

53  
20



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**"ESTUDIO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS DE  
POTENCIA DE MEDIANA Y BAJA TENSION"**

**SEMINARIO DE TITULACION**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

**Ingeniero Mecánico Electricista**

PRESENTAN

**Alfredo Flores Vega**

**Gilberto Esparza Castañón**

**Gerardo Darío Rubí Olivera**

MEXICO, D. F.

DICIEMBRE 1987



## **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

CONTENIDO	PAGINA
INTRODUCCION	1
I.- GENERALIDADES	3
II.- ESTUDIO DEL PROYECTO DE ALUMBRADO	8
2.1. OBJETIVO	6
2.2. GENERALIDADES	8
2.3. TIPOS DE LAMPARAS	9
2.4. EQUIPO DE ILUMINACION	14
2.5. SISTEMAS DE ILUMINACION	15
2.6. DISEÑO Y CALCULO DE ALUMBRADO	16
2.7. PROCEDIMIENTOS DE CALCULO	18
2.8. CONSIDERACIONES ECONOMICAS	20
III.- ESTUDIO DEL PROYECTO ELECTRICO DE FUERZA	30
3.1. GENERALIDADES	30
3.2. CLASIFICACION DE CARGOS	31
3.3. CRITERIOS PARA ELECCION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION	31
3.4. SISTEMAS DE DISTRIBUCION	32
3.5. CONDUCTORES PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCION	34
3.6. SELECCION DEL CALIBRE DE CONDUCTOR MAS ADECUADO	37
3.7. DISEÑO DE PROTECCION	40
IV.- SUBESTACION	47
4.1. GENERALIDADES	47
4.2. ELEMENTOS DE LA SUBESTACION	47

V.- ESTUDIO DE LA SELECCION DE LA PLANTA ELECTRICA DE EMERGENCIA	56
5.1. GENERALIDADES	56
5.2. CLASIFICACION	57
5.3. CONSTRUCCION	58
5.4. SELECCION	61
VI.- DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS	63
6.1. GENERALIDADES	63
6.2. PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE UN SISTEMA DE TIERRAS	65
6.3. EQUIPOS QUE DEBEN CONECTARSE A TIERRA	79
VII.- APLICACION PRACTICA DEL ESTUDIO	82

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

Hoy en día, es común oír hablar de la escasez mundial de energéticos, lo que está provocando agudos problemas para la transformación de la energía en sus muy diversas formas de aplicación. En lo referente al tema que nos ocupa, podemos decir que debido a la escasez de energéticos y a la gran demanda de Energía Eléctrica, se están buscando nuevas fuentes de energía, razón por la cual, se está realizando una campaña permanente para evitar, hasta donde sea posible, el desperdicio de la Energía Eléctrica, tratando a la vez de mejorar continuamente los sistemas Eléctricos de Potencia.

Se puede decir que los estudios hechos sobre los Sistemas Eléctricos de Potencia son muchos, sin embargo, el incremento que éstos están teniendo y el constante perfeccionamiento de los componentes que lo constituyen, están ocasionando una gran demanda de personal técnico capacitado, tanto para la planeación, como para la construcción, diseño, manejo y mantenimiento de los sistemas anteriormente mencionados.

Es por eso, que nos hemos unido a todas aquellas personas que, de una u otra manera, están en el constante estudio de los Sistemas Eléctricos de Potencia.

Podemos mencionar que actualmente se cuenta con una información bastante amplia, para la planeación, diseño, construcción, manejo y mantenimiento de los sistemas antes mencionados, así como de una gran

variedad de sus elementos o componentes. Sin embargo, todo este tipo de información no es de fácil acceso o es desconocido para el estudiante de Ingeniería, lo que ocasiona una deficiente preparación; por lo consiguiente, pretendemos con este trabajo, proporcionar información para que el futuro Ingeniero, pueda tener conocimiento de todo el material con que cuenta.

Dado que los tamaños y formas de los Sistemas Eléctricos - de Potencia son muy diversos y considerando la importancia que representa la confiabilidad en el uso de la Energía Eléctrica, genéricamente los dividiremos desde el punto de vista de la Tensión de Operación para la que trabajan.

Así pues, en este trabajo enfocaremos nuestro estudio de los Sistemas Eléctricos de Potencia hacia una buena planeación, tanto en mediana como en baja tensión, teniendo en cuenta los requisitos y aplicaciones de la reglamentación existente, como también los principios básicos en los cuales están basados, dando un lineamiento a seguir para la -- elaboración de un estudio de proyecto en los Sistemas Eléctricos de Potencia.

## I. GENERALIDADES

Iniciaremos el estudio de los Sistemas Eléctricos de Potencia, mediante su definición; su clasificación de acuerdo a la tensión con que operan y desde el punto de vista del servicio que prestan.

Definiremos un Sistema Eléctrico de Potencia, como el conjunto de elementos necesarios para producir, transmitir, transformar y -- distribuir la Energía Eléctrica hasta los puntos receptores para su utilización final, incluyendo tanto los equipos necesarios para lograr un suministro de Energía Eléctrica adecuada, como el buen funcionamiento de las cargas dependientes de dicho sistema.

En la figura No. 1.1 se muestra un Sistema Eléctrico de Potencia con los principales elementos que lo componen.

Los Sistemas Eléctricos de Potencia, se pueden clasificar de muchas formas, en nuestro caso, los clasificaremos de acuerdo a la tensión de operación empleada:

- |                       |                                     |
|-----------------------|-------------------------------------|
| A) Extra Alta Tensión | Mayor de 440 KV.                    |
| B) Alta Tensión       | Mayor de 34 KV, y menor de 440 KV.  |
| C) Mediana Tensión    | Mayor de 1 KV, y menor de 34 KV.    |
| D) Baja Tensión       | Mayor de 0.127 KV. y menor de 1 KV. |

Los Sistemas Eléctricos de Potencia, de acuerdo al servi--

cio que prestan, pueden ser externos o internos:

A) EXTERNOS, Son aquellos cuyos elementos integrales son los siguientes: plantas generadoras, sistemas de distribución, pasando por los sistemas de transmisión y transformación respectivamente. Estos sistemas son propiedad de compañías suministradoras.

B) INTERNOS. Son aquellos en los cuales sus elementos no constituyen los sistemas anteriores, sino que se integran a ellos como simples cargas. Son propiedad de los usuarios.

Es notorio que los Sistemas Eléctricos de Potencia desde el punto de vista interno, merecen ser estudiados más a fondo, ya que no es posible un método específico para planeación de todo sistema, debido a la gran diversidad existente y, sobre todo, a los problemas propios de cada uno.

La planeación puede hacer diferir entre un buen sistema y un sistema que no cubra los requerimientos necesarios, éste es, que no sea congruente con la reglamentación vigente.

Todos los ingenieros electricistas pueden planear un sistema que trabaje adecuadamente, sin embargo, tales sistemas son seleccionados, por lo general, en base a un costo inicial mínimo, sin tomar en cuenta los principios fundamentales de una buena planeación de un Sistema Eléctrico de Potencia.

Una buena planeación, debe tener las características si---

siguientes:

1. CAPACIDAD
2. FUNCIONALIDAD
3. CALIDAD
4. CONFIABILIDAD
5. SEGURIDAD

Generalmente, estos conceptos no son comprendidos del todo, y en consecuencia, no se llega a tener el mejor proyecto para el sistema en cuestión. Así pues, definiremos brevemente estos conceptos, enfocando los primordialmente hacia una buena planeación de los Sistemas Eléctricos de Potencia.

1. CAPACIDAD. Se debe planear el Sistema Eléctrico de Potencia para que sea capaz de conducir las corrientes de régimen establecidas. No hay que olvidar al proyectar, que todos estos tipos de sistemas tienden a crecer, y por tanto, es necesario prever reservas lógicas en todas sus partes.

2. FUNCIONALIDAD. Cualquier sistema debe proyectarse para la posibilidad de cambios por operación o por localización, así como para hacer accesible su instalación, operación, mantenimiento y futuras ampliaciones.

3. CALIDAD. Al planear se debe prever la máxima estabilidad del voltaje en el punto requerido, esto es, tener en cuenta la localización de las cargas para calcular en base a la cantidad de derivaciones

que tengamos, y obtener caídas de voltaje aceptable.

4. CONFIABILIDAD. Debemos tener en cuenta, al efectuar la etapa de planeación, que nuestro equipo sea adecuado con el sistema de su ministro, para asegurar la continuidad del servicio, en base a la máxima estandarización del equipo seleccionado.

5. SEGURIDAD. Es importante planear los sistemas con un máximo de seguridad, tanto para el equipo como para el personal de operación y mantenimiento, así como encauzar bien las posibles fallas de operación. Se debe tener en cuenta, que el mínimo de seguridad la obtendremos cumpliendo con las normas que establece la reglamentación existente; con eso, no queremos decir que todas las medidas de seguridad que sean consideradas, independientemente de las anteriormente señaladas, no sean partintes, sino que al contrario, nunca está de más tomar todo tipo de seguridades, las cuales nos pueden evitar en lo futuro algún o algunos acci-dentes graves.

Es necesario hacer un estudio preliminar del tipo de sistema a tratar, ésto es, analizar los proyectos tanto civil como mecánico, - debido a que muchas veces son elaborados sin tomar en consideración los - espacios requeridos para la instalación del equipo eléctrico.

Antes de efectuar cualquier estudio preliminar, es de priordial importancia conocer el tamaño de nuestro sistema, la demanda que se requerirá de Energía Eléctrica, aunque sea de una manera aproximada, - así como la zona en la que se ubicará el proyecto, pues de estos factores depende que la compañía suministradora pueda o no suministrarnos la Ener-

gía Eléctrica. Para lo anterior, es necesario hacer una lista de todas las cargas, considerando sus factores de carga correspondientes y cualquier demanda especial.

En la figura No. 1.2 se presenta esquemáticamente las diferentes etapas que se requieren para efectuar una buena planeación de los Sistemas Eléctricos de Potencia, desde la etapa de proyecto, hasta el lugar de uso seguro de la Energía Eléctrica.

En la figura No. 1.3 describimos el diagrama de flujo que seguiremos para efectuar nuestro estudio de los Sistemas Eléctricos de Potencia.

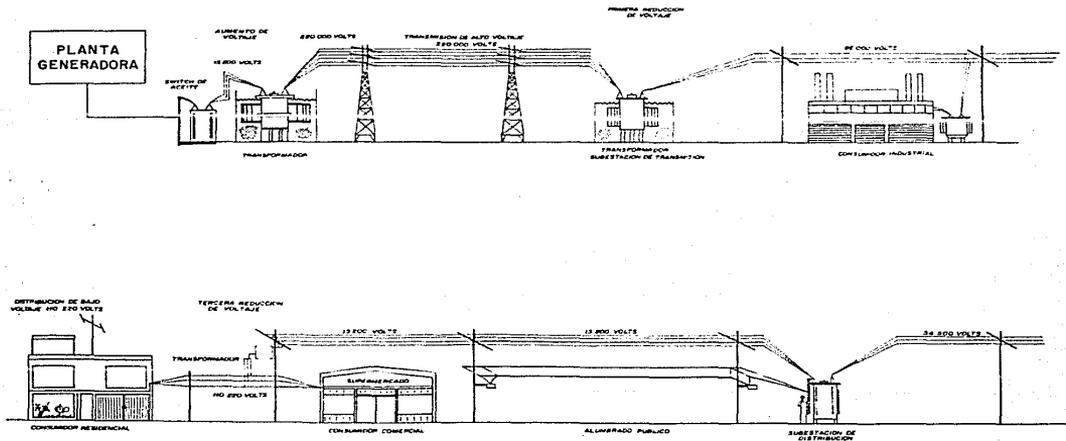
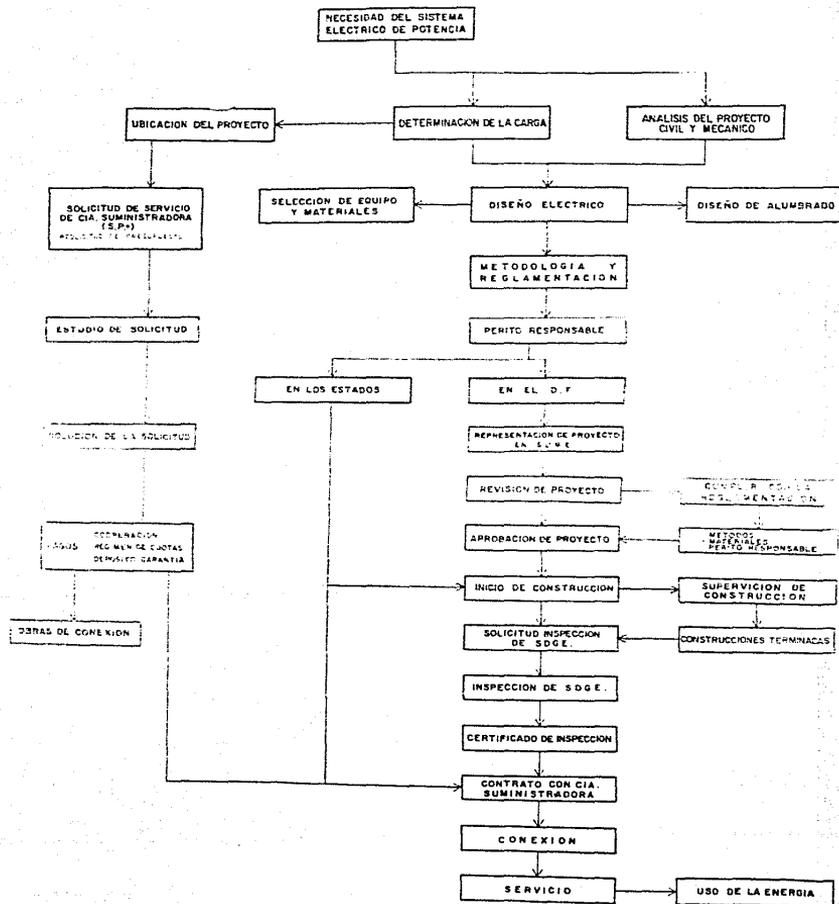
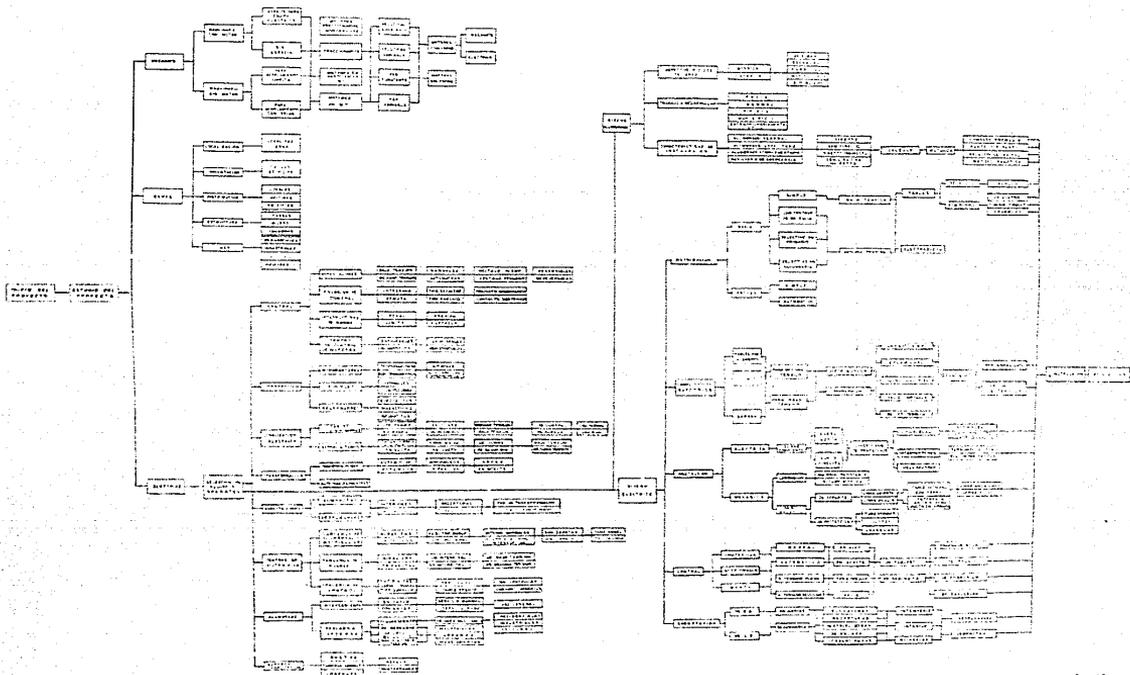


Figura 1.1





## II. ESTUDIO DEL PROYECTO DE ALUMBRADO

2.1 OBJETIVO. Estudiar la versatilidad y aplicaciones de diferentes equipos de iluminación para ayudar a normar criterios sobre ba ses técnicas sólidas, que permitan obtener el mejor resultado en el diseño y ejecución de proyectos de alumbrado.

Para ello se efectúa un análisis de los factores más impor tantes, como son el tipo de lámparas, los métodos de cálculo de alumbrado y métodos de iluminación.

2.2 GENERALIDADES. Para hablar de alumbrado es necesario definir en primer término dicho concepto, entendiéndose por ello el hecho de disponer de cantidades convenientes de luz en áreas determinadas de -- trabajo o actividad, en tal forma que las mismas puedan llevarse a cabo - fácilmente conforme al requerimiento humano de apreciar, por medio de la vista, lo que a su alrededor se encuentra o acontece.

Conforme al criterio moderno existente, tendiente a esta-- blecer sistemas de iluminación convenientemente diseñados, para lograr -- los objetivos perseguidos mediante la implantación del sistema, deben con siderarse aspectos fundamentales en toda área, tales como:

1. Comodidad Visual.
2. Seguridad y protección de personas, sistemas y equipos.
3. Continuidad en operaciones y trabajos.

4. Facilidad de mantenimiento.
5. Economía propia del sistema por implantación y operación del equipo de iluminación.

2.3 TIPOS DE LAMPARAS. Por la importancia que tiene el mejor conocimiento de los equipos disponibles para la elaboración de un proyecto, en este punto se definen las partes de que se componen, lo cual -- ayudará a la correcta selección de los mismos.

Dado que para un mismo proyecto pueden existir diferentes soluciones, según el equipo seleccionado, se hace notar que de todas --- ellas habrá una que por sus características debe considerarse como la mejor. Para llegar fácilmente a tal conclusión, debe tomarse en cuenta que no obstante lo anterior, siempre habrá un equipo especialmente indicado - para cada caso, y éste será aquel que presente mayor flexibilidad en sus características, como pueden ser las siguientes:

1. Que permita en un mismo tipo dos o más patrones fotométricos, es decir, dos o más modelos del mismo tipo.
2. Que tales modelos se tengan disponibles para diferentes tamaños de lámpara.
3. Que permita tener varios componentes, capaces de operar con diferentes tipos de lámparas del mismo género.
- 4.- Que permita diferentes arreglos de sus componentes, -- vg; con balastro integral o remoto.

5. Que pueda ser usado satisfactoriamente, bien sea en forma aislada o en combinación con otros del mismo o diferente tipo.

6. Que sus características eléctricas, presenten la posibilidad de adaptarse a diferentes sistemas, vg; dualidad en el voltaje por medio de taps. e inclusive de frecuencia.

Los principales tipos de lámparas son los siguientes:

2.3.1 LAMPARAS INCANDESCENTES. Consisten en un filamento generalmente de tungsteno, con un punto de fusión muy alto, a través del cual se hace pasar una corriente eléctrica que se transforma al calentarse el filamento en energía calorífica, la cual a su vez emite radiaciones luminosas.

Este filamento va dentro de una ampolla de vidrio, la que se utiliza para contener el vacío o la atmósfera de gas inerte en el que opera el filamento.

Dentro de ella están también numerosos reflectores internos de diversos acabados, que sirven para alterar la emisión lumínica de la lámpara en alguna forma.

2.3.2 LAMPARAS FLUORESCENTES. Las lámparas fluorescentes consisten básicamente en un tubo de vidrio recubierto en su parte interna con un material fluorescente, el tubo está relleno con una mezcla de gases argón o neón y contiene una pequeña cantidad de mercurio.

En los extremos del tubo se encuentran los electrodos unidos al tubo y a las bases, éstas le sirven como apoyo y conexión al circuito.

Se utilizan dos tipos de electrodos, los de cátodo frío y los de cátodo caliente.

Las lámparas de electrodos de cátodo caliente constan de dos filamentos, que al calentarse, liberan electrones, estableciéndose un arco eléctrico entre ellos por medio de los cuales se tiene un choque continuo de electrones que producen energía luminosa.

Se requiere la utilización de equipos auxiliares, como arrancador y reactor, para el buen funcionamiento de las lámparas de cátodo caliente, ya que se necesita limitar el voltaje y corriente de la línea de alimentación, al voltaje y corriente específicos para cada lámpara.

Las lámparas fluorescentes de cátodo caliente se clasifican en:

1. Lámparas precalentadas, que utilizan un circuito de arranque a fin de precalentar los electrodos.
2. Lámparas de arranque instantáneo, en las que el circuito de arranque se elimina, al utilizar un reactor que proporciona un mayor voltaje de arranque que permite a los electrodos arrancar en frío.
3. Lámparas de arranque rápido, que funcionan con una com-

binación del sistema de precalentamiento y el de arranque instantáneo.

Las lámparas de electrodos de cátodo frío, consisten en un tubo de níquel o de hierro puro; su superficie interna está cubierta con un material emisor de electrones, los electrones se sujetan a voltajes mayores, dejando escapar electrones a temperaturas bajas; este tipo de lámparas no está muy estandarizado ya que se requiere circuitos especiales de alto voltaje.

### 2.3.3 LAMPARAS DE DESCARGA DE ALTA INTENSIDAD.

A) LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO. Los tipos más comúnmente usados están contruídos a base de dos bulbos, uno exterior a manera de cubierta, y otro interior que es el tubo de arco. El tubo de arco fabricado de cuarzo, contiene el arco propiamente dicho, vapor de mercurio, los electrodos y una pequeña cantidad de gas argón.

El bulbo exterior llenado comúnmente de nitrógeno, sirve para proteger el tubo de arco contra el deterioro y la corrosión atmosférica. También regula la temperatura de funcionamiento del tubo de arco y actúa como filtro para absorber la radiación ultravioleta.

Se necesita un balastro de tamaño y tipo adecuado para que la lámpara de vapor de mercurio funcione en cualquier circuito eléctrico regular, o sea que el voltaje de distribución se ajuste al voltaje que se requiere para encender y controlar la corriente durante su funcionamiento.

Cuando el voltaje de arranque del balastro es aplicado a -

través de los electrodos de operación, situados en los extremos opuestos del tubo de arco, y también a través del electrodo de operación y de arranque, el gas argón y el vapor de mercurio se ionizan y se establece una --descarga entre los electrodos de operación, lo que vaporiza más mercurio calentándose rápidamente la lámpara, hasta alcanzar una condición esta--ble.

La potencia de estas lámparas fluctúa entre los 40 y 1,500 watts.

B) LAMPARAS DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESION. Su funciona--miento se basa en el mismo principio que las lámparas de vapor de mercurio. La diferencia consiste en la construcción del tubo de arco que es --largo y esbelto y se fabrica con cerámica de óxido de aluminio policrista--lino, debido a que este material es altamente resistente al efecto corro--sivo del sodio a alta temperatura, ya que tampoco contiene impurezas ni --pequeños poros, es translúcido y adecuado para la transmisión y genera--ción de luz, aproximadamente en un 95% en la longitud de onda de luz visi--ble.

La característica más importante es su gran eficiencia, és--to es, la eficiencia inicial de la lámpara de vapor de sodio es más del --doble que la lámpara de vapor de mercurio, para una potencia equivalente.

C) LAMPARAS DE HALUROS METALICOS. Las lámparas de haluros metálicos, tienen el mismo principio de funcionamiento que las de mercurio y vapor de sodio, salvo que éstas tienen materiales adicionales conte--nidos en el tubo del arco, que sirve para aumentar la producción luminosa

y mejorar el color de la lámpara.

