



5
dej

Universidad Nacional Autónoma de México

Escuela Nacional de Estudios Profesionales

Aragón

Ingeniería

**PROYECTO DEL SISTEMA ELECTRICO DE
BOMBEO PARA EL ABASTECIMIENTO DE
AGUA AL COMPLEJO PETROQUIMICO,
NUEVO PEMEX.**

T E S I S

Que para obtener el título de:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P r e s e n t a :

AGUSTIN CHAVEZ ORTIZ

Aragón, Edo. de Méx.

1986



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS
PROFESIONALES ARAGON
UNIDAD ACADÉMICA.



Escuela Nacional
de Estudios
Profesionales
México

ING. CLAUDIO C. MERRIFIELD CASTRO
COORDINADOR DE INGENIERIA,
P R E S E N T E .

En relación a la solicitud del Profesor ING. BENJAMIN ORTIZ REGUER, de fecha 1^a de abril del año en curso, en que se indica que el alumno AGUSTIN CHAVEZ ORTIZ, de la carrera de INGENIERIA MECANICA ELECTRICA, ha concluido su trabajo - de investigación intitulado "PROYECTO DEL SISTEMA ELECTRICO DE BOMBEO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA AL COMPLEJO PETROQUIMICO NUEVO PEMEX", y como el mismo ha sido revisado y aprobado por dicho asesor, se autoriza su impresión, así como la iniciación de los trámites correspondientes para la celebración del Examen Profesional.

Sin otro particular, le reitero las seguridades de mi atenta consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Edo. de México., abril 24 de 1986.
EL JEFE DE LA UNIDAD

LIQ. ARTURO MUÑOZ COTA PEREZ.

c.c.p. Srta. Gloria Bech Germán. Jefa del Departamento de
Servicios Escolares.
Asesor de Tests.
Interesado.



Escuela Nacional de Estudios Profesionales
Aragón

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGÓN
MÉXICO

AGUSTIN CHAVEZ ORTIZ
P R E S E N T E .

En contestación a su solicitud de fecha 29 de enero del año en curso, relativa a la autorización que se le debe conceder para que el señor profesor, Ing. BENJAMIN ORTIZ REGUER pueda dirigirle el trabajo de Tesis denominado " PROYECTO DEL SISTEMA ELECTRICICO DE BOMBEO PARA EL ABASTECIMIENTO DE AGUA AL COMPLEJO PETROQUIMICO NUEVO PEMEX ", con fundamento en el punto 6 y siguientes, del Reglamento para Exámenes Profesionales en esta Escuela, y toda vez que la documentación presentada por usted reúne los requisitos que establece el precitado Reglamento; me permito comunicarle que ha sido aprobada su solicitud.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para reiterar a usted las bondades de mi distinguida consideración.

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
San Juan de Aragón, Méx., febrero 7 de 1985.
EL DIRECTOR

LIC. SERGIO ROSAS ROMERO

c.c.p. Coordinación de Ingeniería (26).
Unidad Académica,
Departamento de Servicios Escolares,
Asesor de Tesis.

INDICE

	Pág.
INTRODUCCION	1
CAPITULO I. GENERALIDADES.	3
I.1 DESCRIPCION DE LA BOCATOMA	5
I.2 DIAGRAMA MECANICO DE FLUJO	6
I.3 BASES PARA EL DISEÑO ELECTRICO	8
I.4 ARREGLOS DE SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE ENERGIA	13
CAPITULO II. INSTALACION DE ALUMBRADO	24
II.1 NIVELES DE TENSION	24
II.2 DISEÑO DE ALUMBRADO INTERIOR, EXTERIOR Y CONTACTOS.	26
II.3 CANALIZACIONES.	55
CAPITULO III. INSTALACION DE FUERZA.	61
III.1 CALCULO ELECTRICO DE LA LINEA DE TRANSMISION	64
III.2 CABLES DE ENERGIA	76
III.3 CALCULO DE ALIMENTADORES.	78
III.4 SELECCION DE MEDIOS DE DESCONEXION	90
III.5 SELECCION DE ARRANCADORES	98
III.6 SUBESTACION ELECTRICA	102
III.7 SELECCION DE EQUIPO	109
III.8 ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO	129
CAPITULO IV. RED DE TIERRAS	148
CAPITULO V. COSTO DEL PROYECTO	177
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	184
BIBLIOGRAFIA.	186

INTRODUCCION

Petróleos Mexicanos ante la creciente demanda de gas licuado (LPG), se ha visto en la necesidad de incrementar la explotación de crudo terrestre y marítimo, incluyendo el gas amargo asociado. Para llevar a cabo el mejor aprovechamiento de este gas amargo asociado, se han establecido centros de separación primaria, como la estación de recompresión de gas atasta, en Nuevo Progreso, atasta, Campeche. Para el procesamiento del gas amargo asociado, así como sus condensados amargos separados primariamente, se cuenta con los complejos petroquímicos de Cactus, Chis, Cd. Pemex y el más reciente el nuevo Pemex, en el estado de Tabasco.

Debido a que en la Industria el agua es uno de los servicios más importantes, por su variedad de usos; ya que se utiliza en Servicios Sanitarios, para generar vapor, en sistemas contra incendio, como liquido enfriante, etc, es necesario que los procesos de tratamiento a los cuáles deberá someterse, antes de reunir las características de calidad que exige un servicio particular, esten en función de la calidad de la fuente de suministro así como de los servicios que trate de satisfacer.

Para asegurar el suministro de agua con las caracterís ticas apropiadas, a el complejo petroquímico nuevo pemex, para los servicios que este demanda; se han ideado dos medios:

a) Por medio de un carcamo de bombeo en la Laguna La-Ceiba, y en la cual seran instaladas 6 bombas con capacidad de- 12 000 GPM c/u, 1500 H.P.

b) Por la perforación de Pozos que serán integrados - al acueducto.

En el presente trabajo se desarrollará el primer método por considerarlo de mayor relevancia en el suministro de - - agua. El segundo se usará como un refuerzo en el abastecimiento.

CAPITULO I

GENERALIDADES

Al entrar en operación el CPQ Cactus, se construyó -- una bocatoma en el río carrizal para el suministro de agua a -- este complejo; posteriormente al decidirse la localización del Complejo Nuevo Pemex se pensó que el abastecimiento se haría -- por medio de la misma bocatoma, agregando equipo de bombeo ade -- cuado. Sin embargo, los multiples problemas operacionales co -- mo la alta concentración de solidos suspendidos en epoca de -- lluvia, la erosión en los equipos de bombeo y líneas de conduc -- ción, así como la acumulación de basuras y sedimentos frente a la bocatoma, obligó a buscar otra fuente alternativa para el -- suministro de agua en forma confiable y de buena calidad. Se -- eligió, que el abastecimiento de agua al complejo petroquímico, Nuevo Pemex, en su primera etapa o de arranque (tabla 1), se ha -- ría por medio de la bocatoma Laguna La Ceiba, como principal -- abastecedor.

La Bocatoma Laguna La Ceiba esta situada al oeste del Estado de Tabasco, a 6.5 Km. del CPQ de Cactus, Chiapas y a 12 Km. del C.P.Q. Nuevo Pemex, Tabasco, y forma parte de los ser -- vicios auxiliares del complejo.

PLANTAS QUE CONFORMAN LA PRIMERA ETAPA O DE ARRANQUE.

- 1.- Suministro de agua
- 2.- Servicios auxiliares; incluyendo: Suministro de agua; pretratamiento y tratamiento de agua, 2 calderas 650 #, - 2 calderas de 1500 # y torres de agua de enfriamiento.
- 3.- Integración General (trampas de diablo, corredor de tuberías Cactus.- Tabasco, drenajes, etc.)
- 4.- Planta endulzadora de gas amargo III de 400 MMPCD y planta recuperadora de azufre III.
- 5.- Planta endulzadora de gas amargo IV
- 6.- Planta Criogénica III de 500 MMPCD.
- 7.- Planta Endulzadora de Condensados Estabilizados- III de 24,000 BPD.
- 8.- Desfogues y Quemadores.
- 9.- Tratamiento de efluentes y Emisor al Río Carrizal.
- 10.- Edificio administrativo.

I.1 DESCRIPCION DE LOS COMPONENTES DE LA BOCATOMA.

Subestación Eléctrica.- Es la parte del sistema eléctrico en el cuál se aloja el equipo que tiene la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica (tensión y corriente)

Cuarto de Equipo Eléctrico.- Esta construido de tabique, concreto y varilla. Su función es alojar al tablero de distribución de corriente alterna TDA-CI, al tablero de distribución de corriente directa TCD-CI y al centro de control de motores CCM-CI. En este cuarto estan incluidos:

a) Una bodega.- Que sirve para almacenar elementos o partes del equipo.

b) Un cuarto de Baterias.- Donde se encuentran un Banco y cargador de baterias para el sistema de corriente directa.

c) Un baño.- El cual tiene como función prestar servicios sanitarios al personal.

SALA DE CLORACION.- Son varios modulos cuyo fin es alojar el equipo de cloración, y también incluye una oficina y sanitarios.

CARCAMO DE BOMBEO.- Es una estructura de concreto armado, que se utiliza para soportar el equipo de bombeo.

CANAL DE LLAMADA.- Esta construido por una plantilla de concreto armado cuyo fin es la de encausar el agua hacia el cárcamo de bombeo en la cantidad requerida.

I.2 DIAGRAMA MECANICO DE FLUJO.

El servicio de agua será bombeado normalmente desde la bocatoma Río Carrizal, ya existente, hasta la Bocatoma Laguna. La Ceiba que se encuentra a 4 Km. Ocasionalmente se podrá enviar directamente a los complejos Nuevo Pemex y Cactus.

La Laguna La Ceiba actuará como vaso de asentamiento del carrizal ya que no cuenta con un afluente que aporte el flujo necesario. La capacidad de la laguna es de 1,500,000 m³ que nos mantendría durante una semana el suministro a las plantas. Es por ello, que es necesario mandarle agua desde el Río Carrizal.

En esta Laguna se colocarán 6 bombas con capacidad de 12000 galones por minuto y con una presión de descarga de 1800 PSIG. En la descarga de las bombas se le agregará cloro, a través de un paquete de cloración, el cual consiste: en ci-

DIAGRAMA MECANICO DE FLUJO

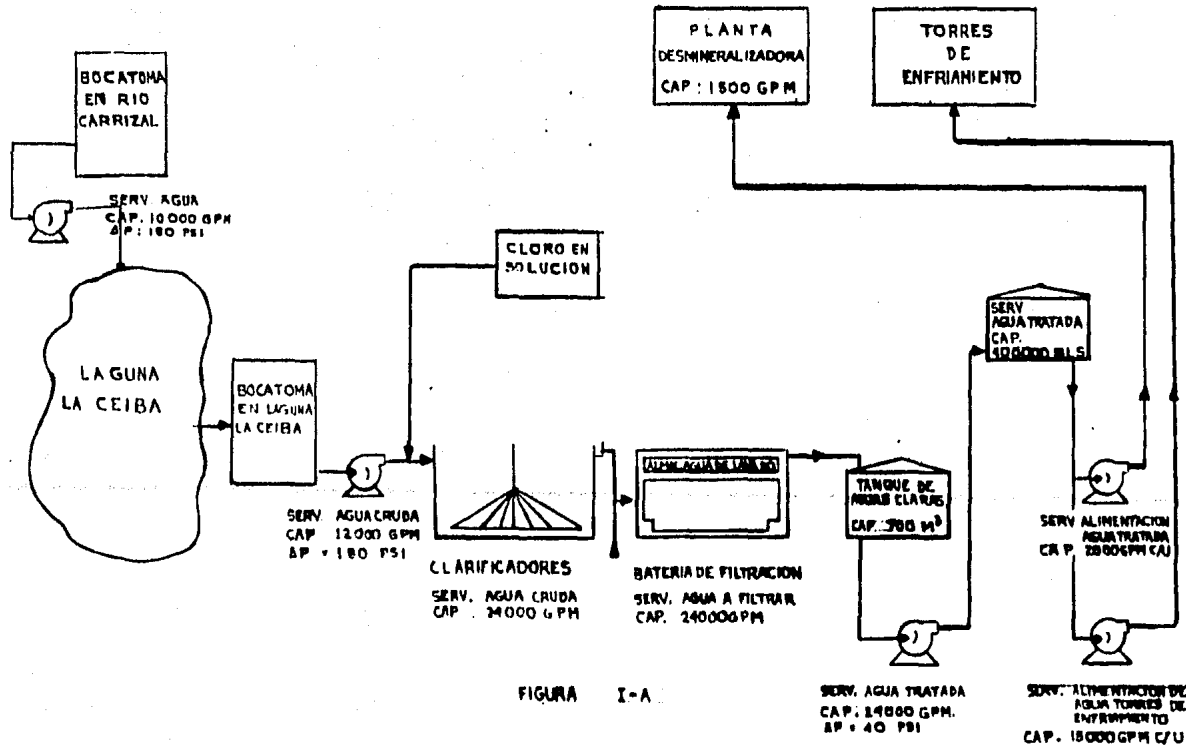


FIGURA I-A

lindros de cloro, sistemas de dosificación y bomba de ayuda. - Una vez clorada el agua se manda por un acueducto de 30" hasta Cactus y por una línea de 36" al C.P.Q. Nuevo Pemex.

En el trayecto al Nuevo Pemex, a la línea de 36" se le integran pozos profundos para que en caso de emergencia se usen. El agua llegará directamente al sistema de pretratamiento para su posterior distribución.

I.3 BASES PARA EL DISEÑO ELECTRICO.

El presente trabajo, comprenderá el diseño integro -- del sistema eléctrico, el cual consiste en instalación de fuerza con sus respectivos controles, instalación de alumbrado interior y exterior, así como el sistema de protección y red de tierras, basándose en las normas estandarizadas internacionalmente, código nacional eléctrico norteamericano y reglamentos locales.

ASPECTOS GENERALES.

Instalación Eléctrica.- Es el conjunto de conductores eléctricos, canalizaciones, accesorios de control y protección que se requieren para interconectar una fuente de --- energía eléctrica con los aparatos eléctricos receptores y --

dispositivos de conexión seleccionados previamente como son: - motores, tomas de corriente, lamparas, equipos de refrigeración, intercomunicación, aire acondicionado, etc.

Es importante que el proyectar y ejecutar una instalación eléctrica se consideren las siguientes características:

A) Seguridad.- El sistema además de protegerse contra fallas eléctricas inherentes al mismo, deberá protegerse también contra posibles descargas eléctricas al personal, de equipo y conductores energizados.

B) Confiabilidad.- La continuidad excepcional de las operaciones en los complejos petroquímicos, aunado a las serias consecuencias ocasionadas por interrupciones de energía no programadas, determinan la imperiosa necesidad de un sistema electricamente confiable.

C) Selección del Equipo.- La naturaleza de las instalaciones en los complejos petroquímicos, dicta una cuidadosa especificación en los materiales y en el equipo.

E) Economía.- Considerando la inversión inicial, consumo de energía eléctrica y los gastos por conservación del equipo.

f) Flexibilidad.- Para realizar labores de mantenimiento preventivo al equipo a intervalos regulares y adecuados, es necesario tener la suficiente flexibilidad en el sistema.

Requerimientos del sistema de distribución.

El sistema de distribución de energía eléctrica consiste en subestaciones; tableros de distribución, control o alumbrado, dispositivos de protección para circuitos incluyendo: barras aisladas o ductos, cable y tubería conduit, capacitores, cuchillas, interruptores, transformadores, etc.

El sistema de distribución eléctrica debe cumplir con lo siguiente:

1) Capacidad adecuada para el suministro de energía. Debe tener capacidad suficiente para satisfacer a la demanda máxima, previendo un incremento por ampliaciones futuras, ya que las provisiones necesarias del equipo y los circuitos correspondientes del sistema se incorporarán al diseño de la instalación, los que una vez construídos es difícil modificar. Por lo tanto, el olvidar la capacidad por ampliaciones futuras, puede ser una omisión costosa.

2) Protección para el personal de operación y mante-

nimiento. La importancia que tiene el sistema también la adquiere la protección adecuada contra errores de operación, así como defensas que eviten el contacto accidental con partes energizadas de los elementos del sistema. Para evitar al máximo los accidentes que en el área eléctrica son de graves consecuencias es necesario tomar en cuenta las siguientes precauciones:

a) Utilizar equipo de interrupción, con capacidad adecuada para interrumpir el suministro de energía a todos los circuitos bajo cualquier condición anormal o de emergencia que pudiera presentarse.

b) No efectuar ningún trabajo en equipo eléctrico energizado, cualquiera que sea la tensión.

c) Que todas las partes energizadas sean instaladas dentro de un gabinete metálico adecuado y conectarlo a tierra.

d) Conectar a tierra todas las carcasas de motores y equipo eléctrico, así como estructuras de edificios, cobertizos, etc.

3) Protección Automática a circuitos en condiciones de Falla.

Los dispositivos de protección de los circuitos deben ser seleccionados con capacidad para interrumpir cortos circuitos o sobrecargas.

