

Linea 1

$$100 \text{ Kms}$$

$$336.4 \text{ ACSR}$$

Linea 2

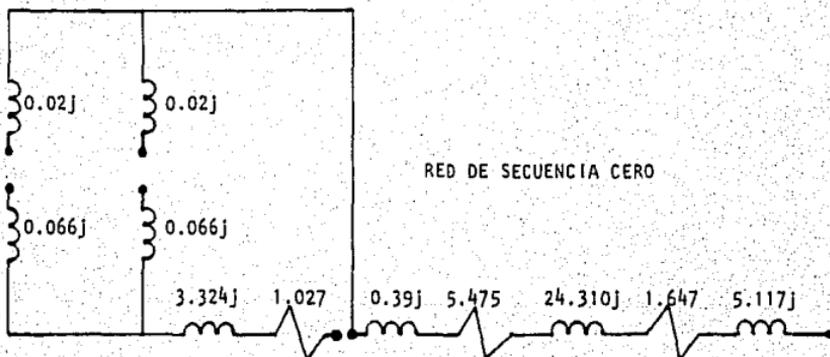
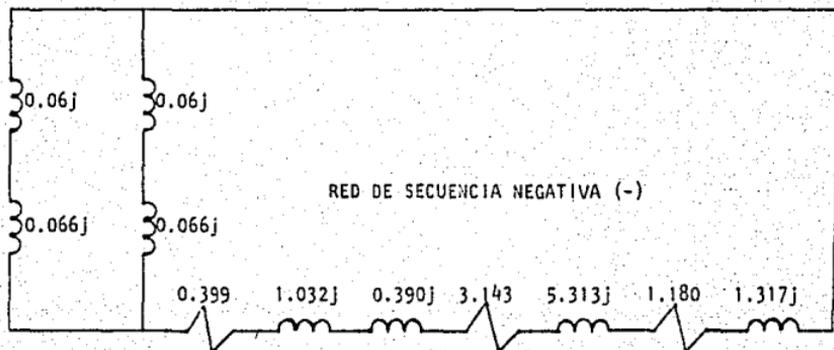
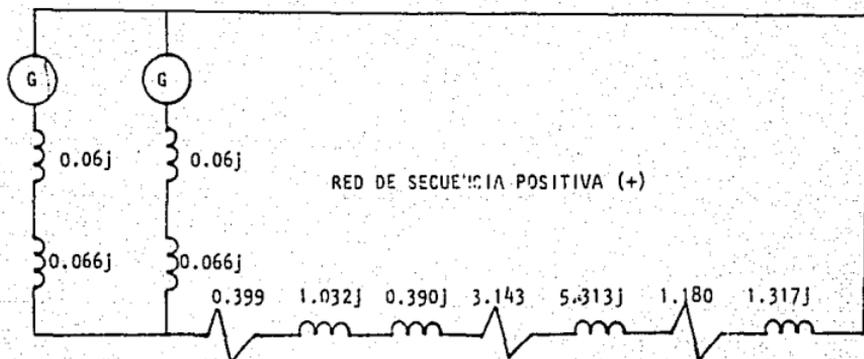
$$25 \text{ KMS}$$

$$266.8 \text{ ACSR}$$

Linea 3

$$5 \text{ KMS}$$

$$3/0 \text{ ACSR}$$



FALLO TRIFASICO

$$MV_{Acc} = \frac{100}{9.388} = 10.65 \text{ MVA}$$

FALLA DE LINEA A LINEA

$$MV_{Acc} = \frac{100}{18.77} = 5.326 \text{ MVA}$$

FALLA DE LINEA A TIERRA

$$MV_{Acc} = \frac{300}{59.30} = 5.059 \text{ MVA}$$

Los dispositivos de protección contra sobretensiones en las redes de distribución mas importantes son:

- a). Hilos de guarda
- b). Cuernos de arqueo
- c). Apartarayos

Los hilos de guarda son de poco uso en las redes de distribución y su función es básicamente como elemento de protección de los alimentadores contra descargas directas o cercanas a los mismos.

La función de los cuernos de arqueo es arquear o provocar la ruptura dieléctrica del aire circundante a ellos cuando se presenta una sobretensión enviandola a tierra, para lo que se requiere que la separación y alineamiento entre ellos este debidamente calibrada. Los cuernos de arqueo en redes de distribución normalmente se encuentran localizados en las boquillas de los transformadores en el lado de tensión mas alta y su uso es restringido actualmente debido al uso del apartarayos.

El apartarayos es el dispositivo contra sobretensiones por excelencia en los transformadores de las redes de distribución y es tambien el elemento primario para la coordinación de aislamiento en base a las siguientes funciones:

- Operar con sobretensiones en el sistema, permitiendo el paso de las corrientes del rayo y sin sufrir daño.
- Reducir las sobretensiones peligrosas a valores que no dañen el aislamiento del equipo.

Para seleccionar correctamente un apartarayos usado en sistemas de distribución las características principales a especificar ademas de in-

dicar que el dispositivo será del tipo distribución son:

- 1.- La tensión nominal
- 2.- La corriente de descarga.

La tensión nominal del apartarrayos se obtiene utilizando la siguiente expresión:

$$KV = KV_{max} \times 0.8$$

donde:

KV_{max} = Voltaje máximo de diseño del equipo a proteger

0.8 = Factor que se refiere a la forma en la que se encuentra conectado a tierra.

Para una tensión de 13.2 KV tenemos:

KV_{max} - se considera un 10% arriba del voltaje nominal.

Entonces:

$$KV_{max} = 13.2 \text{ KV} \times 1.10 = 14.52 \text{ KV}$$

$$KV = KV_{max} \times 0.8$$

$$= 14.52 \times 0.8$$

$$KV = 11.616$$

Se toma una tensión del apartarrayos de 12 KV.

Para encontrar los márgenes de seguridad o de protección del apartarrayos se utilizan las siguientes formulas:

$$\%MP_1 = \frac{OCS - FOD}{OCS} \times 100$$

$$\%MP_2 = \frac{B11 - (Vd + Ix)}{B11} \times 100$$

Donde:

MP = Margen de protección

OCS = Onda de corriente sostenida

FOD = Frente de onda de descarga

B11 = Nivel básico de aislamiento al impulso

Vd = Voltaje de descarga

Ix = Contribución del voltaje en el conductor al voltaje de drene por la caída IR en el conductor de conducción del apartarrayos.