Todos estos tipos de lámparas de descarga de alta intensidad se aplican en sistemas de iluminación en exteriores, para deportes, y para iluminar las calles, así como otras aplicaciones generales.

2.4 EQUIPO DE ILUMINACION. Como hemos visto, el término - lámpara en sí, debe aplicarse tan solo como sinónimo de foco o fuente luminosa, sin embargo, está muy generalizada la confusión de emplearlo como sinónimo de ensamble en general; es por ello que en forma condensada se enumeran a continuación los componentes que constituyen una luminaria o ensamble.

1. Cuerpo. Constituido normalmente por una o más piezas - del mismo o diferente material.

2. Reflector. Es una de las partes más importantes de un equipo, y lo constituyen una o más piezas según su tipo.

3. Reflector lente o difusor. Es otra de las partes importantes de un equipo, y en un mismo ensamble pueden en casos, tener uno o más componentes.

4. Lámpara, foco o fuente luminosa aceptada. Preponderantemente se habla de un solo componente, sin embargo se da el caso de unidades que aceptan dos o más focos en la misma.

5. Empaques.

6. Soçket y alambrado.

7. Tornillería y componentes menores.

8. Equipo auxiliar. Estos equipos pueden encontrarse como parte de un mismo conjunto o bien independientemente, vg, balastos, ---- arrancadores, fusibles interruptores y dispositivos de control y encendido, fotoceldas, etc.

No todas las luminarias están formadas por la totalidad de las partes anteriores, y una instalación determinada puede disponer de -- unidades tan simples como el caso lo amerite.

2.5 SISTEMAS DE ILUMINACION. Antes de continuar con el -- cálculo de alumbrado, haremos una clasificación de los sistemas de iluminación tomando en cuenta la intensidad, calidad, color y uniformidad de -- la luz. Su clasificación es la siguiente:

1. Alumbrado directo.
2. Alumbrado semi-directo.
3. Alumbrado directo, indirecto (general difuso)
4. Alumbrado semi-indirecto.
5. Alumbrado indirecto.

Adicionalmente estos sistemas se subclasifican en:

1. Alumbrado general.
2. Alumbrado localizado.

3. Alumbrado complementario.
4. Alumbrado auxiliar o de emergencia.

2.6 DISEÑO Y CALCULO DE ALUMBRADO. Al realizar proyectos de iluminación, conviene seguir un orden en las consideraciones que se hgan, antes de efectuar los cálculos. Tales consideraciones se muestran a continuación:

1. Aspectos Físicos del Área:
  - Ubicación
  - Arquitectura, ambiente, etc.
  - Dimensiones
  - Elementos estructurales
  - Otros elementos comprendidos en el área y próximos a --  
ella.
2. Tipo de Trabajo Desarrollado:
  - Uso del área
  - Grado de visibilidad.
  - Nivel de iluminación de acuerdo al trabajo a desarrollar.
3. Características de la Instalación Requerida:
  - Grado de dificultad en la instalación, operación y mantenimiento.
  - Horas de uso del sistema.
  - Intercambiabilidad de unidades.
  - Características de los sistemas eléctricos y mecánicos

involucrados.

4. Equipo Utilizado.

5. Costos:

De instalación.

De operación y mantenimiento.

Existen otros factores secundarios que en mayor o menor grado deben analizarse:

Efectos perseguidos.

Sistemas adicionales complementarios.

Sistemas propios de iluminación de maquinaria y equipo.

Planeación de ampliaciones o modificaciones, etc.

Las consideraciones anteriores, después de ser analizadas, nos llevarán a conclusiones a su vez discutibles como son:

Posibilidad de distribución de unidades.

Estética de distribución.

Tamaño comercial de las lámparas.

Cantidad de equipos de iluminación, etc.

Los factores que intervienen en el diseño para fijar los diversos niveles de iluminación en una área, son:

1. Determinar la composición del espacio:

Elementos visibles en primer término.

Ubicación de área principal.

Ubicación de áreas secundarias.

Espacios de transición de una área a otra.

2. Determinar los objetos motivo de atención especial dentro del área, así como las áreas de trabajo:

Superficie - color, brillantez, etc.

Sombras - Ubicación y posibles interferencias en la visibilidad.

3. Seleccionar luminarias que permitan conseguir la finalidad buscada:

Que no produzca brillantez excesiva.

Color de la luz emitida.

4. Proyectar y evaluar el sistema concebido:

Cálculo conforme a métodos aprobados.

Evaluación de la comodidad visual deseada.

2.7 PROCEDIMIENTOS DE CALCULO. Existen diversos métodos aceptados técnicamente:

1. Método de los lúmenes.

2. Método de punto por punto.

3. Método de relaciones de cavidad.

4. Combinación de los anteriores.
5. Método práctico, empírico o de prueba.

2.7.1 METODO DE LOS LUMENES. Este método acepta en sus -- consideraciones una variante, que es la cantidad de watts por unidad de - superficie, la cual normalmente se recomienda sólo usar como método de -- aproximación para el cálculo de número de unidades.

El método de los lúmenes es práctico y efectivo, determina los lúmenes necesarios para proporcionar una intensidad de iluminación pro medio. Considera la superficie del local, la altura de montaje, las re-- flectancias de paredes, techo y piso, el flujo luminoso de la fuente apro vechable sobre el área de trabajo. El procedimiento es el siguiente:

- 1o. Elección del nivel de iluminación.
- 2o. Selección del sistema de alumbrado y del equipo de ilu minación correspondiente.
- 3o. Determinación de las propiedades del salón por iluminar, factor conocido con el nombre de índice de cuarto, el cual considera ancho del local (A), largo del local (L) y altura de montaje (H), relacionados - por la siguiente fórmula:

$$IC = \frac{A \times L}{H (A+L)}$$

- 4o. Determinación del coeficiente de utilización CU, se ob tiene de tablas proporcionadas por los fabricantes, estas tablas conside-

ran la eficiencia del luminario, las reflectancias de paredes, techo y piso, relacionados con el índice de cuarto.

5o. Determinación del factor de mantenimiento F.M. =  $D \times d$

En donde D = Depreciación de la lámpara (dado en tablas),  
d = Depreciación por polvo, 10% para locales limpios, 15 a 20% para locales de regular limpieza, 25 a 35% para locales sucios.

6o. Determinación o cálculo del número de lámparas de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{No. de lámparas} = \frac{\text{Area (m}^2\text{)} \times \text{nivel de iluminación (luxes)}}{\text{Lúmenes/Lámpara} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}}$$

7o. Distribución o localización de las unidades de alumbrado.

$$\text{No. de filas} = \frac{\text{Ancho del local}}{\text{Máxima separación permitida}}$$

$$\text{Separación de pared a luminaria} = \frac{\text{Separación entre filas}}{2}$$

2.7.2 METODO PUNTO POR PUNTO. Es el método que se basa en la cantidad real de luz que es producida en cada punto del área iluminada.

Para ésto se requiere un conocimiento de las fórmulas en que se distribuyen las diferentes fuentes luminosas, las cuales pueden --

ser:

1. Fuentes puntiformes. La iluminación es inversamente -- proporcional al cuadro de la distancia.
2. Fuentes lineales de longitud infinita. La iluminación es inversamente proporcional a la distancia.
3. Fuente superficial de área infinita. La iluminación no cambia con la distancia.
4. Haz paralelo de luz, la iluminación no cambia con la -- distancia.

Este método se utiliza con la condición de que la distan-- cia entre la fuente y la superficie iluminada, sea suficientemente grande con respecto al tamaño de la fuente, como mínimo 5 veces la dimensión ma-- yor de la fuente.

En los casos en que se produzcan estas condiciones, y en -- los que existe una curva de distribución luminosa de la fuente, se puede determinar la iluminación producida en determinados puntos de la superfi-- cie horizontal o vertical, mediante el empleo de las siguientes ecuacio-- nes:

$$E = \frac{I \times \cos \theta}{D^2} \quad \text{Superficie horizontal}$$

$$E = \frac{I \times \text{SEN } \theta}{D^2} \quad \text{Superficie vertical}$$

Donde:

E = Nivel de iluminación en un punto determinado (en luxes)

I = Intensidad o fuerza con que es emitida la luz de la luminaria en la dirección al punto (valor conocido mediante el reporte fotométrico de la unidad).

D = Distancia del centro de la luminaria al punto considerado.

$\theta$  = Angulo entre la línea que une al centro de la luminaria y el punto considerado y la perpendicular al plano del punto.

SEN  $\theta$  = Factor para conocer la componente en el plano.

COS  $\theta$  = Factor para conocer la componente normal al plano del punto.

Para la separación de las luminarias tenemos la siguiente ecuación:

$$W = D \times 2 \text{ TAN } \frac{\theta}{2}$$

W = Separación entre unidades.

$\theta$  = Apertura horizontal del rayo (en su zona efectiva)

2.7.3 METODO DE CAVIDAD ZONAL. Existen 15 pasos previos a la iniciación de los cálculos, los cuales agruparemos en tres grupos:

A) OBJETIVOS Y ESPECIFICACIONES.

1. TAREA VISUAL. Las tareas visuales relativas a diferentes áreas tales como oficinas, escuelas, industrias e instituciones, así como el lugar donde se desarrollan dichas tareas, ésto es, escritorios, bancos de trabajo, canchas de juego, etc.

2. REQUISITOS DE CALIDAD. Es necesario cumplir requisitos visuales tales como las relaciones recomendadas de luminancia, la luminancia de las luminarias, los criterios de comodidad de las luminarias, los reflejos y las variaciones permisibles entre los niveles máximos y mínimos de iluminación. Existen también requisitos físicos tales como el porcentaje permisibles de lámparas quemadas y las normas que influirán en los ciclos de limpieza y conservación.

3. REQUISITOS DE CANTIDAD. La cantidad de iluminación a cada tarea visual puede también encontrarse en los manuales, guías y reportes mencionados. También deben considerarse las variaciones permisibles entre los niveles máximo y mínimo de iluminación y el porcentaje tolerable de lámparas quemadas.

4. AMBIENTE DEL AREA. Debe realizarse un cuidadoso análisis del ambiente en el cual operará el sistema de iluminación considerado.

Esto debe incluir cosas tales como el que estén presentes polvo, vapor de agua, gases explosivos o vapores corrosivos, etc.

5. DESCRIPCION Y USO DEL AREA. Una descripción completa - debe incluir las características físicas tales como las dimensiones del local, las reflectancias de sus superficies, localización de lugares y -- planos de trabajo y también las características de operación del sistema de alumbrado, tales como las horas diarias de operación y horas de uso -- del sistema de iluminación del año.

6. SELECCION DE LAS LUMINARIAS. La selección del tipo de luminarias a usar en una aplicación dada, depende mucho de los requisitos y condiciones determinadas en los pasos 1 a 5 mencionados anteriormente. Debe examinarse primero todos los factores en detalle, revisándolos posteriormente, a fin de asignarle a cada uno el valor que debe tener en la selección de las luminarias.

#### B) FACTORES NO RECUPERABLES EN LAS PERDIDAS DE LUZ.

7. TEMPERATURA AMBIENTE DE LA LUMINARIA. Las variaciones de temperatura, tanto arriba como abajo de las encontradas normalmente en interiores, tiene muy poco efecto en la producción luminosa de lámparas - incandescentes y de descarga de alta intensidad, pero sí afectan la producción luminosa de las luminarias fluorescentes.

8. VOLTAJE EN LA LUMINARIA. La salida de la mayoría de -- las luminarias se verá afectada tanto por un voltaje mayor como por uno - menor, dando como resultado una reducción en la vida de la lámpara.

9. FACTOR DE REACTOR. Si el factor del reactor utilizado en una luminaria, ya sea fluorescente o de descarga de alta intensidad, difiere del utilizado en la fotometría real de la luminaria, la producción luminosa cambiará en la misma proporción.

10. DETERIORO DE LA SUPERFICIE DE LA LUMINARIA. Los cambios en los componentes metálicos, plásticos e inclusive la pintura, resultarán en una reducción del rendimiento luminoso.

C) FACTORES RECUPERABLES DE PERDIDAS LUMINOSAS.

11. DETERIORO POR SUCIEDAD DE LAS PAREDES DEL LOCAL. El polvo y la suciedad en las superficies del local, reducen la cantidad de lúmenes reflejados hacia el plano de trabajo. Para tomar ésto en cuenta, existen diferentes tablas que nos proporcionan los factores de deterioro necesarios para calcular el mantenimiento de los niveles promedios de iluminación.

12. LAMPARAS QUEMADAS. Es muy importante determinar el número de lámparas que se espera se quemen antes del tiempo planeado para reemplazarlas, para lo cual es preciso consultar las estadísticas de vida útil de las lámparas, las cuales son proporcionadas por los fabricantes. Si las lámparas no se reemplazan rápidamente, el nivel promedio de iluminación decrecerá en forma proporcional.

13. DETERIORO DE LA CANTIDAD DE LUMENES. Este factor toma en consideración la proporción en la que disminuye la salida de los lúmenes de una lámpara conforme transcurre el tiempo.

Para ello, se recurre a las especificaciones de los fabricantes. Existen tablas que nos proporcionan los factores para las lámparas que están al 70% de su vida promedio, siendo este nivel el mínimo que se alcanza en una instalación en la cual se reemplazan rápidamente las -- lámparas quemadas, sin importar que esa reposición esté planeada en grupo o bien que exista un programa de reposición aleatoria, o conforme se vayan quemando las lámparas.

14. DETERIORO DE LAS LAMPARAS POR SUCIEDAD. Al acumularse el polvo y suciedad en las luminarias, se experimenta pérdida en la producción luminosa y en consecuencia también en el plano de trabajo. Esta pérdida se conoce como factor de deterioro por suciedad en las lámparas y se determina como sigue:

Se selecciona la categoría de mantenimiento de la luminaria de acuerdo con los datos proporcionados por el fabricante.

Se determina el ambiente en el cual operará la luminaria, y por tablas del manual de iluminación de la IES puede encontrarse el factor de deterioro por suciedad.

15. FACTOR TOTAL DE PERDIDAS LUMINOSAS. Este factor total es simplemente el resultado de multiplicar todos los factores que contribuyen a la pérdida luminosa y que se describieron anteriormente.

CALCULO: Considérese el local en tres cavidades básicas, las cuales son:

Cavidad del Techo	(RCT)
Cavidad del cuarto	(RCC)
Cavidad del piso	(RCP)

El procedimiento es el siguiente:

1. Las relaciones de cavidad se calculan con las siguientes ecuaciones, donde A = ancho del local; L = largo -- del local.

$$RCT = \frac{5 \text{ hct } (L + A)}{L \times A}$$

$$RCC = \frac{5 \text{ hcc } (L + A)}{L \times A}$$

$$RCP = \frac{5 \text{ hcp } (L + A)}{L \times A}$$

Donde:

hct = Distancia entre la ubicación de las luminarias y el techo.

hcc = Distancia entre la ubicación de las luminarias y el plano de trabajo.

hcp = Distancia entre el plano de trabajo y el piso.

2. Determinar la reflectancia de las cavidades (datos tabulados y proporcionados por el fabricante).

3. Determinar conforme a estos valores, el coeficiente de utilización.
4. Determinar el coeficiente de mantenimiento.
5. Determinar la cantidad de luz requerida (lúmenes).
6. Calcular el número de unidades necesarias.

La combinación de métodos y el orden consecutivo de ellos, dependerá de la clase y el tipo de proyecto a desarrollar.

En caso de que existan muchos factores a considerar, es necesario auxiliarnos de una computadora.

El quinto método aconseja efectuar pruebas, con un mínimo de tres equipos próximos entre sí, como muestra representativa de la distribución o de unidades del sistema aprobado.

2.8 CONSIDERACIONES ECONÓMICAS. Al respecto se menciona - que la solución más adecuada desde el punto de vista económico, es aque--lla que por las características de calidad de equipo, bajo costo de opera--ción, consumo y mantenimiento, aunado a un precio de adquisición razona--ble, es capaz de ser amortizado a corto plazo, resultando dicha solución comparativamente ventajosa con respecto a otras en igualdad de condicio--nes de proyecto y conforme a los mismos parámetros. Normalmente y desde luego para un mismo nivel, se analizan en estos estudios costos y demás - factores comparativos, tales como:

**Tipo de unidad**

**Cantidad de unidades**

**Características**

**Tipo de lámparas y sus características**

**Costos de la inversión inicial**

**Costo de instalación**

**Costo de operación y mantenimiento**

**Costo del consumo de energía**

**Rentabilidad del equipo, amortización, etc.**

### III. ESTUDIO DEL PROYECTO ELECTRICO DE FUERZA

3.1 GENERALIDADES. El estudio para un proyecto en general de un S.E.P. (Sistemas Eléctricos de Potencia), consiste en empezar con la determinación del tamaño y naturaleza de la carga por alimentar.

Para iniciar el diseño, es necesario elaborar un plano o croquis donde se muestran las cargas básicas y su localización aproximada; además, deberá mostrar toda posible carga futura que pudiera ser agregada.

Una vez que el plano y cargas preliminares han sido desarrollados, se procederá a preparar un diagrama unifilar tentativo, que muestre los conceptos generales de un sistema trifilar.

Este diagrama nos mostrará los principales elementos que constituyen la instalación eléctrica, desde la carga más elemental, pasando por los diversos dispositivos de que se compone, hasta la acometida por la cual se alimentará al sistema. Este no solamente nos servirá de guía para el diseño del sistema, sino que además, nos dará una idea razonable de la continuidad del servicio, la distribución congruente de todos sus componentes, y muchos otros conceptos útiles en la planeación del sistema.

El diagrama unifilar tentativo probablemente sea cambiado o modificado muchas veces durante el desarrollo del proyecto, pero es necesario para la obtención de un buen diseño del sistema eléctrico.

3.2 CLASIFICACION DE LAS CARGAS. Las cargas por alimentar suelen ser de muy diversos tipos o formas, siendo un aspecto bastante difícil o problemático enumerar o clasificar, sin embargo, comúnmente las podemos agrupar en dos grandes grupos:

- A) Cargas definidas.
- B) Cargas indefinidas.

A) Las cargas definidas son aquellas de las cuales vamos a conocer todas sus características como potencia y voltaje, así como el tiempo de trabajo, etc. Este tipo de cargas las podemos subdividir en:

- 1. Cargas de alumbrado.
- 2. Cargas de aparatos.
- 3. Cargas de motores.

B) Las cargas indefinidas, como su nombre lo indica, serán desconocidas o bien serán del tipo eventuales en una instalación. Un caso muy concreto que tenemos de este tipo de cargas, es al calcular la carga de los contactos, ya que nunca podremos saber con exactitud para que serán utilizados.

Para alimentar adecuadamente las cargas, hay que conocer - la utilización exacta para poder efectuar una buena elección del sistema de distribución.

### 3.3 CRITERIOS PARA ELECCION DEL SISTEMA DE DISTRIBUCION.

En los S.E.P. es necesario definir el arreglo que se considere más conve-

niente a seguir para el sistema de distribución, para ello nos basaremos en los siguientes criterios:

1. Especificar la energía de la cual se dispondrá en alta tensión, así como voltaje de operación, regulación de voltaje, capacidad de circuito corto disponible, capacidad de la línea, etc.

2. Especificar las características de la tensión en la cual se van a distribuir y/o alimentar las cargas, debiendo tomar en cuenta, el aspecto económico al considerar el voltaje más apropiado para la alimentación de motores grandes, considerándose siempre la conveniencia de distribuir en dos o más tensiones.

3. Prever todas las futuras expansiones para diseñar lo más adecuadamente posible, alimentadores e interruptores de mayor capacidad.

3.4 SISTEMAS DE DISTRIBUCION. Determinada la tensión de -- distribución hay que definir el sistema de distribución teniendo presente la confiabilidad que se requiere para la alimentación de ciertas cargas, y qué tan crítica es la necesidad de que operen en forma continua algunas de ellas. Para ello hemos escogido los siguientes arreglos más comunes -- en los sistemas de distribución:

3.4.1 SISTEMA RADIAL SIMPLE. Sus características principales son: simplicidad adecuada para cargas hasta 1000 KVA, capacidad reducida al aprovechar la densidad de las cargas del Sistema, altas corrientes de circuito corto, interruptores de alta capacidad interruptiva y al-

ta corriente de operación, alimentadores largos y costosos, mala regulación debido a la caída de voltaje, baja eficiencia debido a las pérdidas en los alimentadores.

3.4.2 SISTEMA RADIAL CON CENTROS DE POTENCIA. Sus principales características son: sistema más económico arriba de 1000 KVA, los alimentadores son cortos debido a la colocación de cada centro de potencia inmediato al centro de carga, bajas corrientes de circuito corto, --- equipo interruptor de baja interrupción y baja corriente nominal, buena regulación de voltaje, pérdidas moderadas, mala continuidad (una falla en el alimentador principal significa interrupción total), tardanza en restaurar el servicio en caso de falla en una estación, poca flexibilidad.

3.4.3 SISTEMA RADIAL SELECTIVO EN PRIMARIO. Sus principales características son: continuidad aceptable al fallar un alimentador - (se puede conectar la carga rápidamente al otro) cada uno de sus circuitos primarios debe tener capacidad para el total de la carga. En caso de falla en un transformador, la unidad se desconecta rápidamente y se restaura el servicio dejando fuera una zona; todas las ventajas del sistema anterior están en este arreglo.

3.4.4 RADIAL SELECTIVO SECUNDARIO. Sus características -- son: permite pronta restauración del servicio por defectos en el alimentador primario o en el transformador, mejor continuidad que los dos anteriores. La falla en un transformador no interrumpe por largo tiempo ninguna alimentación, ya que la carga pasa a otro mediante el interruptor de amarre, cada transformador debe poder llevar la carga del sistema.

3.4.5 RED AUTOMATICA EN ANILLO. Sus principales características son: alimentación no interrumpida de la carga, alta eficiencia y regulación, operación automática en caso de fallas del transformador o -- alimentación primario, la carga se transfiere a los otros transformadores u otro alimentador a través del anillo secundario, no requiere exceso de capacidad transformadora, manejo de arranque de motores grandes con menos variación del voltaje o parpadeo del alumbrador mínimo, bajas pérdidas.

Como se podrá observar, estos no son todos los tipos de -- distribución conocidos, pero sí los que creemos más importantes o fundamentales. Nos es imposible enumerar todos los arreglos que se pueden hacer para un sistema de distribución, debido a lo extenso que resultaría -- este estudio.

Lo que recomendamos al ingeniero proyectista, es que debe tener presente al diseñar un sistema de distribución que la capacidad, -- confiabilidad y continuidad del servicio deben ser los objetivos principales, teniendo presente los costos y optar por el sistema que resulte óptimo de acuerdo a las características del sistema.

3.5 CONDUCTORES PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCION. Los con-- ductores eléctricos son aquellos elementos que por sus características naturales reúnen los siguientes requisitos:

1. Alta conductividad
2. Resistencia mecánica
3. Flexibilidad
4. Bajo costo.

Entre los elementos que reúnen dichas características encontramos al cobre, aluminio, oro y plata, siendo el cobre el que más se emplea en la fabricación de conductores por su bajo costo y gran conductibilidad.

El cobre se puede fabricar en tres tipos, dependiendo del tiempo en su fabricación:

A) Conductores de cobre suave. Sus características son: - baja resistencia mecánica, alta elongación y su conductividad eléctrica es de 100%.

B) Conductores de cobre semiduro. Sus características son: mayor resistencia mecánica, menor elongación y su conductividad es del 96.66%.

C) Conductores de cobre duro. Sus características son: alta resistencia mecánica, poca elongación y conductividad poco menor de 96%.

El aluminio es un buen conductor, pero su conductividad con respecto al cobre es de 61%. Además tiene la desventaja de ser quebradizo; su uso se limita a líneas de transmisión o conexiones de cortas distancias, en las que se emplean barras de gran sección transversal.

A excepción de las líneas aéreas que generalmente son de cable desnudo, la mayoría de las líneas son de cobre con forro aislante.