El interruptor o los fusibles, cuyas capacidades son insuficientes pueden provocar un incendio, destrucción del equipo y lesiones al personal. Al seleccionar un interruptor o fusible podemos decir que sus características fundamentales deben ser mayores a las condiciones que presente el circuito a proteger, y conocer los siguientes datos:

a) La capacidad interruptiva en KVA (energía que puede manejar durante la interrupción).

b) La capacidad de corriente que puede llevar normalmente.

c) La capacidad de corriente instantánea cuyo efecto mecánico resista.

d) La capacidad de corriente que pueda interrumpir.

c) El nivel de aislamiento.

I.4 ARREGLOS DE SISTEMAS PARA DISTRIBUCION EN ENERGIA

SISTEMA RADIAL SIMPLE

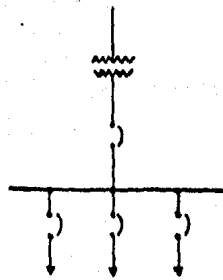
Formado por un alimentador primario, que suministra -- energía a un transformador, y este a su vez a un bus al que se conecta la carga. Este sistema se distingue por ser económico-inicialmente con respecto a otros sistemas, pero tiene el inconveniente de que en caso de falla en el alimentador o mantenimiento al transformador, la carga queda desenergizada. Este -- sistema es adecuado para cargas hasta 1000 KVA, ver figura I-B.

SISTEMA RADIAL CON CENTROS DE POTENCIA

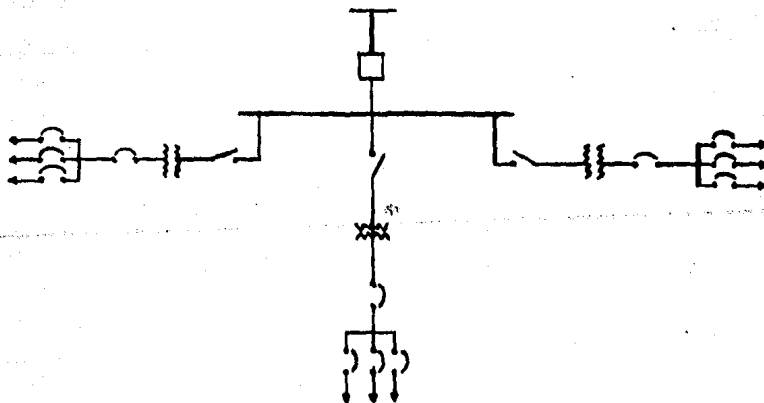
Esta formado por un alimentador principal, el cuál -- energiza a un bus, a éste se conectan transformadores inmediatos al centro de carga. Tiene el inconveniente de mala continuidad, pues una falla en el alimentador principal significa -- interrupción total. Este sistema es el más económico para cargas que exceden de los 1000 KVA, ver figura I-C.

SISTEMA RADIAL SELECTIVO EN PRIMARIO

Formado por dos alimentadores primarios que energizan dos buses, a los cuáles se conectan los transformadores. Este sistema cuenta con puntos para mejor continuidad, pues en caso-



SISTEMA RADIAL SIMPLE
FIG. I-B



SISTEMA RADIAL CON CENTROS
DE POTENCIA

FIG I-C

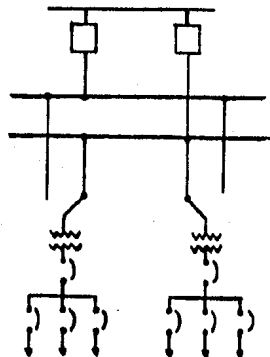
de ocurrir una falla en un alimentador primario la carga puede cambiarse rápidamente al otro; cada circuito primario debe tener capacidad para el total de la carga, por lo que tiene mayor flexibilidad, ver figura I-D.

SISTEMA RADIAL SELECTIVO EN SECUNDARIO:

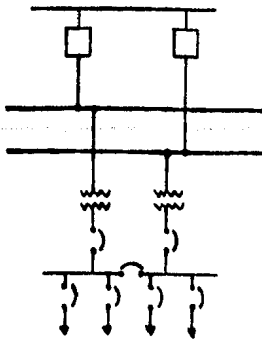
Este arreglo está formado por dos alimentadores, que se conectan a dos buses primarios, a los cuáles se conectan los transformadores y estos a su vez energizan la carga, este sistema puede verse como dos sistemas radiales simples, pero con la diferencia de que incluye un interruptor de enlace normalmente cerrado en los buses secundarios. Este sistema tiene la ventaja de proporcionar mayor continuidad en el servicio, ya que al retirarse un transformador por falla o mantenimiento el otro alimentará las cargas de ambos mediante el interruptor de enlace, aumentando así la flexibilidad con un incremento en el costo inicial, ver figura I-E.

SISTEMA EN ANILLO.

Consiste en dos alimentadores que energizan a unos buses primarios, estos a su vez energizan a otros buses de tal manera que cada bus recibe doble alimentación formando un anillo, con este sistema, es posible interrumpir una alimenta



SISTEMA RADIAL SELECTIVO EN PRIMARIO
FIG I-D



SISTEMA RADIAL SELECTIVO EN SECUNDARIO
FIG I-E

ción sin causar interrupción en el suministro, ver figura I-F.

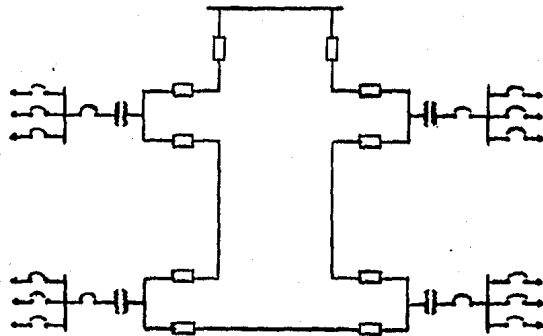
RED

En una red se aumenta el número de interconexiones y de este modo la alimentación no se interrumpe, la operación es automática en casos de falla del transformador ó alimentador primario. La carga se transfiere a los otros transformadores ó a otro alimentador a través del anillo secundario, ver figura I-G.

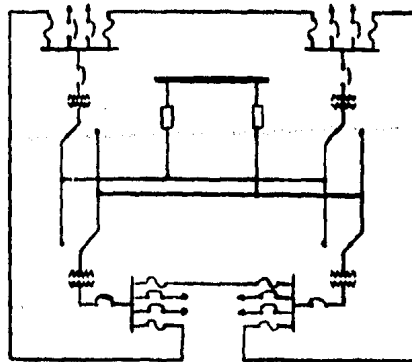
Los sistemas de distribución en las plantas industriales, están formados por tres subsistemas que son:

a) SISTEMA PRIMARIO

Se considera que el sistema primario es la parte correspondiente a la alta tensión, desde la acometida de la compañía suministradora, la generación de emergencia en la planta cuando se dispone de ésta, y el equipo de transformación de tensión en la acometida a la tensión de distribución a los centros de carga.



SISTEMA EN ANILLO
FIG. I-F



RED
FIG. I-G

b) SISTEMA DE DISTRIBUCION A CENTROS DE CARGA.

Este sistema distribuye la energía en 13.8, 4.16 ó 2.4 KV a subestaciones secundarias, localizadas lo más cerca posible a los centros de carga, las que se componen de cuchillas e interruptores para las líneas de transmisión de alta tensión y transformadores que reducen ésta a niveles de utilización.

c) SISTEMA DE DISTRIBUCION SECUNDARIA.

Es la parte del sistema eléctrico que alimenta al - - equipo de utilización de la planta con el centro de carga.

Con los sistemas mencionados, es posible formar diferentes arreglos, dependiendo de factores como son: flexibilidad, confiabilidad, seguridad, economía, nivel de corto circuito, etc.

Para el sistema de un diseño eléctrico es necesario - tomar en cuenta algunas consideraciones básicas.

1) No escatimar en los costos del sistema.- Cuando en el diseño de un sistema eléctrico se persigue tener un bajo -- costo inicial, sin tener en cuenta ventajas de carácter técnico en su operación y mantenimiento, se incurre en un grave ---

error, ya que finalmente los costos de estos dos renglones se elevarán y posiblemente se ocasionen algunos otros trastornos.

Los sistemas de distribución de energía eléctrica son costosos, pero debe tomarse en cuenta que estos solo presentan un pequeño porcentaje del costo total de la instalación industrial y el buen funcionamiento de estos depende en gran parte de la eficiencia del sistema eléctrico.

2) Obtener toda información posible sobre el funcionamiento de la instalación y tener en cuenta opiniones del personal que labora en las plantas.- Es necesario obtener información con el personal encargado de la operación de la planta,-- si se trata de una ampliación al sistema o con el personal encargado en plantas similares cuando se trata de una planta nueva. Es conveniente tener información sobre la maquinaria que no debe sufrir interrupciones en su operación, tiempo normal de operación de cada máquina, así como todo lo relativo a ellas.- De este modo puede lograrse una idea de la flexibilidad y adaptabilidad que debe tener el equipo instalado.

3) Obtener todos los datos posibles sobre la naturaleza de la carga conectada.- Para proyectar un sistema de distribución eléctrica es indispensable conocer la naturaleza de la carga.

Es conveniente considerar separadamente la carga de alumbrado, de las cargas de fuerza, maxime si ambas cargas se alimentan de la misma subestación.

4) Estudiar la fuente de alimentación de energía eléctrica.- El problema de suministro de energía eléctrica dependerá de si puede obtenerse de la planta eléctrica local, de una subestación o si será necesario generarla en el sitio de consumo. Es necesario considerar también el nivel de voltaje al cual distribuye la planta que da el servicio.

5) Examinar todo el sistema eléctrico en conjunto.- El sistema eléctrico tiene que proyectarse totalmente, aún cuando conste de varias secciones, en esta forma es cuando puede tenerse la certeza de que se ha seleccionado el equipo adecuado para rendir un buen servicio.

Es necesario considerar la seguridad del sistema, requisitos de la carga y la selección del sistema de voltaje, la fuente de suministro de energía eléctrica, La conexión a tierra, el arreglo de los circuitos, los relevadores, los conductores, los transformadores, la corriente de corto circuito y conservación del equipo requerido.

De la misma manera es necesario considerar las posibi

lidades de falla de alguna máquina o equipo, con objeto de proyectar el sistema de tal forma que permita mantener el servi-cio continuo, permitiendo aislar la máquina o el equipo afectado sin necesidad de parar la planta.

6) Proyectar el sistema considerando futuras expansiones.- Siempre deben esperarse ampliaciones en las plantas, para ello, los sistemas de distribución eléctrica deben diseñar-se de modo que las ampliaciones puedan lograrse fácilmente y -económicamente.

7) Proyectar el sistema para brindar seguridad.- Pa-ra que un sistema eléctrico sea adecuado debe reunir todas las condiciones de seguridad requerida, por tal motivo todo siste-ma y equipo eléctrico debe estar dispuesto de tal forma que no ofrezca peligro alguno para el personal y el sistema mismo. -Para lograr lo anterior es necesario observar las especifica-ciones contenidas en el Código Nacional Eléctrico.

Para comprender con mayor facilidad un sistema de distribución, es recomendable consultar el diagrama unifilar correspondiente, pues en él se representan los conductores de cada circuito con una sola línea, independientemente si se trata de un sistema trifásico o monofásico. En este diagrama se re-presentan los equipos eléctricos del sistema con símbolos espcíficos.

SISTEMA ELECTRICO DE LA BOCATOMA LAGUNA LA CEIBA.

El sistema eléctrico seleccionado para la bocatoma La guna La Ceiba es el radial selectivo en secundario como lo muestra el diagrama unifilar, plano No. L-2.

Este sistema se origina en la subestación No. 7 con demanda media de 39 MVA localizada en Cactus, la cuál fue proyectada para proporcionar energía eléctrica a las instalaciones que se encuentran fuera del complejo Nuevo Pemex.

El sistema estará formado por dos líneas de transmisión, que consiste de tres conductores de 477 MCM ACSR operando una con el servicio normal y la otra como relevo, estos conductores recorren una longitud de 7 Km. desde el complejo petroquímico Cactus, chiapas, hasta la Bocatoma Laguna La Ceiba.

El cálculo eléctrico de las líneas de transmisión se tratará en el capítulo III que corresponde a la instalación de fuerza.

CAPITULO II

INSTALACION DE ALUMBRADO.

II.1 NIVELES DE TENSION.

Al seleccionar los niveles de tensión en un sistema de distribución eléctrica, es necesario efectuar un estudio del equipo de utilización, de la tensión eléctrica que dispone la compañía suministradora y conveniencias económicas de la utilización de los diversos niveles de tensión considerados.

Los factores que intervienen para seleccionar los niveles de tensión son:

- a) magnitud de la carga.
- b) Distancia de la fuente de suministro a la carga.
- c) Limitación en el rango de tensión de los dispositivos eléctricos por alimentar.
- d) Seguridad
- e) Normas.

El efecto de estos factores es variable para cada --

sistema de distribución. Las limitaciones en el rango de la tensión de los dispositivos eléctricos por alimentar influyen en la selección de los niveles de tensión.

En los equipos de alumbrado, motores de potencia fraccionaria, herramientas manuales, máquinas de oficina, etc. tienen un rango en la tensión de 115 a 120 Volts monofásicos.

La tensión en los motores polifásicos se encuentran en el rango de 220 a 13,800 volts.

Desde el punto de vista del diseño y costo del sistema de distribución, la tensión recomendable para un motor, es función de su potencia.

Generalmente resulta más económico tener motores de 200 HP o menos en 480 Volts, ya que en 220 volts se observan mayores corrientes, y en consecuencia los conductores serían de mayor calibre, y el equipo más costoso.

Los motores de 400 HP no se fabrican para tensiones menores de 600 volts. Por lo tanto, existen límites en la potencia de motores para cada rango de tensión.

En el presente proyecto en que la carga principal - -

consta de motores polifásicos de 1500 HP y considerando que se tiene una tensión de suministro de 34.5 KV. Se eligieron los siguientes niveles de tensión:

Para motores de 1500 HP, se determinó su alimentación en 4160 volts, por las siguientes razones:

a) Representa menor costo en general de acuerdo al costo del motor, equipo de arranque y de los conductores, comparado con la alimentación a 2,300 volts.

b) El equipo posee mayor capacidad interruptiva y en su consecuencia se presta a la expansión del sistema.

Para motores de 15HP se contará con un sistema de 480 volts. Para la carga restante, la cual comprende circuitos de alumbrado y fuerza se eligieron tensiones de 220 y 127 volts. Así, como 125 volts de corriente directa para los circuitos de control que requieren de esta. Ver diagrama unifilar simplificado.

II.2 DISEÑO DE LA INSTALACION DE ALUMBRADO INTERIOR, EXTERIOR Y CONTACTOS.

En el diseño de una instalación de alumbrado intervienen diversos factores como son:

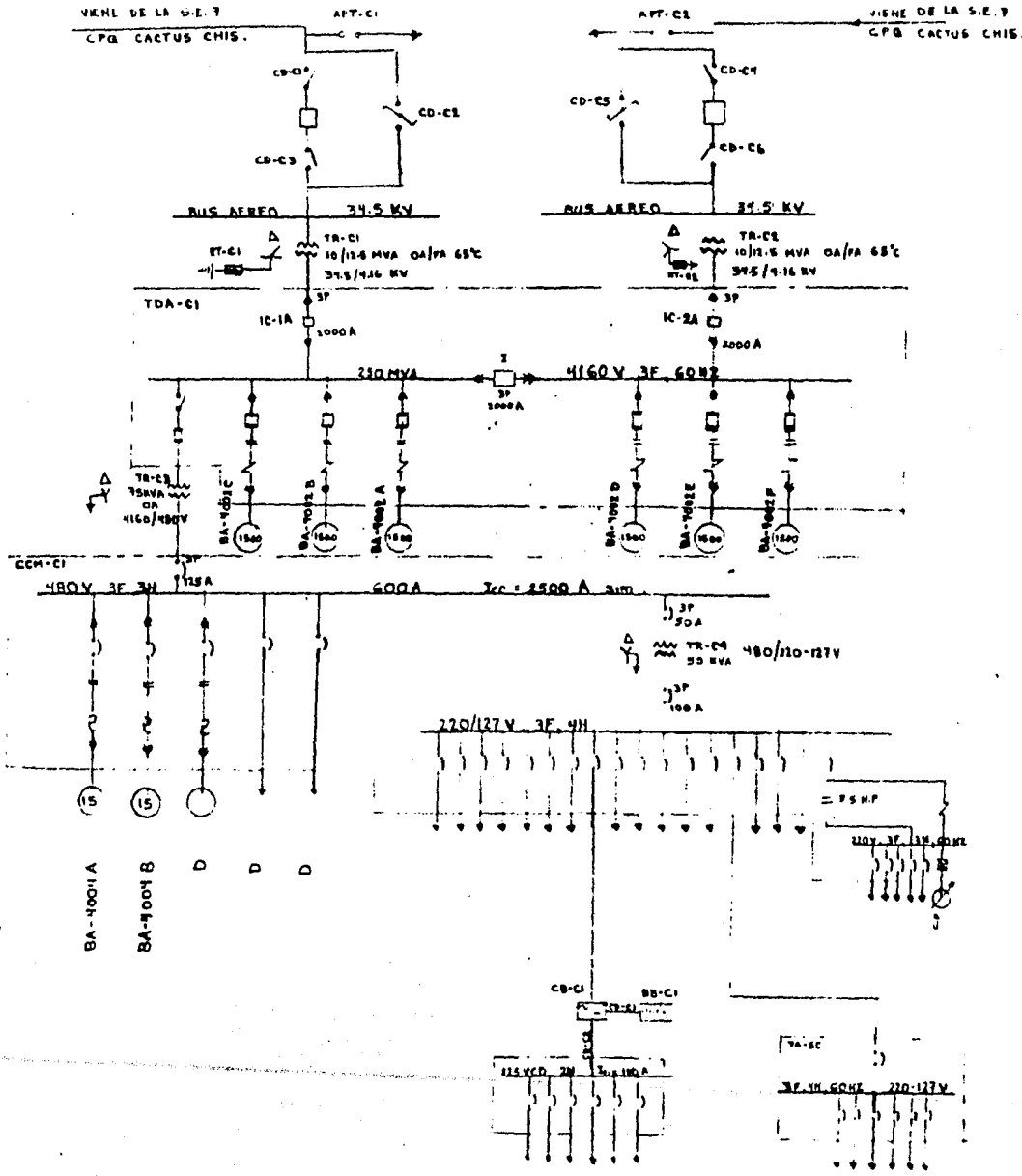


Diagrama unifilar simplificado, mostrando los niveles de voltaje utilizados.