Entonces de la tabla 4.1:

$$B11 = 95$$

De la tabla 4.2:

$$FOD = 51$$

$$Vd = 39 \text{ considerando } 5 \text{ Kamperes}$$

$$OCS = B11 \times 1.15$$

$$= 95 \times 1.15$$

$$OCS = 109.25$$

$$Ix = \text{Se considera } 5.2 \text{ KV/m}$$

El apartarrayos se encontrara a 1 mt de la linea, por consiguiente:

$$Ix = 5.2 \text{ KV/m} \times 1 \text{ mt}$$

$$Ix = 5.2 \text{ KV}$$

Por lo tanto:

$$MP_1 = \frac{109.25 - 51}{109.25} \times 100 = 53.31\%$$

$$MP_2 = \frac{95 - (39 + 5.2)}{95} \times 100 = 53.47\%$$

Los márgenes de seguridad son satisfactorios por estar dentro del 20%.

TABLA 4.1 Niveles de aislamiento al impulso para redes de distribución aéreas.

Clase de tensión KV	Nivel básico de aislamiento al impulso (KV) onda de 1.2/50
0.500	30
1.2	30
2.5	45
5.0	60
8.7	75
15.0	95
23.0	125
34.5	170

CARACTERISTICAS DE PROTECCION DE APARTARRAYOS

Voltaje nominal (KV-rms)	Voltaje mínimo de drené 60 Hz KV cresta/2	Nivel de voltaje de impulso máximo de drené		Máximo voltaje de descarga para onda de corriente de descarga de 8 x 20 usg (KV cresta)			
		Frente de onda (1)	Onda de 1.2 x 50	1.5 Kamp	5.0 Kamp	10.0 Kamp	20.0 Kamp
3	5.5	14	12	8	10	11.5	12.5
6	10.0	27	23	16	20	22.5	25
9	15.0	39	34	24	29	33	37
10	18.0	43	38	26	32	36	41
12	20.0	51	44	32	39	44	50
15	25.0	62	53	40	49	55	62
18	30.0	73	62	48	59	66	74
21	35.0	83	71	56	68	76	86

(1) Pendiente de onda de 100 KV/usg por unidad de 12 KV

Uno de los aspectos principales para la protección contra sobretensiones en las subestaciones, es la de disponer de una red de tierras adecuada, a la cual se conectan los neutros de los transformadores, tanque del mismo y apartarrayos.

El conductor que se utiliza para los sistemas de tierras es el cobre por su mejor conductividad tanto eléctrica como térmica y sobretodo por ser resistente a la corrosión debido, a que es catódico respecto a otros materiales que pudieran estar enterrados cerca de él.

Las varillas de tierras son las que se clavan en terrenos mas o menos blandos y que sirven para encontrar zonas mas húmedas y por lo tanto con menor resistividad eléctrica. Son especialmente importantes en terrenos desprotegidos de vegetación y cuya superficie al quedar expuesta a los rayos del sol está completamente seca.

Los electrodos pueden ser fabricados de tubos o varillas de fierro galvanizado o bien de varillas de copperweld.

En el caso del fierro galvanizado se puede usar en terrenos en que su constitución química no ataque a dicho material.

En terrenos cuyos componentes son mas corrosivos, se utiliza el copperweld, que consiste en una varilla de fierro, a la cual se adhiere una lámina de cobre. Este cobre esta soldado solidamente y en forma continua a la varilla de fierro. Tiene buena conductividad, excelente resistencia a la corrosión, buena resistencia mecánica para ser clavada en el terreno.

Las normas de CFE establecen para los sistemas de tierra los siguientes aspectos:

- Se instalarán como mínimo bajadas a tierra en los extremos de líneas secundarias y en bancos de distribución. La resistencia máxima admisible sera de 10 Ohms; en caso de que las características del terreno no permitan obtener el valor anterior, se instalarán tantas varillas de tierra como sean necesarias en cada bajada a tierra.
- El calibre del conductor en cada bajada a tierra sera como mínimo # 4 AWG de alambre de cobre desnudo, semiduro.
- Todas las bajadas a tierra se harán por la parte interior del poste de concreto.

El terreno sobre el que se va a efectuar el proyecto anteriormente era de cultivo, por lo que conserva gran humedad, por las mediciones efectuadas por CFE la resistencia es de 8 Ohms. Esto significa que con una varilla copperweld de 3 metros de longitud es suficiente para que el sistema de tierras sea satisfactorio.

Otros de los elementos utilizados contra las sobretensiones y de los mas importantes son los aisladores, ya que estando los conductores desnudos o cubiertos insuficientemente, es necesario un elemento que los soporte en posición adecuada y a distancia conveniente de partes estructurales, u otros conductores, incluyendo la tierra.

Los materiales de fabricación, usados en distribución son la porcelana, vidrio y pirex.

Los aisladores que se van a utilizar serán de porcelana de los siguientes tipos:

- Tipo alfiler norma # H-43 (13A) electrocerámicas modelo # 2849 o similar clase NEMA 55-4
- Tipo suspensión norma # 12 H-46 (6S), electrocerámica = 6001 o similar, clase NEMA 52-1.

Mas adelante se mostrará el cálculo de la caída de tensión para la línea de alta tensión, para la cual, el porciento de caída de voltaje permitido por CFE es del 1%.

Por lo que respecta a las protecciones contra sobrecorrientes, los principales elementos en las redes de distribución son los siguientes:

- a). Cuchillas fusible
- b). Restauradores
- c). Seccionadores

Para nuestro proyecto de electrificación utilizaremos las cuchillas fusible también conocidas como cortacircuitos que son de uso muy común en sistemas de distribución y se clasifican como: tipo interior, tipo in temperie, tipo hilo de apertura y fusión, en aceite, en arena, estas dos últimas se emplean en sistemas de distribución subterráneas.

Las cuchillas fusible están construidas esencialmente de un elemento aislador con herrajes para montaje, en cruceta, en portafusibles o tubo y herrajes de sujeción para operación normal o servicio pesado con corrientes nominales hasta 100 o 200 amperes y clases de tensión 7.7, 15 y 27 KV.

La mayoría de las cuchillas fusible operan bajo el principio de expulsión, para lo cual el tubo que contiene el elemento fusible (listón fusible) puede ser de fibra de ionizante para confinar el arco eléctrico producto de la interrupción.

El listón fusible es el elemento que realiza las funciones de interrupción por sobrecorriente, siendo sus tres partes básicas el cabezal, elemento fusible y tensor.

Los diseños más comunes son los siguientes:

- El listón fusible es una combinación de un elemento de soldadura eu-

táctica con uno de alta corriente para rangos de 1 a 8 amperes.

- El elemento fusible es de estaño para rangos de 5 a 20 amperes y de este tipo con listón de plata se emplea para rangos de 5 a 100 amperes.
- Aquellos listones fusibles de fundición estañados de relación de 25 a 100 amperes.
- Formado por una bandita para el listón estañado con rangos mayores de 100 amperes.