Este aislamiento no es del mismo para la mayoría de los ca sos, todo depende de las condiciones de trabajo. El aislamiento debe ser apropiado para soportar:

1. Nivel de voltaje
2. Niveles de temperatura
3. Tensión mecánica
4. Ataques químicos

Los aislamientos los podemos clasificar en varios tipos:

A) Mediana Tensión:

1. Aislamiento de propileno, etileno o polietileno, cadena cruzada.
2. Con o sin pantalla semiconductora.
3. Con o sin pantalla metálica.
4. Cubierta protectora de PVC, plomo o neopreno.

B) En baja tensión pueden ser varios tipos, siendo los --- principales y de más uso en sistemas de distribución:

1. Aislamientos de hule, ya sea hule sintético o natu--- ral, neopreno y otros materiales vulcanizables.
2. Aislamiento termoplástico, estos materiales pueden - endurecerse a temperaturas de -100°C, son deforma--- bles bajo presión y no conducen la flama.

Un aislamiento puede usarse en una temperatura ambiente --

cercana a la máxima permitida, siempre y cuando la capacidad del conductor se reduzca.

3.6 SELECCION DEL CALIBRE DE CONDUCTOR MAS ADECUADO. Para seleccionar adecuadamente el calibre de un conductor, es importante tener en cuenta los siguientes factores:

- A) Capacidad de conducción de corriente en servicio continuo (ampacidad).
- B) Caída de tensión.
- C) Capacidad de conducción de corriente de circuito corto.

3.6.1 SELECCION POR AMPACIDAD. La ampacidad para cables de mediana y baja tensión la encontramos en las tablas del R.O.I.E. (Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas) o en tablas del N.E.C. (National Electric Code) y en los catálogos de fabricantes, para un máximo de 3 conductores, en tubo conduit, ducto cerrado, charola, aéreos, enterrados, etc., a temperatura ambiente de 30°C.

Estos valores de ampacidad no cubren condiciones particulares que se presentan, por lo tanto, es necesario afectar los valores anteriores por factores de corrección. Estos se consideran como reductores de ampacidad y en la práctica se consideran dos factores que son:

1. Factor por agrupamiento. Si el número de conductores que se agrupan en un ducto o tubo conduit es mayor que tres, estarán limitados en su capacidad de conducción de corriente por razones de calenta--

miento, al existir limitaciones en la disipación del calor, o sea, que se debe considerar espacio para la circulación de aire para que los conductores se encuentren a una temperatura adecuada; estos factores de corrección los encontramos en el R.O.I.E. y en el N.E.C. los cuales recomiendan el factor apropiado al número de conductores.

2. Factor de corrección por temperatura ambiente superior a 30°C. La capacidad de conducción de corriente, está en función directa a la capacidad del aislamiento al elevarse la temperatura, esto es, que la temperatura del conductor no llegue a la temperatura de fusión de los aislamientos. En el R.O.I.E. y en el N.E.C., encontramos los factores -- aplicables de acuerdo a la temperatura nominal máxima de operación del -- aislamiento empleado.

3.6 2 SELECCION POR CAIDA DE TENSION. El R.O.I.E., especifica que la caída de tensión desde la entrada de servicio hasta el último punto de la canalización, no deberá ser mayor que 4%, para carga de fuerza, y que 3%, para carga de alumbrado.

Como conclusión de lo anterior, es importante que una vez que se haya elegido el conductor adecuado por cálculo de ampacidad, se verifique el cálculo por caída de tensión. En la siguiente ecuación, sólo se toma en cuenta la resistencia del conductor para el cálculo. Esta --- ecuación se encuentra desarrollada en casi todos los libros de instalaciones, por lo cual solo la enunciaremos de la siguiente forma:

$$Z_e = \frac{2 \sqrt{3} I L}{E \times S}$$

Donde: e = Caída de tensión, en por ciento.  
L = Longitud del conductor, en metros.  
I = Corriente, en amperes.  
E = Voltaje de líneas, en volts.  
S = Sección del conductor, en mm<sup>2</sup>.

Un cálculo más exacto sería si tomáramos en cuenta el valor de la reactancia y resistencia, siendo la caída por reactancia y resistencia la que resulta de la siguiente ecuación:

$$e = \sqrt{(RI)^2 + (XI)^2}$$

Donde: RI = Caída de voltaje por resistencia, Ohms.  
XI = Caída de voltaje por reactancia inductiva, Ohms.

Por tanto, la caída de tensión por fase es:

$$\% e = \frac{P}{E} \times 100$$

Donde: e = Caída de tensión, en volts.  
E = Voltaje entre líneas, en volts.

3.6.3 SELECCION POR CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE - EN CIRCUITO CORTO. La capacidad de circuito corto que soporta un cable aislado es independiente de su voltaje de operación, y para su cálculo so

lamente se consideran los siguientes factores: sección transversal del conductor, material del conductor, temperatura en periodos de circuito corto, duración en segundos de este periodo y temperatura del conductor al ocurrir el circuito corto.

Para conductores de cobre la  $I_{CC}$  será:

$$I_{CC}^2 = A^2 \times \frac{0.0297}{t} \times \text{long.} \times \frac{234.5 + T_{CC}}{234.5 + T_1}$$

Donde:  $I_{CC}$  = Capacidad, en amperes, en circuito corto para cables aislados.

$A$  = Area del conductor, en circular-mil.

$t$  = Tiempo de duración, en segundos, del circuito corto.

$T_{CC}$  = Máxima temperatura, en °C, que soporta el aislamiento en periodos de circuito corto.

$T_1$  = Temperatura del conductor, en °C, al ocurrir el circuito corto o temperatura de operación.

Para facilitar lo anterior, se muestran a continuación las tablas siguientes, que suelen usarse con buena aproximación para el cálculo de la corriente máxima de circuito corto que puede soportar un cable.

**3.7 DISEÑO DE PROTECCION.** Se define como protección contra sobre corriente, a la acción defensiva que presenta un dispositivo o equipo eléctrico (fusible, interruptor, relevador), contra el paso de cualquier cantidad de corriente mayor que la soportable por dicho equipo.

**CORRIENTE DE CIRCUITO CORTO ADMISIBLE PARA CABLES  
CON AISLAMIENTO TERMOPLASTICO**

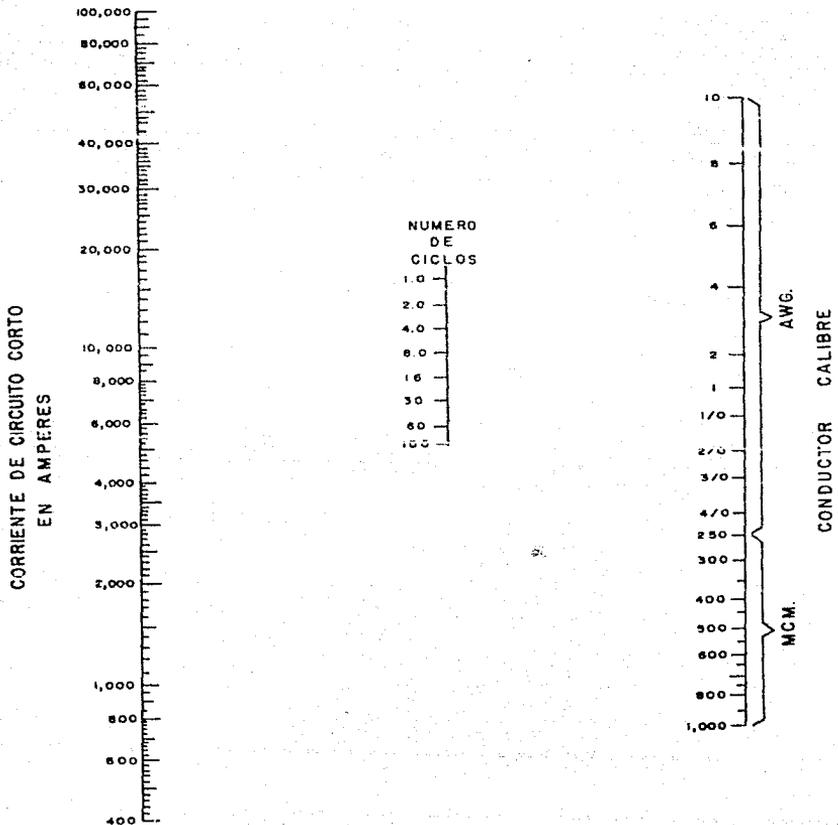
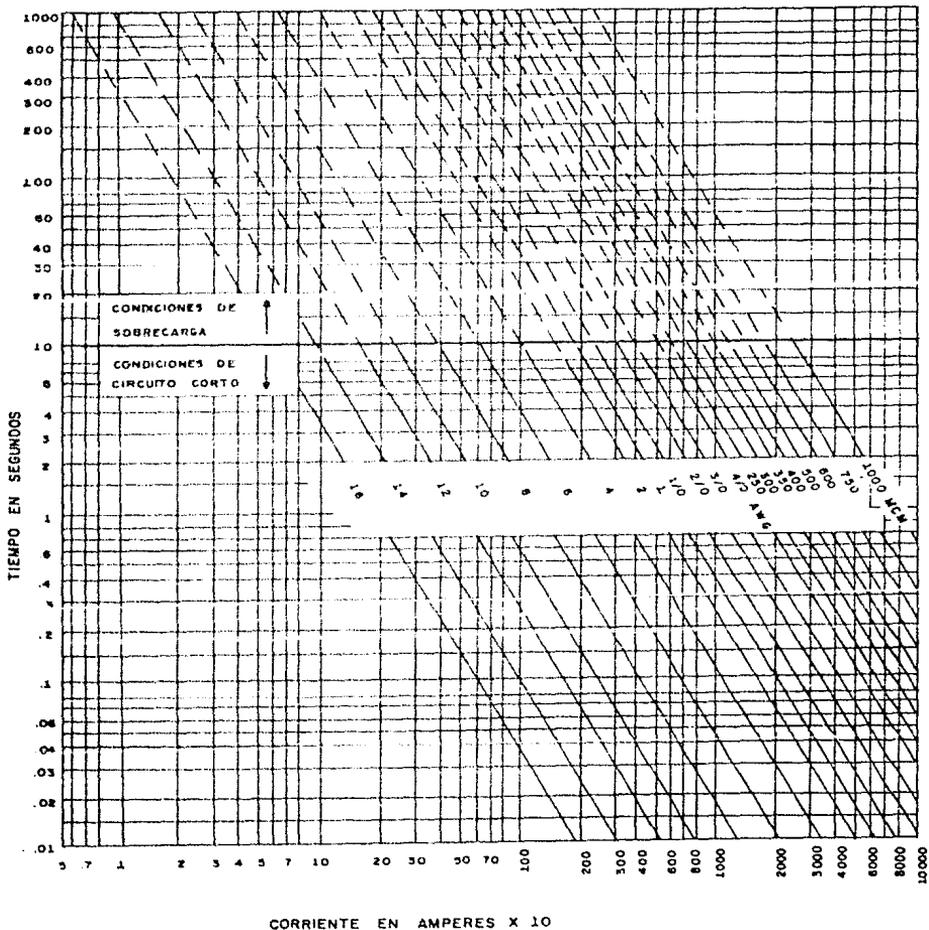


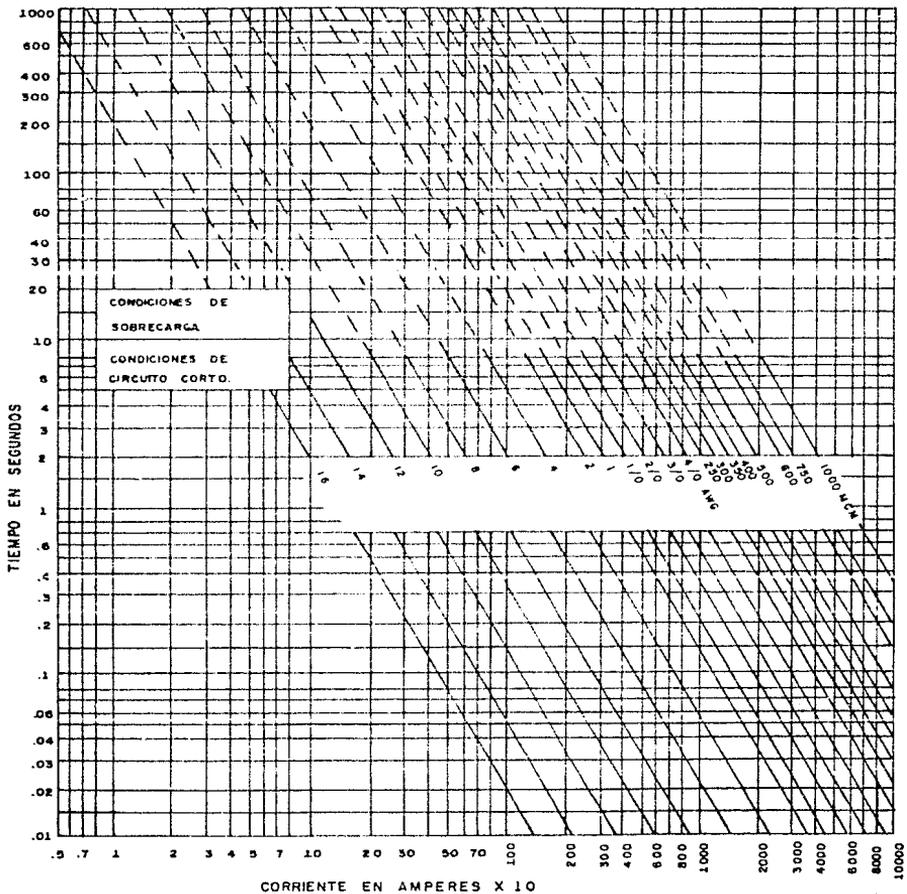
FIG. 1



MAXIMA CORRIENTE DE CIRCUITO CORTO Y CURVA DE SOBRE CARGA PARA CABLE DE COBRE CON AISLAMIENTO DE TIPO XLPE; A UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 20°C.



FIG. 3



MAXIMA CORRIENTE DE CIRCUITO CORTO Y CURVA DE SOBRE CARGA PARA CABLE DE ALUMINIO CON AISLAMIENTO TERMOPLASTICO DE POLIVINILO (PVC) A UNA TEMP. AMBIENTE DE 20° C

Los dispositivos más comunes que se utilizan para llevar a cabo la protección contra sobre corriente son:

Fusibles  
Interruptores  
Relevadores.

3.7.1 FUSIBLES. Son elementos que operan bajo el principio térmico, debido a su bajo punto de fusión. Estos cambian las funciones de apertura de los circuitos al detectar las fallas, son usados indistintamente en alta o baja tensión.

Características: bajo costo, protección efectiva, tiempo - bajo de fusión a corrientes altas.

Desventajas: no pueden ser ajustables, operación lenta a valores moderados de circuito corto, en sistemas polifásicos pueden fundirse solo uno ocasionando serios problemas al sistema si éste no está ébidamente protegido.

Hay dos tipos de fusibles, los propiamente llamados fusibles standard y los fusibles limitadores de corriente. Los fusibles de tipo standard al fundirse permiten que la corriente alcance su máximo valor de cresta antes de extinguirse el arco, en cambio los fusibles limitadores tienen un aditamento especial que extingue el arco antes de que éste ocurra; se dice que son autoprottegidos, porque son capaces de extinguir el arco en cualquier valor de corriente que éste dentro de los límites de su capacidad interruptiva.

3.7.2 INTERRUPTORES. Son equipos de protección que utilizan los principios mecánicos, térmicos y magnéticos para abrir a un tiempo, en cuanto se presente una sobre corriente, todos los conductores no conectados a tierra del circuito al cual protegen.

A) Interruptores termomagnéticos. Su funcionamiento se basa en aprovechar:

1o. El efecto deformativo que produce una sobrecorriente en un bimetálico, para operar por medio de contactos el mecanismo de disparo del interruptor.

2o. Utilizan también la sobrecorriente que se presenta y la hacen circular en una bobina devanada sobre un núcleo de hierro y magnetizarlo, activando un mecanismo que acciona los contactos para la apertura del interruptor.

En los interruptores termomagnéticos el elemento térmico protege al circuito contra sobrecorriente y el magnético contra circuito corto.

B) Interruptores Electromagnéticos. Si a los interruptores se les adapta un relevador, el cual funciona bajo el principio electromagnético y sirve además como dispositivo de protección, usándose a la vez para activar la apertura del interruptor, tendremos el interruptor electromagnético.

Además de operar por sobre corriente, el interruptor elec-

tromagnético opera por sobre o baja tensión; también son activados por potencia y pueden ser operados eléctricamente a control remoto.

Los interruptores automáticos más usados son los que utilizan el aire o el aceite para extinguir el arco.

3.7.3 RELEVADORES Los relevadores funcionan bajo los siguientes principios:

- 1) Atracción electromagnética.
- 2) Inducción electromagnética.
- 3) De estado sólido.

Los relevadores deben cumplir con los siguientes factores:

- 1) Velocidad
- 2) Seguridad
- 3) Confiabilidad.

Los relevadores se clasifican en cuatro tipos:

- 1) Auxiliares
- 2) De protección
- 3) De regulación
- 4) De verificación.

Los relevadores auxiliares son usados como respaldo de los relevadores de protección, sus principales funciones son:

- A) Energizar circuitos de control.
- B) Aumentar el número de contactos para circuitos de control que necesiten corriente de mayor intensidad de la que pueden manejar con mayor seguridad.
- C) Proporcionar flexibilidad en los arreglos de contactos.

Relevadores de protección: Su uso es para detectar fallas en líneas y equipos o condiciones inestables en el sistema, abriendo los circuitos o mandando señales de alarma. Estos relevadores son de alta velocidad, ya que su operación no sobrepasa los 3 ciclos a una frecuencia de 60 Hz.

Relevadores de regulación: Su operación es establecer un control sobre las variaciones no deseadas de cantidades medidas, o algún parámetro que se desea controlar dentro de un rango de valores establecidos.

Relevadores verificadores: Estos operan corrigiendo ciertas características de comportamiento preestablecidas, como puede ser según lo planeado, fuera de lo planeado, disparos incorrectos, no disparan, etc.

Todos estos dispositivos deben operar con seguridad bajo cualquier condición anormal que se presente en el sistema, preservando la vida de los integrantes del sistema, como son conductores, equipos y controles, así como la protección al personal.

Para seleccionar el equipo más adecuado, se basará en un estudio en el que intervendrán varios factores, incluyendo su costo inicial; además deben satisfacerse las condiciones tecno-económicas.

El equipo de protección se debe seleccionar tomando en cuenta, que en todo momento, deberá interrumpir el paso de la corriente de circuito corto que tratará de circular a través de él.

Para esto, hay que hacer un estudio de la corriente de circuito corto, para determinar las características de los elementos de protección. Este estudio nos ayudará a seleccionar el equipo, así como también podremos hacer una coordinación de todos los elementos de protección contra las corrientes de circuito corto en cualquier punto del sistema, lo cual nos permitirá aislar al máximo cualquier falla que se presente, de tal forma que la seguridad y continuidad del sistema no se vea afectada.

Para determinar la capacidad interruptiva y ajustes en los elementos de protección, es necesario conocer las capacidades de falla que puedan ocurrir en cualquier punto del sistema de distribución.

El estudio de la corriente de circuito corto comprende un cálculo laborioso, pero se puede auxiliar por varios métodos para su cálculo; antes de empezarlo es recomendable hacer un diagrama de impedancias de los elementos, activas o pasivas.

En seguida se procede al estudio del circuito corto, con cualquiera de los métodos conocidos, empleando el método más óptimo se--

gún sea el caso requerido, y así poder determinar la corriente de falla - en cualquier punto del sistema. Luego hay que realizar un estudio de --- coordinación para cada uno de los alimentadores, teniendo en cuenta que - los dispositivos de protección tendrán un amplio rango de ajuste para sus necesidades actuales y futuras.

#### IV. SUBESTACION

4.1 GENERALIDADES. La subestación la definimos como el conjunto de elementos que nos permiten cambiar las características eléctricas de los sistemas eléctricos, tales como frecuencia, voltaje, potencia, etc.

Debido a estas características se clasifican en diferentes formas, para nuestro estudio de los sistemas eléctricos de mediana y baja tensión, haremos la siguiente clasificación.

Por su función  
Por el tipo de operación  
Por su construcción.

4.1.1 Por su función pueden ser: receptoras, distribuidoras, de enlace, reductoras distribuidoras y rectificadoras.

4.1.2 Por su tipo de operación pueden ser: de corriente alterna o corriente directa.

4.1.3 Por su construcción pueden ser: de tipo interior, intemperie y blindadas.

4.2 ELEMENTOS DE LA SUBESTACION. Los principales elementos que constituyen una subestación son:

Transformadores de potencia.  
Interruptores de potencia.  
Seleccionadores o cuchillas desconectoras.  
Apartarrayos.  
Barras o Buses.  
Transformadores de medición.

4.2.1 TRANSFORMADORES DE POTENCIA. Es el elemento más im-  
portante de la subestación.

El transformador es un aparato eléctrico estático, el cual transfiere energía de un circuito eléctrico de corriente alterna a otro, por medios electromagnéticos, pudiendo hacer una transformación de voltaje entre dos circuitos de acuerdo a una relación determinada.

Los transformadores se clasifican de diferentes formas, --  
las más importantes son:

A) Por su número de fases, los cuales pueden ser monofási-  
cos o trifásicos.

B) Por su tipo de núcleo, éstos se fabrican del tipo colum-  
na o del tipo acorazado.

C) Por la forma del refrigerante de su aislamiento, el ---  
cual puede ser de tipo seco o sumergido en aceite.

D) Por la forma de su enfriamiento, puede ser por aceite-

aire-agua, haciendo las combinaciones adecuadas y forzando alguno de estos elementos para disipar la mayor cantidad posible de calor.

E) Por su uso pueden ser interior, intemperie, aéreos o --subterráneos, etc.

Los transformadores se construyen en diferentes tamaños, -según la carga a la que van a alimentar y debido a ésto, pueden ser para alumbrado, distribución o potencia.

Los transformadores de alumbrado generalmente son del tipo seco y su capacidad varía de 2 a 150 KVA; éste puede estar integrado o no al tablero de distribución de la subestación.

Los transformadores de distribución son los de tipo sumergidos en aceite y enfriamiento tipo OA (aceite-aire). Los transformadores de potencia son semejantes a los anteriores pero todos los parámetros que manejan son mucho mayores, además se emplean sistemas de enfriamiento adicionales.

Capacidad de los transformadores. Se dice que la capacidad de un transformador, son los KVA que el devanado secundario es capaz -de soportar por un tiempo determinado, bajo condiciones de diseño dadas, sin que su temperatura promedio de operación sea mayor a 65°C con una temperatura ambiente promedio de 30°C y 40°C máxima.

Para calcular la capacidad en los transformadores es necesario calcular los KVA de transformación; éstos se calculan de acuerdo a

la siguiente ecuación:

$$KVAT = \text{Carga instalada} \times \frac{\text{Factor de demanda}}{\text{Factor de diversidad}}$$

Donde el factor de demanda será igual a la relación que existe entre la demanda máxima de un sistema y la carga total conectada de dicho sistema. El factor de demanda será siempre menor que la unidad.

El factor de diversidad es la relación que existe entre la suma de las demandas máximas individuales de varias subdivisiones de un sistema y la demanda máxima de todo el sistema; de lo anterior el factor de diversidad varía entre 1 y 2.

4.2.2 INTERRUPTORES DE POTENCIA. Los interruptores de potencia son aparatos diseñados y contruïdos con la finalidad de interrumpir y restablecer la continuidad de un circuito eléctrico bajo las condiciones de corriente de operación y circuito corto sin variar sus características de diseño.

Existe gran variedad en el diseño de los interruptores, los cuales se pueden clasificar de acuerdo a la forma de extinguir el arco que se crea al interrumpir el circuito, y son los siguientes:

1. En aceite
2. En vacío
3. En aire
4. Neumáticos

La siguiente ecuación:

$$KVAT = \text{Carga instalada} \times \frac{\text{Factor de demanda}}{\text{Factor de diversidad}}$$

Donde el factor de demanda será igual a la relación que -- existe entre la demanda máxima de un sistema y la carga total conectada -- de dicho sistema. El factor de demanda será siempre menor que la unidad.