El propósito de la instalación, tipo de área a iluminar, trabajo a realizar en esta área y tiempo de duración, requisitos arquitectónicos y decorativos, limitaciones económicas, etc.

Como el propósito principal de la instalación de alumbrado es la iluminación de objetos, deben desecharse sistemas y equipos con excesiva brillantez para evitar deslumbramientos y contrastes excesivos que causarían molestias y condiciones impropias para efectuar un trabajo.

SELECCION DE EQUIPO

En la práctica, elegir la fuente y el equipo, depende tanto de razones económicas como de la naturaleza del trabajo visual.

La forma y tamaño del área a iluminar, reflectancia de muros, techo y piso, horas de funcionamiento anual, fidelidad a los colores y otros factores de menor importancia deben considerarse en la elección de la fuente de iluminación.

ALTURA DE MONTAJE.

Es posible obtener iluminación uniforme utilizando po

cas lámparas de gran potencia, con alturas de montaje elevadas, que optar por un gran número de ellas de poca potencia. - Esto reduce generalmente los costos inicial y de funcionamiento.

Para seleccionar la altura de montaje mínima de cierto tipo de lámpara, debe tomarse en cuenta su brillo y su emisión luminosa, pues usualmente se recomienda sobre la base de que la lámpara funcionará en un luminario de distribución ancha. Las alturas serán mayores cuando las luminarias son de distribución media o estrecha, ó deberán colocarse a menor distancia entre luminarias para obtener una iluminación uniforme.

FORMA DEL LOCAL.

Independientemente de la altura de montaje los luminarios de distribución ancha se aplican a locales anchos con respecto a la altura de montaje.

Los luminarios de distribución estrecha se recomiendan para locales altos y estrechos para dirigir la luz hacia el área de trabajo.

COSTO DE MANTENIMIENTO

Si un sistema de alumbrado se utiliza casi continuamente, el costo inicial es de menor importancia, si se compara con el de mantenimiento. Así las fuentes de alta eficiencia - (flourescentes, vapor de mercurio o lux mixta) con alta emisión luminosa y larga vida resultan en extremo interesantes para reducir las cargas de energía y conservación.

Las lámparas que se utilizan para períodos cortos, el costo inicial es más importante y las de filamento pueden recomendarse a pesar de sus eficiencias menores.

El costo de las lámparas, esta en función de la potencia media de éstas, y en consecuencia mayor es el costo del equipo y más justificable será el uso de sistemas que aumentan la eficiencia y abaratan el costo de funcionamiento.

LOS METODOS QUE SE UTILIZAN COMUNTE PARA PROYECTOS DE ALUMBRADO SON LOS SIGUIENTES:

1.- METODO DE WATTS POR METRO CUADRADO.

Este método carece de precisión, solo se emplea cuando hay que estimar la carga necesaria de alumbrado en una área determinada.

2.- METODO DE PUNTO POR PUNTO.

Este método se utiliza generalmente para alumbrado público, alumbrado con proyectores y alumbrado de superficies -- verticales. Se emplea para determinar la iluminación en un -- punto específico.

3.- METODO DE LOS LUMENS

Este método es de mayor aplicación, debido a la facilidad de sus fórmulas y porque los resultados son muy aproximados. Este método está basado en el nivel promedio de iluminación que suministra un número determinado de luminarios.

En el presente proyecto se empleará el método de los lumens para áreas interiores, los principales términos se describen a continuación.

FLUJO LUMINOSO.- Es la cantidad de energía radiante que emite una fuente de luz, medida de acuerdo con la sensación visual que produce, la unidad de flujo luminoso es el lumen.

INTENSIDAD DE ILUMINACION.- Puede definirse mediante la ley de las distancias o de los cuadrados inversos que dice -

que la intensidad de iluminación sobre una superficie situada perpendicularmente a la dirección de la radiación es directamente proporcional a la intensidad luminosa e inversamente proporcional al cuadrado de las distancias de la superficie a la luminaria. La unidad de intensidad de iluminación es la candela.

METODO DE LOS LUMENS.

Al emplear este método en la solución de un problema de alumbrado general, es necesario tomar en cuenta los puntos siguientes:

1.- DETERMINACION DEL NIVEL REQUERIDO DE ILUMINACION.

Los requisitos cuantitativos de una buena iluminación varían mucho con la naturaleza de la actividad, y están principalmente en función de la dificultad de la tarea visual; según el tamaño del detalle, brillo o contraste del color, otros factores como tiempo de duración de la tarea visual a realizar, condiciones de los alrededores, también, son de importancia.

2.- SELECCION DEL SISTEMA DE ALUMBRADO Y LUMINARIOS:

Los sistemas de alumbrado están clasificados como sigue:

	SE	DIRIGE
	Hacia arriba	Hacia abajo
a) Directo	0-10%	90 - 100%
b) Semi-indirecto	60-90%	10 - 40 %
c) Directo-indirecto	40-60%	40 - 60 %
General Difuso		
d) Semidirecto	10-40%	60 - 90 %
e) Indirecto	90-100%	0 - 10 %

TABLA II-1

El alumbrado de oficinas se efectúa mediante sistema-directo o semi-directo, las áreas comerciales pueden usar cualquier tipo de alumbrado o combinación de sistemas.

SELECCION DEL TIPO DE LAMPARA

Hay seis tipos de lámparas comerciales, sus ventajas y desventajas se describen a continuación:

a.- LAMPARAS INCANDESCENTES.

Las ventajas son: bajo costo inicial, buena definición de color, buen control de luz, encendido instantáneo, no requiere balastro.

Las desventajas son: baja eficiencia luminosa, (lumens por watt), corta vida de la lámpara (500 a 2000 hrs), alto costo de operación.

b.- LAMPARAS DE CUARZO.

Las ventajas son: excelente definición de color, buen control del rayo de luz, buen mantenimiento de flujo luminoso (la capacidad de luz permanece casi igual por la vida de la lámpara) no requiere balastro.

Las desventajas son: baja eficiencia luminosa (lumens por watt), corta vida de la lámpara (2000 a 4000 hrs), alto costo de operación.

c.- LAMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.

Las ventajas son: lámparas de larga vida (24,000 hrs.) alta eficiencia luminosa (lumens por watt) bajo costo de operación.

Las desventajas son: alto costo inicial, control limitado de luz, no enciende inmediatamente (4 min. de encendido). Este problema se acrecenta en industrias donde es vital la iluminación ininterrumpida por concepto de proceso, después de -- una falla de alimentación su reencendido tarda, (hasta 10 minutos).

d.- LAMPARA DE ADITIVOS METALICOS.

Las ventajas son: Vida moderadamente larga (7500 hrs), eficiencia excepcionalmente alta (lumens por watt), buena definición de color, costo más bajo de operación.

Las desventajas son: alto costo inicial, no enciende inmediatamente (el caso de reencendido es similar al de vapor de mercurio).

e.- LAMPARAS FLUORESCENTES.

Las ventajas son: lámparas de moderada larga vida -- (7500 a 12000 hrs.), alta eficiencia de luz (lumens por watt), bajo costo de operación, baja brillantez.

Las desventajas son: bajo control de luz, unidades grandes, la eficiencia puede variar con la temperatura, poca

concentración de potencia luminosa, no es recomendable para al tos montajes.

f.- SODIO A ALTA PRESION.

Las ventajas son: Buen control del rayo de luz, vida-moderadamente larga (6000 hrs), de alta eficiencia luminosa.

Las desventajas son: alto costo inicial, requieren ba lastro muy especial.

g.- SODIO A BAJA PRESION.

Las ventajas son: Buen control del rayo de luz, vida-moderadamente larga (6000 Hrs) excelente eficiencia.

Las desventajas son; alto costo inicial, requieren ba lastro muy especial.

3.- DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE UTILIZACION.

Es la relación del flujo luminoso que llega al plano-de trabajo (generalmente un plano horizontal, a 76 cm. sobre - el piso), al total del flujo generado por las lámparas. Es un factor que toma en cuenta la eficiencia y distribución de los-

luminarios, su altura de montaje, las dimensiones del local y la reflectancia de muros, techo y piso.

En general cuanto más alta y estrecha sea la habitación mayor será el porcentaje de luz absorbida por los muros y en consecuencia será más bajo el coeficiente de utilización. Los locales son clasificados con relación a la forma en diez grupos, cada uno de los cuales se identifica por una letra conocida como índice del local, los índices del local para amplia gama de dimensiones se proporcionan en la tabla siguiente:

VALOR DE LAS RELACIONES DEL LOCAL

Relación del local

Índice del local	Valor	Punto central
J	Menor de 0.7	0.60
I	0.7 a 0.9	0.80
H	0.9 a 1.12	1.00
G	1.12 a 1.38	1.25
F	1.38 a 1.75	1.50
E	1.75 a 2.25	2.00
D	2.25 a 2.75	2.50
C	2.75 a 3.50	3.00
B	3.50 a 4.50	4.00
A	Mayor de 4.50	5.00

TABLA II-2.

Estos índices del local están basados en relaciones entre dimensiones del local, que se calculan con las siguientes fórmulas:

$$\text{Relación del local} = \frac{\text{Ancho} \times \text{longitud}}{\text{Altura de montaje (ancho + longitud)}} \quad (\text{II-A})$$

Para alumbrado semidirecto e indirecto:

$$\text{Relación del local} = \frac{3 \times \text{Ancho} \times \text{Longitud}}{2 \text{ Altura del techo sobre el plano (Ancho + Longitud)}} \quad (\text{II-B})$$

4.- ESTIMACION DEL FACTOR DE MANTENIMIENTO

El nivel luminoso en servicio producido por cualquier instalación de alumbrado se determina por un análisis de las condiciones bajo las cuales debe operar el sistema.

En la operación de un sistema de alumbrado hay tres elementos de conservación que son variables y que afecta a la cantidad de luz obtenida del sistema.

a).- Pérdida en la emisión luminosa de la lámpara. La emisión luminosa media a lo largo de la vida de la lámpara es de 10 a 25% más baja que la inicial.

El valor de ésta disminución depende del tamaño.

b).- Pérdida debido a la acumulación de suciedad sobre la superficie reflectora o transmisora de la luminaria y sobre las propias lámparas.

c).- Pérdida de luz reflejada a causa de la acumulación de suciedad sobre muros y techos; para los casos en que se reduce la reflectancia excesivamente.

En las tablas para seleccionar los factores de conservación para lamparas y luminarias, se consideran las siguientes condiciones:

Factor de mantenimiento bueno.- Cuando son buenas las condiciones atmosféricas, los luminarios se limpian frecuentemente y las lamparas se reponen por el sistema en sustitución en grupos.

Factor de mantenimiento medio.- Cuando las condiciones atmosféricas son menos limpias, la limpieza del luminario es menos frecuente y sólo se reponen las lámparas cuando se funden.

Factor de mantenimiento Malo.- Cuando la atmosfera es

bastante sucia y la instalación tiene una conservación deficiente.

5.- CALCULAR EL NUMERO DE LAMPARAS Y LUMINARIOS QUE SE REQUIEREN.

El número de lámparas y luminarios puede calcularse mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{No. de lámparas} = \frac{\text{Nivel luminoso en lux (superficie en m}^2\text{)}}{\text{Lumens por lámpara x coef. de utilización x factor de mantenimiento.}} \quad (\text{II-C})$$

$$\text{No. de Luminarios} = \frac{\text{Número de lámparas}}{\text{Lámparas por luminaria.}} \quad (\text{II-D})$$

6.- DETERMINACION DE EL EMPLAZAMIENTO DE LOS LUMINARIOS.

El emplazamiento de los luminarios, depende en general de la arquitectura y dimensiones del local, tipo de área a iluminar, equipo existente, tipo de luminarias, etc.

De acuerdo a los puntos anteriores se procederá a efectuar el proyecto de los sistemas de alumbrado de los diferentes locales de que consta la Bocatoma Laguna La Ceiba.

ALUMBRADO CUARTO DE EQUIPO ELECTRICO.

1.- NIVEL LUMINOSO.- La Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación y las normas de Pemex, recomiendan que para cuartos de equipo eléctrico se consideren 300 luxes.

2.- SISTEMA DE ALUMBRADO. Se eligió el tipo de alumbrado directo por eficiencia en la producción de luz en la zona usual para trabajo, pues se pretende iluminar principalmente la parte frontal y posterior del TDA-CI y la parte frontal del CCM-CI, y para efectos de mantenimiento se cuente con buena iluminación.

El tipo de luminaria será Modelo Industrial RLM, fluorescente de 2 X 38 watts C.A., con difusor plástico cristalino prismático hexagonal, reactor de alto factor de potencia, - - arranque instantáneo para operar una tensión de 127 volts.

3.- DETERMINACION DEL COEFICIENTE DE UTILIZACION.- Al determinar el coeficiente de utilización, se hace uso de la tabla II-2 para las relaciones del local.

Dimensiones : Longitud	12.50 Mts.
Ancho	7.00 Mts.
Altura de montaje	3.50 Mts.

Sustituyendo valores en la ecuación (II-A)

$$R.L. = \frac{12.50 \times 7.00}{3.50(12.50 + 7.00)} = \frac{87.5}{68.25} = 1.28$$

El punto central en la tabla es 1.25 y corresponde a la letra G. Por lo que R.L. = G.

Las reflectancias son: Para el techo se considera 70%, para los muros 30%

Ya que se conoce el índice del local o cuarto, las reflectancias de techos y muros, así como el tipo de luminaria, en tablas del manual Westinghouse o en el catalogo del fabricante se observa que el coeficiente de utilización es 0.41, -- por lo que: C.U. = 0.41

4.- ESTIMAR EL FACTOR DE MANTENIMIENTO.- Se considera factor de mantenimiento medio porque la limpieza de los luminarios no es muy frecuente, por lo tanto el factor de mantenimiento tiene un valor de 0.65 por lo que F.M = 0.65.

5.- CALCULAR EL NUMERO DE LAMPARAS Y LUMINARIOS QUE SE REQUIEREN.- Tomando en consideración que el flujo luminoso de una lámpara es de 2600 Lumens, se procederá a sustituir valo-

res en la fórmula (II-C).

$$\text{Núm. de Lámparas} = \frac{300 \times 87,5}{2600 \times 0,45 \times 0,65} = \frac{26250}{692,9} = 37,8$$

Núm. de lámparas = 38

El número de luminarias se obtiene sustituyendo valores en la fórmula (II-D),

$$\text{Núm. de Luminarias} = \frac{38}{2}$$

Núm. de Luminarias = 19

6.- EMPLAZAMIENTO DE LOS LUMINARIOS.- Como se mencionó anteriormente el desplazamiento depende de la arquitectura y dimensiones del local, esto implica que el número de lámparas que se obtiene del cálculo no necesariamente debe cumplirse, sino que pueden ser más o menos lámparas. El espaciamiento máximo de acuerdo a los datos del manual Westinghouse es de 1.3 por la altura de montaje, ésta nos indica que mientras no se rebase el espaciamiento máximo y de acuerdo a la arquitectura es posible reducir o aumentar los luminarios.

Por todo esto, se decidió que para tener buena distribución

de luz se instalarán en forma visible doce luminarios de 2 X 38 watts en la parte frontal del TDA-CI y CCM-CI, y cuatro luminarios de 2 X 38 watts en la parte posterior del TDA-CI.

Espaciamiento = $1.3 \times \text{altura de montaje (3.50)} = 4.55 \text{ mts.}$

Máximo.

Se distribuyen cuatro contactos trifásicos de 3300 - - watts y dos contactos monofásicos de 200 watts, instalados en muros del cuarto de equipo eléctrico.