La corriente a plena carga en el primario de nuestros transformadores es la siguiente:

Para el transformador de 75 KVA

$$I = \frac{75 \text{ KVA}}{3 \times 13.2 \text{ KV}} = 3.28 \text{ amperes}$$

Para el transformador de 112.5 KVA

$$I = \frac{112.5 \text{ KVA}}{3 \times 13.2 \text{ KV}} = 4.92 \text{ amperes}$$

Para el transformador de 45 KVA

$$I = \frac{45 \text{ KVA}}{3 \times 13.2 \text{ KV}} = 1.968 \text{ amperes}$$

Para el transformador de 30 KVA

$$I = \frac{30 \text{ KVA}}{3 \times 13.2 \text{ KV}} = 1.312 \text{ amperes}$$

Para el transformador de 15 KVA

$$I = \frac{15 \text{ KVA}}{3 \times 13.2 \text{ KV}} = 0.656 \text{ amperes}$$

Se utilizarán fusibles tipo universal velocidad ANSI K de las siguientes capacidades:

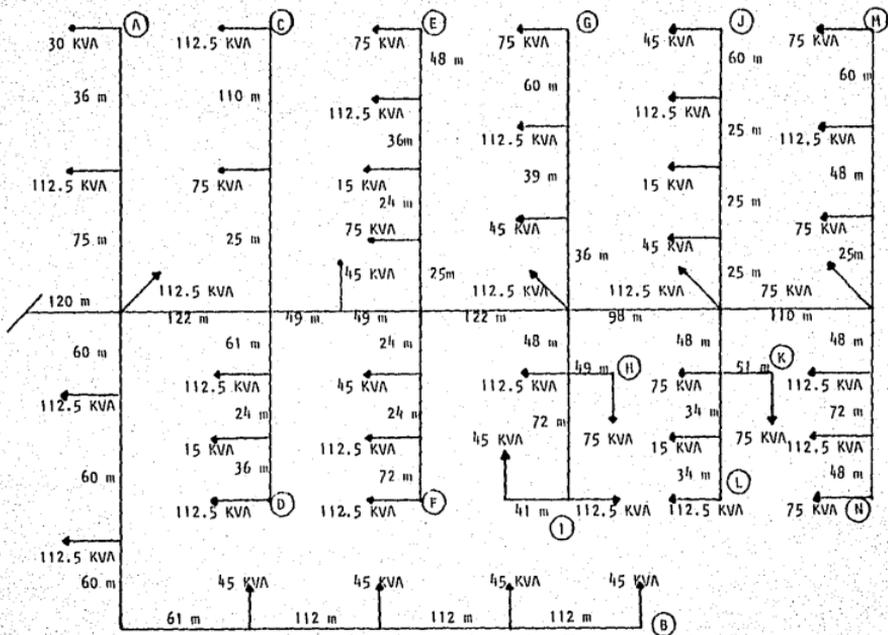
Para el transformador de 112.5 KVA	10K
Para el transformador de 75 KVA	7K
Para el transformador de 45 KVA	5K
Para el transformador de 30 KVA	5K
Para el transformador de 15 KVA	5K

Para la selección de las cuchillas fusible se depende de la corriente de carga, tensión del sistema de distribución, tipo de sistema y posible corriente de falla. Estos cuatro factores determinan tres datos de las cuchillas: corriente debida a la carga, tensión y capacidad interruptiva.

Se utilizarán cuchillas fusible del tipo expulsión para 14 KV-100 A, 125 KV BIL, y 10,000 amperes de capacidad interruptiva.

TABLA 4.3 Capacidad de fusibles para protección de transformadores (capacidades mínimas recomendadas)

KVA	2400 Volts		4160 Volts		6900 Volts		13800 Volts		22000 Volts	
	amperes		amperes		amperes		amperes		amperes	
	plena carga	capacidad fusible	plena carga	capacidad fusible'						
5	1.2	5	0.69	5	-	-	-	-	-	-
10	2.4	5	1.39	5	0.83	5	-	-	-	-
15	3.6	7	2.08	5	0.62	5	-	-	-	-
25	6.0	15	3.47	7	2.08	5	1.04	5	0.65	5
37.5	9.0	20	5.20	10	3.14	7	1.57	5	0.69	5
50	12.0	25	6.90	15	4.18	10	2.10	5	1.31	5
75	18.0	40	10.40	20	6.26	15	3.14	7	1.97	5
100	24.0	50	13.90	30	8.36	20	4.19	10	2.63	5
150	36.0	80	20.80	50	12.50	25	6.21	15	3.93	10
200	48.0	100	27.80	65	16.70	40	8.35	20	5.25	10
300	72.0	150	41.60	100	25.10	50	12.50	25	7.85	15
450	108	200	62.50	125	37.70	80	18.80	40	11.80	25
500	-	-	69.0	150	41.80	100	21.00	50	13.10	30
750	-	-	104	200	62.60	125	31.40	65	19.70	40
1000	-	-	-	-	83.60	200	41.10	100	26.30	65
2000	-	-	-	-	-	-	83.50	200	52.50	125
3000	-	-	-	-	-	-	-	-	78.50	150



CALCULO DE CAIDA DE VOLTAJE PARA LA RED DE ALTA TENSION

Punto de Ref.	Calibre del Conductor	Distancia en cientos de metros entre puntos	Carga concentrada en el punto		Amperes por cada 100 mts.	Caída de Voltaje Unitaria	Caída de Voltaje entre puntos Volts	Caída de Voltaje Acumulativa desde el origen	
			KW	KVA				Volts	%
TRAMO 0 - A									
0			3072.75	3615					
1	3/0	1.2	3072.75	3615	189.73	0.0967	18.346	18.346	0.1389
2	1/0	0.75	121.12	142.5	4.674	0.1298	0.6067	18.952	0.1435
3	1/0	0.36	25.50	30	0.8181	0.1298	0.1062	19.058	0.1443
TRAMO 0 - B									
0			3072.75	3615					
1	3/0	1.2	3072.75	3615	189.73	0.0967	18.346	18.346	0.1389
2	1/0	0.6	344.25	405	10.628	0.1298	1.379	19.725	0.1494
3	1/0	0.6	248.62	292.5	7.676	0.1298	0.9973	20.721	0.1569
4	1/0	1.21	153	180	9.526	0.1298	1.236	21.957	0.1663
5	1/0	1.12	114.75	135	6.613	0.1298	0.8584	22.815	0.1728
6	1/0	1.12	76.50	90	4.408	0.1298	0.5722	23.387	0.1771
7	1/0	1.12	38.25	45	2.204	0.1298	0.2861	23.673	0.1793
TRAMO 0 - C									
0			3072.75	3615					
1	3/0	1.20	3072.75	3615	189.73	0.0967	18.346	18.346	0.1389
2	3/0	1.22	2511.75	2955	157.68	0.0967	15.247	33.593	0.2544
3	1/0	0.25	159.37	187.5	2.050	0.1298	0.2660	33.859	0.2565
4	1/0	1.10	95.625	112.5	5.412	0.1298	0.7025	34.561	0.2618