El factor de diversidad es la relación que existe entre la suma de las demandas máximas individuales de varias subdivisiones de un -- sistema y la demanda máxima de todo el sistema; de lo anterior el factor de diversidad varía entre 1 y 2.

4.2.2 INTERRUPTORES DE POTENCIA. Los interruptores de potencia son aparatos diseñados y contruidos con la finalidad de interrumpir y restablecer la continuidad de un circuito eléctrico bajo las condiciones de corriente de operación y circuito corto sin variar sus características de diseño.

Existe gran variedad en el diseño de los interruptores, -- los cuales se pueden clasificar de acuerdo a la forma de extinguir el arco que se crea al interrumpir el circuito, y son los siguientes:

1. En aceite
2. En vacío
3. En aire
4. Neumáticos

### 5. En $Sf_6$ (hexafluoruro de azufre)

Los interruptores en aceite pueden ser de tres tipos:

Gran volumen de aceite.

Pequeño volumen de aceite.

Gran volumen de aceite con cámara.

Los interruptores en vacío, su cámara de extinción se encuentra con un vacío relativo para evitar la propagación del arco en el momento de la apertura del interruptor.

Los interruptores en aire para la extinción del arco en condiciones normales de presión y temperatura, basan su funcionamiento en los siguientes principios:

Alargamiento y enfriamiento del arco eléctrico.

Celdas de ionización.

Flujo magnético.

Mayor velocidad en la apertura.

Fracccionando el arco eléctrico.

Interruptores neumáticos, al aplicar una fuerte cantidad de aire comprimido sobre el arco de manera que el arco se alargue y se enfríe, evitando también la ionización del gas para impedir nuevos rearqueos.

Interruptores en  $Sf_6$  (hexafluoruro de azufre). Generalmente es utilizado en voltajes superiores a los 70 KV, su funcionamiento se basa en los siguientes aspectos:

- A) A su gran valor de rigidez dieléctrica.
- B) A su elevada capacidad de recuperación de rigidez dieléctrica.

4.2.3 SECCIONADORES. Cuchillas desconectoras. Son elementos auxiliares en las subestaciones que son capaces de interrumpir el circuito bajo tensión pero sin corriente ya que su capacidad interruptiva es nula.

Las cuchillas deben garantizar un aislamiento dieléctrico a tierra en la apertura del circuito. Deberán conducir en forma continua la corriente normal sin ninguna elevación de la temperatura, y sobre todo, soportar los efectos térmicos y dinámicos de la corriente de circuito corto.

Por último, las cuchillas deben operar sin riesgo posible de falsos contactos o posiciones indebidas en cualquier condición atmosférica desfavorable. Las cuchillas pueden operar con carga con ciertos adjuntamentos.

4.2.4 APARTARRAYOS. Los apartarrayos o descargadores de sobre tensiones, son aparatos eléctricos cuya función es proteger el transformador y la instalación eléctrica contra los efectos de sobre tensiones no permitidas.

En una instalación se pueden presentar sobre tensiones internas y externas; las primeras se presentan durante maniobras de conexión

y/o desconexión, su duración es de milisegundos y su valor depende del -- voltaje de operación y de la forma en que se aterriza el neutro del equipo.

Las sobretensiones externas se presentan por efectos de -- descargas atmosféricas sobre las líneas aéreas y en general sobre instalaciones de intemperie, siendo en la mayoría de los casos monopolares de alta frecuencia y su valor es independiente de los parámetros de la red, alcanzando magnitudes varias veces superiores a la tensión de operación.

Construcción. Un apartarrayos está formado generalmente -- por una serie de cámaras de arco, limitadores de corriente, colocadas una sobre otra. En paralelo a las cámaras de arco se encuentra colocada una resistencia no lineal.

La función de una cámara de arco es que en el momento en -- que la tensión sobre pase un determinado valor, inmediatamente se enciende un arco entre los bornes propiciando que la tensión se descargue a través de las mismas cámaras, así como también de la resistencia no lineal.

El elemento más importante del descargador de sobre ten--- sión es un explosor de gran capacidad para limitar la corriente.

En este explosor el arco eléctrico se desvía inmediatamente después de haberse formado, a una cámara de extinción, por efecto del campo eléctrico de una bobina.

La cámara de extinción del explosor está construida por un

material cerámico que adquiere en un proceso especial de calcinación, diferentes propiedades decisivas para su extinción eficaz y rápida, así como para una buena capacidad para conducir la corriente.

Las paredes de la cámara son permeables de manera que los gases calientes pueden pasar al exterior durante el desplazamiento del arco eléctrico y enfriarse intensamente.

4.2.5 BARRAS O BUSES. El número de circuitos que se derivan de una subestación, están en función del arreglo y sección de sus barras colectoras o buses de distribución.

El arreglo de las barras se hace con el objeto de aumentar la flexibilidad en la operación de los sistemas de potencia; existen muchos arreglos de barras de los cuales los más usados en los Sistemas de Distribución son:

Sistemas de barras simples

Sistema de barras dobles

Sistemas de barras simple con 3 juegos de cuchillas.

Arreglo de barras en anillo.

Arreglo de transferencia.

4.2.6 TRANSFORMADORES DE MEDICION. Los transformadores para medición están destinados a alimentar aparatos de medida, relevadores o aparatos análogos.

Tienen como función principal reducir a valores de baja --

tensión y no peligrosos, las características de tensión y corriente en un Sistema Eléctrico de Potencia, con el fin de emplear equipos de protección y medición normalizados, por consiguiente más económicos y que pueden manipularse sin peligro.

Los transformadores para medición se distinguen en dos categorías:

1. Transformadores de corriente.
2. Transformadores de potencial.

Transformadores de corriente. El primario de este transformador se conecta en serie con el circuito que se desea controlar, en tanto que el secundario cuya corriente está dentro de las condiciones normales de operación y prácticamente proporcional a la corriente primaria, se conecta a los circuitos de corriente de uno o varios aparatos de medición, todos ellos conectados en serie.

Los transformadores de corriente pueden tener uno o varios devanados secundarios, bobinados sobre uno o varios circuitos magnéticos separados.

Transformadores de potencial. Es un transformador para medición, donde el primario de dicho transformador está conectado a las terminales entre las cuales se desea medir la tensión, en tanto que el secundario está conectado a circuitos de potencial de uno o varios aparatos análogos en paralelo, y donde la tensión secundaria está dentro de las condiciones normales de operación, prácticamente proporcional a la tensión primaria.

## V. ESTUDIO DE LA SELECCION DE LA PLANTA ELECTRICA DE EMERGENCIA

5.1 GENERALIDADES. Como su nombre lo indica, las plantas eléctricas de emergencia se utilizan en los casos en que las condiciones de falla del suministro de energía eléctrica pongan en peligro vidas humanas, se pierda o se dañe una producción determinada o se afecten otros -- bienes, etc.

Las plantas eléctricas de emergencia son utilizadas en la mayor parte de los sistemas eléctricos de potencia modernos, en su etapa de distribución, en donde se usan frecuentemente dos o más fuentes de alimentación, por ejemplo:

- Instalaciones de hospitales en las áreas de cirugía, recuperación, cuidado intensivo, etc.
- Para la operación de servicios de importancia crítica como son los elevadores públicos.
- Instalación de alumbrados a los cuales acuden gran número de personas; estadios deportivos, aeropuertos, comercios, transportes colectivos, hoteles, cines, etc.
- En la industria en procesos continuos.

- En instalaciones de computadoras, bancos de memoria, -- equipos de procesamiento de datos, torres de control en los aeropuertos, pistas de aterrizaje para aviones, etc.

En los ejemplos citados y en algunos otros casos no deberá desaparecer el suministro de energía eléctrica aún cuando falle la fuente que los abastece, por lo que el diseño de este tipo de sistemas para solucionar dichos problemas son resueltos de diferentes formas, entre las cuales podemos mencionar las siguientes:

- A) Alimentación corriente alterna-corriente directa, uso - generalmente para alumbrado.
- B) Sistema de fuerza ininterrumpida conversión laterfa, inversión.
- C) Suministro normal con generación como emergencia.

En este estudio haremos mención únicamente al sistema de generación como emergencia.

5.2 CLASIFICACION. Las plantas eléctricas las podemos -- clasificar en diferentes formas:

5.2.1 De acuerdo al tipo de combustible que consume el motor que las acciona pueden ser:

- A) Motor de gasolina.
- B) Motor de gas.
- C) Motor de diesel.
- D) Turbina de vapor.
- E) Turbina de gas.

#### 5.2.2 Por su operación:

- A) Manuales
- B) Automáticas.

A) Las plantas manuales, son aquellas que requieren para su operación que se active manualmente un interruptor, para arrancar o pa-  
rar dicha planta. Normalmente este tipo de plantas se utilizan en aque-  
llos lugares en donde la interrupción del suministro de energía eléctrica,  
se puede reestablecer en un periodo de tiempo relativamente largo: unos 3  
a 5 minutos.

B) Las plantas automáticas, son aquellas cuyo funciona-  
miento se realiza sin intervención de un operador ya que inician a trabajar -  
por medio de un interruptor de transferencia, el cual manda una señal a -  
la marcha del motor, el que a su vez comienza a desarrollar su trabajo. -  
Este tipo de plantas son utilizadas normalmente en aquellos lugares en --  
donde el suministro de energía debe de reestablecerse lo más pronto posi-  
ble.

5.3 CONSTRUCCION. La construcción de las plantas de emer-  
gencia en su forma más esencial se componen de los siguientes elementos:

5.3.1 Primotor

5.3.2 Generador

5.3.3 Interruptor principal

5.3.4 Interruptor de transferencia o enlace

5.3.5 Sistema de control

5.3.6 Accesorios

5.3.1 PRIMOTOR. Consiste de cualquier dispositivo que --  
aporte energía mecánica adecuada al generador, los elementos más general-  
izados que podemos utilizar debido a su rapidez en el arranque y por lo --  
tanto para fines de emergencia son los siguientes:

Motores a gasolina

Motores a diesel

Motores a gas

Turbinas de gas

Turbinas de vapor

5.3.2 GENERADOR. Usualmente es un generador síncrono con  
uno o varios pares de polos, dependiendo de las R.P.M. del primotor selec-  
cionado.

En los motores diesel cuya velocidad es mucho más baja, se  
utilizan de 4 a 6 polos.

Para el caso de las turbinas de gas, dada su alta veloci-  
dad de operación se acoplará a generadores de dos polos.

Hay que tener presente un cuidado especial en la selección adecuada del equipo de acuerdo a la buena aplicación del mismo.

5.3.3 INTERRUPTOR PRINCIPAL. La selección del dispositivo protector adecuado, será de acuerdo a la capacidad requerida y a los requerimientos de operación. La capacidad requerida puede ser:

A) Capacidad continua de corriente. Esto es, el interruptor deberá ser escogido a la máxima carga del generador con un F.P. = 0.8 como mínimo.

B) Capacidad interruptiva. Se deberá revisar que la capacidad interruptiva esté de acuerdo con el sistema.

C) Voltaje nominal requerido.

5.3.4 INTERRUPTOR DE TRANSFERENCIA O ENLACE. Este interruptor es el punto más importante del sistema pues todo el tiempo se encuentra en servicio, ya sea en servicio normal o en emergencia. Su operación es automática, su tiempo de operación es alrededor de 0.5 seg., que es el tiempo que tarda en hacer la transferencia, sin que se llegue a presentar el circuito corto.

5.3.5 SISTEMA DE CONTROL. Los sistemas de control son -- tan sencillos o complicados como se quiera tener o las necesidades lo requieran. Dichos controles nos sirven para conocer el funcionamiento del equipo y los límites de operación.

Estos controles pueden ser para equipos de medición o para dispositivos de protección.

Entre los equipos de medición podemos contar con los siguientes: volómetro, amperímetro, frecuencímetro, wáttmetro, sincronoscopio, indicadores de presión de aceite, temperatura de la máquina, carga de baterías.

Para la operación se puede tener arranque y paros automáticos, rearranque, etc.

5.3.6 ACCESORIOS. Podemos contar con serie de dispositivos o accesorios que nos pueden ayudar para la buena instalación y operación del equipo de emergencia.

5.4 SELECCION. El procedimiento de diseño para seleccionar la capacidad más adecuada de una planta generadora para que pueda arrancar y operar las cargas de emergencia sin dificultad alguna, es el siguiente:

5.4.1 El primer paso es saber la carga acumulada, ésto es, se hará una lista de las cargas de alumbrado y aparatos que se van a conectar al circuito de emergencia y que van a funcionar antes de los motores. Si no hay cargas de alumbrado o aparatos, se hace una lista de motores en el orden que van a ser arrancados.

5.4.2 Se deberán indicar en la lista anterior los H.P. de

cada motor, así como letra de código, número de fases, tensión de cada motor, etc.

5.4.3 Con los datos anteriores se determinará la carga -- máxima y la carga continua que la planta generadora deberá ser capaz de -- proporcionar.

La carga máxima deberá ser proporcionada durante el arranque de cada motor y la carga continua cuando todos estén trabajando.

5.4.4 Además deberá tomarse en consideración la eficiencia del generador, para calcular la potencia requerida en la flecha del motor.

5.4.5 Para la selección correcta del primotor, además de la potencia entregada por la flecha, hay que considerar las siguientes -- pérdidas:

- A) Pérdidas por altitud.
- B) Consumo en H.P. del ventilador.
- C) Pérdidas en el escape.
- D) Pérdidas en las bombas.
- E) Pérdidas por temperatura ambiente.
- F) Por humedad relativa del aire, etc.

## VI. DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS

6.1 GENERALIDADES. El objeto del diseño de un sistema de tierras, es proporcionar seguridad al personal, proteger equipos y mejorar la calidad del servicio, en condiciones de funcionamiento normal como de falla en los sistemas eléctricos de potencia.

6.1.1 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE TIERRAS. Son tres los factores principales que deberán tomarse en cuenta al momento de efectuar el diseño de un sistema de tierras.

A) Seguridad del personal. Es importante que tanto en condiciones normales como de falla, no circule ninguna corriente que pudiera ser mortal a través del equipo al cual tenga acceso el personal.

B) Prevención de daños al equipo. Se debe tener en cuenta, que en condiciones de falla es deseable limitar al máximo el voltaje que aparece entre las carcasas de los equipos y el sistema de tierras, cuando circula una corriente de falla.

C) Operación correcta de los equipos de protección. Los equipos de protección que utilicen la corriente de falla a tierra para su operación, deberán considerar la máxima intensidad para su correcto funcionamiento y por lo tanto la eliminación adecuada de las fallas en los sistemas y así obtener una mejor calidad en el servicio.

6.1.2 DIFERENTES DISEÑOS DE UN SISTEMA DE TIERRAS. Para diseñar un sistema de tierras, se consideran básicamente los siguientes arreglos:

A) Sistema de tierras con electrodos individuales. Este sistema es usado en la mayoría de los casos en sistemas de alumbrado exterior y cuando el voltaje al neutro es menor de 150 volts. El sistema -- consiste en colocar un electrodo junto de cada equipo que se va a proteger.

B) Sistema de tierra radial. Es el más barato pero el menos satisfactorio ya que cuando se presenta la falla, se producen gradientes de potencia grandes. Este sistema consiste en uno o varios electrodos interconectados con un cable, al cual se conectan las derivaciones a cada aparato.

C) Sistema en anillo. Se obtiene colocando en forma de anillo un cable de cobre de suficiente calibre, alrededor de la superficie ocupada por el equipo de la planta o la subestación, y conectando derivaciones a cada aparato usando cable más delgado. Es un sistema eficiente y económico; en él se eliminan las distancias de descarga a tierra que se presentaban en el sistema radial, dando como resultado que -- los potenciales peligrosos sean disminuidos al dispersarse la corriente de falla por varios caminos en paralelo.

D) Sistema de malla. Es el más usado actualmente en los sistemas eléctricos modernos, y consiste en una malla formada por cable de cobre, que es conectada por medio de electrodos a partes más profun--

das, con el objeto de buscar zonas de menor resistividad. Este sistema es el más caro de todos, pero a la vez, el más eficiente de los mencionados anteriormente.

6.1.3 ELEMENTOS DE UNA RED DE TIERRAS. Los elementos que sirven para unir los conductores de la red de tierras además de conectar a la red las varillas o electrodos y los conductores derivados de equipo y estructuras. Los conectores que se utilizan en los sistemas de tierras son de tres tipos:

1. Conectores mecánicos.
2. Conectores soldables.
3. Conectores a presión.

Cualquiera que sea el tipo de conector que se seleccione, éste debe estar capacitado para poder soportar la corriente de la red de tierras en forma continua, aún cuando exista una falla.

6.2 PROCEDIMIENTO PARA EL CALCULO DE UN SISTEMA DE TIERRAS.

6.2.1 DATOS PRELIMINARES. Los datos principales para el cálculo del sistema de tierras son:

- A) Resistividad del terreno.
- B) Determinación del potencial de paso.
- C) Determinación del potencial de contacto.
- D) Determinación del potencial de transferencia.

A) Resistividad del terreno. Para poder determinar las características del terreno, es recomendable obtener muestras hasta una profundidad razonable, con el objeto de conocer homogeneidad, humedad, concentración de sales y temperatura de los materiales que componen el terreno.

El objeto de conocer estos parámetros, es que la resistividad del terreno es función de ellos y las variaciones que sufran estos parámetros ocasionarán cambios en la resistividad.

La resistividad del terreno se puede medir por muy diversos métodos, siendo el más común el desarrollado por el Dr. F. Wenner del U.S. Bureau of Standards.

Generalmente, cuando no se puede disponer de un estudio de la resistividad del terreno, se suponen los valores que se describen en la siguiente tabla:

TIPO DE TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHMS-METROS
Tierra orgánica húmeda	10
Tierra húmeda	$10^2$
Tierra seca	$10^3$
Roca sólida	$10^4$

B) Determinación del potencial de paso. Es la diferencia

de potencial que aparece entre los dos pies, separados aproximadamente un metro, cuando una persona está parada en un terreno y en el cual se presenta un gradiente a causa del flujo de la corriente de falla.

Dicho potencial se obtiene con la siguiente ecuación:

$$E_p = \frac{116 + 0.7 \rho_s}{\sqrt{t}} \text{ Volts}$$

En donde:  $E_p$  = Potencial de paso.

$\rho_s$  = Resistividad superficial.

$t$  = Tiempo de duración de la falla.

C) Determinación del potencial de contacto. Es la diferencia de potencial a través del cuerpo de una persona, entre una mano y los dos pies, cuando está tocando un objeto o equipo aterrizado.

La ecuación que nos da este potencial es:

$$E_c = \frac{116 + 0.17 \rho_s}{t} \text{ Volts}$$

En donde:  $E_c$  = Potencial de contacto.

$\rho_s$  = Resistividad superficial.

$t$  = Tiempo de duración de la falla.

D) Determinación del potencial de transferencia. Es el potencial que se presenta cuando una persona parada dentro del área de una planta, en un punto remoto, toca un conductor conectado a tierra en esta planta; aquí la tensión del choque eléctrico puede ser esencialmente igual a la elevación total del potencial de la malla de tierra y no la tracción de este total que se encuentra con los potenciales de paso y con contacto.

#### 6.2.2 DETERMINACION DE LA CORRIENTE MAXIMA DE FALLA.

6.2.2.1 PROCEDIMIENTO. Para determinar el valor correcto de la corriente máxima de falla a tierra que es utilizada para el cálculo del sistema de tierras, es necesario:

A) Determinar el tipo de falla que originará el mayor flujo de corriente entre la malla de tierra y la tierra circundante, y por lo tanto su mayor elevación de potencial, así como los gradientes locales en el área de la planta o subestación.

B) Determinar por cálculo o por analizadores de redes el máximo valor efectivo de la corriente simétrica de falla a tierra existente entre la malla y la tierra circundante, en el instante de iniciarse la falla.

C) Aplicar un factor de corrección para compensar el efecto del desplazamiento de la onda de corriente continua y los decrementos en las componentes transitorias de corriente directa y alterna de la co--

riente de falla, de acuerdo a la siguiente tabla:

DURACION DE LA FALLA Y DEL CHOQUE ELECTRICO T seg.	FACTOR DE CORRECCION
0.08	1.65
0.10	1.25
0.25	1.10
0.50 o más	1.00

Para otros valores de duración intermedia, pueden interpolarse linealmente los valores de este factor de corrección.

D) Aplicar si es necesario, un factor de corrección para considerar los aumentos de las corrientes de falla a tierra debido al crecimiento de los sistemas eléctricos.

#### 6.2.2.2 Determinación del tipo de falla a tierra:

- A) Falla monofásica a tierra.
- B) Falla polifásica a tierra.

6.2.3 DISEÑO PRELIMINAR DEL SISTEMA DE TIERRA. El cálculo del sistema de tierras que se considerará en este estudio, supone que el sistema estará formado por una malla de conductores enterrados horizontal-

mente.

El diseño y cálculo se ajustarán de tal manera que la longitud total del conductor enterrado, incluyendo las varillas, sea la necesaria para que las diferencias de potenciales locales permanezcan dentro de los límites tolerables.

6.2.3.1 CALCULO DEL CALIBRE DEL CONDUCTOR. Los elementos del sistema de tierras, incluyendo conductores, conexiones y electrodos, se diseñarán de tal manera que:

A) Las uniones no se deterioren o fundan en las condiciones más desfavorables de magnitud y duración de la corriente de falla a que queden expuestas.

B) Los elementos sean mecánicamente resistentes, especialmente en aquellos lugares en que quedan expuestos a un daño físico.

C) Además, deberán tener suficiente conductividad para evitar la fusión; lo obtendremos haciendo uso de la ecuación de Onderdunk, la cual es la siguiente:

$$I = A \sqrt{\frac{\log \left[ \left( \frac{T_m - T_a}{234 + T_m} \right) + 1 \right]}{33 S}}$$

En donde: I = Corriente en amperes (falla simétrica)  
A = Sección de cobre en circular mils.

- S = Tiempo durante el cual circula la corriente I, en segundos.
- T<sub>m</sub> = Temperatura máxima permisible en grados centígrados.
- T<sub>a</sub> = Temperatura ambiente en grados centígrados.

Pueden suponerse normalmente los siguientes valores:

- T<sub>a</sub> = 40°C
- T<sub>m</sub> = 1,083°C temperatura de fusión del cobre.
- T<sub>m</sub> = 1,083°C temperatura de fusión conexiones -- soldables de cobre.
- T<sub>m</sub> = 450°C temperatura de fusión conexiones bronceadas.
- T<sub>m</sub> = 250°C temperatura de fusión conexiones mecánicas.

La siguiente tabla permite seleccionar en forma rápida la sección de cobre necesaria, a partir del tiempo de duración de la falla, basándose en la ecuación anterior.

TIEMPO DE DURACION DE LA FALLA	CIRCULAR MILS POR AMPER		
	CABLE SOLO	CON UNIONES DE SOLDADURA DE LATON	CON UNIONES DE CONECTORES
30 seg.	40	50	65
4	14	20	24
1	7	10	12
0.5	5	6.5	8.5
0.1	3.4	3.7	5.7

6.2.3.2 CALCULO DE LA LONGITUD MINIMA REQUERIDA EN LA --- RED. Para determinar la longitud adecuada del conductor que forma la malla, hay que tomar en cuenta la profundidad de enterramiento, la irregularidad de flujo de la corriente en diferentes partes de la red, el diámetro de los conductores, su espaciamiento, el número de conductores paralelos. Con la siguiente ecuación podemos calcular la longitud aproximada del conductor enterrado requerido para mantener el potencial de la malla dentro de los límites de seguridad.

$$L = \frac{K_m K_i \rho I \sqrt{t}}{116 + 0.17 \rho_s}$$

Donde:  $\rho_s$  = Resistividad superficial del terreno en Ohms por metro.

$t$  = Duración máxima de la falla, en segundos.

$I$  = Corriente máxima en Amperes que fluye entre la red de tierras y la tierra ajustada por los factores de crecimiento futuro del sistema.