Carga instalada en :	alumbrado interior:	1600 watts
Cuarto de Equipo Electrico	Fuerza:	13600 watts
		<u>15200</u> watts

En forma similar se procedió para el proyecto de instalaciones y contactos del resto de áreas que forman la Bocatoma Laguna La Ceiba, las cuáles se describen a continuación en forma generalizada.

BODEGA.

El nivel de iluminación es de 200 luxes, tipo de alumbrado directo con luminarios fluorescentes, modelo industrial-RLM de 2 X 38 watts, con difusor plástico cristalino prismáti

co hexagonal, reactor de alto factor de potencia 127 volts, 60 HZ. Total de luminarios dos de 100 watts. Se instalará un con tacto monofasico de 200 watts.

Carga instalada:	alumbrado :	200 watts
	fuerza :	<u>200 watts</u>
		400 watts

BANO

El nivel de iluminación es de 100 luxes, tipo de alumbrado directo con luminario incandescente de 60 watts para sobreponer, modelo contemporaneo de Novalux. Total de luminarios uno de 60 watts, contactos uno de 200 watts.

Carga instalada:	alumbrado :	60 watts
	Fuerza :	<u>200 watts</u>
		260 watts.

CUARTO DE BATERIAS

El nivel de iluminación es de 200 luxes, tipo de alumbrado directo con luminarios fluorescentes de 2 X 38 watts, modelo industrial RIM, con difusor plástico cristalino prismático hexagonal, reactor de alto factor de potencia de 127 volts,

60 HZ. Total de luminarios uno de 100 watts. contactos, uno -
de 200 watts.

carga instalada: alumbrado: 100 watts
Fuerza : $\frac{200}{300}$ watts

SALA DE CLORACION.

El nivel de iluminación es de 200 luxes, tipo de alumbrado directo con luminarios vapor de mercurio, tipo Relamp champ II de 175 watts, 127 V.C.A, 60 HZ, con globo, guarda y reflector poco profundo. Total de luminarios cuatro. contactos uno de 200 watts.

carga instalada: alumbrado: 812 watts
fuerza : $\frac{200}{1012}$ watts

OFICINA

El nivel de iluminación es de 300 luxes, tipo de alumbrado directo con luminarios fluorescentes de 2 X 38 watts, modelo industrial RLM, con difusor plastico hexágono, reactor de alto factor de potencia 127 volts, 60 Hz. Total de luminarios dos de 100 watts, contactos dos de 150 watts.

carga instalada:	alumbrado:	200 watts.
	Fuerza:	<u>300</u> watts
		500 watts

SANITARIOS Y PASILLO

El nivel de iluminación es de 100 y 200 luxes respectivamente, tipo de alumbrado directo con luminarios incandescente y fluorescente, la incandescente sera de 60 watts modelo contemporanea y la fluorescente sera modelo industrial RLM. Total de luminarios dos, uno de 60 watts y otro de 100 contactos uno de 150 watts.

carga instalada:	alumbrado:	160 watts.
	Fuerza:	<u>150</u> watts.
		310 watts.

CARCAMO DE BOMBEO

El nivel de iluminación es de 20 luxes, tipo de alumbrado directo. Se usan luminarios de vapor de mercurio, tipo Relamp Champ II de 250 watts, 220 V.C.A, 60 HZ, con globo, guarda y reflector poco profundo. Total de luminarios tres. contactos dos de 6600 watts.

carga instalada:	alumbrado	: 870 watts
	Fuerza	: 13200 watts
		74070 watts

SUBESTACION ELECTRICA

El nivel de iluminación recomendado por la SMII es, -- iluminación general horizontal de 20 luxes, y de 20 luxes para iluminación vertical específica (sobre desconectores), iluminación horizontal dentro de la subestación no existe en nuestro caso, ya que se excluye el uso de reflectores por considerarlos innecesarios, debido a la zona donde se encuentra ubicada la subestación y al arreglo de iluminación exterior, de los alrededores.

El alumbrado vertical se proporciona con luminarios tipo Relamp Champ II para montaje en pared y para lampara vapor de mercurio de 250 watts, 220 volts, 60 HZ con globo, guarda y reflector semiprofundo. Las luminarias van localizadas en las columnas de la subestación a una altura de montaje de 5.20 mts. Total de luminarios ocho de 250 watts, un contacto trifasico de 6600 watts.

carga instalada	alumbrado	2320 watts
	Fuerza	6600 watts
		8920 watts.

ALUMBRADO EXTERIOR

Al efectuar un diseño de alumbrado exterior deben tomarse en cuenta factores como son: el tráfico y la estética, concediendo mayor importancia al tráfico siendo este de peatones y vehículos. Los luminarios deben ser seleccionados en relación a la distribución fotométrica requerida, emplazandolas según convenga, con altura de montaje y la longitud del brazo adecuada para proporcionar la iluminación deseada.

Los niveles de iluminación recomendados por el comité de alumbrado de calles del instituto de ingenieros de tráfico, considerando la clasificación de vehículos y peatones son los siguientes:

TRAFICO DE PEATONES	CLASIFICACION DE VEHICULOS/HORA			
	MUY LIGERO menós de 150	LIGERO 150-500	MEDIO 500-1200	PESADO más de 1200
Pesado	9 lux	12 lux	15 lux	18 lux
Medio	6 lux	9 lux	12 lux	15 lux
ligero o nulo	3 lux	6 lux	9 lux	12 lux

TABLA II - 3

Estos niveles de iluminación son valores mínimos en -- servicio requeridos para proporcionar un alumbrado normal, corresponden a la intensidad media sobre la calle que es limitada por las guarniciones.

SELECCION DE LUMINARIOS

El luminario, como ya se dijo puede ser incandescente, vapor de mercurio o fluorescente. Para el presente trabajo -- fueron seleccionadas lámparas de vapor de mercurio, pues desde el punto de vista económico supera a los otros dos tipos, ya que tiene más vida útil promedio; además, tiene una eficiencia luminosa promedio a lo largo de su vida del 90%, considerando por otro lado que en caso de existir áreas peligrosas, la altura de montaje no debiera ser menor de 9 mts. en la que los luminarios de vapor de mercurio tienen mejor eficiencia.

EMPLAZAMIENTO DE LOS LUMINARIOS.

Con el fin de reducir al mínimo el deslumbramiento directo, así como para tener una distribución luminosa uniforme sobre el área, es recomendable tener una altura de montaje óptima. A mayor altura de montaje del luminario, menor es el -- deslumbramiento, puesto que estará por encima de la línea normal de visión. Para que halla uniformidad debe existir una --

cierta relación entre la altura de montaje, separación entre luminarios y el ángulo vertical de máxima emisión luminosa que -- suele ser de 70° a 80°. La relación de distancia entre postes y la altura de montaje será lo suficientemente baja, para que el rayo de luz de máxima emisión luminosa pueda iniciarse a mitad del poste contiguo.

El espaciamiento entre luminarios puede determinarse -- empleando datos que proporciona el fabricante o empleando el método del lumen, que con las modificaciones para éste caso se expresa por la siguiente fórmula:

$$e = \frac{F \times C.U. \times F.M.}{E \times A} \quad \text{II.E}$$

Siendo:

e = Espaciamiento entre luminarios

F = Flujo luminoso inicial por luminario (en lumens)

C.U = Coeficiente de utilización.

F.M = Factor de mantenimiento

E = Nivel de iluminación (en luxes)

A = Ancho de la calle (en metros)

NIVEL DE ILUMINACION

En ésta área se considera un tráfico de vehículos muy ligero y el tráfico de peatones medio, por lo que consultando la tabla II-3, el nivel de iluminación permanente es de 6 luxes.

TIPO DE LUMINARIO

Se emplearán luminarios de vapor de mercurio antobalastados con foco de 250 watts, 220 Volts, 60 Hz. emisión luminosa 11 500 luméns.

COEFICIENTE DE UTILIZACION.

Para obtenerlo se hace uso de la curva de utilización del luminario y para este caso, solo se tomará el coeficiente de utilización del lado de la calle, que se obtiene haciendo la relación del ancho de la calle a partir del luminario, a la banqueta opuesta; entre la altura de montaje. Con esta relación y auxiliándose de la gráfica de utilización del luminario se obtiene el coeficiente de utilización.

El ancho de la calle se tomará como 15 mts. como promedio, ya que el area no esta dividida propiamente, por calles -- uniformes.

Altura de montaje = 8.50 mts.

Saliente del brazo = 2.20 mts.

Relación lado calle = $\frac{15-2.20}{8.50} = 1.50$ mts.

De la gráfica de utilización del luminario MOD. 1087 -
metropolitano, C.U = 0.30

ESPACIAMIENTO ENTRE LUMINARIOS.

Partiendo de la formula II-D y sustituyendo valores.

$$e = \frac{11,500 \times 0.30 \times 0.8 \times 0.9}{15 \times 6} = \frac{2484}{90} = 27.6$$

e = 27.6 mts.

ESPACIAMIENTO MAXIMO

Debido a que el area exterior en la bocatoma Laguna La Ceiba tiene una configuración irregular, se tomará un espaciamiento entre luminarios promedio que no exceda lo calculado, y que además, nos permita tener una disposición adecuada de luminarios tomando en cuenta las instalaciones en conjunto.

Se instalarán nueve lamparas de vapor de mercurio anto balastrados de 250 watts, 220 V.

Carga instalada : 2520 watts.

En la iluminación exterior se debe tomar en cuenta las luminarias que se encuentran en el exterior de cada cuarto o modulo. En nuestro caso se instalarán 5 luminarias tipo Relamp - Champ II, 175 watts, 127 V con guarda, globo y reflector anquular en la sala de cloración. También se instalaran 4 luminarias tipo Relamp Champ II, 175 watts 220 volts con guarda, globo y reflector poco profundo en el exterior del cuarto de Equipo Eléctrico.

carga instalada : 1827 watts.

CARGA INSTALADA DE ALUMBRADO Y CONTACTOS (WATTS)

AREA	ALUMBRADO	FUERZA	TOTAL (WATTS)
Cuarto de equipo elect.	1600	13,600	15,200
Bodega C.E. Elect.	200	200	400
Baño en C.E. Elect.	60	200	260
Cuarto de baterias en C.E. elect.	100	200	300
Sala de Cloración	812	200	1012
Oficina en S.C.	200	300	500
Sanitarios y pasillo en S.C.	160	150	310
Carcamo de bombeo	870	13,200	14,070
Subestación electrica	2320	6600	3920
Alumbrado Exterior	2520		2520
Al. ext. de cuartos	1827		1827
TOTALES	10669	34,650	45319

II.3 CANALIZACIONES

Los sistemas de distribución eléctrica pueden ser aéreos ó subterráneos, su elección depende de varios factores, - analizándo cada uno de ellos tenemos que:

En el sistema de distribución aéreo la capacidad de - conducción de los conductores es mayor que en el sistema de -- distribución subterráneo, considerando en ambos casos el mismo material y el mismo calibre de conductor, esto se debe a que - en el sistema aéreo existe mayor disipación de calor por parte de los conductores, no así en el sistema subterráneo debido al mayor acercamiento de los conductores agrupados por uno o más- ductos.

En áreas con densidad de carga grande, no es factible el servicio con líneas aéreas, pués, la presencia de muchos -- conductores en postes, la necesidad de instalar transformado-- res. en postes, así como la dificultad de instalarlos, operar- los y mantenerlos, trae como consecuencia la selección del sig- tema subterráneo.

En el sistema subterráneo el costo inicial es mayor - pero el costo anual con respecto al aéreo es menor, debido a - que la vida útil de este sistema es de 25 años mientras que pa

ra el subterráneo es el doble.

En el sistema aéreo es común remover el sistema debido a la ampliación de calles o reconstrucción de las mismas, es más susceptible a daños e interrupciones en el servicio causados por interperismos.

Otra ventaja del sistema aéreo sobre el subterráneo es la facilidad para la localización de fallas además de ser más flexible en aumentos de cargas.

Una vez analizadas las ventajas y desventajas de ambos sistemas, además de los problemas que causa un sistema aéreo en la etapa constructiva y de mantenimiento, por todo el equipo pesado que circula en las áreas de trabajo, considerando la continuidad en el servicio y el aspecto estético, se determinó para este proyecto en particular, utilizar dentro del área donde se encuentra la bocatoma el sistema de distribución por medio de ductos subterráneos.

DIVERSOS TIPOS DE INSTALACION SUBTERRANEA

Se dice que una instalación eléctrica es subterránea cuando los conductores quedan localizados bajo el nivel de piso terminado.

Existen las siguientes variantes dentro de las instalaciones subterráneas.

1.- Conductores alojados en tuberías metálicas o de asbesto envueltos en concreto armado.

2.- Conductores directamente enterrados.- Este método se efectúa cuando la ruta de la canalización es a través de jardines o lugares abiertos.

3.- Conductores en canaletas.- Es una variante de los enterrados directamente, se aplica cuando se desea proporcionar protección mecánica a los cables.

4.- Conductores en trincheras.- Se aplica cuando la ruta es corta y el número de conductores es grande.

CONSTRUCCION DE CANALIZACIONES.

El sistema subterránea consistirá de ductos eléctricos de tubo conduit metálico en su mayoría, púés habrá también, de asbesto cemento para los de 102 mm. de \emptyset , que van del cuarto de control al RA-2. En ambos tipos de tubos se alojarán los conductores aislados, los tubos tendrán una envoltura de concreto-armado y coloreado en rojo para su identificación y deberán guardar una distancia de centro a centro entre ellos, de acuerdo a la tabla de separación entre tuberías en hancos de ductos.

Se dispondrán registros eléctricos a distancias dictadas de acuerdo con las necesidades del proyecto. Los registros se construirán de dimensiones adecuadas para efectuar maniobras al jalar los conductores, hacer empalmes, librar tuberías etc.

El tamaño del ducto dependerá del diámetro del cable más grande y del número que se instale, y de la longitud del tubo a través del cuál el cable será jalado, considerando además el factor del relleno para la mejor disipación del calor.

El factor de relleno es la relación entre el área ocupada por los conductores incluyendo su aislamiento y el área del tubo conduit, es decir:

$$\text{Factor de relleno en \%} = \frac{\text{área de conductores}}{\text{área del tubo conduit}} \times 100$$

De acuerdo a la experiencia y tomando en consideración a la facilidad de alambrado, el factor de relleno tiene los siguientes valores:

Factor de Relleno.	No. de conductores en tubo conduit
53%	1
51%	2
43%	3
40%	4 o más

TABLA II - 4

En el sistema de distribución subterránea, por resistencia mecánica así como por fácilidad de alambrado, se empleará como mínimo tubería conduit de 19 mm. de diámetro interior.

El número de ductos será función de los requerimientos de la distribución local, del número de circuitos y de las previsiones futuras. La disposición de los ductos se hará de manera que resulte más económica, más funcional y que se tenga una mayor disipación de calor, lo que permite mayor capacidad de conducción de corriente en los conductores. La temperatura a la que opera un cable, depende de la temperatura ambiente de la tierra que rodea el ducto, de las pérdidas del cobre por efecto Joule y de la proporción en que el calor generado es conducido y disipado.

Los ductos tendrán un declive de 3 cm., por cada 100 mts., con el fin de que el agua no se acumule en desniveles for

mados por cambios bruscos en las pendientes del terreno, a pesar de que los ductos se construirán a prueba de filtraciones.

La profundidad de la trinchera en el cuarto de control, se determinó a partir de la altura total del ducto y de la distancia requerida bajo la superficie del nivel de piso terminado, la cuál no será menor de 0.50 mts.

Los disparos de tubo conduit subterráneos deberán doblarse hacia arriba y tapados con tapon tipo cachucha a 50 cm., arriba del N.P.T. (nivel de piso terminado), hasta que las conexiones finales a motores ó equipos sean hechos, esto es con el propósito de evitar la entrada de polvo, agua u otro material extraño. Los tubos conduit futuros deberán taparse en ambos extremos ó enrrasarse al piso con cople y tapón.

A todos los bancos de ductos subterráneos se les indica su profundidad, para evitar choques con tuberías, drenajes cimentaciones, etc. Donde exista algún cruce con tuberías, deberá dejarse un espacio mínimo de 20 cm.

Para fijar la ruta de los ductos subterráneos, se hará uso de un plano en donde se muestre la localización general y la trayectoria de dichos ductos ver plano L-7.

CAPITULO III

DISEÑO DE LA INSTALACION DE FUERZA

Tomando en consideración que los elementos que intervienen en las instalaciones eléctricas de fuerza son: subestaciones, centros de control de motores, tableros de distribución, alimentadores, motores, arrancadores, etc., se hará una breve descripción de estos elementos.

SUBESTACION.- Es un conjunto de elementos o dispositivos que permiten cambiar las características de energía eléctrica como son: voltaje, corriente, frecuencia, etc., además de preveer un medio de interconexión y alimentación a las líneas de un sistema.

TABLEROS DE DISTRIBUCION. (TDA).- Es un gabinete formado por estructuras autosoportadas con cubiertas metálicas en el cual pueden instalarse dispositivos de protección, control y medición para alta tensión, que proporcionan servicio a circuitos derivados.

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM).- Es un equipo integrado en un gabinete metálico, formado por estructuras autosoportadas y que contiene un grupo de arrancadores magnéticos-

con dispositivos de protección para motores.