			TRAMO 0 - D						
0			3072.75	3615					
1	3/0	1.20	3072.75	3615	189.73	0.0967	18.346	18.346	0.1389
2	3/0	1.22	2511.75	2955	157.68	0.0967	15.247	33.593	0.2544
3	1/0	0.61	204	240	6.403	0.1298	0.8311	34.424	0.2607
4	1/0	0.24	108.375	127.5	1.338	0.1298	0.1737	34.597	0.2621
5	1/0	0.36	95.625	112.5	1.771	0.1298	0.2298	35.186	0.2665
			TRAMO 0 - E						
0			3072.75	3615					
1	3/0	1.20	3072.75	3615	189.73	0.0967	18.346	18.346	0.1389
2	3/0	1.22	2511.75	2955	157.68	0.0967	15.247	33.593	0.2544
3	3/0	0.49	2148.37	2527.5	54.16	0.0967	5.238	38.831	0.2941
4	3/0	0.49	2109.70	2482.5	53.20	0.0967	5.144	43.975	0.3331
5	1/0	0.25	235.87	277.5	3.034	0.1298	0.3938	44.368	0.3361
6	1/0	0.24	172.12	202.5	2.125	0.1298	0.2759	44.643	0.3382
7	1/0	0.36	159.37	187.5	2.952	0.1298	0.3832	45.026	0.3411
8	1/0	0.48	63.75	75	1.574	0.1298	0.2043	45.230	0.3426
			TRAMO 0 - F						
0			3072.75	3615					
1	3/0	1.20	3072.75	3615	189.73	0.0967	18.346	18.346	0.1309
2	3/0	1.22	2511.75	2955	157.68	0.0967	15.247	33.593	0.2544
3	3/0	0.49	2148.37	2527.5	54.16	0.0967	5.238	38.831	0.2941
4	3/0	0.49	2109.70	2482.5	53.20	0.0967	5.144	43.975	0.3331
5	1/0	0.24	229.50	270	2.834	0.1298	0.3678	44.342	0.3359
6	1/0	0.24	191.12	225	2.361	0.1298	0.3065	44.648	0.3382
7	1/0	0.72	95.62	112.5	3.542	0.1298	0.4598	45.107	0.3417

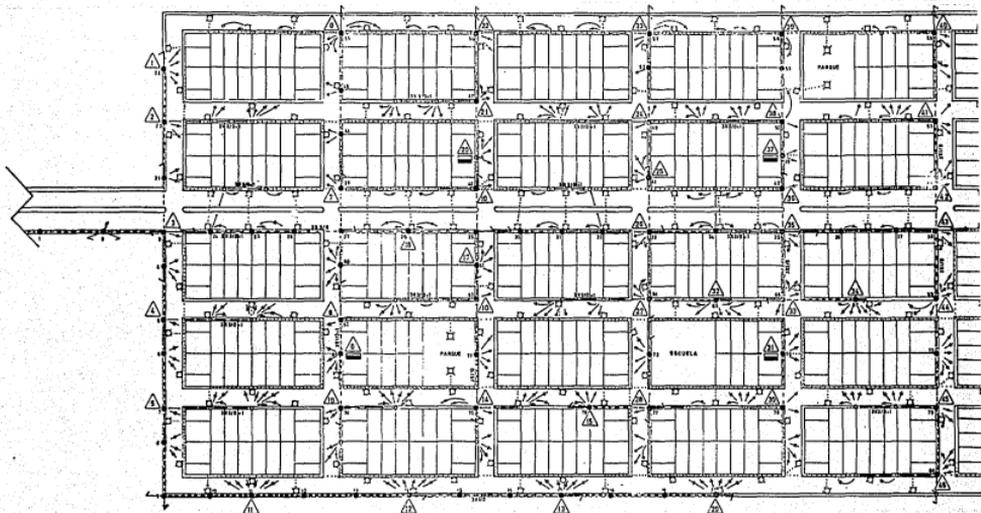
			ТРАМО 0 - Г							
0			3072.75	3615						
1	3/0	1.20	3072.75	3615	189.73	0.0967	18.346	18.346	0.1389	
2	3/0	1.22	2511.75	2955	157.68	0.0967	15.247	33.593	0.2544	
3	3/0	0.49	2148.37	2527.5	54.16	0.0967	5.238	38.831	0.2941	
4	3/0	0.49	2109.70	2482.5	53.20	0.0967	5.144	43.975	0.3331	
5	3/0	1.22	1644.75	1935	103.25	0.0967	9.984	53.959	0.4087	
6	1/0	0.36	197.62	232.5	3.660	0.1298	0.4751	54.434	0.4123	
7	1/0	0.39	159.37	187.5	3.198	0.1298	0.4151	54.849	0.4155	
8	1/0	0.60	63.75	75	1.968	0.1298	0.2554	55.104	0.4174	
			ТРАМО 0 - H							
0			3072.75	3615						
1	3/0	1.20	3072.75	3615	189.73	0.0967	18.346	18.346	0.1389	
2	3/0	1.22	2511.75	2955	157.68	0.0967	15.247	33.593	0.2544	
3	3/0	0.49	2148.37	2527.5	54.16	0.0967	5.238	38.831	0.2941	
4	3/0	0.49	2109.70	2482.5	53.20	0.0967	5.144	43.975	0.3331	
5	3/0	1.22	1644.75	1935	103.25	0.0967	9.984	53.959	0.4087	
6	1/0	0.48	293.25	345	7.243	0.1298	0.9401	54.899	0.4159	
7	1/0	0.49	63.75	75	1.607	0.1298	0.2086	55.107	0.4174	
			ТРАМО 0 - I							
0			3072.75	3615						
1	3/0	1.20	3072.75	3615	189.73	0.0967	18.346	18.346	0.1389	
2	3/0	1.22	2511.75	2955	157.68	0.0967	15.247	33.593	0.2544	
3	3/0	0.49	2148.37	2527.5	54.16	0.0967	5.238	38.831	0.2941	
4	3/0	0.49	2109.70	2482.5	53.20	0.0967	5.144	43.975	0.3331	
5	3/0	1.22	1644.75	1935	103.25	0.0967	9.984	53.959	0.4159	
6	1/0	0.48	293.25	345	7.243	0.1298	0.9401	55.107	0.4174	