$K_m$  = Coeficiente que toma en cuenta el efecto del número de conductores paralelos en la red, el espaciamiento de los mismos  $d$ , el diámetro  $d$  de los conductores que forman la red y la profundidad del enterramiento  $H$  de los mismos.

$K_m$  se calcula como sigue:

$$K_m = \frac{I}{2} \ln \frac{D^2}{16hd} + \frac{1}{n} \ln \left( \frac{3}{4} \times \frac{5}{8} \times \frac{7}{8} \times \dots \right)$$

El número de factores dentro del paréntesis en el segundo término es de 2 menos que el número de conductores paralelos  $n$  en la red sin incluir las conexiones transversales.

$K_i$  = Factor de corrección por irregularidad, para tomar en cuenta el flujo de corriente no uniforme en diferentes partes de la red, y se calcula de la siguiente manera:

$$K_i = 0.65 + 0.172 n.$$

$\rho$  = Resistividad promedio del terreno en Ohm-Mt.

L = Longitud total del conductor enterrado en metros.

n = Número de conductores paralelos de la malla en una dirección.

#### 6.2.3.3 CALCULO DE LA RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRAS.

La resistencia del sistema de tierras pueden determinarse mediante la siguiente ecuación:

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

Donde: r = Radio en metros de un círculo que tenga la misma área que la ocupada por la malla de tierras.

L = Longitud total de los conductores enterrados - en metros.

$\rho$  = Resistividad del terreno en Ohms-metro.

#### 6.2.3.4 CALCULO DEL MAXIMO AUMENTO DEL POTENCIAL DE LA --

RED: El máximo aumento de potencial en la red de tierra sobre un punto remoto, se obtiene multiplicando el valor de la resistencia de la red obtenida de la ecuación anterior por la corriente total de la falla.

#### 6.2.3.5 CALCULO DE LOS VOLTAJES DE PASO EN LA PERIFERIA.

Dentro de la malla es posible reducir los potenciales de paso y de contacto a cualquier valor deseado pero el problema existe en la zona inmediatamente fuera del perimetro de la malla.

El problema no es tan grave cuando la resistividad de la superficie tanto dentro de la malla como fuera de ella son semejantes, por lo tanto los potenciales de paso en la periferia no resultan peligrosos.

A continuación se describe la ecuación para calcular los potenciales de paso:

$$E_{\text{paso}} = K_s K_i \rho \frac{I}{L}$$

Donde:  $K_s$  = Coeficiente que toma en cuenta el efecto del número de conductores paralelos  $n$ , el espaciamiento  $D$ , y la profundidad de enterramiento  $h$  de los conductores que forman la malla. Su valor en términos de lo anterior es:

$$K_s = \frac{1}{n} \left( \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \dots \right)$$

El número total de términos dentro del paréntesis será igual al número de conductores paralelos en la red excluyendo las conexiones transversales.

$K_i$ ,  $I$ ,  $L$ , son los parámetros definidos en el punto anterior.

6.2.3.6 CALCULO DEL NUMERO DE VARILLAS EN LA RED. El número total de varillas en la red puede determinarse a partir de la ecuación de Schwarz, y la cual queda de la siguiente forma:

$$R = \frac{\rho}{2\pi n Li} \left[ \ln \frac{4Li}{b} - 1 + \frac{2Ki Li}{A} (\sqrt{n} - 1)^2 \right]$$

Donde: R = Resistencia del grupo de varillas en la red --  
(valor supuesto igual a la resistencia R de la malla).

Ki = Coeficiente dado en tablas, el cual es una función de la relación de la longitud entre el ancho del área.

A = Area donde se encuentran las varillas en m<sup>2</sup>.

ρ = Resistividad del terreno en Ohms-metro.

n = Número de varillas en la red.

L = Longitud de cada varilla en metros.

b = Diámetro de la varilla en metros.

6.2.3.7 POTENCIALES DE TRANSFERENCIA. En los límites de la red de tierras y las zonas externas inmediatas a dicha red, existe el peligro de producirse potenciales de transferencia a través de los conductores de los circuitos de baja tensión, de los conduits, tuberías, rieles, rejillas metálicas, etc. Para evitar estas condiciones peligrosas se recomienda hacer básicamente lo siguiente:

RIELES. Los rieles que entran a una planta no deberán conectarse a la red de tierras de la subestación porque transfieren un aumento de potencial a un punto lejano durante un circuito corto. Para --

evitar ésto se aísla uno o más pares de juntas de los rieles donde éstos salen del área de la red de tierras.

**NEUTROS DE BAJA TENSION.** No deben conectarse a la red de tierras de la planta los neutros de los alimentadores o circuitos secundarios de baja tensión pues al elevarse la red se transfiere a puntos lejanos como una tensión peligrosa entre este hilo y la tierra propia del lugar de que se trate. Para evitar este peligro se aísla de tierra el hilo neutro de baja tensión; éste se debe considerar como conductor vivo aislado de la red de tierras y evitando que el personal pueda tocarlo.

**TUBERIAS DE AGUA.** Las tuberías de agua deben conectarse a la red de tierras de preferencia en varios puntos de igual forma para tuberías de gas, proceso y vapor, así como las chaquetas metálicas de los cables que se encuentran enterradas directamente.

**EDIFICIOS.** Los edificios construidos dentro de las inmediaciones de la subestación, se consideran como parte de la misma, sobre todo si se encuentran unidos al edificio por medio de tuberías, cables telefónicos, de control, etc.

Si están alejados y no hay enlaces conductores se pueden considerar edificios con sus propias redes de seguridad local. Pero si están alimentados eléctricamente desde la subestación y poseen sus propios transformadores, sus neutros deben conectarse solamente a la tierra local de los edificios, si además de ser alimentados desde la subestación existen enlaces conductores, los sistemas locales de tierras deberán interconectarse con el sistema de tierras de la subestación formando una so

la malla en toda la planta.

**BARDAS METALICAS.** En las bardas metálicas aparecen las corrientes de contacto más peligrosas ya que por estar en la periferia de la red de tierras aparecen los máximos gradientes de potencial superficial, por lo que se recomienda que el perímetro de la malla de tierras se extienda más allá de la rejilla 1 ó 1.5 m. para evitar tensiones de contactos peligrosos.

**6.2.3.8 CORRECCION DEL DISEÑO PRELIMINAR.** Si los cálculos del diseño preliminar indican que pueden existir diferencias de potencial peligrosos, las siguientes recomendaciones deberán estudiarse y aplicarse cuando sea necesario:

A) Reducir la resistencia total de la red, lo cual reducirá al máximo el aumento de potencial de la malla. Existen dos formas de hacerlo:

1. Aumentando el área ocupada por la red.

2. Si el área es limitada, aumentando el número de varillas enterradas o conectando la red a los tubos de pozos profundos si los hay.

B) Reducir la separación de los conductores que forman la malla en los límites, a la condición de placa metálica.

C) Agregar capas de roca triturada de alta resistividad en la superficie del terreno para aumentar la resistencia en serie con el -- cuerpo.

D) Limitar cuando sea posible las corrientes de falla a -- tierra.

E) Proveer pasos adicionales a las corrientes de falla a -- tierra por medio de los cables de guarda de las líneas de transmisión, conectando éstos a la red de tierras.

6.3 EQUIPOS QUE DEBEN CONECTARSE A TIERRA. Se deberán -- aterrizar para evitar que en algún momento puedan quedar a un potencial -- diferente del de tierra y ser tocado por el personal, los siguientes equi -- pos:

6.3.1 ESTRUCTURAS DE EDIFICIOS. Se deberán conectar a -- tierra mediante cable de cobre con conectores soldables por fusión, todas las columnas de las esquinas y las intermedias que así lo requieren para tener las conexiones a distancias que no excedan de 20 m.

6.3.2 ESTRUCTURAS DE SUBESTACIONES ASI COMO LOS EQUIPOS -- METALICOS QUE AHI SE ENCUENTREN INSTALADOS.

6.3.3 CERCAS METALICAS EN LAS SUBESTACIONES. Deberán con -- nectarse los postes de las esquinas así como las puertas a los postes pa -- ra permitir una continuidad eléctrica en las mismas.

6.3.4 RECIPIENTES METALICOS Y EQUIPOS INDUSTRIALES O DE PROCESO. Para ésto se usará conectores soldables del tipo cable a placa.

6.3.5 VIAS DEL FERROCARRIL. En la forma que se indica en el inciso 6.2.3.8.

6.3.6 CUBIERTAS METALICAS. Cubiertas metálicas que contengan o protejan equipos eléctricos tales como transformadores o tableros, los que deberán conectarse en dos puntos de la red.

6.3.7 CARCAZAS DE MOTORES Y GENERADORES. Independientemente del tamaño y tensión, de preferencia con conectores mecánicos.

6.3.8 ESTACION DE BOTONES O EQUIPO DE CONTROL. Cuando así se requiera.

6.3.9 DUCTOS Y CHAROLAS PARA CABLES.

6.3.10 BLINDAJES Y FLEJES DE ARMADO DE LOS CABLES así como las cubiertas de plomo de los mismos.

6.3.11 CARCAZAS DEL EQUIPO ELECTRICO PORTATIL. Estas -- quedarán conectadas a tierra a través de los contactos polarizados a los que se conectan.

6.3.12 TUBERIA CONDUIT Y TUBERIA DE PROCESO. A menos -- que los soportes de las mismas estén conectados firmemente a tierra.

6.3.13 CARROS TANQUES Y AUTOTANQUES. Al momento de la - descarga.

6.3.14 NEUTROS DE GENERADORES Y TRANSFORMADORES. Cuando así lo requieran.

6.3.15 APARATOS Y EQUIPOS SUSPENSORES DE SOBRETENSIONES.

## VII. APLICACION PRACTICA DEL ESTUDIO

7.1 GENERALIDADES. Como se mencionó al principio de este estudio, un proyecto tiene que cumplir un programa de trabajo que requiere de una fuente de información y una cuidadosa administración para cubrir las necesidades que contempla dicho proyecto.

Estas necesidades a realizar se tendrán que plantear en base a objetivos concretos, los cuales se preestablecen tomando en consideración problemas anteriores que han brindado una serie de experiencias, así como necesidades para satisfacer un fin, y limitar el tiempo en el principio y terminación del proyecto.

Cabe hacer mención que en la mayoría de todos los proyectos participan las siguientes disciplinas de ingeniería:

Mecánica, Química, Civil, Eléctrica, Electrónica, así como disciplinas de orden administrativo. Cada una de estas disciplinas tiene sus propias características por lo cual no cabe generalizarlas ni jerarquizarlas.

Es de entenderse que la disciplina de Ingeniería Eléctrica operará según las necesidades preestablecidas, conjuntamente con objetivos específicos requeridos por las diversas disciplinas de Ingeniería, llegando a conjuntar necesidades y criterios para tener las fuentes de información adecuadas que se traducirán en bases de diseño.

A continuación se presenta un ejemplo que puede servir como modelo para el estudio y aplicación del diseño de los Sistemas Eléctricos de Potencia, teniendo como guía las bases de diseño de una industria textil de la cual se mencionarán los puntos más importantes de cada una de las disciplinas que afectan directamente al planteamiento de este ejemplo.

Es necesario aclarar que todo este estudio se hizo en forma idealizada, apoyándonos en casos reales y en la experiencia técnica de nuestro Director de Tesis.

Como se mencionó anteriormente la Ingeniería Eléctrica desempeña el papel de servicio dentro del contexto de un proyecto, por lo cual tiene la obligación de conocer los requerimientos y necesidades de las diversas disciplinas de la Ingeniería.

Para proceder a la elaboración del diseño, el primer punto a considerar son las bases generales de diseño, por lo que a continuación se enlistan dichas bases, las cuales fueron elaboradas tomando en cuenta todas las necesidades de una planta textil de magnitud un poco más considerable a las que convencionalmente se han venido proyectando.

BASES DE DISEÑO

INDUSTRIAS TEXTILES

DESCRIPCION: Fábrica de Hilados y Tejidos.

TITULO: Bases de Diseño para Generar Ingeniería de Diseño y Construcción.

PROYECTO No.: Sin referencia.

ELABORARON: Gilberto Esparza Castañón  
Alfredo Flores Vega  
Gerardo Darío Rubí Olivera

APROBO: Ing. Luis Murow Itquin

1.0 FUNCION DE LA PLANTA. La Planta de Hilados y Tejidos, se ubicará en la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca, Mor., - recibirá y procesará algodón y fibras sintéticas provenientes de los diferentes centros distribuidores de fibras textiles ubicados en distintos puntos de la República.

El proceso comprende dos etapas de fabricación:

1. La fabricación propia del hilo.
2. Fabricación y acabado de la tela.

2.0 RENDIMIENTO, CAPACIDAD Y FLEXIBILIDAD DE LA PLANTA.

2.1 RENDIMIENTO O FACTOR DE SERVICIO. El factor de servicio para la planta será del 95% mínimo, 350 días del año.

2.2 CAPACIDAD DE RECIBO. Se considera que la planta manejará las siguientes capacidades de materia procesada:

DISENO:	1,000 Toneladas Anuales
NORMAL:	787 Toneladas Anuales
MINIMO:	500 Toneladas Anuales

2.3 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO. La planta contará con un almacén de recibo para una capacidad de 500 toneladas de materia prima, así como de 100 toneladas de material en proceso, contando además --

con un almacén de producto terminado de 50 toneladas.

2.4 FLEXIBILIDAD. Debido a las características operacionales de la planta, ésta no podrá seguir operando a falla de cualquiera de los siguientes servicios:

- Energía eléctrica
- Vapor de agua
- Materia prima
- Combustible.

### 3.0 ESPECIFICACIONES DE FLUJOS DE PROCESO.

#### 3.1 DE ALIMENTACION.

##### 3.1.1 CONTINUO.

	COMPONENTE	% FIBRA
	Algodón	100%
	Poliéster	30%
MEZCLA	Algodón	70%
IMPUREZAS:	Desperdiciables	
FLUJO:	60 ton./año.	

3.1.2 VARIABLE.

COMPONENTE	% FIBRA
Algodón	60%
Poliester	40%

IMPUREZAS: Desperdiciables  
FLUJO: 10 ton./año

3.1.3 ESPECIAL.

COMPONENTE	% FIBRA
Lino	5%
Algodón	50%
Poliester	45%

IMPUREZAS: Desperdiciables  
FLUJO: 8.7 ton/año.

3.2 PRODUCTOS.

3.2.1 HILOS.

3.2.2 TELAS.

#### 4.0 CONDICIONES DE FLUJO DEL PROCESO.

NOTA : No se pudieron establecer condiciones de flujo, ya que el proyecto es hipotético.

5.0 ELIMINACION DE DESECHOS. Se contará con un sistema de tratamiento de efluentes el cual consistirá en un tratamiento primario consistente en dos fosas de neutralización, que colectará los efluentes de las áreas de proceso, tintorería y tratamiento de aguas.

Para neutralizarla se acondicionará ácido sulfúrico y sosa cáustica de manera intermitente y posteriormente se bombearán los efluentes al exterior de la planta.

6.0 INSTALACIONES PARA ALMACENAMIENTO. Se requieren locales acondicionados para almacenar materias primas, productos intermedios y terminados, así como un depósito para gas y/o diesel.

7.0 ESPECIFICACION DE LOS SERVICIOS AUXILIARES REQUERIDOS EN LA PLANTA.

7.1 AGUA CRUDA. El suministro de agua cruda a la planta se hará a partir de dos pozos situados dentro de los mismos límites de la planta, almacenándose posteriormente en una cisterna de 5,000 metros cúbicos. A esta agua se le acondicionará cloro con el objeto de reducir los materiales orgánicos, bombeándose posteriormente hacia la sección de pretratamiento de agua.

El agua también será utilizada para el sistema contra incendio.

7.2 PRETRATAMIENTO DE AGUA. El agua cruda será sometida a un tratamiento con el objeto de reducir la turbidez y los sólidos en suspensión. Este tratamiento consiste en un clarificador de 25 metros cúbicos/hora, al cual se le dosifican agentes coagulantes como sulfato de aluminio, cal y polielectrolito, para posteriormente pasar el agua a través de dos filtros de arena y enviada a la cisterna de almacenamiento de agua filtrada.

Esta agua, se utilizará como alimentación a la planta desmineralizadora, como repuesto a la torre de enfriamiento, como agua de servicios, etc.

7.3 DESMINERALIZACION. El agua filtrada será alimentada a dos filtros de carbón con el fin de eliminarle el cloro residual y materiales orgánicos, así como sales que pudiera tener todavía el agua.

Este sistema consta de dos unidades catiónicas colocadas en paralelo, un desgasificador, dos unidades aniónicas en paralelo y un intercambiador de iones de lecho mixto.

La regeneración de la resina se efectuará con ácido sulfúrico y sosa cáustica.

Una vez ya desmineralizada el agua, es enviada a un tanque de almacenamiento, el agua es bombeada posteriormente hacia las áreas de proceso y calderas.

7.4 GENERACION DE VAPOR. La generación de vapor se efectuará por medio de calderas de tubos de agua, para lo cual se dispondrá de tres calderas con capacidad de 32.4 Ton./H. cada una, manteniendo dos de ellas en operación y quedando la tercera en reserva.

La alimentación de agua a las calderas, se hará por medio de tres bombas centrífugas, de las cuales se tendrán dos en operación normal y la tercera de reserva.

Se contará también con un desaerador en donde se realizará una mezcla de agua desmineralizada, condensados provenientes de la -- turbina y condensados de proceso.

El vapor generado tendrá una presión de:

33.0 Kg./cm<sup>2</sup> máxima, 28.0 Kg./cm<sup>2</sup> normal. 23.7 Kg/cm<sup>2</sup> mínima.

Así mismo, dicho vapor tendrá la siguiente temperatura:

330°C máxima, 320°C normal, 310°C mínima.

El vapor generado con las condiciones anteriores será alimentado a una turbina para generación de energía eléctrica, obteniéndose de dicha turbina vapor de extracción a una presión de 14 Kg/cm<sup>2</sup>, el cual se utilizará como vapor de mediana presión para las áreas de proceso que así lo requieran.

Cuando el turbogenerador esté fuera de servicio se utilizará una reductora de presión para transformar el vapor de alta presión en vapor de mediana presión, con el fin de utilizarlo en los lugares necesarios.

El funcionamiento de las calderas se hará normalmente con gas natural, pero en caso de falla del mismo, se podrá utilizar diesel, para lo cual se contará con un tanque y bomba para almacenamiento y tres bombas de alimentación a las calderas.

7.5 AGUA DE ENFRIAMIENTO. Se contará con una torre de enfriamiento del tipo doble flujo cruzado, tiro inducido con dos celdas, -- con una capacidad para 600 m<sup>3</sup>/h. a una temperatura de retorno de 37°C y una salida de 28°C. Para efectuar la recirculación del agua se contará con tres bombas, de las cuales dos estarán en funcionamiento continuo y una de reserva, dichas bombas succionarán a un cárcamo común.

7.6 SISTEMAS CONTRA INCENDIOS. Se instalarán tres bombas en la cisterna de agua cruda, de las cuales dos serán con motor eléctrico y una con motor de combustión interna.

Estas bombas enviarán agua hacia la red de hidrantes internos y externos, así como a un sistema de niebla consistente en toberas de alta velocidad que se instalarán en los locales de almacenamiento de materias.

7.7 AIRE COMPRIMIDO. El aire comprimido será producido -- por dos compresores recíprocos, con una operación de  $7.7 \text{ Kg/cm}^2$ , conteniendo además un sistema de filtros, un secador y un postenfriador.

El aire será enviado hacia dos tanques amortiguadores donde posteriormente será enviado a los lugares de consumo.

7.8 ENERGIA ELECTRICA. La energía eléctrica será generada por un turbogenerador, en el cual la turbina será del tipo extracción controlada, y como se mencionó anteriormente, se obtendrá vapor de extracción de  $14 \text{ Kg./cm}^2$ , siendo impulsada por vapor de alta presión, teniendo acoplado un generador eléctrico que tendrá una capacidad de 7,000 Kw a un voltaje de 4,160 Volts. Este sistema estará respaldado por la red de Comisión Federal de Electricidad, estando la carga repartida entre los dos sistemas y al fallar cualesquiera de éstos, uno solo podrá con toda la -- carga.

7.9 TELEFONOS E INTERCOMUNICACION. Se considerará un sistema telefónico exterior, así como uno interior incluyendo la intercomunicación con las áreas de proceso.

7.10 DESFOGUES. Se diseñará la red de desfuegos hasta -- los límites de propiedad, considerando que se tendrán desfuegos de alta y baja presión, debido a causas principalmente de falta de agua de enfriamiento, falla de energía eléctrica o por fuego, incluyendo además sus pro

pias purgas.

### 8.0 CONDICIONES CLIMATOLOGICAS:

8.1 TEMPERATURA. Las temperaturas registradas en la zona son:

Máxima extrema:	36.1°C
Mínima extrema:	8.1°C
Máxima promedio:	32.3°C
Mínima promedio:	12.6°C
Promedio:	22.7°C
Promedio del mes más caliente	34.8°C
Promedio del mes más frío	10.2°C

8.2 PRECIPITACION PLUVIAL. Las precipitaciones pluviales son:

Máxima 24 horas	107.2 mm.
Anual media	1,105.6 mm.

### 8.3 NUMERO DE TORMENTAS ELECTRICAS POR MES.

ENE.	1	MAY.	11	SEP.	10
FEB.	0	JUN.	8	OCT.	1
MAR.	0	JUL.	16	NOV.	1
ABR.	4	AGO.	18	DIC.	1

8.4 VIENTO. La dirección de los vientos dominantes del sureste y los vientos reinantes del suroeste.

La velocidad media es de 1.01 m/seg.

La velocidad máxima es de 2.0 m/seg.

9.0 LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA. Como se dijo anteriormente, la planta estará ubicada en la Ciudad Industrial del Valle de Cuernavaca, en el Estado de Morelos, y las coordenadas del límite de propiedad serán:

La altura sobre el nivel del mar en donde se localizará la planta es de 1,538 m., y no se cuenta con más terreno disponible para ampliaciones que el existente.

## 10. BASES DE DISEÑO ELECTRICO.

10.1 ALCANCE. La Ingeniería de Proyecto y Diseño Eléctrico deberá comprender principalmente los dibujos eléctricos, memorias de cálculo, etc., así como la administración y control del proyecto, encaminados a satisfacer las necesidades de la Ingeniería de Construcción.

Todo el diseño eléctrico deberá cumplir, como ya se dijo anteriormente, con las siguientes características:

- A) Seguridad
- B) Flexibilidad
- C) Confiabilidad
- D) Simplicidad
- E) Economía.

10.2 CODIGOS Y REGLAMENTOS. El diseño eléctrico deberá estar de acuerdo y cumplir con todo lo relacionado a normas y reglamentos sobre Ingeniería Eléctrica, siendo los principales los que a continuación se enlistan:

- Reglamentos de Obras e Instalaciones Eléctricas de la Re

pública Mexicana (R.O.I.E.).

- National Electrical Manufacturers Association (N.E.M.A.)
- Manual de Alumbrado de la Sociedad Mexicana de Ingenieros en Iluminación (S.M.I.I.).
- Standards of Institute of Electrical and Electronic Engineers (I.E.E.E.).
- Standards of Insulated Power Cable Engineers Association (I.P.C.E.A.)
- Unites States American Standards Institute (U.S.A.S.I.)
- Lightning Protection Code (L.P.C.)
- Dirección General de Normas (D.G.N.).
- American National Standards Institute (A.N.S.I.).
- National Fair Protection Code (N.F.P.C.).
- Comité Consultivo Nacional de Normalización de la Industria Eléctrica (C.C.N.N.I.E.).

10.3 TENSION DE UTILIZACION. Las tensiones recomendadas

para cada uno de los diferentes sistemas son las siguientes:

10.3.1 DISTRIBUCION EN MEDIANA TENSION. Para este diseño se utilizará una tensión de distribución de 4,160 Volts, por ser la que - técnica y económicamente es la más factible.