ALIMENTADORES.- Toda instalación incluye como parte importante en su equipo a los conductores eléctricos, cuya función principalmente es el transporte de energía eléctrica; un alimentador consta de los conductores del circuito que salen del equipo de servicio.

MOTOR.- Es un dispositivo mecánico, cuya función es proporcionar un servicio, ya sea éste mecánico o eléctrico.

ARRANCADOR.- Es un dispositivo cuya función es la de arrancar, parar y proteger al motor.

Para las instalaciones de fuerza de motores es necesario tener en cuenta los siguientes conceptos:

CORRIENTE A PLENA CARGA (I_pC).- Es la corriente que toma el motor a potencia y tensión de placa (nominal).

CORRIENTE DE ARRANQUE (I_A).- Es la cantidad de amperes momentáneos que consume un motor cuando se conecta a la línea de alimentación, la cuál es mucho mayor que la nominal, siendo algunas veces hasta seis veces mayor.

PROTECCION.- Tanto el motor como los conductores que lo energizan, deben estar protegidos contra sobrecargas y corto circuito, utilizando para ello cortacircuitos con fusibles o interruptores termomagnéticos.

En la actualidad se cuenta con combinaciones de interruptor termomagnético y arrancador magnético con elementos -- térmicos, los cuales proveen todos los medios de control y protección que recomienda el ROIE (Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas).

CAIDA DE TENSION.- La caídas de tensión permisibles -- que marca el reglamento de obras e instalaciones eléctricas -- son del 3% para las cargas de alumbrado y 4% para las cargas -- de fuerza, partiendo del secundario del transformador hasta -- las cargas.

SELECCION DE CONDUCTORES

La selección de conductores debe efectuarse por ampicidad o capacidad de corriente y por caída de tensión.

SELECCION POR AMPICIDAD.- La selección de alimentadores por ampicidad está en función de la magnitud de la carga -- que conectarán y de un posible aumento futuro.

El Código Nacional Eléctrico (NEC), en sus artículos-430-24 y 430-25, establece que para cargas combinadas, como es el caso de este proyecto, la capacidad mínima del conductor debe ser igual a la suma del 125% de la corriente a plena carga- del motor mayor, más las corrientes nominales de los motores - restantes y de las cargas de alumbrado.

SELECCION POR CAIDA DE TENSIÓN. - Además de conside-- rar la ampicidad, debe efectuarse el cálculo por caída de ten-- sión para saber si el calibre elegido por ampicidad es el ade-- cuado.

III.1 CALCULO DE LA LINEA DE TRANSMISION

Ya que el sistema eléctrico de este proyecto, se ori-- gina en las líneas de transmisión que parten de la subestación No. 7 del complejo Petroquímico de Cactus, Chiapas; cuya fun-- ción es proporcionar energía eléctrica a las instalaciones que se hallan fuera del complejo, se procederá a efectuar el cálcu-- lo eléctrico de estas líneas.

Las líneas de transmisión aéreas estan integradas por las estructuras de soporte, conductores, aisladores, acceso--- rios para sujetar los conductores, y los hilos de guarda en - el caso de líneas de alta tensión, cuyo fin es proteger a la -

línea de las descargas atmosféricas.

De acuerdo con la longitud y la tensión de operación las líneas de transmisión pueden clasificarse en cortas, medianas y largas, como se observa en la Tabla III-1.

	Long (Km)	KV
Líneas cortas	60	40
Líneas medianas	60 - 250	40 - 220
Líneas largas	Mayor de 250	Mayor de 220

TABLA III-1

El estudio de un sistema polifásico equilibrado puede efectuarse mediante el estudio de un sistema monofásico formado por una cualquiera de las fases y por un conductor neutro sin impedancia.

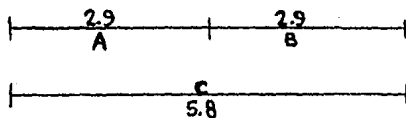
Cada fase de una línea de transmisión comprende resistencia efectiva y reactancia inductiva en serie, resistencia de aislamiento y reactancia capacitativa al neutro en paralelo.

En líneas de transmisión aéreas la resistencia de aislamiento puede considerarse siempre como infinita.

En líneas cortas, la capacitancia de la línea puede generalmente despreciarse y cada fase de la línea puede representarse por una impedancia en serie, igual, a la impedancia por unidad de longitud multiplicada por la longitud de la línea.

Con los conceptos anteriormente descritos, se procede a efectuar el cálculo de la línea de transmisión, conociendo la distancia del complejo Petroquímico de Cactus a la Bocatomalaguna La Ceiba y la trayectoria de la línea; se tiene una distancia de 7 Km.

La disposición de los circuitos es de la siguiente forma:



Por lo tanto; la distancia media geometrica es:

$$DMG = \sqrt[3]{A.B.C} = \sqrt[3]{2.9 \times 2.9 \times 5.8} = 3.653 \text{ mts.}$$

La tensión de transmisión puede elegirse a partir de la formula siguiente: $KV = 5.5 \sqrt{\frac{L}{1609} + \frac{P}{100}}$ donde:

L = Longitud de la Línea = 7000 mts.

P = Potencia a transmitir = 12500 KVA

En nuestro caso la tensión de transmisión es la disponible en la subestación No. 7 del CP.Q. Cactus que es de 34.5 KV.

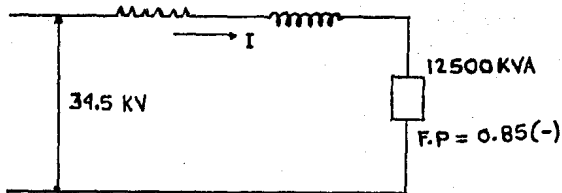
El cálculo del calibre del conductor para la línea, puede hacerse mediante el procedimiento siguiente y en el cual se parte de los siguientes datos:

Voltaje nominal de transmisión = 34.5 KV.

Carga = 12500 KVA

Frecuencia = 60 Hz

F.P' = 0.85(-)



1.- CORRIENTE DE LINEA

$$I = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{12500}{1.73 \times 34.5} = \frac{12500}{59.685} = 209 \text{ Amps}$$

Para 209 Amps por corriente le corresponde un cable -
 # 1/o ACSR. con 240 Amps. $A = 53.54 \text{ mm}^2$, $D = 10.11 \text{ mm}$,
 $r = 5.055 \text{ mm}$ y una resistencia a 20°C de 0.536 ohms/km y un
 peso nominal de 214.9 Kg/Km .

II. LA CAIDA DE TENSION EN LA LINEA

Corrección de temperatura de la resistencia

$$R_{90^{\circ}\text{C}} = R_{20^{\circ}\text{C}} (1 + \alpha (T_2 - T_1)) \text{ para ACSR } \alpha = 0.00403$$

$$R_{90^{\circ}\text{C}} = 0.536 (1 + 0.00403 (90 - 20)) = 0.687 \Omega/\text{km}.$$

$$R_t = 0.687 \times 7.0 = 4.80 \Omega/7.0 \text{ km}.$$

III. LA REACTANCIA DE LA LINEA

$$X = 2\pi fL \text{ donde } L = (50 + 460 \log \frac{\text{DMG}}{\text{RMG}}) 10^{-6} \text{ h/km}$$

$$L = (50 + 460 \log \frac{3.65}{.005055}) 10^{-6} =$$

$$L = 1365 \times 10^{-6} = .001365 \text{ Henrys/km}$$

$$X = 2 \times 3.1416 \times 60 \times .001365 = 0.5146 \Omega/\text{km}$$

$$X_t = 0.5146 \times 7.0 = 3.60 \Omega/7.0 \text{ km}$$

IV. IMPEDANCIA DE LA LINEA

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2} = \sqrt{(4.80)^2 + (3.60)^2} = 6 \Omega/7.0 \text{ km}$$

V. CAIDA DE TENSION EN LA LINEA

$$e = IZ = 209 \times 6 = 1254 \text{ volts}$$

VI. TENSION AL FINAL DE LA LINEA

Voltaje referido al neutro.

$$VM / \sqrt{3} = 34500 / 1.732 = 19942 \text{ volts}$$

$$VM = Vf - IZ$$

$$Vf = VM - IZ = VM - e$$

$$Vf = 19942 - 1254 = 18688 \text{ volts}$$

Regulacion de la línea

$$\% \text{ Reg} = \frac{VM - Vf}{Vf} \times 100$$

$$\% \text{ Reg} = \frac{19942 - 18688}{18688} \times 100$$

$$\% \text{ Reg} = 6.7 \%$$

Es una regulación aceptable y cumple con lo dispuesto en el reglamento de obras e instalaciones eléctricas.

Por otra parte, para efectos de uniformidad de líneas en la zona, debido a que de la S.E. 7 se alimentan diversas -- instalaciones fuera del complejo, el calibre que se ha instalado es de 477 MCM., por lo que a las líneas suministradoras de energía para la Bocatoma también se les aplica este calibre y las características que se tomarán para él cálculo de la línea de transmisión serán las correspondientes al calibre 477 MCM - ACSR.

Los paramentros de la línea son los siguientes:

$$R_1 = 0.134 \quad \Omega/\text{km} \quad \text{a } 50^\circ\text{C}, \quad 60 \text{ HZ.}$$

Resistencia a 90°C

$$R_2 = R_1 (1 + \alpha (T_2 - T_1)) ; \quad \alpha = 0.00403$$

$$R_2 = 0.134 [1 + 0.00403(90 - 50)]$$

$$R_2 = 0.1556 \quad \Omega$$

Para una distancia de 7.0 km

$$R_2 = 0.1556 \times 7.0 = 1.08 \text{ ohms}$$

Reactancia inductiva:

$$X = 2\pi fL$$

$$= 2 \times 3.14 \times 60 (50 + 460 \log \frac{DMG}{RMG}) \times 10^{-6}$$

$$X = 2 \times 3.14 \times 60 (50 + 460 \log \frac{3.65}{0.0108}) \times 10^{-6}$$

$$X = .4573 \text{ } \Omega/\text{km}$$

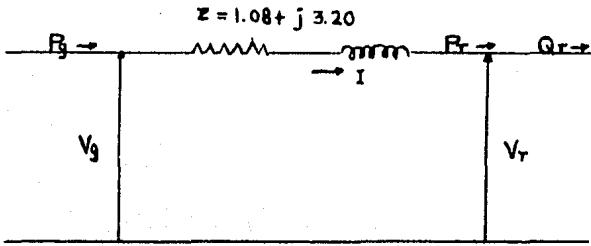
$$X = .4573 \times 7.0 = 3.20 \text{ ohms}$$

La impedancia de la linea será:

$$Z = R + XL = 1.08 - j 3.20$$

$$Z = 3.37 \angle - 71.35^\circ$$

Debido a que se trata de una línea corta, el efecto capacitivo se desprecia, y el circuito equivalente en la línea queda en la forma siguiente:



El voltaje entre hilos en el extremo receptor es de - 34.5 KV. la potencia a transmitir es de 12500 KVA., que equivale a 10625 Kw, 6639.2 KVAR inductivos.

Cálculo de voltaje al neutro en el extremo generador:

Tomando como referencia al ángulo del voltaje al neutro en el extremo receptor.

$$V_r = \frac{34.5}{\sqrt{3}} = 19,919 \angle 0^\circ \text{ volts}$$

$$I = \frac{10625}{\sqrt{3} \cdot 34.5} - j \frac{6639.2}{\sqrt{3} \cdot 34.5} = 177.8 - j 111.11 = 209.90 \angle -32^\circ$$

$$\cos \phi_R = 0.848 \text{ atrasado.}$$

El voltaje en el extremo generador de la línea se obtiene aplicando la fórmula siguiente:

$$V_g = V_r + (R I \cos \phi_R + X_L I \text{ Sen } \phi_R)$$

Sustituyendo valores:

$$V_g = 19,919 + (1.08 \times 209.90 \times 0.848 + 3.20 \times 209.90 \times 0.529)$$

$$V_g = 20466.5 \text{ Volts}$$

La regulación de tensión puede obtenerse aplicando la formula siguiente:

$$\% \text{ Reg} = \frac{V_g - V_r}{V_r} \times 100$$

Sustituyendo valores

$$\% \text{ Reg} = \frac{20466.5 - 19919}{20466.5} \times 100 = 2.67 \%$$

Cálculo de la potencia real y reactiva en el extremo receptor y de las pérdidas reales y reactivas en la línea.

$$S = P + jQ = V_r I^* = (20,111.2 + j 355.3) (177.8 + j 111.11)$$

$$S = 3550 + j 2297 \text{ KVA.}$$

La potencia real trifásica en el extremo generador es:

$$P_{3\phi G} = 3 \times 3536 = 10650 \text{ kw}$$

La potencia reactiva trifásica en el extremo generador es:

$$Q_{3\phi G} = j \ 3 \times 2297 = 6891 \text{ KVAR}$$

Las pérdidas reales trifásicas son:

$$P = P_{3\phi G} - P_{3\phi R} = 10650 - 10625 = 25 \text{ kw}$$

Las pérdidas reactivas trifásicas son:

$$q = Q_{3\phi G} - Q_{3\phi R} = 6891 - 6639.2 = 251 \text{ kw}$$

Cálculo de la eficiencia de la línea.

$$\eta = \frac{P_{3\emptyset R}}{P_{3\emptyset G}} = \frac{10625}{10650} = 0.997$$

CABLES DE ENERGIA

Los cables de energía con aislamiento sólido están -- constituidos de los siguientes componentes: conductor, pantalla del conductor, aislamiento, cinta semiconductor, pantalla metálica y cubierta exterior. El conductor conduce la corriente, el aislamiento es para soportar la tensión de operación, las pantallas eléctricas son para el control del campo eléctrico, la pantalla metálica para proteger mecánicamente al cable y la cubierta sirve para resistir la acción del tiempo así como las condiciones de instalación.

Al seleccionar el calibre de un cable de energía es -- necesario considerar los factores siguientes:

a) CAPACIDAD DE CONDUCCION A PLENA CARGA

En el cálculo de la capacidad de conducción de un cable aislado se consideran los siguientes parámetros:

Temperatura máxima permisible del conductor en opera--

ción continua, temperatura ambiente, pérdidas en el cable, resistividad térmica del medio a través del cual se disipan las pérdidas del cable, y del factor de carga.

b) CAIDA DE TENSION

En este cálculo se consideran los siguientes parámetros:

Resistencia del conductor a la temperatura de operación, reactancia inductiva del circuito, corriente a plena carga y longitud del alimentador.

c) CAPACIDAD DE CORTO CIRCUITO

La capacidad de corto circuito de un cable aislado, es independiente de la tensión de operación y en el cálculo sólo se considera la sección transversal del conductor, temperatura máxima que soporta el aislamiento en condiciones de corto circuito y el tiempo en segundos en que se aísla la falla de corto circuito.

d) CAPACIDAD DE SOBRECARGA

Es función de la temperatura máxima del conductor que soporta el aislamiento sin que se dañe, considerando la temperatura en el dieléctrico, en los recubrimientos del cable y en el medio externo.

EJEMPLO DE CALCULO

Alimentación al TDA-C1, localizado en el cuarto de -- equipo electrico, desde el TR-C1 de 12500 KVA, 34.5/4.16 KV, - distancia 25 metros, circuito CF-CIA. Se estima un factor de - carga de 75%.

I -) El tipo de cable de energía que va ser usado - es el POLYCON EPR (Elastomero del etileno propileno) para 5 KV, debido a sus características y por la experiencia obtenida en - instalaciones de Pemex.

a) POR CAPACIDAD DE CORRIENTE

La corriente por fase la calculamos de la potencia -- por transmitir y tomando la capacidad del TR-C1.

$$I = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}} = \frac{12500}{\sqrt{3} 4.16} = 1734 \text{ A}$$

DATOS DE INSTALACION

El alimentador viene a través de un banco de ductos - que parte desde la subestación y que esta formado por: 17 tubos conduits metálicos de diferentes diámetros.

La temperatura ambiente del terreno 35°C

Factores de corrección.

De las tablas de capacidades de corriente, para cables POLYCON EPR, 1001-8000 volts, conductor de cobre, instalación subterránea en banco de ductos, tres conductores por ducto, en el cuadro de factores de corrección, bajo la columna -- "9 ductos" encontramos que para 35°C el factor de corrección es 0.89.

CORRECCION DE LA CORRIENTE

$$I_{\text{corr}} = \frac{1734}{0.89} = 1948 \text{ A.}$$

SELECCION DEL CALIBRE

Entrando a la tabla de capacidades de corriente para-cables POLYCON EPR, 1001-80 000 V, conductor de cobre, en banco -- de ductos y 3 conductores por ducto, 3 ductos y 75% factor de carga encontramos que no hay conductor que soporte ésta co- -- rriente de 1948 Amps., por lo que se opta por instalar cuatro- conductores por fase.

$$I_{\text{total}} = \frac{1948}{4} = 487 \text{ Amps}$$

Por lo que la ampicidad total del conductor es 487 - Amps; esta corriente corresponde más aproximadamente a un cali- bre 750 MCM. Por lo tanto este alimentador consistirá de un - total de 12 cables calibre 750 MCM.