7	1/0	0.72	133.87	157.5	4.959	0.1298	0.6438	55.750	0.4223
8	1/0	0.41	38.25	45	0.8069	0.1298	0.1047	55.850	0.4231
TRAMO 0 - J									
0			3072.75	3615					
1	3/0	1.20	3072.75	3615	189.73	0.0967	18.346	18.346	0.1389
2	3/0	1.22	2511.75	2955	157.68	0.0967	15.247	33.593	0.2544
3	3/0	0.49	2148.37	2527.5	54.16	0.0967	5.238	38.831	0.2941
4	3/0	0.49	2109.70	2482.5	53.20	0.0967	5.144	43.975	0.3331
5	3/0	1.22	1644.75	1935	103.25	0.0967	9.984	53.959	0.4159
6	3/0	0.98	1058.25	1245	53.36	0.0967	5.160	59.119	0.4478
7	1/0	0.25	184.87	217.5	2.378	0.1298	0.3087	59.427	0.4502
8	1/0	0.25	146.62	172.5	1.886	0.1298	0.2448	59.671	0.4520
9	1/0	0.25	133.87	157.5	1.722	0.1298	0.2235	59.894	0.4537
10	1/0	0.60	38.25	45	1.180	0.1298	0.1532	60.047	0.4549
TRAMO 0 - K									
0			3072.75	3615					
1	3/0	1.20	3072.75	3615	189.73	0.0967	18.346	18.346	0.1389
2	3/0	1.22	2511.75	2955	157.68	0.0967	15.247	33.593	0.2544
3	3/0	0.49	2148.37	2527.5	54.16	0.0967	5.238	38.831	0.2941
4	3/0	0.49	2109.70	2482.5	53.20	0.0967	5.144	43.975	0.3331
5	3/0	1.22	1644.75	1935	103.25	0.0967	9.984	53.959	0.4159
6	3/0	0.98	1058.25	1245	53.36	0.0967	5.160	59.119	0.4478
7	1/0	0.48	235.87	277.5	12.137	0.1298	1.575	60.694	0.4598
8	1/0	0.51	63.75	75	1.673	0.1298	0.2171	60.911	0.4614

TRAMO 0 - L									
0			3072.75	3615					
1	3/0	1.20	3072.75	3615	189.73	0.0967	18.346	18.346	0.1389
2	3/0	1.22	2511.75	2955	157.68	0.0967	15.247	33.593	0.2544
3	3/0	0.49	2148.37	2527.5	54.16	0.0967	5.238	38.831	0.2941
4	3/0	0.49	2109.70	2482.5	53.20	0.0967	5.144	43.975	0.3331
5	3/0	1.22	1644.75	1935	103.25	0.0967	9.984	53.959	0.4159
6	3/0	0.98	1058.25	1245	53.36	0.0967	5.160	59.119	0.4478
7	1/0	0.48	235.87	277.5	12.13	0.1298	1.575	60.694	0.4598
8	1/0	0.34	108.37	127.5	1.896	0.1298	0.2461	60.940	0.4616
9	1/0	0.34	95.62	112.5	1.673	0.1298	0.2171	61.157	0.4633
TRAMO 0 - H									
0			3072.75	3615					
1	3/0	1.20	3072.75	3615	189.73	0.0967	18.346	18.346	0.1389
2	3/0	1.22	2511.75	2955	157.68	0.0967	33.593	33.593	0.2544
3	3/0	0.49	2148.37	2527.5	54.16	0.0967	38.831	38.831	0.2941
4	3/0	0.49	2109.70	2482.5	53.20	0.0967	43.975	43.975	0.3331
5	3/0	1.22	1644.75	1935	103.25	0.0967	53.959	53.959	0.4159
6	3/0	0.98	1058.25	1245	53.36	0.0967	59.119	59.119	0.4478
7	3/0	1.10	541.87	637.5	30.67	0.0967	62.084	62.084	0.4703
8	1/0	0.25	223.12	262.5	2.870	0.1298	62.456	62.456	0.4731
9	1/0	0.48	159.37	187.5	3.936	0.1298	62.966	62.966	0.4770
10	1/0	0.60	63.75	75	1.968	0.1298	63.221	63.221	0.4789

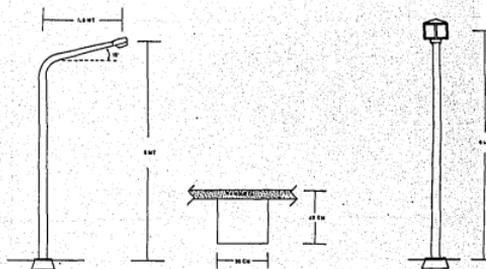
			I'	TRAMO 0 - II					
0			3072.75	3615					
1	3/0	1.20	3072.75	3615	189.73	0.0967	18.346	18.346	0.1389
2	3/0	1.22	2511.75	2955	157.68	0.0967	15.247	33.593	0.2544
3	3/0	0.49	2148.37	2527.5	54.16	0.0967	5.238	38.831	0.2941
4	3/0	0.49	2109.70	2482.5	53.20	0.0967	5.144	43.975	0.3331
5	3/0	1.22	1644.75	1935	103.25	0.0967	9.984	53.959	0.4159
6	3/0	0.98	1058.25	1245	53.36	0.0967	5.160	59.119	0.4478
7	3/0	1.10	541.870	637.5	30.671	0.0967	2.965	62.084	0.4703
8	1/0	0.25	255	300	3.280	0.1298	0.4257	62.509	0.4735
9	1/0	0.48	159.37	187.5	3.936	0.1298	0.5109	63.019	0.4774
10	1/0	0.60	63.75	75	1.968	0.1298	0.2554	63.274	0.4793

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA



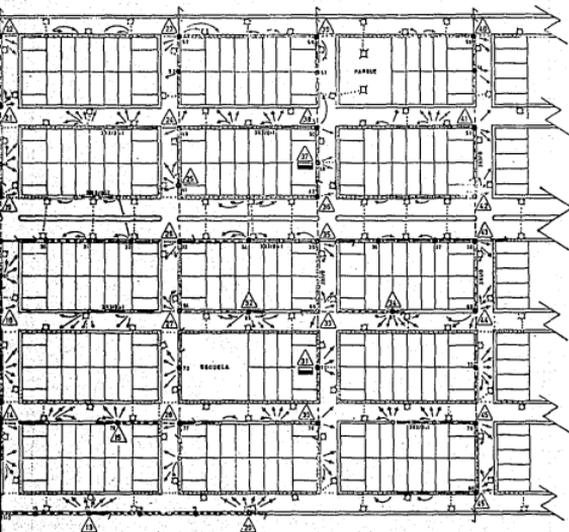
SIMBOLOGIA

- LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO 250 WATTS
- △ TRANSFORMADOR TRIFASICO AUTOENFRIADO EN ACEITE 13200-220/127 V
- POSTE DE CONCRETO OCTOGONAL 13-600 Y 12-750
- POSTE DE CONCRETO PARA BAJA TENSION Y CONTRAPOSTE 9-450
- /— CORTACIRCUITOS FUSIBLE
- ←→ RETENIDA DE POSTE A POSTE RPP
- RETENIDA DE PARED RP
- RETENIDA TIPO ANCLA RA
- LINEA AEREA DE ALTA TENSION 3 HILOS CAL. 1/0 Y 3/0 AWG ACSR
- LINEA AEREA DE BAJA TENSION CABLE NEUTRANEL CAL. 1/0 Y 3/0 AWG
- LINEA DE ALUMBRADO PUBLICO CON FORRO 1W CAL. 8 AWG
- LINEA DE ACOMETIDA DOMICILIARIA, SERA INSTALADA POR CFE
- △ TRANSFORMADOR Y GABINETE DE CONTROL PARA ALUMBRADO PUBLICO
- LAMPARA CUBICA VAPOR DE SODIO 150 WATTS