10.3.2 DISTRIBUCION EN BAJA TENSION. Las tensiones usuales para alimentar equipos eléctricos en baja tensión será de 480 Volts.

10.3.3 MOTORES FRACCIONARIOS. Dependiendo de su diseño - éstos se usarán en 220 y/o 127 Volts.

10.3.4 ALUMBRADO. Para el alumbrado exterior y naves de proceso es conveniente utilizar una tensión de 440/254 Volts, en tanto -- que para las oficinas e interiores es aconsejable utilizar 220/127 Volts.

10.3.5 CONTACTOS MONOFASICOS. Cualesquiera que sea su tipo se usará la tensión de 127 Volts, incluyendo control e instrumentos.

10.4 CANALIZACIONES. En su mayoría las instalaciones serán en forma semiculta, utilizándose principalmente tubería conduit y -- charola. En el caso de la instalación sea subterránea, se harán ductos -

de tubo conduit de pared gruesa, galvanizado o tubos de asbesto cemento - según se requiera. A los ductos se les deberá cubrir con una capa de concreto pobre pigmentada de color rojo, con un espesor de 8 cms. a partir - de la superficie exterior del tubo conduit.

#### 10.5 CONDUCTORES ELECTRICOS.

10.5.1 CONDUCTORES CON AISLAMIENTO MAYOR DE 600 VOLTS. Para tensiones mayores de 600 Volts, todos los cables deberán tener las siguientes características:

A) Temperatura. La temperatura máxima permisible del conductor será:

En operación normal	90°C
Bajo condiciones de operación de emergencia o sobrecarga.	130°C
Bajo condiciones de circuito corto	150°C

B) Aislamiento. El aislamiento deberá ser de polietileno vulcanizado, cadena cruzada (XLP) termoestable, resistente al calor, aceite, humedad, ozono y efecto corona.

El nivel de aislamiento del cable será del 133%.

El mínimo espesor de cualquier punto no deberá ser menor al 90% del espesor promedio.

Las propiedades físicas, químicas y eléctricas del aislamiento deberán estar de acuerdo con las normas I.C.E.A.

- C) Pantalla. La pantalla deberá ser semiconductor, de un compuesto termoestable o termoplástico y extruida sobre el aislamiento compatible con ésta y de color negro, -- adecuado a las temperaturas del cable.
- D) Pantalla Electroestática. Una capa conductora metálica, no magnética, deberá ser aplicada sobre la pantalla semi-conductora, debiendo ser una cinta de cobre no menor a 0.1 mm. de espesor, aplicada helicoidalmente con un - traslape mínimo del 10%.
- E) Cubierta Protectora Exterior. El compuesto de la cubierta exterior deberá ser de cloruro de polivinilo --- (PVC), termoplástico, extruido, servicio pesado. Además deberá ser retardador de flama y no propagador del fuego, resistente al calor, humedad, aceite, agentes -- químicos y no deberá degradar con la luz solar. La cubierta exterior debe ser de color rojo claro y marcada con la identificación del fabricante, rango de tensión, tipo de aislamiento del cable y calibre del conductor, en secuencia y estampados a lo largo de la longitud completa del cable.

10.5.2 CONDUCTORES CON AISLAMIENTO PARA 600 VOLTS. Se -- utilizarán en sistemas de 480 Volts y deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

- A) Conductores. Los cables serán conductores de cobre sua ve, distribuidos en capas concéntricas clase B, de acuer do a la norma I.C.E.A.
- B) Temperatura. Las condiciones de temperatura que debe-- rán cumplir los cables son:
- Bajo condiciones de operación normal en ambiente seco. 90°C
  - Operación normal en ambiente húmedo. 75°C
  - Operación en contacto con aceites y áci-- dos en concentraciones moderadas. 60°C
  - Bajo condiciones de operación de emer-- gencia o sobrecarga. 105°C
  - Bajo condiciones de circuito corto. 250°C
- C) Aislamiento. El aislamiento de estos cables deberá ser termoplástico de cloruro de polivinilo (PVC) aplicado - al conductor para extrucción, retardador de la flama y no propagador del fuego. Resistente al calor, humedad, aceite, agentes químicos, ozono, abrasión y no degradar-- se con la luz solar.

Las propiedades físicas, químicas y eléctricas del aislamiento, deberán estar con la norma I.C.E.A.

La cubierta exterior deberá ser del color indicado y --  
-- marcado con la identificación del fabricante, clase de  
-- voltaje, tipo de cable y calibre del conductor. Todo --  
-- ésto deberá estar estampado a lo largo de toda la longi-  
tud del cable.

10.5.3 CALIBRES. Los calibres mínimos de conductores a --  
utilizar son:

Para fuerza mediana tensión	Nº 6 AWG
Para fuerza baja tensión	Nº 10 AWG
Para alumbrado	Nº 12 AWG
Para control	Nº 14 AWG

10.5.4 CODIGO DE COLORES. El código de colores que se --  
utilizarán en los conductores es:

Negro -----	Energía normal
Blanco -----	Neutro
Gris -----	Control
Verde -----	Tierras

10.5.5 CONDUCTORES PARA TIERRAS. Los conductores para --

tierras serán de cobre desnudo, semiduro, calibre adecuado a las necesidades e irán directamente enterrados.

10.5.6 CONDUCTORES PARA PARARRAYOS. Este tipo de conductores deberán ser de cobre suave, trenzado en forma hueca tipo tubular, o en su defecto, cable de cobre semiduro calibre N° 1/0 AWG.

10.5.7 CAIDA DE TENSION. La caída de tensión permisible en circuitos de fuerza no deberá ser mayor de 4%, desde las terminales -- del transformador de potencia hasta el punto de utilización más alejado. Para los circuitos de alumbrado, la máxima caída de tensión permisible no deberá ser mayor del 3%, en las mismas condiciones que los sistemas de -- fuerza.

10.5.8 ACCESORIOS. Todos los accesorios que se especifiquen en el diseño (contactos, apagadores, cajas de conexiones, etc.) serán los adecuados para operar dentro de los diferentes tipos de ambiente que se trate (a prueba de intemperie, de polvo, etc.).

10.6 SUBESTACIONES. Los tipos de subestación a emplear -- serán de dos:

- A) Subestación en hexafluoruro de azufre ( $SF_6$ )
- B) Subestación compacta blindada.

A) Subestación en hexafluoruro de azufre ( $SF_6$ ). Dado que la tensión de suministro a la cual entregará Comisión Federal de Electricidad, es de 115 KV, el sistema de barras y cuchillas desconectoras serán del tipo encapsulado en hexafluoruro de azufre.

B) Subestaciones compactas blindadas. Este tipo de subestación se utilizará tanto en la Subestación de generación, como en las subestaciones de distribución.

Los dos tipos de subestaciones mencionados anteriormente, deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- Nivel de aislamiento. Se deberán diseñar para que no se presenten causas como: tensiones a la frecuencia del sistema, que no excedan la tensión máxima de diseño, sobretensiones temporales, sobretensiones por maniobras y sobretensiones por perturbaciones atmosféricas.
- Corriente máxima de servicio. Deberán ser diseñadas para soportar la corriente nominal del sistema más un 25% de ampliaciones futuras, debiendo tenerse en cuenta los límites de temperatura recomendables, así como también la máxima potencia continua que deban soportar.
- Corriente de circuito corto. Se deberá tener en cuenta la capacidad de interrupción al circuito corto, tanto si métrica como asimétrica, para la selección de los interruptores.

10.7 TRANSFORMADORES. Los transformadores proporcionarán la energía necesaria para tableros de 5 Kv. y de 480 Volts, éstos deberán diseñarse para operar en paralelo y tendrán que estar de acuerdo con las características siguientes:

- |  |        |
|--|--------|
| - Enfriamiento   | OA-FA  |
| - N° de fases  | 3      |
| - Frecuencia   | 60 Hz. |
| - Elevación de temperatura con 55°C ambiente máximo de 40° C y con aislamiento 65°C. |        |
| - N° de devanados  | 2      |

Por otro lado, deberá considerarse una carga futura del -- 25% y previsión para ventilación forzada, y cuando se tengan dos transformadores en una subestación la capacidad de cada uno deberá ser tal que -- pueda alimentar el total de las cargas o como mínimo las cargas críticas en caso de falla de alguno de ellos. Para la selección de los transformadores los factores de demanda y diversidad serán de acuerdo a estudios -- y/o tablas hechas por algunos fabricantes o de acuerdo al comportamiento del sistema.

## 10.8 DISTRIBUCION GENERAL DE FUERZA.

10.8.1 SISTEMA DE DISTRIBUCION PRIMARIA. Se contará con el sistema primario de distribución, con un sistema selectivo en primario teniendo dos puntos de acometida como sigue:

- Generación propia. Se generará energía eléctrica por medio de un turbogenerador, a 4,160 Volts.
- Respaldo de Comisión Federal de Electricidad. Se tendrá este respaldo con una acometida de 115 Kv. realizándose una transformación inmediata a 4,160 Volts.

10.8.2 TABLEROS DE DISTRIBUCION PRIMARIA. Se tendrá un voltaje de distribución primaria en 4,160 Volts, tomando en cuenta los equipos y motores que operarían con este voltaje, el cual es el más recomendable tanto técnica como económicamente. Por lo tanto, el tablero principal de distribución deberá soportar el voltaje antes descrito.

10.8.3 SISTEMA DE DISTRIBUCION SECUNDARIA. El sistema de distribución secundaria al igual que el primario, será selectivo con centros de carga distribuidos en los lugares apropiados.

El voltaje de utilización de estos motores será de 480 Volts, siendo los centros de control de motores de acuerdo a la cantidad de los mismos requeridos en la zona correspondiente.

10.8.4 ALIMENTADORES. Los alimentadores serán diseñados tomando en cuenta la carga del circuito, ampacidad, la caída de tensión y la corriente de circuito corto que pueda circular por dicho alimentador.

## 10.9 DISTRIBUCION GENERAL DE FUERZA EN BAJA TENSION.

10.9.1 SISTEMA DE ALIMENTACION PARA TABLEROS DE DISTRIBUCION Y CENTRO CONTROL DE MOTORES (C.C.M.). La alimentación a tableros de distribución a partir de los transformadores será por charolas preferentemente y el sistema de distribución deberá ser tal que cubra las necesidades del proceso con un buen grado de confiabilidad a un costo razonable.

10.9.2 ALIMENTADORES PARA MOTORES. La alimentación a motores a partir del centro de carga a centro de control de motores será -- subterránea preferentemente, y cada motor tendrá un conduit individual para su alimentación desde dicho centro de control.

Si la alimentación a motores requiere calibre mayor el No. 4 AWG, los conductores para control se llevarán por separado.

10.9.3 CONTROL DE MOTORES. Cada motor se controlará y -- protegerá con una combinación de arrancador interruptor instalados en los C.C.M., debiendo contar cada motor con control de estaciones de botones -- visibles a él o en centros de mando.

10.9.4 PROTECCION. Cada motor deberá protegerse adecuadamente por sobrecarga, rotor broqueado, falla entre fases, a tierra, para lo cual se deberán emplear interruptores instantáneos del tipo termomagnético, adecuado a la capacidad de circuito corto.

Los relevadores de sobrecarga para arrancadores magnéticos deberán proteger las tres fases.

10.9.5 MOTORES. Los motores serán del tipo inducción jau la de ardilla, tetra de diseño B. Dependiendo del ambiente serán, a prue ba de goteo y salpicadura, totalmente cerrados con ventilación o según -- sea el área o la necesidad que tenga.

Todos los motores mayores a 1/2 H.P. serán trifásicos los menores o igual a 1/2 deben ser monofásicos en 220 ó 127 Volts.

#### 10.10 ALUMBRADO.

10.10.1 NIVELES DE ILUMINACION. Los niveles de ilumina-- ción serán de acuerdo a las áreas correspondientes:

Area de proceso	300 luxes
Calzada y patios	50 luxes
Oficinas	250 luxes
Almacenes	100 luxes

10.10.2 TABLEROS DE ALUMBRADO. Los tableros de alumbrado y contactos serán 3 fases 4 hilos, 60 Hz, tipo centros de carga con interruptor principal y derivados del tipo termomagnético.

Deberán tener una reserva mínima del 20% para cargas futuras.

10.10.3 LUMINARIOS. En el área de proceso y almacenes se utilizarán luminarias industriales del tipo de vapor de mercurio, con curva de distribución tipo V.

Para las calzadas y patios se utilizarán reflectores y unidades de alumbrado público tipo IV.

Para oficinas, se utilizará alumbrado fluorescente.

10.10.4 ALUMBRADO DE EMERGENCIA. Se considerará alumbrado de emergencia en el área de proceso y oficinas, será del tipo incandescente con baterías de Níquel-Cadmio.

#### 10.11 SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS.

10.11.1 El sistema de tierras utilizado será del tipo malla, contando cada edificio así como la subestación con su propio sistema, estando interconectados todos ellos.

El objeto de interconectar las mallas es con el fin de formar una sola malla ininterrumpida, además se deberá considerar electrodos de descarga en las esquinas como a lo largo de la malla.

El número de éstas como su longitud quedarán determinados mediante cálculos, tomando en cuenta la resistividad del terreno.

Las conexiones deberán tomar en cuenta todos los equipos - eléctricos, así como estructuras metálicas, tanques, chimeneas, tubería - conduit, tubería de proceso, etc., siendo las conexiones por medio de conectores mecánicos o soldables, según se requiera.

10.11.2 El sistema de pararrayos consistirá de puntas tipo Faraday, unidas por cable de cobre desnudo e interconectadas con el -- sistema de tierras y/o a electrodos de descarga.

10.12 RESISTIVIDAD ELECTRICA DEL TERRENO. Los valores de resistividad eléctrica del terreno serán:

Resistividad superficial.

Resistividad del terreno a una profundidad de 60 cm. como mínimo.

Mínima.

Máxima.

10.13 REQUISITOS ESPECIFICOS DEL PROYECTO ELECTRICO.

10.13.1 ALIMENTACION A MOTORES.

<u>H.P. DE POTENCIA</u>	<u>VOLTAJE</u>	<u>FASES</u>
Hasta 1/2	220/127	1
3/4 hasta 200	480	3
201 hasta 2,000	4,160	3

10.13.2 ALUMBRADO. Las características del alumbrado serán:

Interiores	220/127 Volts Vapor Mercurio
Exteriores	440/254 Volts Vapor Sodio A.P.

11. BASES DE DISEÑO PARA TUBERIAS

11.1 SOPORTES. El tipo de soportes a considerar son racks de acero de 8.0 metros de altura.

11.2 DRENAJES. El tipo y características de los drenajes a emplear son:

11.2.1 PLUVIAL. Este proyecto considerará coleccionar las diferentes bajadas pluviales en colectores individuales que se conectarán a un colector principal, por medio de alcantarillas distribuidas a lo lar

go de las calles, con el objeto de mantener drenada el área por habilitar cuando la precipitación pluvial sea máxima.

11.2.2 SANITARIO. El drenaje sanitario captará las aguas provenientes de las regaderas, baños, lavabos y fosas sépticas, uniéndose todas las aguas para descargar a la fosa de colección de tratamiento de - aguas.

Las fosas sépticas tratarán las aguas provenientes de inodoros y mingitorios, localizándose las mismas lo más cercano posible al -- área de servicio.

11.2.3 INDUSTRIAL. El drenaje industrial colectará el -- resto de las aguas provenientes de las áreas de proceso y tintorería, así como las provenientes de los servicios y se manejará en forma separada de los drenajes antes mencionados, siendo conducidas hacia el área donde se localizarán las instalaciones para tratamiento de afluentes líquidos.

11.3 INTERCONEXIONES. Los servicios requeridos en la --- planta y que se describen a continuación, se interconectarán a los cabezales de sus respectivas áreas, dejando previsión para conexiones futuras; vapor condensado, agua de enfriamiento de alimentación, agua de enfria--- miento de retorno, combustible, agua de servicios, agua potable, aire de planta, agua contra incendios, energía eléctrica, teléfonos.

12. BASES DE DISEÑO CIVIL. Para el diseño civil el manual aplicable en solicitudes por viento y sismo será el Manual de --- Obras Civiles de la Comisión Federal de Electricidad, para cargas vivas - el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal, American Concret -- Institute (Instituto Americano del Concreto) y para el diseño estructural el American Institute Steel Construction (Instituto Americano de Construcciones de Acero), Manual Monterrey, el American Welded Steel y el Aícos - Hornos de México, S. A.

12.1 NIVELES. Los niveles que se tendrán en el sitio que ocupará la industria objeto de nuestro estudio serán:

- |                                  |   |
|----------------------------------|---|
| A) Nivel freático Máx./Mín.      | 15 M.   |
| B) Banco de nivel de referencia. | Sobre cúpula de iglesia en el pueblo de Tejalpa, Mor.                 |
| C) Nivel de piso terminado.      | 1,530 que equivale al -- 0.00 de Textiles Morelos en Cuernavaca, Mor. |

12.2 TOPOGRAFIA. El terreno donde se asentará la industria se puede considerar plano, ya que no presenta desniveles mayores de 1.50 m.

12.3 GEOLOGIA. El sitio es de tipo basáltico fragmentado con un porcentaje de arcilla.

12.4 ESTRUCTURAS. El diseño de las estructuras deberá -- considerar que éstas serán metálicas y que el concreto será elástico.

12.5 MECANICA DE SUELOS. Para el desplante de las naves industriales, deberá contarse con un estudio de Mecánica de Suelos.

12.6 DISEÑO ARQUITECTONICO. El tipo de edificios o construcciones que se desea en el límite de propiedad son:

- a) Subestación o cuarto de control eléctrico con espacio para operador y un servicio sanitario.
- b) Cobertizo para equipos compresores de aire, con persianas en la parte superior del lado norte.
- c) Cobertizo para alojar las bombas contra incendios.
- d) Cuarto para calderas.
- e) Talleres de mantenimiento (mecánico, eléctrico, etc.).
- f) Edificio para oficinas, comedor, bodega, baños y vesti

dores.

12.7 CALLES Y CAMINOS. Se construirá una calle principal de 10 m. de ancho, la cual deberá soportar el peso de vehículos con carga de hasta 40 ton., sobre cuatro apoyos. Esta calle tendrá una longitud de 700 m. y correrá desde la entrada principal hasta la parte posterior de los edificios de proceso, formando un ovalo alrededor de ellos y se pretende que sea de concreto asfáltico, además deberá incluir el estacionamiento, debiendo proyectarse con una pendiente hacia los lados de un 2%. Para protección de los peatones se construirán banquetas en la parte de terreno a desarrollar.

12.8 DESMONTES Y LIMPIEZA DEL TERRENO. Se considerará el desmonte y limpieza de aproximadamente 6 has, así como el remover la capa de tierra vegetal que se estima en 25 cms. de espesor, lo cual arrojará - 1,500 m<sup>3</sup> aprox. de tierra compacta correspondiente a la zona por habilitarse.

Las áreas a despalmar son las correspondientes a:

- Área de proceso.
- Área de servicios.
- Área de almacenamiento de materias primas y productos terminados.
- Oficinas principales.
- Estacionamientos

- Calles y caminos principales.

12.9 NIVELACION. De acuerdo con levantamiento topográfico se ha considerado construir plataformas en el área por habilitarse. Estas plataformas deberán tener niveles adecuados para permitir el drenado natural del resto del terreno y facilitar el drenado de dicha área, con movimiento mínimo de tierras.

Los niveles de las plataformas que se usarán como base para el cálculo de volúmenes serán los siguientes:

- |                  |  |
|------------------|--|
| Plataforma No. 1 | Área de bodega o almacenamiento de materias primas y elaboradas.                                     |
| Plataforma No. 2 | Área de proceso, mantenimiento y almacenamiento de productos químicos.                               |
| Plataforma No. 3 | Área de calderas, torre de enfriamiento, tanques de combustibles.                                    |
| Plataforma No. 4 | Área de fosas de tratamiento de afluentes líquidos, compresores de aire, botellas y respiración.     |
| Plataforma No. 5 | Planta de agua tratada y cisternas de agua de planta, agua de servicios y sistemas contra incendios. |

Plataforma No. 6 Comedor, enfermería, baños y vestidores.

Plataforma No. 7 Oficinas administrativas, caseta de vigilancia y estacionamiento.

Estacionamiento, calles y caminos. El resto del terreno serán áreas verdes y jardines.

12.10 COMPACTACION. La compactación del terreno se hará de acuerdo con la resistencia del mismo y con la capacidad de carga requerida para cada uso o utilización específica para lo cual se contará con un estudio de Mecánica de Suelos.

12.11 BARRA. El proyecto considerará la instalación de una barra de muro block en el límite perimetral total. El muro tendrá una altura de 3 m. y contará con castillos y dadas de concreto armado, con un remate de 3 hilos de alambre de púas y estarán soportadas en tubo de fierro galvanizado.

12.12 ACCESOS. Este proyecto considerará la instalación de dos accesos y una salida de emergencia. El acceso principal con objeto de permitir y controlar la entrada y salida de vehículos motorizados, así como del personal.

# L I S T A   D E   E Q U I P O

AREA	APLICACION	NOMBRE DE EQUIPO	NUMERO DE EQUIPO	CANT.	DESCRIPCION	
					CAPACIDAD	OBSERVACIONES
Generación de Vapor	Calderas	Calderas de vapor	CV-100 A,B,C	3	32.4 ton/h. c/u.	
Generación de Vapor	Calderas	Ventilador tiro forzado.	MV-101 A,B,C	3	400 H.P.	Alim.4.16KV,3Ø,60 Hz.
Generación de Vapor	Calderas	Desaerador	DV-102	1	90 ton/h.	
Generación de Vapor	Calderas	Alimentación Agua al desaerador.	BA-DV-103	2	10 HP.	Alim.440V,3Ø,60 Hz.
Generación de Vapor	Calderas	Bomba de agua alimentación a calderas	BA-AC-126	2	400 HP.	Alim.4.16KW,3Ø,60 Hz.
Generación de Vapor	Calderas	Bomba de Condensados	BA-C-436	2	30 HP.	Alim.440V,3Ø,60 Hz.
Generador de Vapor	Calderas	Sistema de inyección de aditivos.	BA-Q-106	2	3 HP.	Alim.440V,3Ø,60 Hz.

## L I S T A   D E   E Q U I P O

AREA	APLICACION	NOMBRE DE EQUIPO	NUMERO DE EQUIPO	CANT.	DESCRIPCION	
					CAPACIDAD	OBSERVACIONES
Tratamiento de Agua	Desmineralización	Ventilación para el desmineralizador.	MV-DG-113	1	0.75 HP.	Alim. 127V, 1Ø, 60 Hz.
Tratamiento de Agua	Desmineralización.	Bomba desgasificadora.	BA-DG-114	3	3 HP.	Alim. 440V, 3Ø, 60Hz.
Tratamiento de Agua	Desmineralización.	Bomba Acido Sulfúrico	BA-AS-115	2	0.33 HP.	Alim. 127V, 1Ø, 60 Hz.
Tratamiento de Agua	Desmineralización	Bomba de Soma C-austica	BA-SC-116	3	0.5 HP.	Alim. 127V, 1Ø, 60 Hz.
Tratamiento de Agua	Desmineralización.	Bomba Agua Desmineralizada.	BA-AS-117	2	20 HP.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Torre de Enfriamiento	Enfriamiento	Bomba Agua de Enfriamiento	BA-AE-118	2	200 HP.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Torre de Enfriamiento	Enfriamiento	Sistema de Inyección Aditivos	MB-IA-119	1	0.75 HP.	Alim. 127V, 1Ø, 60 Hz.
Torre de Enfriamiento	Enfriamiento	Ventiladores Torre Enfriamiento	MV-CT-429	2	30 HP.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.