Debido a que es una conexión muy corta (del patio de- transformadores, en la S.E., al cuarto de equipo eléctrico) la regulación va a ser pequeña, haremos el cálculo solo para te- ner noción de su magnitud.

- b) PARA UN CALIBRE 750 MCM SE TIENE UNA AREA DE SECCION TRANS-
VERSAL DE 379.3 mm²

$$\% \text{ Reg} = \frac{2 \sqrt{3} L I}{E A}$$

$$\% \text{ Reg} = \frac{(2)(1.732)(25)(487)}{(4160)(379.3)} = 0.026\%$$

c) POR CORTO CIRCUITO

Utilizando la formula $I_{cc} = \frac{\text{MVA}}{\sqrt{3} \text{ KV}}$

Los MVA a 4.16 KV = 250 MVA

Entonces $I_{cc} = \frac{250000}{1.73 \times 4.16} = 34.6 \text{ KA}$

Por medio de la gráfica de corrientes de corto circui to permisibles para cable de alta tensión de cobre con aisla miento EPR y 90°C, del catálogo del fabricante interpolando la corriente de corto circuito con el tiempo en ciclos y lle vando este punto en dirección de los calibres, se observa que corresponde a un calibre de 250 MCM.

Se obtiene como conclusión, debido a que el calibre resultó ser menor, el cálculo efectuado por ampicidad es accep table, y queda calibre 750 MCM, cuatro conductores por fase -- que van repartidos en cuatro tubos de 152 mm de diámetro.

Alimentador para las bombas de 1500 H.P.

El calculo del circuito derivado CF - C2A desde el TDA-C1 en cuarto de equipo eléctrico hasta la bomba BA-4002A en carcamo.

I.- Como se ve en el diagrama unifilar plano L-2, éste motor es alimentado a 4.16 KV por lo que será necesario usar cable de energía polycon - EPR.

II.- La corriente por fase se debe calcular considerando un 25% de sobrecarga según nos marca el ROIE en la fracción 28-10

$I = 1.25 \text{ pc.}$; $I =$ corriente del circuito derivado

$I_{pc} =$ corriente a plena carga del motor.

$$I_{pc} = \frac{\text{HP} (.746)}{\sqrt{3} \text{ KV f.p}} = \frac{(1500)(.746)}{\sqrt{3} (4.16) (0.85) (0.9)} = 203 \text{ Amp}$$

$$I = 1.25 \times 203 = 254 \text{ Amp.}$$

III. DATOS DE LA INSTALACION

El circuito ira desde el cuarto de equipo eléctrico - al carcamo de bombeo a través de un banco de ductos en 4160 V, formado por 8 tubos, en un tramo de asbesto cemento y en otros-metálicos.

La temperatura ambiente del terreno es de 35°C

IV. FACTORES DE CORRECCION

De las tablas de capacidades de corriente, para cables polycon EPR 1001-8000 volts, conductor de cobre, instalación subterránea en banco de ductos, tres conductores por ducto, en el cuadro de factores de corrección, bajo la columna "9 ductos", encontramos que para 35°C el factor de corrección es 0.89.

V. CORRECCION DE LA CORRIENTE

$$I_{\text{corr}} = \frac{254}{0.89} = 285 \text{ Amp}$$

VI. SELECCION DEL CALIBRE

Entrando en las tablas de capacidades de corriente para cables polycon EPR 1001-800 volts, conductor de cobre, en banco de ductos, 3 conductores por ducto y 75% de factor de carga encontramos que un calibre 500 MCM tiene capacidad de 314 AMPS.

VII. LA DISTANCIA QUE SEPARA EL CUARTO DE EQUIPO ELECTRICO -- DEL CARCAMO (SIGUIENDO LA RUTA DEL BANCO DE DUCTOS SEGUN PLANO L-7) ES APROXIMADAMENTE DE 48 MTS.

Lo cual nos produce una caída despreciable de voltaje, pero para efecto de comprobación realizaremos el calculo.

$$\text{Reg} = \frac{\Delta V}{V_n} \times 100 \%$$

$$\Delta V = I X_L (R_{90} \cos \theta + X_L \text{ Sen } \theta)$$

$$R_{90} = R_{20} (1 + \alpha \Delta T)$$

Se calcula la resistencia a 90°C debido a que las capacidades de corriente de los cables aisladas con Polycon EPR - están basados en una temperatura de operación continua del conductor de 90°C como máximo.

En la sección de información general del catalogo, vemos que la resistencia a 20°C del cable de cobre sin estañar -- cal. 500 MCM es:

$$R_{20} = 0.0694 \text{ ohms/km}$$

$$\alpha_{Cu} = 0.00393/^{\circ}C$$

$$\Delta T = 90 - 20 = 70^{\circ}C$$

$$R_{90} = 0.0694 (1 + 0.00393 \times 70)$$

$$R_{90} = 0.08849 \text{ ohms/km}$$

$$X_L = (2\pi f) L$$

$$X_L = (2 \times 3.14 \times 60) (4.605 \log_{10} \frac{DMG}{RMG} \times 10^{-4}) \text{ ohms/km}$$

$$X_L = 0.1736 \log \frac{DMG}{RMG} = \text{ohms/km}$$

El diámetro medio se calcula:

$$DMG = \sqrt[3]{A B C}$$

$$DMG = \sqrt[3]{D D D} = D$$

El diámetro exterior del cable aparece en la tabla de dimensiones y pesos para los cables polycon EPR.

Para cal. 500 MCM $D = 25.7 \text{ mm.}$

$$\text{DMG} = 25.7 \text{ mm.}$$

El radio medio geométrico RMG del conductor se ve - - afectado por la construcción del cable y se calcula como sigue:

$$\text{RMG} = r K = (\text{radio exterior del conductor})(K \text{ cte de acuerdo al \# de hilos})$$

$$K_1 = 0.779$$

$$K_{37} = 0.768$$

$$K_7 = 0.726$$

$$K_{61} = 0.773$$

$$K_{19} = 0.758$$

$$K_{91} = 0.776$$

De la sección de información general sacamos el radio del conductor.

$$r = \frac{20.65}{2} = 10.325 \text{ y esta forma por 37 hilos.}$$

$$\text{RMG} = (0.768)(10.325) = 7.9296 \text{ mm.}$$

$$X_L = 0.1736 \log \frac{25.7}{7.9296} = 0.08865 \text{ ohms/km}$$

$$\Delta V = I \times L (R_{90} \cos \theta + X_L \text{ Sen } \theta)$$

Suponiendo que $\cos \theta = 0.8$

$$\Delta V = 254 \times \frac{48}{1000} (.08849 \times 0.8 + 0.08865 \times 0.6)$$

$$\Delta V = 1.50$$

$$\text{Reg} = \frac{\Delta V}{V_n} \times 100 = \frac{(150)(100)}{4160/\sqrt{3}} = .062\%$$

De acuerdo con lo que establece el reglamento de - - - obras e instalaciones eléctricas (ROIE) las caídas de tensión son del 3% para cargas de alumbrado y 4% para cargas de fuerza, por lo que nuestro calibre es aceptable.

SELECCION DEL DIAMETRO DE TUBERIA CONDUIT

Anteriormente se ha mencionado que los conductores eléctricos están limitados en su capacidad de conducción de corriente por razones de calentamiento al existir limitaciones en la disipación de calor y debido a que el aislamiento impone una fuerte restricción debido a sus limitaciones de tipo térmico.

Por esta razón el número de conductores dentro de un tubo conduit tiene que ser restringido de tal forma que permita

un arreglo físico de conductores de acuerdo a la selección del tubo conduit, de manera que facilite el alojamiento y manipulación durante la instalación de los conductores y se considere también la cantidad de aire necesaria para que los conductores se mantengan a temperaturas adecuadas a base de un buen enfriamiento. Estas condiciones se logran estableciendo una relación adecuada entre los secciones del tubo y los conductores.

Tratándose de conductores en baja tensión, supongamos que A es el área interior del tubo en mm^2 o plg^2 y a es el área total de los conductores, el factor de relleno es:

$$F = \frac{a}{A} = \frac{a}{\frac{\pi d^2}{4}} \quad \text{de donde:}$$

$$\text{Diametro del tubo} = d = \sqrt{\frac{4a}{F \pi}}$$

El factor de relleno F tiene los siguientes valores - establecidos para instalaciones en baja tensión.

	53 %	para un conductor
	31 %	para dos conductores
F =	43 %	para tres conductores
	40 %	para cuatro o mas conductores

En cuanto a cables de energía, una regla dada por el fabricante para la selección del diámetro de tubería conduit es la siguiente:

Diametro del tubo = (3.5) (diámetro exterior del cable)

Esto bajo la suposición que solo se alojarán 3 conductores en el tubo.

Los diámetros de la tubería conduit para este proyecto, fueron calculados en base a lo anteriormente expuesto.

SELECCION DE MEDIOS DE DESCONEXION

Los dispositivos que pueden emplearse para detectar - sobrecorrientes originadas por corto circuito en un sistema son:

- 1.- Relevadores
- 2.- Fusibles
- 3.- Interruptores

RELEVADORES

Un relevador, es un dispositivo que forma parte de un circuito eléctrico, puede cambiar las características de este, - como son: corriente, tensión, frecuencia, polaridad, potencia, factor de potencia, secuencia de fases, etc., que sufren alteraciones al ocurrir una falla en el sistema.

Los relevadores están diseñados para mantenerse inactivos mientras las características anteriores no varían, cuando la falla se presenta, el relevador selecciona la característica que le corresponde y actúa cerrando o abriendo algún contacto que -- pertenezca al circuito de apertura o cierre de interruptores o - contactores, que convenga para aislar la falla.

Debido a que estos dispositivos no están diseñados pa-

ra soportar altos voltajes y corrientes, se utilizan los transformadores de instrumento que son de dos clases: transformador de potencial y transformador de corriente, quienes operan en -- cierto rango, y a través de estos reciben la señal.

Con el objeto de normalizar el voltaje y corriente de los relevadores se ha llegado a considerar un voltaje de 120 -- volts. paara los transformadores de potencial y 5 amp. para los de corriente.

FUSIBLES

Son dispositivos operados térmicamente, que combinan las funciones de detección y apertura del circuito en un dispositivo, son empleados en alta y baja tensión, su desventaja es no ser ajustables, tienen menos exactitud con relación a los relevadores pero comparables con interruptores de acción directa de baja tensión cuando se trata de altas corrientes y superiores a ellos en circuitos de baja corriente.

Debido a que se funden en menos de medio ciclo están sujetos a altos valores de corriente de falla, en consecuencia se producen el arco, el cuál puede alcanzar su valor de cresta a menos que se extinga antes, cuando esto ocurre los fusibles se llaman limitadores de corriente. La mayoría de los fusibles

son capaces de extinguir el arco para cualquier valor de corriente dentro de su límite de corriente.

INTERRUPTORES

Son dispositivos que controlan el flujo de corriente eléctrica, a través de un circuito. Las funciones que deben cumplir son las siguientes:

a) Conducir la corriente normal del circuito sin sobrecalentarse.

b) Desconectar el circuito sin peligro, bajo condiciones normales o anormales.

c) Proporcionar protección contra sobrecargas.

d) Proporcionar protección contra corto circuito.

Los interruptores se clasifican en interruptores de potencia o alta tensión e interruptores de baja tensión.

De acuerdo con la forma en que detectan la falla de sobrecarga los interruptores se clasifican en:

- a) De acción directa
- b) De acción indirecta
- c) De fusibles

INTERRUPTORES DE ACCION DIRECTA

En este tipo de interruptores los dispositivos de disparo se montan directamente en el interruptor y son asociados para el disparo por acción mecánica directa, en respuesta a la magnitud de corriente, estos son utilizados generalmente en baja tensión.

INTERRUPTORES DE ACCION INDIRECTA

Estos interruptores son accionados por relevadores, los cuales se instalan en el sistema para detectar la falla y completar el circuito de disparo del interruptor. Los relevadores proveen la mejor protección y son construídos con mayor grado de exactitud que los dispositivos de acción directa y fusibles, además de ser ajustables tanto en corriente como en tiempo. La aplicación de estos interruptores es en alta tensión.

Las características fundamentales de un interruptor para proteger determinado circuito, están en su designación de-

corriente de corto circuito. La designación de corriente nominal y la calibración de los interruptores está en función de -- los requerimientos de la carga como se indica enseguida.

Circuitos derivados.- Los interruptores termomagnéticos no ajustables para protección contra sobrecorriente de un - circuito derivado que alimenta cargas que no son motores, en general deberá tener una capacidad nominal del 125% de la corriente a plena carga que protegen.

Circuito derivado para motor.- Ya que los motores -- pueden operar con sobrecargas, cuando ésta sea demasiado prolongada, el calor que genera pueden dañar el aislamiento de los devanados del motor, por lo que es necesario colocar además de -- protección contra sobrecorriente, protección contra sobrecarga la cual, debe ser de acción retardada para permitir que fluya la corriente de arranque del motor sin que opere, esto se logra empleando elementos térmicos o relevadores térmicos de sobrecarga, del tipo de elemento bimetalico. En baja tensión se logra con los arrancadores magnéticos combinados y en alta tensión -- con los contactores de alta tensión con fusibles limitadores de corriente y relevadores de sobrecarga. En general para motores de inducción de baja tensión y motores de servicio continuo, la protección por sobrecorriente se selecciona para disparar a no-

más de los siguientes porcentos de la corriente del motor a plena carga:

motores con aumento de temp. de 40°C o menor, 125%

motores con factor de servicio de 1.15 o mayor 125%

CALCULO DE LOS INTERRUPTORES EN 34.5 Y 4.16 KV

La corriente nominal del interruptor para el lado primario del transformador y debido a que puede obtenerse un 12% más de KVA por ser de 55 a 65°C y su tipo de enfriamiento OA se tiene lo siguiente:

La corriente máxima del primario del transformador TR-C1 es de:

$$I_p = \frac{KVA}{\sqrt{3} \times KV} = \frac{12500}{1.732 \times 34.5} = 209.19$$

$$I_n = (209.19)(1.12) = 234.29 \text{ Amp}$$

1.12. = factor de seguridad

Las capacidades comerciales para interruptores de 14- a 69 KV, se encuentran entre los rangos de 1200 Amp con capacidades interruptivas de 500, 1000, y 1500 MVA, por lo que el interruptor seleccionado es de 1200 Amp. y 1500 MVA gran volumen

de aceite, un tanque de operación electroneumática, clave I-C1. De la misma forma se calcula para I-C2.

Para obtener la corriente del interruptor en el lado secundario del transformador, se efectúan los siguientes cálculos

$$I_s = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \times \text{KV}} = \frac{12500}{1.73 \times 4.16} = 1944.4 \text{ Amp}$$

Las capacidades comerciales para interruptores de 4.16 a 13.8 KV, se encuentran entre los rangos de 1200 a 3000 Amp. con capacidades interruptivas de 250 a 1000 MVA, por lo que el interruptor seleccionado es de 2000 Amp y 250 MVA, clave I-CIA, tipo Removible para alojar en TDA-C1. De la misma forma se calcula para IC2A e I (interruptor de enlace).

Calculo de la corriente que debe proteger el fusible de las cuchillas desconectoras, para proteger el lado primario del TR-C3, 75 KVA.

$$I_p = \frac{\text{KVA}}{\sqrt{3} \times \text{KV}} = \frac{75}{1.732 \times 4.16} = 10.7 \text{ Amp.}$$

Para fusibles 300 % Ip.

$$I = 10.4 \times 3 = 31.2 \text{ Amp.}$$

Por lo que la capacidad del fusible seleccionado es de 30 Amp.

Cálculo de la corriente que debe proteger el interruptor en el secundario del transformador TR-C3

Capacidad de TR-C3 = 75 KVA

$$I_s = \frac{75}{1.732 \times 0.480} = 90.2 \text{ Amp}$$

por lo que el interruptor termomagnético seleccionado es de 3P-100 A.

Protección para circuitos derivados

Los circuitos derivados se protegen de acuerdo a la carga que manejan como ya se ha descrito.

Como ejemplo se calcula la protección para el circuito CF-5.

Carga = 1 KW, voltaje = 220 V; corriente nominal = 2.62 Amps, por lo que: $I = 1.25 \times I_n = 3.25$ Amps, el interruptor de más pequeña capacidad que se fabrica comercialmente y que debe instalarse en este circuito es de 2P - 15 Amps.

En forma similar se calcularan los interruptores termomagnéticos de los demás circuitos.

SELECCION DE ARRANCADORES

Cuando un dispositivo protector contra fallas de cortocircuito tal como un fusible o interruptor, es usado en combinación con contactores es normal llamarlo arrancador combinado.

Las funciones del arrancador al formar parte del circuito de un motor son las siguientes:

- 1.- Iniciar y detener la marcha del motor.
- 2.- Protegerlo contra sobrecarga.
- 3.- Proporcionar un medio para controlarlo y para proteger al operador.

CLASIFICACION DE ARRANCADORES

Tamaño Nema.- Indica la robustez de construcción, ca-

da tamaño posee las características necesarias para controlar -
 motores con potencia límites máximas, de acuerdo a los voltajes
 de operación en baja tensión.