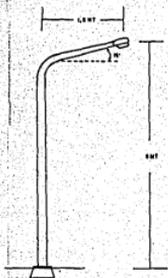
ALUMBRADO PUBLICO

LUMINARIA PARA PAR



CUADRO DE DISPOSITIVOS

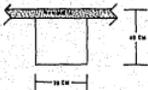
POSTURA	NO. DE AL.	RESIST.	ESTRUCTURA	REFERIDA	TRANSFORMADOR
					VVA.
1	10	150	T		
2	-	-	RA-100	RA-PA	
3	10	150	RA-100	RA-100	102.8
4	10	150	T	RA	102.8
5	-	-	1-150		
6	-	-	T		
7	-	-	1-150		102.8
8	-	-	T		
9	-	-	T	RA-PA	
10	-	-	T		
11	-	-	RA-100		102.8
12	10	150	T	RA	102.8
13	-	-	1-150	RA	102.8
14	-	-	T		
15	-	-	RA-100	RA	102.8
16	-	-	T		
17	-	-	RA-100	RA	102.8
18	-	-	RA-100	RA	102.8
19	-	-	RA-100	RA	102.8
20	-	-	RA-100	RA	102.8
21	-	-	T		
22	-	-	1-150		102.8
23	-	-	RA-100	RA	102.8
24	10	150	T		
25	10	150	T		
26	10	150	RA-100	RA	102.8
27	10	150	RA-100	RA	102.8
28	10	150	RA-100	RA	102.8
29	10	150	RA-100	RA	102.8
30	10	150	RA-100	RA	102.8
31	10	150	RA-100	RA	102.8
32	10	150	RA-100	RA	102.8
33	10	150	RA-100	RA	102.8
34	10	150	RA-100	RA	102.8
35	10	150	RA-100	RA	102.8
36	10	150	RA-100	RA	102.8
37	10	150	RA-100	RA	102.8
38	10	150	RA-100	RA	102.8
39	10	150	RA-100	RA	102.8
40	10	150	RA-100	RA	102.8
41	10	150	RA-100	RA	102.8
42	10	150	RA-100	RA	102.8
43	10	150	RA-100	RA	102.8
44	10	150	RA-100	RA	102.8
45	10	150	RA-100	RA	102.8
46	10	150	RA-100	RA	102.8
47	10	150	RA-100	RA	102.8
48	10	150	RA-100	RA	102.8
49	10	150	RA-100	RA	102.8
50	10	150	RA-100	RA	102.8
51	10	150	RA-100	RA	102.8
52	10	150	RA-100	RA	102.8
53	10	150	RA-100	RA	102.8
54	10	150	RA-100	RA	102.8
55	10	150	RA-100	RA	102.8
56	10	150	RA-100	RA	102.8
57	10	150	RA-100	RA	102.8
58	10	150	RA-100	RA	102.8
59	10	150	RA-100	RA	102.8
60	10	150	RA-100	RA	102.8
61	10	150	RA-100	RA	102.8
62	10	150	RA-100	RA	102.8
63	10	150	RA-100	RA	102.8
64	10	150	RA-100	RA	102.8
65	10	150	RA-100	RA	102.8
66	10	150	RA-100	RA	102.8
67	10	150	RA-100	RA	102.8
68	10	150	RA-100	RA	102.8
69	10	150	RA-100	RA	102.8
70	10	150	RA-100	RA	102.8
71	10	150	RA-100	RA	102.8
72	10	150	RA-100	RA	102.8
73	10	150	RA-100	RA	102.8
74	10	150	RA-100	RA	102.8
75	10	150	RA-100	RA	102.8
76	10	150	RA-100	RA	102.8
77	10	150	RA-100	RA	102.8
78	10	150	RA-100	RA	102.8
79	10	150	RA-100	RA	102.8
80	10	150	RA-100	RA	102.8



ALUMBRADO PUBLICO



LUMINARIA PARA PARRILES



U A G	TESIS PROFESIONAL
JORGE ALBERTO SANCHEZ HIDALGO GONZALEZ	
FRACCIONAMIENTO CD. DEL SOL EN CAJIDÓ OBREGÓN SON.	
L M E.	S E E.

RED DE DISTRIBUCION SECUNDARIA

La red de distribución secundaria es de la que se toma la energía eléctrica en baja tensión para dar servicio a los usuarios. La conducción de la energía en la red de baja tensión se hará en forma subterránea.

Las redes de distribución pueden adoptar diversas formas de conexión siendo estas las siguientes:

1.- Sistemas monofásicos a dos hilos.

El sistema monofásico a dos hilos se emplea para alimentar cargas de alumbrado que no excedan a 3750 Watts por circuito. también se emplea para alimentar circuitos derivados que no excedan de 20, 30 y 40 amperes.

2.- Sistema trifásico a tres hilos.

Se emplea generalmente para alimentar cargas trifásicas que operan con tensiones de 440 Volts o 220 Volts, como en el caso de los motores trifásicos de 440 Volts que en operación resultan mas económicos que los motores a 220 Volts, ya que demandan menos corriente.

3.- Sistema trifásico a cuatro hilos.

Presenta una operación flexible de cargas trifásicas y monofásicas. Es posible alimentar cargas trifásicas en tres hilos (con tensión entre líneas), por ejemplo a 220 Volts y alimentar cargas monofásicas (alumbrado) a una tensión entre línea y neutro (127 Volts).