## L I S T A   D E   E Q U I P O

AREA	APLICACION	NOMBRE DE EQUIPO	NUMERO DE EQUIPO	CANT.	DESCRIPCION	
					CAPACIDAD	OBSERVACIONES
Pretratamiento de Agua	Servicios	Bomba para	BA-SP-121	2	200 HP.	Alim. 4.16KV, 3ø, 60 Hz.
Pretratamiento de Agua	Servicios	Bomba agua cruda	BA-A-421	2	20 HP.	Alim. 440V, 3ø, 60 Hz.
Pretratamiento de Agua	Servicios	Sistema de inyec. de sulfato al.	BA-IS-423	1	HP.	Alim. 440V, 3ø, 60 Hz.
Pretratamiento de Agua	Servicios	Sistema de inyec. de polielectrolito	BA-IP-424	1	20 HP.	Alim. 440V, 3ø, 60 Hz.
Pretratamiento de Agua	Servicios	Bomba agua filtrada	BA-AF-425	2	20 HP.	Alim. 440V, 3ø, 60Hz.
Pretratamiento de Agua	Servicios	Bomba agua de servicios	BA-AS-427	2	20 HP.	Alim. 440V3ø, 60 Hz.

## L I S T A   D E   E Q U I P O

AREA	APLICACION	NOMBRE DE EQUIPO	NUMERO DE EQUIPO	CANT.	DESCRIPCION	
					CAPACIDAD	OBSERVACIONES
Cuarto de Compresores	Aire de planta	Compresor de aire	MC-AP-116	1	350 HP.	Alim. 4.16KV, 3φ, 60Hz
Cuarto de Compresores	Aire de instrumentos	Compresor de aire.	MC-AI-118A	1	350 HP.	Alim. 4.16KV, 3φ, 60 Hz
Cuarto de Compresores	Aire de instrumentos	Secador aire de instrumentos	SA-AI-123	1	Flujo de aire 850 Nm <sup>3</sup> /h.	
Sistema contra incendio	Red contra incendio	Bomba contra incendio	BA-CI-431	2	150 HP.	Alim. 440V, 3φ, 60 Hz.
Sistema contra incendio	Red contra incendio	Bomba Jockey	BA-CI-433	1	25 HP.	Alim. 440V, 3φ, 60 Hz.
Generación de Energía Eléctrica.	Turbogenerador	Turbina de Vapor	TV-100	1	7000 KW	Flujo de vapor 40t/h
Generación de Energía Eléctrica	Turbogenerador	Generador síncrono	GE-100	1	7000 KW	Volt. nom. 4.16 KV, 3 φ, 60 Hz.
Generación de Energía Eléctrica	Turbogenerador	Sistema de Lubricación	BA-LA-434	2	10 HP.	Alim. 440V, 3φ, 60 Hz.

# L I S T A   D E   E Q U I P O

AREA	APLICACION	NOMBRE DE EQUIPO	NUMERO DE EQUIPO	CANT.	DESCRIPCION	
					CAPACIDAD	OBSERVACIONES
Proceso	Abre placas	Blendomat	PB-73, 86	2	10 Hp.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Proceso	Abre Placas	Ventilador de entrada	PVE-74, 85	2	5 HP.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Proceso	Abre Placas	Alimentador Condensador	PAC-75, 84	2	5 HP.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Proceso	Abre Placas	Lavador (Axi-Flot)	PL-76, 83	2	5 HP.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Proceso	Abre Placas	Mezclador	PM-77, 82	2	20 HP.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Proceso	Abre Placas	Transportador Limpiador	PTL-78, 81	2	5 HP.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Proceso	Abre Placas	Abridor Condensador	PAC-79, 80	2	5 HP.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Proceso	Abre Placas	Ventilador de Salida	PVS-79A y 80A	2	1 HP.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.

# L I S T A   D E   E Q U I P O

AREA	APLICACION	NOMBRE DE EQUIPO	NUMERO DE EQUIPO	CANT.	DESCRIPCION	
					CAPACIDAD	OBSERVACIONES
Proceso	Preparación de Hilado	Trensadora	PT-07 al 92	3	2-5 HP c/u	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Proceso	Preparación de Hilado	Cardas	PC-03 al 125	31	5 HP c/u	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Proceso	Preparación de Hilado	Veloces	PV-126 al 152	27	1-10 HP 1-1 HP c/u	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Proceso	Hilado	Trociles	HT-153 al 176	24	20 HP c/u.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Proceso	Hilado	Coneras	HC-177 al 195	18	10 HP c/u.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Proceso	Hilado	Trameras	HT-196 al 212	18	10 HP c/u.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Proceso	Hilado	Engomadores	HE-213, 218	2	1-50 HP 2-5 HP c/u.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Proceso	Hilado	Urdidores	HU-219, 220	2	20 HP c/u.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.

# L I S T A   D E   E Q U I P O

AREA	APLICACION	NOMBRE DE EQUIPO	NUMERO DE EQUIPO	CANT.	DESCRIPCION	
					CAPACIDAD	OBSERVACIONES
Proceso	Tejido	Telares	TT-221 al 420	200	5 HP c/u.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Proceso	Tintoreria	Tteñidoras	TT-1 al 36	6	6-30 HP c/u.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Proceso	Acabados	Texturizadoras	AT-37 al 72	6	6-30 HP c/u.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Servicios	Tratamiento de efluentes.	Bombas	TEB-442 al 445	4	20 HP c/u.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Servicios	Tratamiento de efluentes	Aeradores	TEA-446 al 450	5	40 HP c/u.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.
Servicios	Laboratorio	Bombas	LB-451, 452	2	10 HP c/u.	Alim. 440V, 3Ø, 60 Hz.

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

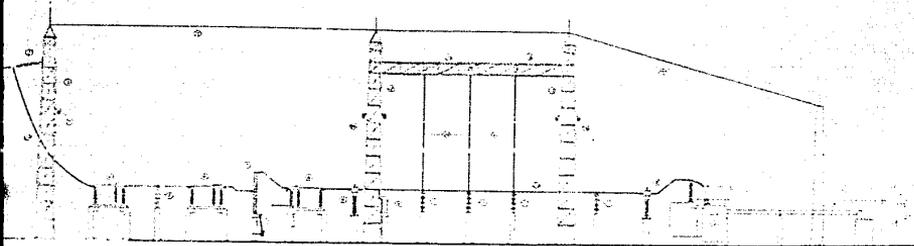
- INSTALACIONES ELECTRICAS DE MEDIANA Y BAJA TENSION  
Gilberto Enriquez Harper  
Ed. Limusa.
- ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACION ELECTRICAS  
Gilberto Enriquez Harper  
Ed. Limusa
- MANUAL DE INSTALACIONES ELECTRICAS RESIDENCIALES E INDUSTRIALES  
Gilberto Enriquez Harper  
Ed. Limusa
- INTRODUCCION AL ANALISIS DE LOS SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA  
Gilberto Enriquez Harper  
Ed. Limusa
- ANALISIS DE SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA  
William D. Stevenson  
Ed. McGraw-Hill
- SISTEMAS DE ILUMINACION. PROYECTOS DE ALUMBRADO  
José Ramírez Vázquez  
Ediciones CEAC

- MANUAL DEL ALUMBRADO WESTINGHOUSE  
Ed. Dossat, S.A.
  
- PLANTAS ELECTRICAS  
Carlos Luca Marín  
Representaciones y Servicios de Ingeniería, S.A.
  
- ESTACIONES TRANSFORMADORAS Y DE DISTRIBUCION  
Gaudencio Zoppetti Júdez  
Ediciones G. Gili, S.A.
  
- APUNTES DEL CURSO  
Instalaciones Eléctricas para Edificios  
Centro de Educación Continua  
Facultad de Ingeniería  
U.N.A.M.
  
- MANUAL ELECTRICO INDUSTRIAS CONELEC
  
- CATALOGO DE PRODUCTOS DE LAS SIGUIENTES EMPRESAS:
  - a) Federal Pacific de México
  - b) Industrias Conelec
  - c) Industrias Unidas, S.A. (IUSA)
  - d) Latincasa
  - e) Electro Lighting Mexicana, S.N.
  - f) Condumex

- g) Conductores Monterrey, S.A.
- h) Industria Técnica Luminica, S.A. de C.V.
- i) Industrias I.E.M., S.A. de C.V.
- j) Siemens
- k) Square'D
- l) Cutler-Hammer
- m) General Electric
- n) Holophane
- o) Indael
- p) Lumisistemas, S.M., S.A.
- q) Crouse-Hinds
- r) Iluminación para la Industria, S.A.
- s) Manual de Alumbrado Solar
- t) Industrias Royer, S.A.
- u) Philips

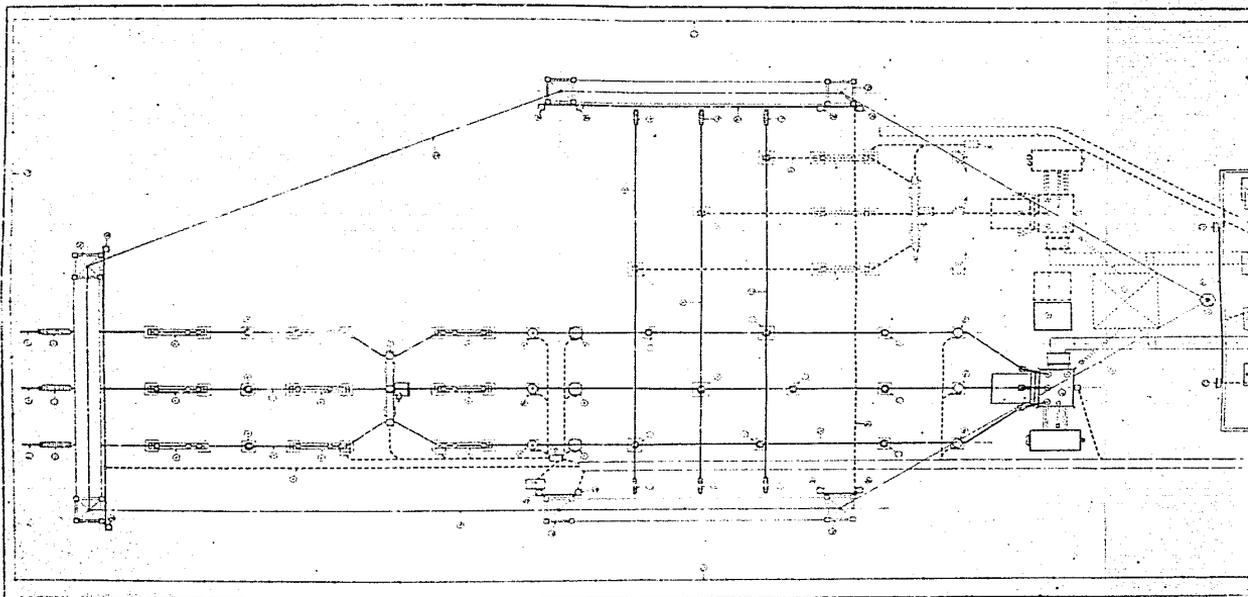


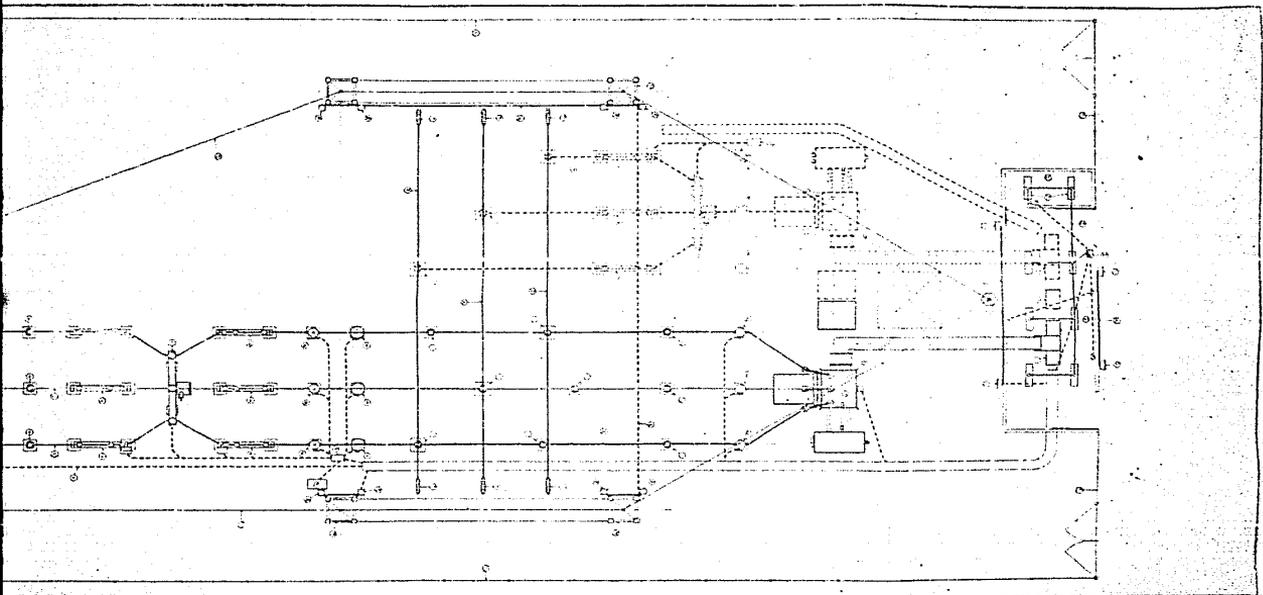
PLANTA



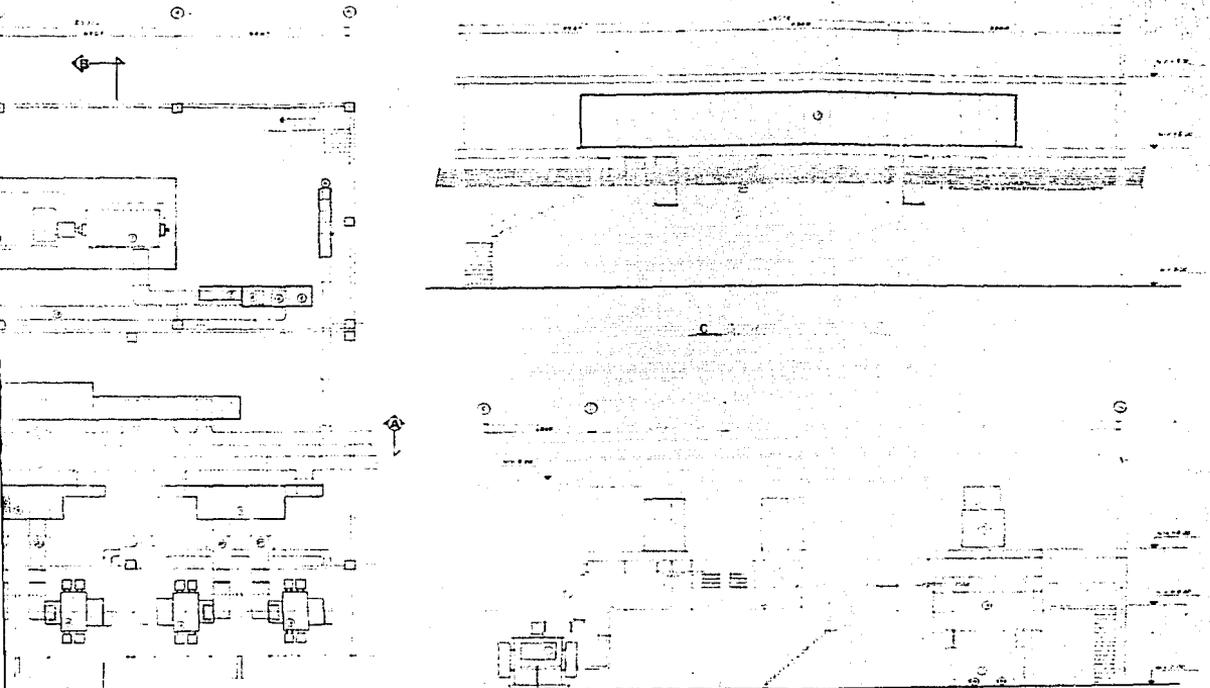
ELEVACION

DIPLOMATE EN INGENIERIA EN ELECTRICIDAD	
TESIS PROFESIONAL	
FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO	
ESTUDIOS DE SISTEMAS DE POTENCIA	
DE MEDIANA Y BAJA TENSION	
E-3	ARRELO DE EQUIPO S E 884232









**CORTE B-B**

N T A

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES	
NO.	DESCRIPCION
1	Placa de concreto armado "15x15"
2	Placa de concreto armado "10x10"
3	Placa de concreto armado "5x5"
4	Placa de concreto armado "3x3"
5	Placa de concreto armado "2x2"
6	Placa de concreto armado "1.5x1.5"
7	Placa de concreto armado "1x1"
8	Placa de concreto armado "0.5x0.5"
9	Placa de concreto armado "0.25x0.25"
10	Placa de concreto armado "0.125x0.125"
11	Placa de concreto armado "0.0625x0.0625"
12	Placa de concreto armado "0.03125x0.03125"
13	Placa de concreto armado "0.015625x0.015625"
14	Placa de concreto armado "0.0078125x0.0078125"
15	Placa de concreto armado "0.00390625x0.00390625"
16	Placa de concreto armado "0.001953125x0.001953125"
17	Placa de concreto armado "0.0009765625x0.0009765625"
18	Placa de concreto armado "0.00048828125x0.00048828125"
19	Placa de concreto armado "0.000244140625x0.000244140625"
20	Placa de concreto armado "0.0001220703125x0.0001220703125"

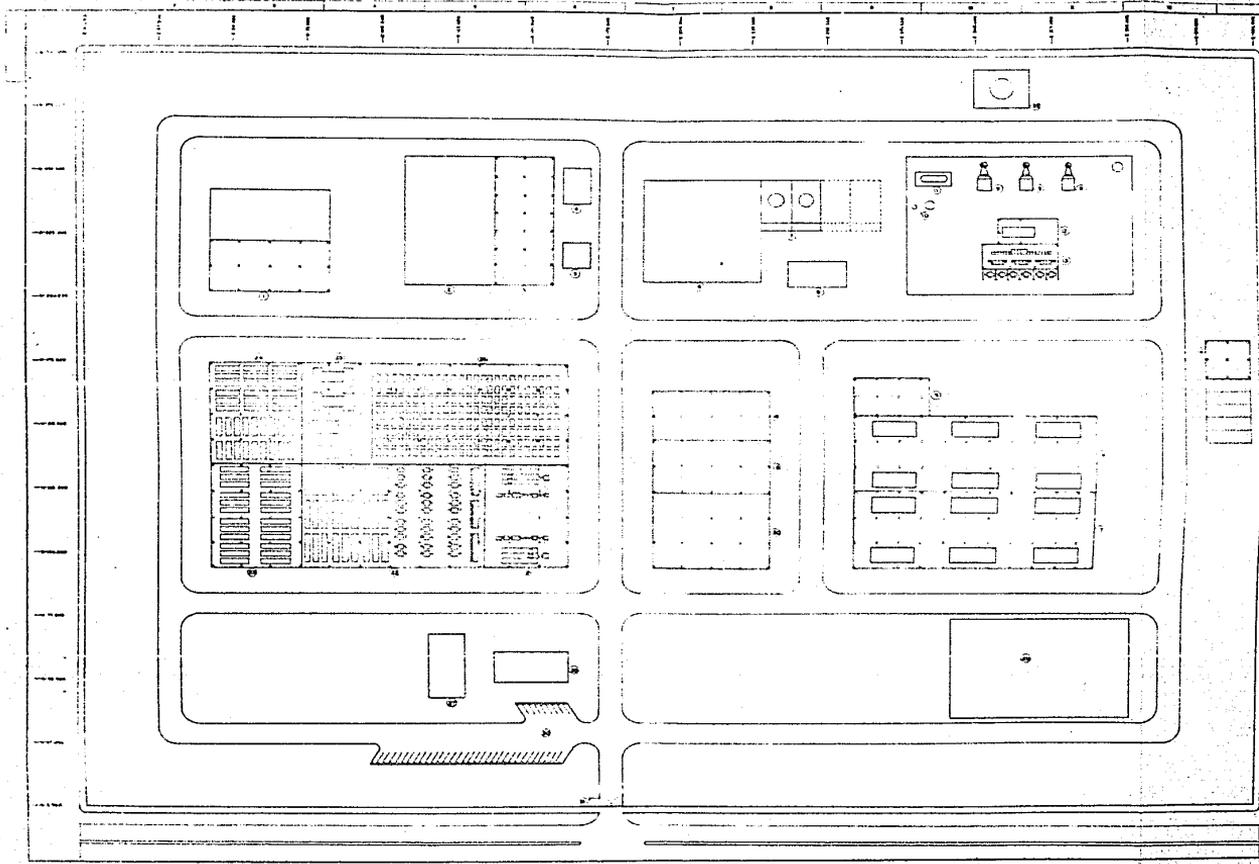
**TESIS PROFESIONAL**

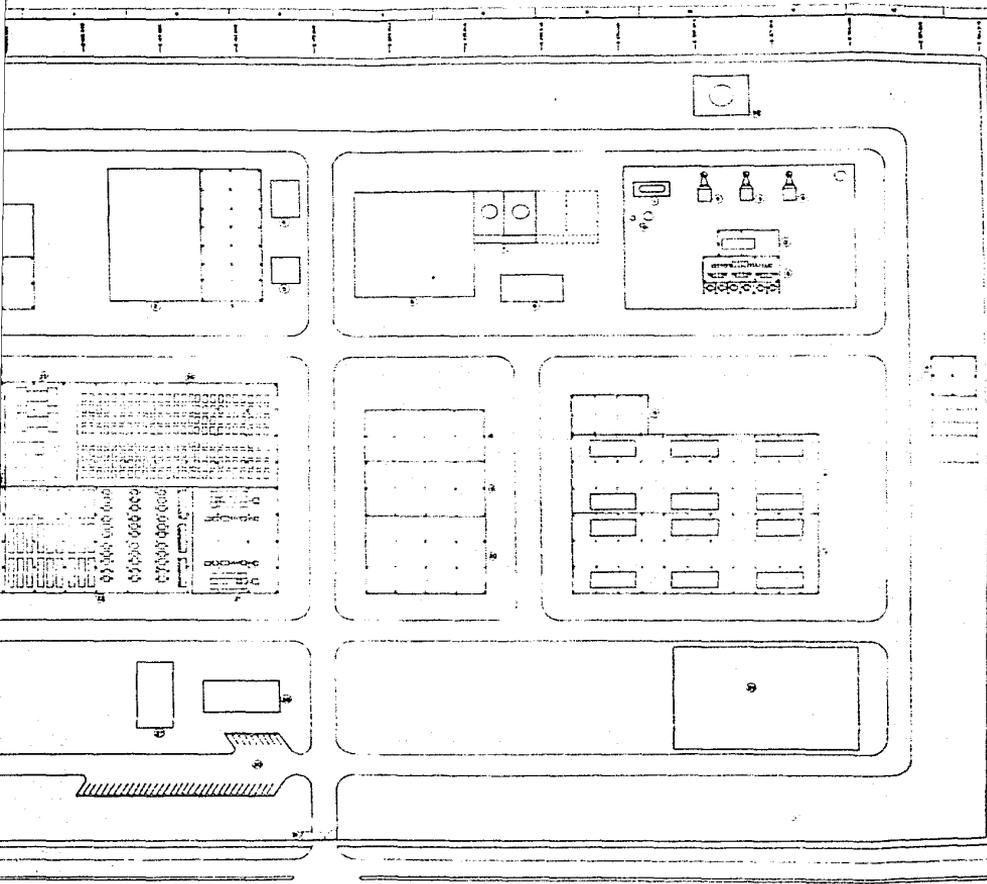
FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESTUDIOS DE SISTEMAS DE INTENSIDAD  
DE MEDIANA Y BAJA TENSION