TIPO NEMA.- Indica el tipo de gabinete que aloja a -
 un equipo eléctrico, siendo función del mismo ambiente en el --
 que trabajará, el cual puede ser: Servicio intemperie, a prueba
 de lluvia, a prueba de goteo, a prueba de gases explosivos, pol
 vos explosivos, usos generales, etc.

Los arrancadores seleccionados para las bombas de - -
 1500 HP, son combinación de fusible contactor y para las de - -
 15 H.P, son combinación interruptor termomagnético contactor. -
 El uso de fusibles limitan considerablemente la corriente de fa
 lla de un motor. Cuando el fusible extingue la corriente de fa
 lla en 1/2 ciclo o menos, limita la corriente de falla pico, --
 dando al equipo protección adicional contra esfuerzos mecánicos
 y eléctricos. El arranque de los motores de inducción tipo jau
 la de ardilla de las bombas, es a tensión plena.

METODOS DE ARRANQUE PARA MOTORES

- Para poner en marcha un motor, existen dos métodos: -
- . Arranque a tensión plena
 - . Arranque a tensión reducida.

El arranque a tensión plena es sencilla, confiable y fácil de mantener, pero puede causar disturbios en el sistema debido a la corriente de arranque.

VENTAJAS:

- 1.- Economía en el equipo de arranque.
- 2.- Proporciona desde los primeros ciclos un valor superior al par normal de la carga.

DESVENTAJAS:

- 1.- Puede proporcionar caídas de tensión indeseables en el sistema.

El arranque a tensión reducida es útil, ya sea para reducir las corrientes de arranque y por tanto las caídas de tensión durante el arranque del motor, o bien para reducir el par de aceleración y brindar a la máquina un arranque amortiguado.

VENTAJAS:

- 1.- Su principal ventaja es reducir considerablemen-

te la corriente de arranque.

DESVENTAJAS:

1.- Equipo costoso y complejo.

El elemento principal en el arranque es el contactor, que puede ser manual o magnético, que tiene la función de conectar el motor a la línea y que trabaja junto con el equipo de control y los dispositivos de protección. En el sistema magnético puede operarse local o remoto, dotando de protección de sobrecarga y bajo voltaje. Sin embargo en estas condiciones aún no está protegido contra corto circuito, para lo cual se requiere de fusibles o un interruptor, dependiendo de la capacidad del motor.

SUBESTACION ELECTRICA

En las instalaciones de corriente alterna destinadas al suministro de energía, son básicos los centros transformadores (subestaciones), cuya función es elevar la tensión con el fin de realizar el transporte de la energía en condiciones económicas, o bien, de reducir la tensión al valor conveniente para el funcionamiento de los aparatos receptores, que por lo general es en baja tensión.

Una subestación eléctrica es un conjunto de elementos o dispositivos que permiten cambiar las características de energía eléctrica o bien que se efectuen maniobras como son el cierre o apertura de interruptores para modificar la distribución de la energía eléctrica.

TIPOS DE SUBESTACION:

De acuerdo con el servicio encomendado se distinguen dos clases de subestaciones: principales y secundarias, siendo estas últimas las que deben alimentar las redes distribuidoras o las instalaciones de abonados de alguna importancia.

Prácticamente se ha convenido en aceptar las siguientes denominaciones de los diferentes tipos de subestaciones.

a).- Subestaciones primarias.- Son aquellas en que se realiza la transformación intermedia de la tensión de transporte a la de la red distribuidora de alta tensión.

b).- Subestaciones secundarias.- Son las que suministran energía a las redes de distribución en baja tensión o las instalaciones de abonados que por su importancia exijan que el suministro se realice por medio de un centro transformador.

c).- Estaciones de distribución o de Seccionamiento.- La energía recibida se distribuye por líneas que trabajan a la misma tensión alimentadora.

Respecto a la ubicación y construcción, existen los siguientes tipos de subestaciones:

- a) Subestación tipo interior
- b) Subestación tipo intemperie

En la subestación interior, el equipo se instala en el interior de un edificio y generalmente son de capacidades y tensiones medias.

En la subestación intemperie, el equipo es instalado al aire libre y su área esta limitada por una malla de alambre protectora en forma de barrera.

Existe otro tipo de subestación llamada unitaria o --
 blindada, cuyo equipo es instalado dentro de un gabinete metáli-
 co, evitando así que las partes energizadas estén expuestas a -
 provocar accidentes.

PROYECTO DE LA SUBESTACION

El proyecto de la subestación se efectua bajo el si--
 guiente orden:

CAPACIDAD

LOCALIZACION

TIPO DE SUBESTACION

CAPACIDAD.- La capacidad de la subestación está en --
 función de las cargas por alimentar, de la consideración de - -
 aumentos de carga futura, de la aplicación del factor de diver-
 sidad, del factor de demanda, y de que la capacidad del trans--
 formador corresponda a uno de fabricación normal.

Los factores de demanda se seleccionan considerando el
 tipo de carga, así como las características de operación de la-
 misma. El factor de demanda es igual a la relación de la deman-
 da máxima de carga y la carga total conectada. El valor númeri-
 co siempre será menor que la unidad,

Para determinar la capacidad de los transformadores, - se efectua un recuento de la carga que alimentarán.

A continuación se muestran las cargas de los diversos- circuitos del CCM-CI, que alimentará el TR-C3.

CIRCUITO	DESCRIPCION	CARGA KW
CF-5A-1	Motor BA-4004A en la sala de cloración	11.19
CF-5A-2	motor BA-4004B en la sala de cloración	11.19
CF-5A-6	Transformador de alumbrado TR. - C4	25.5
	TOTAL	<u>47.88 KW</u>

Para obtener la KVA se aplica la siguiente fórmula.

$$KVA = \frac{KW}{\cos\phi} = \frac{47.88}{0.85} = 56.32 \text{ KVA}$$

Considerando un factor de demanda de 0.7

Potencia del TR-C3= carga instalada X F.D = 56,3 X 0.7=39.41 KVA

considerando una reserva del 30% para cargas futuras,

$$39.41 \times 0.30 = 11.82 ; \quad 39.41 + 11.82 = 51.2 \text{ KVA}$$

La capacidad comercial es de 75 KVA, recibiendo alimentación por el lado primario de 4160 volts.

Las cargas de los circuitos de fuerza del TDA-C1 son los siguientes:

CIRCUITO	DESCRIPCION	CARGA KW
CF-C2A	motor de BA-4002A en carcamo	1119
CF-C3A	motor de BA-4002B en carcamo	1119
CF-C4A	motor de BA-4002C en carcamo	1119
CF-C2B	motor de BA-4002D en carcamo	1119
CF-C3B	motor de BA-4002E en carcamo	1119
CF-C4B	motor de BA-4002F en carcamo	1119
	TOTAL	<hr/> 6714

Por lo tanto para convertir a KVA

$$\text{KVA} = \frac{\text{KW}}{\text{COS}\phi} = \frac{6714}{0.85} = 7898.8 \text{ KVA}$$

Para obtener los KVA del transformador que alimenta al TDA-C1, 7898.8 KVA de carga.

Aplicando un factor de demanda = 0.9 para fuerza motriz. $7898.8 \times 0.9 = 7108.92$

Considerando una reserva del 38%

$7108.92 \times 0.38 = 2701$; $7108.92 + 2701 = 9810$ KVA

Sumando a esto los 51.2 KVA del TR-C3 tenemos:

$9810 + 51.2 = 9861.2$ KVA totales.

Por lo que se observa que la capacidad comercial del transformador, es de 10/12.5 MVA; reductor de 34.5 KV/4.16 KV.- OA/FA, 65°C, 60 HZ, clave TR-C1 y TR-C3.

Finalmente puede observarse que la capacidad de la subestación para la bocatoma Laguna La ceiba es de 12.5 MVA.

LOCALIZACION.- El centro de carga es un lugar en el cual conviene establecer la subestación tanto por razones técnicas como económicas. Este centro es el punto en el que se considera la carga total, igual a la suma de todas las cargas parciales.

La subestación se ubica junto al cuarto de equipo eléctrico y de aquí partirá la distribución subterránea hacia las bombas. Conviene tener la subestación cercana al centro de potencia, y de esta manera los alimentadores son cortos.

Otro factor importante para ubicar la subestación, es la posición por donde llega la acometida, pues en ocasiones el lugar elegido no es conveniente por tener que cruzar áreas de trabajo, por lo que en este proyecto la subestación queda localizada a un costado de la entrada a la bocatoma en forma perpendicular a la carretera de acceso, como puede verse en el plano del área General, L-1.

TIPO DE SUBESTACION

De acuerdo a los tipos de subestación descritos, la subestación para la bocatoma Laguna La Ceiba, será secundaria intemperie, con arreglo de secundario Selectivo, el diagrama unifilar se muestra en el plano No. L-2.

III.7.- SELECCION DE EQUIPO

El diagrama unifilar (plano L-2) muestra el sistema de distribución utilizado y en él puede apreciarse el equipo siguiente:

APARTARRAYOS.- Estos dispositivos, se instalan con el fin de evitar el peligro de las sobretensiones de origen atmosférico, derivando a tierra las ondas que éstas producen, las cuales pueden conducir corrientes de gran intensidad.

Los apartarrayos deben estar conectados permanentemente en la línea y operar cuando se presente una sobretensión superior a la de servicio.

Los apartarrayos pueden ser de tipo autovalvular o de resistencia variable.

El autovalvular consiste de varias chapas de explosivos conectadas en serie por medio de resistencias variables cuya función es dar una operación más sensible y precisa, se emplean en sistemas, que operen a grandes tensiones.

El apartarrayos de resistencia variable, consiste en -

dos explosores, y se conecta en serie a una resistencia variable. Se emplea en tensiones medianas.

Para especificar un apartarrayos deben tomarse en cuenta los siguientes requisitos importantes:

La tensión nominal del apartarrayos.- La protección será eficaz cuando la tensión normal del apartarrayos sea igual a la del material normal protegido. Cuando el neutro está conectado a tierra los apartarrayos pueden ser de una tensión del 85% de la nominal, incluso se establece que la de servicio no sea superior a 1.15 la del apartarrayos.

Altura sobre nivel del mar donde debe operar.- La tensión de operación del apartarrayos y la resistencia del material eléctrico a la tensión del choque, se ven afectados por la densidad del aire.

Las características de los apartarrayos empleados son los siguientes:

Tipo : autovalvular

clase : estación.

Temp. Max. de operación : 40°C

Sistema de operación : 34.5 KV con neutro aterrizado.

Tensión máxima que debe soportar el aislamiento: 200KV.

Instalación: a la intemperie en clima tropical húmedo-ahumadamente corrosivo.

Montaje: en estructura de concreto.

Cuchillas desconectadoras.- Se emplean para seccionar una parte de una red de distribución, su empleo puede ser para aislar los equipos de alta tensión, separando las barras colectoras.

Las cuchillas seccionadoras se operan con tensión pero sin carga, de lo contrario el arco que se produce puede causar daños en los contactos de estas; sin embargo a pequeñas capacidades (100 amp) pueden operarse con carga.

Las cuchillas seccionadoras instaladas en la subestación tienen las características siguientes:

Número de polos	: 3
Tensión nominal	: 34.5 Kv.
Tensión máxima de diseño	: 38 Kv.
Frecuencia	: 60 Hz
Corriente nominal	: 600 Amp.
Montaje	: vertical en estructura
Altura media de montaje	: 6.3175 m.
Claves	: CD-C1, CD-C3, CD-C4, CD-6.

Las cuchillas de BY PASS tendrán las características anteriores pero para montaje horizontal, operación con carga -- corte rapido, con dispositivo para extinción de arco.

La altura de montaje será a 3.450 mts. en estructura, - claves de identificación CD-C2, CD-C5.

Las palancas de operación se instalarán a 1.250 mts. - sobre el nivel de piso terminado.

INTERRUPTOR DE POTENCIA.

Es un dispositivo que permite el paso de la energía -- cuando se requiere, las funciones que deban cumplir son las siguientes:

a) Conducir la corriente nominal del circuito sin sobrecalentarse.

b) Desconectar sin peligro el circuito bajo condiciones normales y anormales.

Un interruptor, consiste en un juego de contactos que se separan en gas o aceite bajo la influencia de un mecanismo - acelerador, puesto en operación al ocurrir una falla en el sistema por un solenoide excitado con un sistema eléctrico detec--

tor. El arco lo extinguen, desplazándolo de tal forma que aumente su longitud enfriándolo para disionizarlo y sustituyéndolos gases ionizados por fluidos no ionizados.

Las características eléctricas que determinan el tamaño de un interruptor son:

Capacidad interruptiva.

Máxima corriente instantánea cuyo efecto mecánico resiste máxima corriente que maneja normalmente.

El cierre se efectúa generalmente con corriente continua, usualmente es la misma fuente que alimenta el circuito de disparo.

Los interruptores de potencia para la subestación tendrán las características eléctricas siguientes:

Interruptor de potencia en gran volumen de aceite, servicio a la intemperie.

Corriente nominal	1200 amp.
Tensión nominal	34.5 KV.
Tensión máxima de diseño	38 KV.
Rangos de corriente	

Corriente nominal sostenida	1200 Amp.
Capacidad interruptiva a 34.5 KV.	1500 MVA simetricos
Tiempo de apertura	5 ciclos
Corriente de apertura	25,000 Amp. simétricos
Corriente momentánea	61,000 Amp.
Frecuencia	60 HZ.

Para operar en clima tropical, humedo.

Las boquillas tanto de entrada como las de salida se localizarán en la parte superior del tanque para recibir bus aéreo y provisto de conectores para recibir un tubo de 25 mm. de diametro.

El interruptor cuenta con un tablero de control tipo intemperie integrado al bastidor.

TRANSFORMADOR DE POTENCIA.

Su principio de funcionamiento es la inducción electro magnética para transformar energía eléctrica, cambia usualmente los valores de voltaje y corriente manteniendo constante la fre cuencia.

Por su capacidad y tensión pueden clasificarse de la siguiente forma:

De distribución, hasta 500 KVA y 23 KV.

De media potencia, de 501 a 2500 KVA y 23 a 69 KV.

De potencia, arriba de 2500 KVA y más de 69 KV.

Para especificar un transformador deben indicarse las características siguientes:

Número de fases.

Capacidad en KVA

Frecuencia

Tipo de enfriamiento.

Sobre elevación de temperatura

Relación de Transformación.

Altura de operación sobre el nivel del mar.

Medio aislante.

Características eléctricas.

Accesorios especiales.

En la subestación se emplean dos transformadores de potencial claves TR-CI y TR-C2, tres fases, clase OA/FA, 10/12.5MVA a 65°C, 60HZ, voltaje primario 34.5 Kv, voltaje secundario 4.16KV impedancia 5.75%, conexión delta-estrella con neutro accesible-

para su conexión a tierra, para operar a 50 Mts. sobre el nivel del mar en clima tropical húmedo.

TRANSFORMADORES DE INSTRUMENTO

Los transformadores para medición destinados a alimentar aparatos de medida, relevadores o aparatos análogos, reducen las características de tensión y corriente de un sistema eléctrico con el propósito de utilizar aparatos de medición normalizados. Existen dos tipos de transformadores para medición.

1.- TRANSFORMADORES DE CORRIENTE.

La función de estos transformadores es proporcionar una corriente en el secundario proporcional a la corriente primaria, existiendo un pequeño ángulo de defasamiento cercano a cero. En el lado secundario de estos se conectan los circuitos de corriente de aparatos de medición y relevadores, en circuito serie.

Los transformadores de corriente que se utilizan en este trabajo son del tipo bushing para protección y medición (local y remota) y tipo dona para protección contra fallas a tierra. Los primeros son con relación múltiple de 300/5 Amp con taps para 300/5, 200/5, 150/5, 100/5, 75/5, 50/5, los de la parte superior del I-C1 e I-C2 tienen presición para protección di

ferencial; los de la parte inferior son para protección y medición, así como los instalados en la parte inferior de los interruptores I-CIA con relación 200/5A. Los tipos dona tienen una relación de 100/5 Amp.

TRANSFORMADOR DE POTENCIAL.

La función de éstos es proporcionar un voltaje en el secundario dentro de condiciones normales de operación, prácticamente proporcional al primario, existiendo un pequeño ángulo de defasamiento cercano a cero. El primario se conecta a las terminales entre las que se desea medir voltaje, en tanto que en el secundario esta conectado a circuitos de voltaje de aparatos conectados en paralelo.

En la selección de estos aparatos intervienen factores como son los siguientes:

1.- Tipo de instalación.- Son construidos para emplearse en instalaciones exteriores e interiores.

2.- Aislamiento.- Existen tres tipos de materiales que son: Para baja tensión (aislamiento en aire o resina sintética).

Para medir tensión (para instalaciones interiores, --

tensiones hasta los 25 Kv. se construyen con aislamiento de aceite con envolvente de porcelana o con aislamiento de resina sintética).

3.- Potencia.- La potencia que debe seleccionarse está en función de los aparatos que alimenta.

4.- Presición.- Para mediciones de los voltímetros y amperímetros, las clases 1, 1.2, 3 y 5 son suficientes para medición de energía. La relación de transformación de los transformadores empleados es de 4160/120 V para medición y protección, tipo removible con fusibles limitadores de corriente en el primario, nivel de aislamiento 5 KV, presición 1.2.