Los conductores eléctricos.-

En cualquier instalación eléctrica se requiere que los elementos de

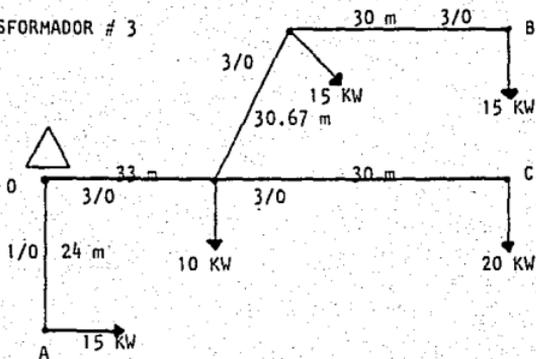
conducción eléctrica tengan una buena conductividad y cumplan con otros requisitos en cuanto a sus propiedades eléctricas y mecánicas, considerando desde luego el aspecto económico. Por esta razón la mayor parte de los conductores empleados en instalaciones eléctricas están hechos de cobre y aluminio que son comercialmente los materiales con mayor conductividad y con un costo suficientemente bajo como para que resulten económicos, ya que existen otros materiales de mejor conductividad como por ejemplo la plata y el platino pero que tienen un costo elevado que hace antieconómica su utilización en instalaciones eléctricas.

El conductor empleado para la red de baja tensión es cable tipo NEUTRANEL - NSD de aluminio calibres 1/0 y 3/0 AWG, que es aislado con polietileno negro y cableado alrededor de un conductor desnudo compacto (mensajero) que constituye el neutro del sistema de distribución que es utilizado primordialmente para la distribución secundaria en redes aéreas y para acometidas de usuarios. Entre las ventajas que posee este tipo de instalación es de que esta se realiza más fácil y rápidamente, la instalación presenta mejor apariencia y ofrece un ahorro considerable en gastos de desramado.

En lo que se refiere a la caída de tensión por norma de CFE al cálculo deberá efectuarse considerándose una regulación máxima del 3% indicándose los cálculos correspondientes en la memoria técnica descriptiva del caso más desfavorable.

A continuación se muestra el caso más desfavorable de caída de tensión del proyecto de la red secundaria

TRANSFORMADOR # 3



TRAMO 0 - A

$$\%V = 0.0004163 \times 24 \text{ m} \times 46.311 \text{ amp} = 0.4627\%$$

TRAMO 0 - B

$$\%V = 185.24 \text{ amp} \times 33 \text{ m} \times 0.0002618 = 1.6000\%$$

$$92.62 \text{ amp} \times 30.67 \times 0.0002618 = 0.7437\%$$

$$46.31 \text{ amp} \times 30 \times 0.0002618 = 0.3637\%$$

$$\% \text{ de caída de voltaje desde el origen} = \underline{\underline{2.7074\%}}$$

TRAMO 0 - C

$$\%V = 185.24 \text{ amp} \times 0.0002618 \times 33 \text{ m} = 1.6000\%$$

$$61.74 \text{ amp} \times 0.0002618 \times 30 \text{ m} = 0.4849\%$$

$$\% \text{ de caída de voltaje desde el origen} = \underline{\underline{2.0849\%}}$$

COSTOS

A continuación se muestra la lista de precios unitarios y totales de el material utilizado en la obra así como el costo de la mano de obra, esto con la finalidad de determinar la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto.

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
51	Aislador tipo piña 1353	28,854.00	1'471,554.00
51	Grapa paralela 3 tornillos	12,839.00	654,789.00
40	Guardacabo	1,381.00	55,240.00
40	Perno ancia IFA	21,503.00	860,120.00
40	Arandela 2PC	1,778.00	71,120.00
40	Base cónica	6,480.00	259,200.00
1	Grapa y base RBC	24,368.00	24,368.00
2	Abrazadera IBS	16,884.00	33,768.00
1	Tubo de acero galvanizado de 2" de diámetro y 1.5 m de longitud.	47,236.00	47,236.00
139	Cruceta C4T	85,000.00	11'815,000.00
164	Perno doble rosca 5/8 x 18"	9,097.00	1'491,908.00
60	Abrazadera IU	8,244.00	494,640.00
276	Arandela 1PC	855.00	235,980.00
46	Separador SIT	9,412.00	432,952.00
46	Soporte CVI	14,272.00	656,512.00
184	Abrazadera 2U	8,818.00	1'622,512.00
66	Ojo RE	5,674.00	374,484.00
99	Horquilla con guardacabo	5,674.00	561,726.00
50	Dado 46R	32,398.00	1'619,900.00
35	Moldura RE	5,674.00	198,590.00
55	Cruceta C4R	85,000.00	4'675,000.00
363	Abrazadera 4BS	19,805.00	7'189,215.00
484	Aislador carrete 1323	6,678.00	3'232,152.00
46	Abrazadera universal	60,435.00	2'780,010.00
140	Conector tipo perico	24,422.00	3'419,080.00

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
140	Conector VCT-76	19,925.50	2'789,570.00
140	Estribo de cobre	3,888.50	544,390.00
368 Kg	Alambre de cobre cal. # 4	15,034.60	5'532,732.80
30 Kg	Alambre de aluminio cal. # 4 suave	15,034.60	451,038.00
75	Conector VCSE 44	2,340.80	175,560.00
10,000 m	Cable de cobre THW cal. # 8	3,989.24	39'892,480.00
74	Poste de concreto 12-750	599,102.00	44'333,548.00
6	Poste de concreto 13-600	635,478.20	3'812,869.20
57	Poste de concreto 9-450	416,348.10	23'731,841.70
172	Poste metálico curvo de 8 m	366,100.00	62'969,200.00
4	Poste metálico de 9 m	290,500.00	1'162,000.00
20	Transformador trifásico 112.5 KVA	6'838,020.00	136'760,400.00
11	Transformador trifásico 75 KVA	5'239,080.00	57'629,880.00
10	Transformador trifásico 45 KVA	2'380,000.00	23'800,000.00
1	Transformador trifásico 30 KVA	2'718,000.00	2'718,800.00
4	Transformador monofásico 15 KVA	2'007,180.00	8'028,720.00
138	Apartarrayo 12 KV	181,165.60	25'000,852.80
141	Cortacircuitos fusible de 15 KV	235,355.40	33'185,111.40
2,010 m	Cable ACSR cal. 3/0 AWG	5,098.10	10'247,181.00
6,435 m	Cable ACSR cal. 1/0 AWG	3,060.40	19'693,674.00
46	Varilla para tierra 3 m	25,361.00	1'166,606.00
46	Conector para varilla	2,252.60	103,619.00
172	Luminaria OV-25	360,023.30	61'924,007.60
172	Focos de 250 W de vapor de Hg	69,130.60	11'890,463.20
4	Lámpara cúbica 150 W	726,152.00	2'904,608.00
4	Foco de 150 W de vapor de sodio	111,389.60	445,558.40
4	Base para fotocelda	7,534.80	30,139.20
4	Fotocelda de 220 V	25,057.20	100,228.80
4	Tubo con rosca 1 1/4 "	26,553.10	106,212.40
4	Mufa de 1 1/4 "	3,132.50	12,530.00
208	Aislador de alfiler 13A	20,386.80	4'240,454.40
96	Aislador de suspensión	23,814.00	2'286,144.00
208	Alfiler 1A	539.70	111,841.60
4	Contacto de alumbrado CR-16SM4270	1'069,571.30	4'278,285.20
121	Bastidor B4	25,456.90	3'080,284.90
10,000 m	Poliducto de 1/2" de diámetro	550.00	5'500,000.00
1,246 m	Cable Neutranel cal. 1/0 (3 + 1)	48,241.84	60'109,332.64
800 m	Cable Neutranel cal. 3/0 (3 + 1)	70,749.44	62'259,507.20