ARREGLO DE SEGURO  
CUARTO DE GENERACION Y CASAS FUERZA

E-4





LISTA DE EQUIPO

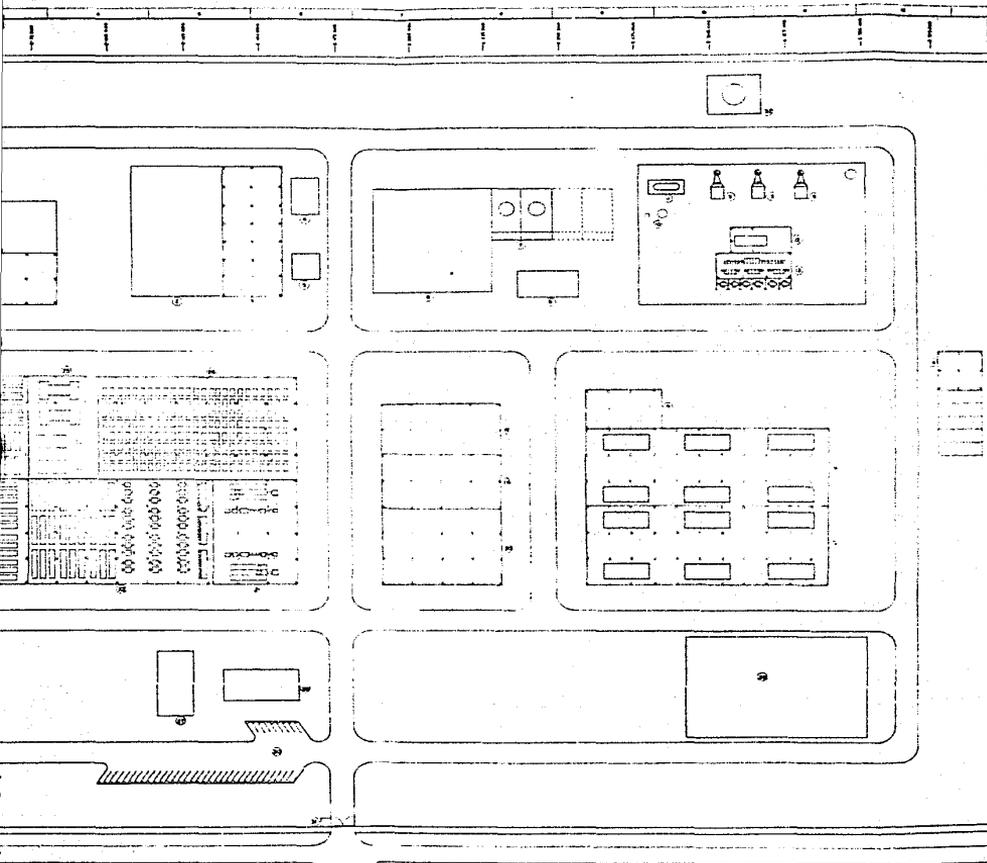
No.	DESCRIPCION
1	Motor de arranque
2	Motor de arranque
3	Motor de arranque
4	Motor de arranque
5	Motor de arranque
6	Motor de arranque
7	Motor de arranque
8	Motor de arranque
9	Motor de arranque
10	Motor de arranque
11	Motor de arranque
12	Motor de arranque
13	Motor de arranque
14	Motor de arranque
15	Motor de arranque
16	Motor de arranque
17	Motor de arranque
18	Motor de arranque
19	Motor de arranque
20	Motor de arranque
21	Motor de arranque
22	Motor de arranque
23	Motor de arranque
24	Motor de arranque
25	Motor de arranque
26	Motor de arranque
27	Motor de arranque
28	Motor de arranque
29	Motor de arranque
30	Motor de arranque
31	Motor de arranque
32	Motor de arranque
33	Motor de arranque
34	Motor de arranque
35	Motor de arranque
36	Motor de arranque
37	Motor de arranque
38	Motor de arranque
39	Motor de arranque
40	Motor de arranque
41	Motor de arranque
42	Motor de arranque
43	Motor de arranque
44	Motor de arranque
45	Motor de arranque
46	Motor de arranque
47	Motor de arranque
48	Motor de arranque
49	Motor de arranque
50	Motor de arranque
51	Motor de arranque
52	Motor de arranque
53	Motor de arranque
54	Motor de arranque
55	Motor de arranque
56	Motor de arranque
57	Motor de arranque
58	Motor de arranque
59	Motor de arranque
60	Motor de arranque
61	Motor de arranque
62	Motor de arranque
63	Motor de arranque
64	Motor de arranque
65	Motor de arranque
66	Motor de arranque
67	Motor de arranque
68	Motor de arranque
69	Motor de arranque
70	Motor de arranque
71	Motor de arranque
72	Motor de arranque
73	Motor de arranque
74	Motor de arranque
75	Motor de arranque
76	Motor de arranque
77	Motor de arranque
78	Motor de arranque
79	Motor de arranque
80	Motor de arranque
81	Motor de arranque
82	Motor de arranque
83	Motor de arranque
84	Motor de arranque
85	Motor de arranque
86	Motor de arranque
87	Motor de arranque
88	Motor de arranque
89	Motor de arranque
90	Motor de arranque

TESIS PROFESIONAL

FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESTUDIOS DE SISTEMAS DE POTENCIA  
 DE MEDIANA Y BAJA TENSION

E-1 ARRREGLO GENERAL DE LA PLANTA



LISTA DE EQUIPO

No.	DESCRIPCION
1	PLANTA DE TRANSFORMACION
2	PLANTA DE CONTROL
3	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
4	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
5	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
6	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
7	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
8	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
9	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
10	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
11	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
12	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
13	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
14	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
15	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
16	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
17	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
18	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
19	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
20	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
21	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
22	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
23	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
24	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
25	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
26	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
27	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
28	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
29	PLANTA DE ALMACENAMIENTO
30	PLANTA DE ALMACENAMIENTO

PROYECTO DE PLANTA DE ALMACENAMIENTO

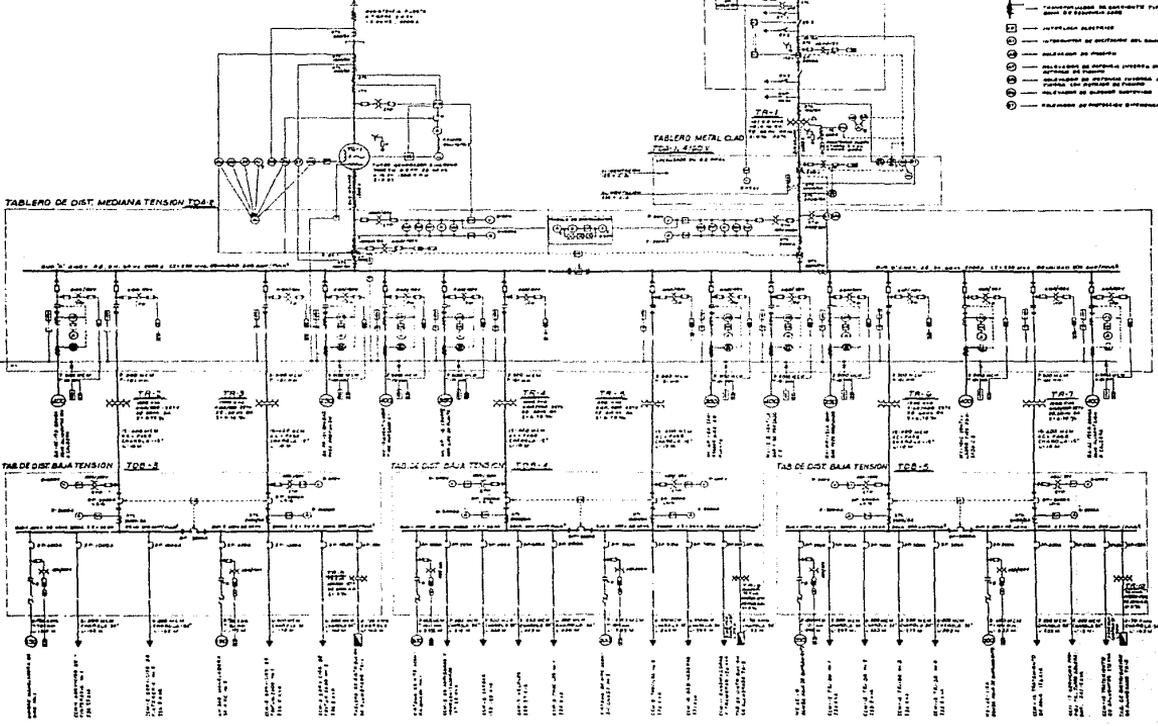
**TESIS PROFESIONAL**

FACULTAD DE INGENIERIA  
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESTUDIOS DE SISTEMAS DE POTENCIA  
DE MEDIANA Y BAJA TENSION

E-1 ARREGLO GENERAL DE LA PLANTA

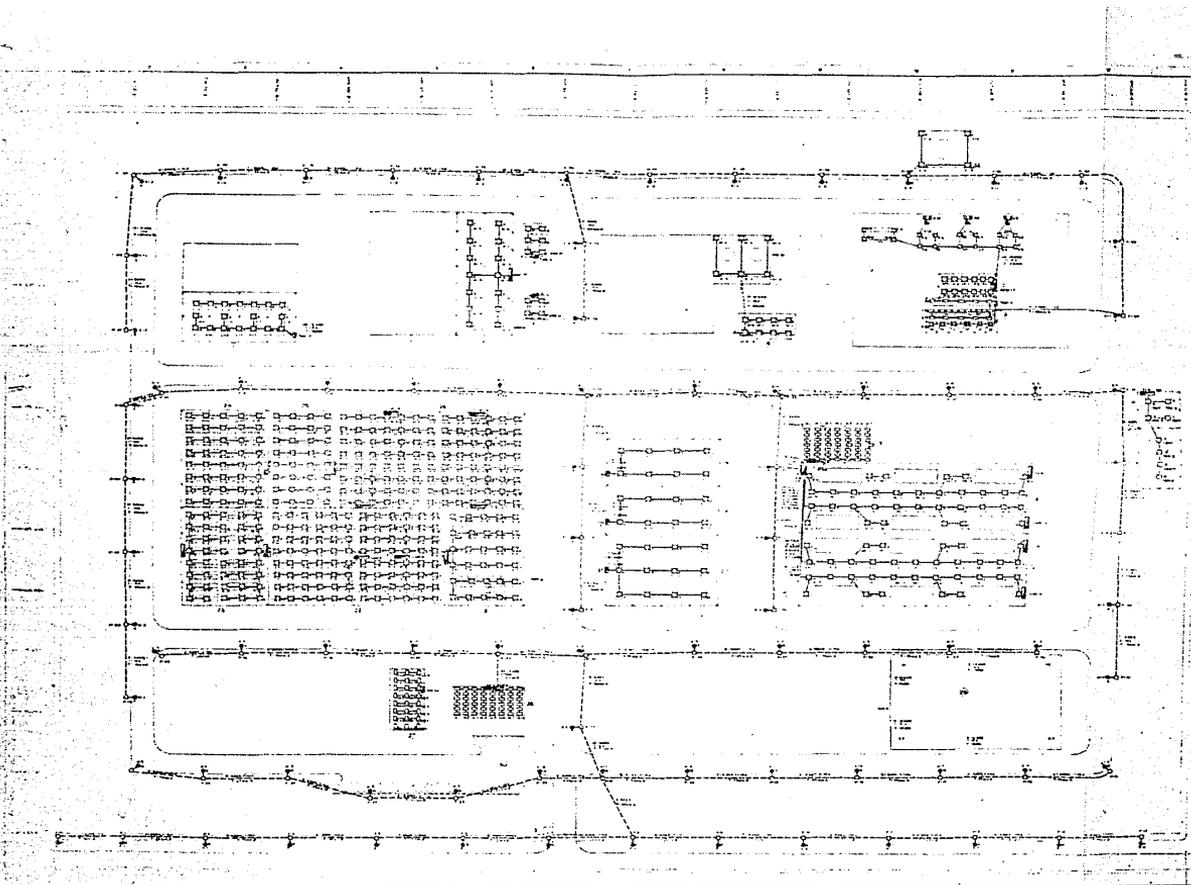
- ⊕ TRANSFORMADOR DE POTENCIA
- ⊖ TRANSFORMADOR DE POTENCIA
- ⊕ TRANSFORMADOR DE POTENCIA
- ⊖ TRANSFORMADOR DE POTENCIA
- ⊕ TRANSFORMADOR DE POTENCIA
- ⊖ TRANSFORMADOR DE POTENCIA
- ⊕ TRANSFORMADOR DE POTENCIA
- ⊖ TRANSFORMADOR DE POTENCIA

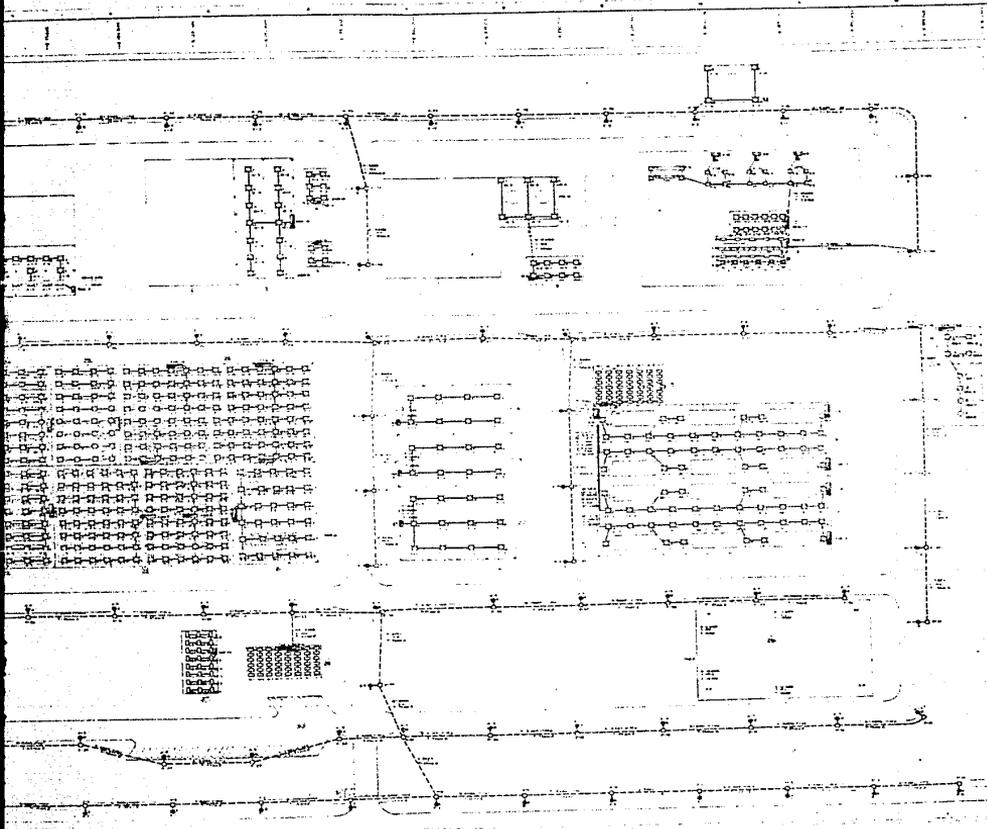












<b>TESIS PROFESIONAL</b>	
FACULTAD DE INGENIERIA	
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO	
ESTUDIOS DE SISTEMAS DE POTENCIA	
DE MEDIANA Y BAJA TENSIÓN	
E-6 DISTRIBUCION GENERAL DE ALIMENTACION	

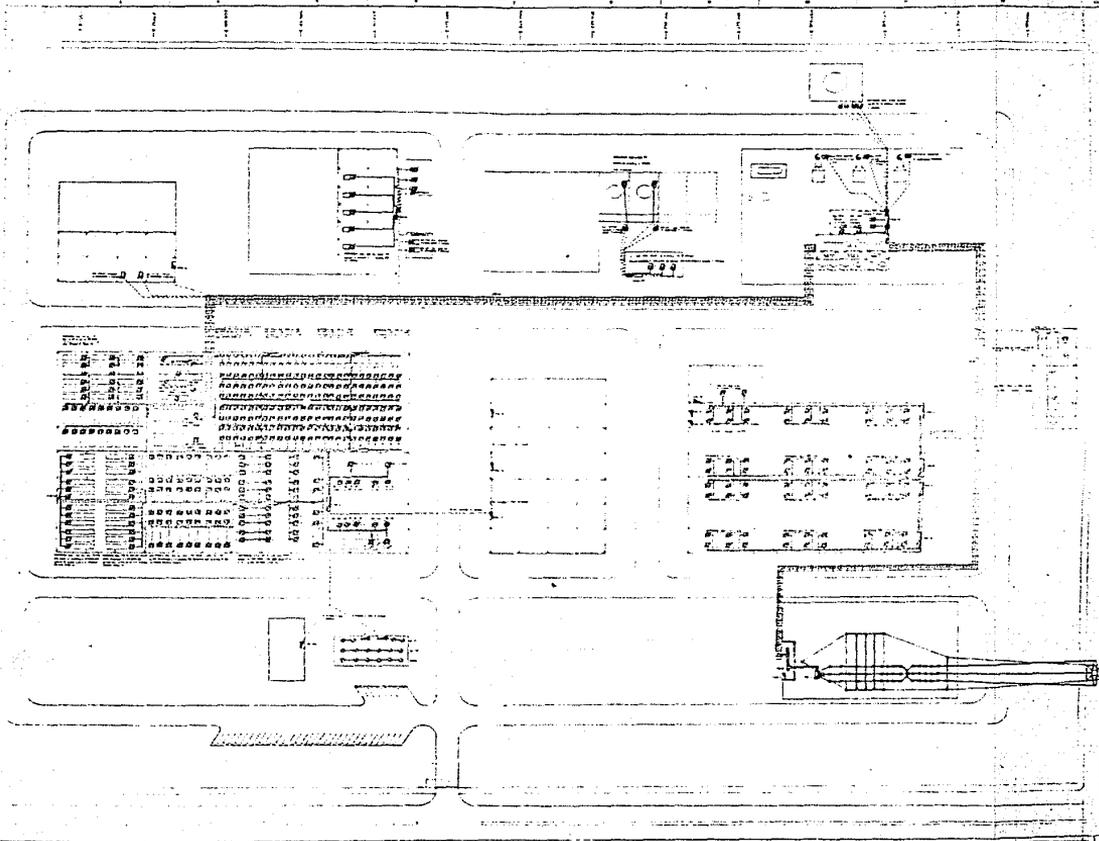
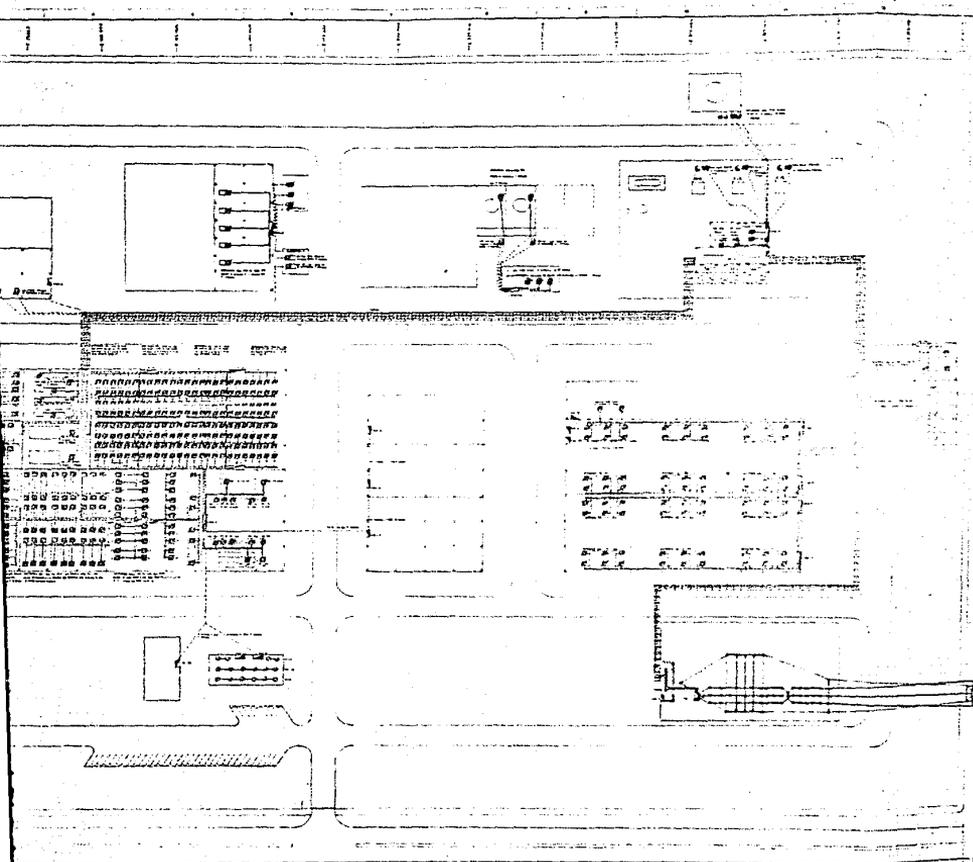
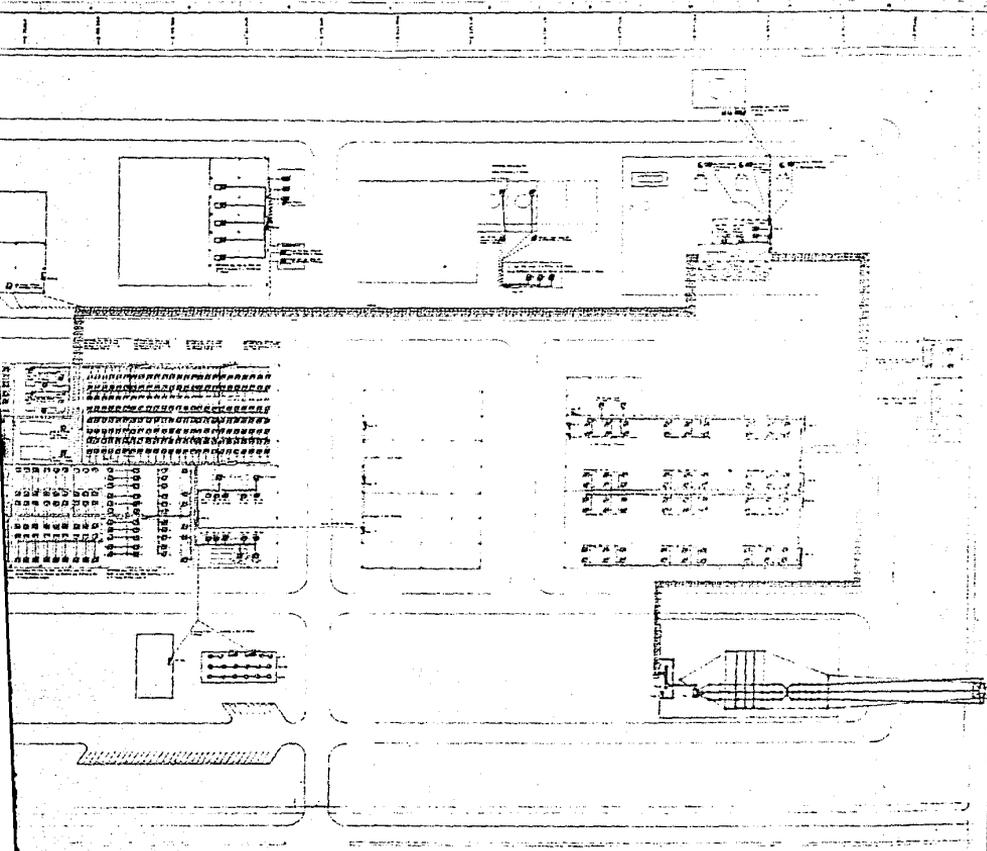


Fig. 10

TE	
UN	
EN	
E-5	



<b>TESIS PROFESIONAL</b>	
<b>FECHA:</b>	15/05/2015
<b>PROFESOR:</b>	ING. JUAN ANTONIO BUSTOS
<b>ESTUDIOS DE SISTEMAS DE POTENCIA DE MEDIA Y BAJA TENSION</b>	
<b>E-5</b>	<b>DISTRIBUCION GENERAL DE FUENTES</b>



**TESIS PROFESIONAL**

FACULTAD DE INGENIERIA  
 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

ESTUDIOS DE SISTEMAS DE POTENCIA  
 DE MEDIANA Y BAJA TENSION

E-5 DISTRIBUCION GENERAL DE LINEAS