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
REGISTRO DE ALUMBRADO PUBLICO			
45	Tubo de cemento de 6" de diámetro con campana	2,530.00	113,850.00
45	Concreto F'c = 200 Kg/cm ²	4,402.11	198,094.95
45	Acero 1/4"	882.50	39,712.50
45	Placa de 3/8"	4,950.00	222,750.00
45	Angulo de 3/4 X 1/8"	1,560.00	70,200.00
45	Fabricación de placa corte soldada	5,880.00	264,600.00
BASE DE ALUMBRADO PUBLICO			
180	Concreto F'c = 200 Kg/cm ²	55,400.00	9'972,000.00
720	Ancias de 5/8" de diámetro	3,500.00	2'520,000.00
576 Kg	Acero Ar 1/4" de diámetro	576.80	332,236.80
810 Kg	Acero Ar 3/8" de diámetro	650.80	527,148.00
180	Cimbra metálica	1,419.62	255,531.60
540 m	Polliducto de 3/4" de diametro	293.00	158,220.00
720	Rosca de 5/8" X 2"	1,600.00	1'152,000.00
2880	Arandela cuadrada	413.00	1'189,440.00
720	Tuerca Hexagonal 5/8"	241.00	173,520.00

COSTO TOTAL DEL MATERIAL A UTILIZAR = 784'476,031.44

MANO DE OBRA

REGISTRO DE ALUMBRADO PUBLICO			
45	Excavación	1,479.57	66,560.65
45	Colado	2,529.15	113,811.75
45	Relleno	1,479.57	66,580.65
BASE PARA ALUMBRADO PUBLICO			
176	Armado de fierro	4,857.14	854,856.64
176	Colado y clmbrado de base	4,857.14	854,856.64
ESTRUCTURAS			
45	Poste de concreto 9-450	13,616.00	612,720.00
74	Poste de concreto 12-750	15,318.00	1'133,532.00
6	Poste de concreto 13-600	20,424.00	122,544.00
30	Ensamble T	15,318.00	459,540.00
1	Ensamble R	24,508.00	24,508.00
3	Ensamble RR	30,635.00	91,905.00
46	Ensamble de subestación	73,500.00	3'381,000.00
46	Ensamble de baja tensión	10,212.00	469,752.00

Cantidad	Descripción	Precio Unitario	Total
25	Retenida RA	40,847.00	1'021,175.00
1	Retenida RP	40,847.00	40,847.00
10	Retenida RPP	24,508.00	245,080.00
8445	Tendido de conductor ACSR	61.00	515,145.00
2122.34	Tendido de neutranel	3,063.50	6'402,715.00
ALUMBRADO PUBLICO			
176	Base de concreto para poste metálico	7,658.75	1'347,940.00
10,000 m	Excavación y colocación de poliducto	1,225.40	12'254,000.00
176	Erección de poste	1,914.00	336,996.00
176	Instalación de luminario	1,225.40	215,670.00
4	Instalación de control	122,542.00	490,168.00
176	Pintar postes	1,914.75	336,996.00

COSTO TOTAL DE LA MANO DE OBRA = 31'456,919.33

POR LO QUE EL COSTO TOTAL DE LA OBRA SERA DE 815'932,940.77

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Hoy en día en el que el crecimiento poblacional es cada vez mas alto, la creación de fraccionamientos es mayor, por lo que los proyectos de electrificación y alumbrado público es muy importante planearlos lo mejor posible, ya que ello implica un menor costo en su instalación y funcionamiento.

El proyecto realizado en el que el tendido de las líneas, primarias y secundarias se hizo en forma aerea, se conformo siguiendo las normas y recomendaciones de la Comisión Federal de Electricidad, ya que esta institución tiene realizados estudios mas profundos de este tipo de obras, por lo que al seguir los lineamientos de esta se consigue un mejor rendimiento de los dispositivos utilizados.

Es común encontrar también que los proyectos de las redes de alta y baja tensión se realicen en forma subteranea, solo que esto lleva consigo un incremento mucho mayor en el costo de la obra porque, se requiere de otro tipo de materiales que son diseñados para este tipo de instalación. Aunque la electrificación en forma subteranea tiene la ventaja de que la interrupción del servicio es esporádica, el aspecto económico juega el papel mas importante.

Otro aspecto importante dentro de los proyectos es la de la adecuada protección del equipo, que se realiza con dispositivos como las cuchillas fusible, apartarrayos, interruptores termomagnéticos, etc., la inadecuada utilización de estos, trae consigo graves pérdidas económicas, ademas de

la interrupción del servicio, por lo que se requiere que para su selección e instalación se tenga mucha atención.

La utilización del neutranel para la distribución de la energía en baja tensión es una de las nuevas estrategias seguidas por la CFE división Noroeste, aunque también se ha empezado a utilizar la conexión de las acometidas directamente de los transformadores, evitándose con esto el uso de los cables en la red de baja tensión.

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

1. Gilberto Enríquez Harper - MANUAL DE INSTALACIONES RESIDENCIALES E INDUSTRIALES - Editorial Limusa 2a. Edición, México 1984.
2. Gilberto Enríquez Harper - TRANSFORMADORES Y MOTORES TRIFASICOS DE INDUCCION - Editorial Limusa 3a. Edición, México 1984
3. Gilberto Enríquez Harper - LINEAS DE TRANSMISION Y REDES DE DISTRIBUCION DE POTENCIA ELECTRICA - Editorial Limusa 1a. Preedición México 1978.
4. Gilberto Enríquez Harper - PROTECCION DE SISTEMAS ELECTRICOS - Editorial Limusa 1a. Preedición, México 1981.
5. William D. Stevenson - ANALISIS DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA - Editorial McGraw-Hill de México, S. A. de C. V. 2a. Edición, México 1984.
6. Jacinto Viqueira Landa - REDES ELECTRICAS - Representaciones y Servicios de Ingenierfa S. A. 2a. Edición, México 1970.
7. Westinghouse - MANUAL DEL ALUMBRADO - Editorial Dossat, S. A. 3a. Edición, México 1983.
8. Comisión Federal de Electricidad - REGLAMENTO GENERAL PARA LA PRESENTACION DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION DE REDES Y LINEAS DE DISTRIBUCION DE FRACCIONAMIENTOS - Ciudad Obregón Sonora 1982