REVELADORES.

Los reveladores empleados para proteger contra fallas pueden verse en el diagrama unifilar, plano L-2, a continuación se describen sus claves.

- 26 D relevador para detectar temperatura en devanados.
- 26 T relevador para detectar temperatura en Líquido.
- 27 relevador para detectar baja tensión.
- 27 X relevador auxiliar.
- 47 relevador de inversión de fase.

- 47x relevador auxiliar
- 49 Relevador térmico para protección contra sobrecarga
- 50/51 relevador para sobrecorriente y corto circuito en
tre fases.
- 50/51N Relevador de falla a tierra.
- 51 G Relevador para protección contra falla a tierra.
- 51 GX relevador auxiliar.
- 63 P relevador o dispositivo para presión de liquido -
aislante.
- 63 L relevador o dispositivo para nivel del liquido --
aislante.
- 86 relevador auxiliar de la protección diferencial.
- 87 relevador de protección diferencial de corriente.

TABLERO DE DISTRIBUCION (TDA-)

Las características eléctricas del tablero de distribu-
ción (TDA-CI), son las siguientes:

Tensión de operación 4.16 KV., 3 fases, 3 hilos, 60HZ,
tipo METAL CLAD, servicio interior, Nema 1, formado por gabi-
nes metálicas, formando secciones verticales para soportarse so-
bre el piso.

Tanto la estructura, como accesorios y el equipo que -

en el se alojen deben soportar los esfuerzos producidos por una potencia de falla de 250 MVA simetricos a 4.160 K.V.

Alojará el equipo siguiente:

Un juego de barras de cobre de 2000 A nominales, 3Ø, - como bus principal, a una densidad de corriente de 800 Amp/pulg.²

Una barra de cobre con capacidad de 1200 Amp. localiza da en la parte inferior y a todo lo largo del tablero como bus-de tierras.

El bus principal estará formado por dos partes: bus A- y bus B enlazados por un interruptor. al Bus A se conectarán -- las unidades de la 1 a la 5, al Bus B de la 7 a la 10.

El tablero estará formado por el siguiente equipo: -- Unidad 1; alojará un juego de cuchillas seccionadoras operación en grupo con carga de 3 polos un tiro, 400 Amperes, 4160 volts. de operación, un juego de fusibles de potencia de 250 MVA simetri cas de capacidad con liston fusible de 30 amp.

La instalación del desconectador será de tal manera -- que permita su desenergización en grupo desde el exterior, así- como de un trinquete que impida la apertura de la puerta cuando

el equipo se encuentre energizado. Debe tener una placa de leyenda que diga a transformador TR-CI.

Unidad 2: alojará una combinación de arrancador magnético a tensión plena no reversible combinado con fusibles limitadores de corriente para controlar y proteger un motor de 1500 HP, tipo jaula de ardilla, 3 fases, 60 Hz, 4160 V. La combinación incluire los accesorios siguientes: 3 transformadores de corriente relación 200/5/5A para protección y medición, Relevador termico (49), un amperimetro escala 0-250A con conmutador Selector, un transformador de corriente tipo dona relación 100/5A, un transformador de potencial para control relación 4160/120V, un juego de botones arrancar parar, dos luces indicadores (roja y verde), una resistencia calefactora para el gabinete con aditamentos, un juego de alambrado y tablillas terminales para control remoto, tres zapatos terminales tipo mecánico para recibir la acometida con cable calibre 250 MCM, una placa de identificación que deja "BA-4002C".

Unidades 3,4,8,9,10.- Alojará el mismo equipo que la unidad 2 pero con las siguientes leyendas: "BA-4002B", "BA-4002A", "BA-4002D", "BA-4002E", "BA-4002F", respectivamente. Además en las unidades 4 y 8 se instalarán: dos transformadores de potencial con relación de transformación, de 4160/120V, tipo removible con aislamiento para 5KV, derivados del bus principal, equi

pados con fusibles limitadores de corriente en el primario y en el secundario, y relevadores de protección. Además dos contactos para futuros arrancadores.

UNIDAD 5.- Esta unidad será la acometida al Bus A, alojará un interruptor de potencia de 3 polos tipo removible operado por medio de energía almacenada con bobina de control a 125-VCD, corriente nominal 2000 amperes, tensión de operación 4160 volts, capacidad interruptiva de 250 MVA simétricos, 60 HZ, con el equipo y accesorios siguientes: 3 transformadores de corriente para protección y medición, ampermetro y relevadores de protección, resistencias calefactoras, conmutador para control, luces indicadoras (roja y verde), un ampermetro indicador con escala de 0-2000 A, provisto con conmutador selector de 4 posiciones, tres zapatas terminales para cable de cobre calibre de 750 MCM, 4 conductores por fase; un juego de alambrado secundario y tablillas terminales, un juego de barras para interconexión con el bus principal. Antes del interruptor se conectarán 2 transformadores de potencial para medición, relación 4160/120, con fusibles limitadores de corriente en los devanados primarios, un conmutador de 4 posiciones para voltmetro, su voltmetro con escala de 0-5000 v; un Kilowatt-horímetro trifásico de 2 elementos para medición de energía, tres transformadores de corriente para protección diferencial relación 2000/5A, tres relevadores diferenciales (dispositivos 87), relevador auxiliar de releva-

dor diferencial (dispositivo 86), relevador para protección contra fallas a tierra en el neutro de un transformador (dispositivo 51G), relevador auxiliar de éste (dispositivo 51GX), relevador de control para suministrar un medio de bloqueo a la protección diferencial cuando se utilice el BY-Pass, un juego de tabllas terminales para las señales de corriente para protección diferencial, de corriente, de disparo; una placa de identificación en la cubierta que diga "interruptor principal Bus A, IC-1A.

UNIDAD 6.- Será igual a las 5, sin equipos de protección y medición con leyenda que diga "interruptor de enlace". - En la parte superior de esta unidad se instalará un tablero de alarmas formado por 30 ventanas y una alarma audible.

UNIDAD 7.- Alojará el mismo equipo y accesorios que la unidad 5 pero con una placa de leyenda que diga "interruptor -- principal Bus B 1C-1B". Ver diagrama unifilar plano No. L-2.

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES (CCM)

Las características eléctricas del centro de control de motores CCM-CI son:

Tensión de operación 480 volts, 3 fases, 3 hilos, 60 Hz,

servicio interior Nema 1, tensión de aislamiento 600 volts, corriente por corto circuito simétrico de 25000 amperes a 480 - - volts, alambrado Nema clase 1 tipo B, formado por gabinetes metálicos para soportarse sobre el piso.

Este tablero deberá alojar lo siguiente: un juego de - barras de cobre de sección rectangular para 3 fases, 600 amperes nominales con una densidad de corriente de 800 amperes/pulg² Una barra de cobre de sección rectangular para bus de tierras - de 600 amperes nominales a todo lo largo del tablero en su parte inferior.

La primera sección de tablero contará con un interruptor termomagnético montaje fijo de 3 polos, 125 amperes, 480 - - volts con los siguientes accesorios: un voltmetro tipo empotrar escala 0-600 volts provisto con conmutador de fase de cuatro posiciones, dos transformadores para medición relación 480/127 - - volts con fusibles en el primario, un ampermetro tipo empotrar con escala 0-200 amperes con conmutador selector de 4 posicio-nes y transformador de corriente relación 200/5A, 3 zapatas terminales tipo mecánico para recibir la acometida con cable de cobre calibre 2/o AWG, una placa de leyenda que diga "interruptor principal". Del bus principal se derivara lo siguiente: Una- segunda sección con tres combinaciones de interruptor termomag- nético de 3 polos 30 amperes con arrancador a tensión plena no-

reversible tipo removible para motor de inducción tipo jaula de ardilla de 3 fases, 60 Hz, 15 Hp, 480 volts con los siguientes accesorios: transformador para control con relación 480/127 - - volts protegido con fusibles limitadores de corriente en el primario, un juego de botones arrancar - parar, un juego de luces-piloto roja y verde, un boton para restablecimiento de elementos térmicos, tres elementos térmicos adecuados a la capacidad del motor, tablillas terminales para estación de botones remota, placas de identificación en la cubierta que diga: "BA-4004 A", "BA-4004 B", disponible respectivamente. Dos espacios para interruptores -- termomagnéticos montaje fijo con la leyenda "disponibles", un interruptor tipo termomagnético montaje fijo de 3 polos, 50 amperes derivado del bus de 480 volts que protejera por el lado - primario a un transformador para alumbrado de 30 KVA enfriamiento propio tipo seco de 80°C. de sobre elevación de temperatura - sobre el ambiente promedio de 35°C, devanado primario 480 volts conexión delta, devanado secundario 220-127 volts: conexión estrella con el neutro accesible y una placa de identificación -- que diga "transformador de alumbrado". De el tablero de alumbrado se alimentará lo siguiente: un tablero de alumbrado, y -- distribución tipo NQOB 3 FASES, 4 HILOS CON INTERRUPTOR principal de 3 polos, 100 amperes catalogo NQOB-42-AB o similar de este tablero se derivan los interruptores mostrados en el unifilar plano L-3.

TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION

Este transformador alimentará al CCM-CI y es derivado del TDA-CI Circuito CF-C5A. Sus características son: 75KVA, en friamiento clase OA, tres fases, tres hilos, voltaje primario - 4160 volts conexión delta, voltaje secundario 480 volts tres fases cuatro hilos conexión estrella, servicio intemperie en clima tropical húmedo, el aislamiento deberá ser para 55°C de elevación de temperatura sobre el ambiente promedio de 35°C, impedancia de 6.5%, se instalará dentro de la subestación con clave TR-C3.

TABLERO DE ALUMBRADO.

Este tablero es tipo NAIB de empotrar, 3 fases, 4 hilos, 220/127 V, 60 HZ con interruptor principal de 3P, 50 amperes, localizado en la sala de cloración clave TA-SC, con los interruptores de la capacidad que se indica en el diagrama unifilar de baja tensión.

TABLERO DE CORRIENTE DIRECTA.

Su voltaje de operación es de 125 volts CD, tipo NAIB de sobreponer instalación interior Nema 1, con interruptor principal de 2 polos, 30 amperes y 4 interruptores de 2 polos,

15 amperes. Se instalará en el cuarto de equipo eléctrico con clave TCD-CI.

BANCO Y CARGADOR DE BATERIAS.

El banco de baterías debe ser de celdas tipo alcalino-de níquel cadmio o plomo ácido con capacidad en amperes-hora -- adecuados, para un régimen de descarga de 8 hrs y tensión nominal de 125 VCD, para una variación de tensión de $\pm 5\%$. Sera para instalación interior Nema 1 en cuarto de Baterias, clave - - BB-C1.

El tipo de bateria de acuerdo a las cargas y tiempo de trabajo deberá ser de una capacidad de 30 amperes-hora en un período de 8 hrs.

El cargador de baterias será tipo rectificador de silicio controlado, completamente automatico y regulado para mantener un voltaje de acuerdo al tipo de bateria utilizada, además debe tener la capacidad adecuada para recargar el banco en el - mínimo tiempo posible, suponiendo que esta descargado en su totalidad y con demanda constante. Tensión de entrada 220 volts-corriente alterna, variación máxima de $\pm 5\%$ a plena carga monofásica, 3 hilos, 60 Hz, enfriamiento por convección, temperatura de operación 40°C al nivel del mar, montaje sobre piso o mu-

ro, deberá marcarse con la clave CB-CI.

RESISTENCIA PARA ATERRIZADO.

La resistencia para conectar el neutro de un transformador de 10/12.SMVA, esta construída de tubos de acero inoxidable, contenida en un gabinete para servicio intemperie en la subestación, autosoportada montada sobre aisladores, formada con malla de acero galvanizado. Sus características son: tensión de operación 2400 volts, corriente de 1200 amperes, tiempo 10 segundos, resistencias de 6 ohms, sobre elevación de temperatura de 75°C sobre el ambiente de 40°C máximo, la acometida de la entrada sera por la parte inferior y formada por conectores mecánicos para cable de 750 M.C.M. El equipo deberá marcarse con las claves RT-CI, RT-C2.

III:8 ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO

Existe un corto circuito cuando en un punto de un sistema eléctrico se presenta una sobrecorriente debido a que la impedancia en dicho punto adquiere un valor mínimo, que se origina al ocurrir una falla de aislamiento entre conductores o entre un conductor y tierra.

Las fuentes principales que suministran corriente de corto circuito son los elementos activos tales como: generadores, motores síncronos y motores de inducción.

Al ocurrir un corto circuito, los generadores continúan generando una tensión, debido a que la excitación del campo permanece y la máquina prima que acciona al generador continúa operando a su velocidad normal. La tensión generada produce una corriente de corto circuito de gran magnitud, ya que es limitada solamente por la impedancia del generador y el punto de falla, y fluye del generador hacia el punto de corto circuito.

El caso del motor síncrono, cuya construcción es similar a la del generador, pero que en forma inversa, o sea transformando la energía eléctrica en energía mecánica, ocurre lo siguiente: al producirse un corto circuito, el motor actúa como

un generador, por la inercia de la carga y al disminuir la tensión del sistema, el motor síncrono libera corriente de corto circuito hacia el punto de falla. La cantidad de corriente dependerá de la potencia del motor, su reactancia, tensión nominal y reactancia del sistema al punto de corto circuito.

En el caso de los motores de inducción la inercia de la carga hace que se comporte similarmente al motor síncrono -- al ocurrir un corto circuito, con la diferencia que el motor de inducción no tiene devanado para excitación con corriente directa, pero en cambio tiene un campo magnético en el rotor producido por inducción del campo del estator, el cual permanece constante cuando la tensión aplicada al estator es normal. Cuando la tensión de la fuente disminuye rápidamente, como consecuencia de un corto circuito, el campo magnético del motor no desaparece instantáneamente y al seguir girando al motor por inercia de la carga, se genera una tensión en el devanado del estator, lo que ocasiona que fluya una corriente de corto circuito hacia el punto de falla, pero ya que la excitación del campo no es mantenida, la corriente de corto circuito desaparece gradualmente después de dos ciclos.

En la figura III-3 puede apreciarse la gráfica de la corriente de corto circuito de los elementos descritos anteriormente.

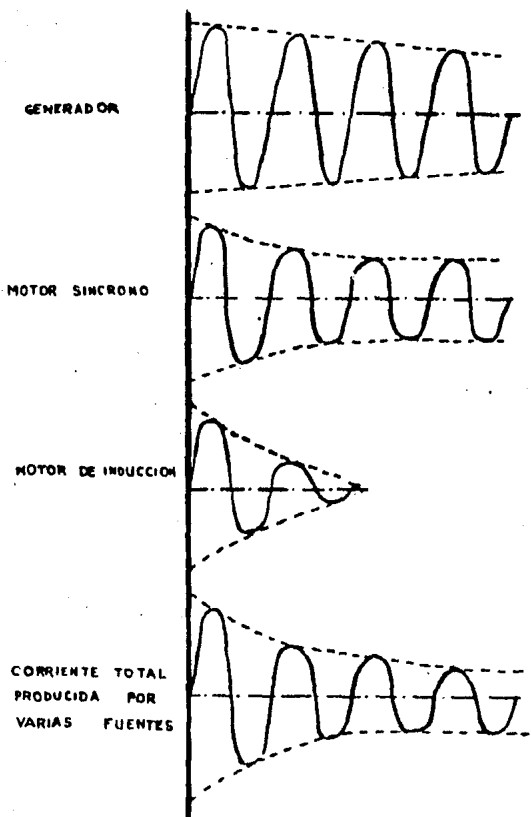


FIGURA III - 3
 CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO SIMETRICAS

Los transformadores no son fuente de corto circuito ya que sólo suministran corrientes de corto circuito generadas por máquinas rotatorias tales como generadores y motores, cambiando la magnitud de la tensión y la corriente.

La magnitud de la corriente de corto circuito producida a través de un transformador depende de su relación de transformación, de su reactancia, de las reactancias de las máquinas y el sistema, hasta las terminales del transformador, así como la reactancia del circuito desde el transformador al punto de corto circuito.

Las corrientes de corto circuito son limitadas por elementos pasivos del sistema tales como: impedancias o reactancias de conductores, motores, transformadores, generadores, barras, etc.

Las reactancias de las máquinas rotatorias no son un valor absoluto, como en el caso de transformadores y cables, sino que es una cantidad compleja que varía en función del tiempo al ocurrir un corto circuito, sin embargo por simplificar cálculos en el estudio de corto circuito para seleccionar el equipo de protección como son interruptores y relevadores, se asignan 3 valores de reactancias a motores y generadores, las cuales son:

REACTANCIA SUBTRANSITORIA (x_d'').- Es la reactancia aparente del devanado del estator en el preciso instante en que ocurre el corto circuito y determina el flujo de corriente de corto circuito subtransitoria. El tiempo de ésta es de cero a cinco ciclos.

REACTANCIA TRANSITORIA (x_d').- Es la reactancia aparente inicial del devanado del estator considerando sólo el embobinado del campo. Esta reactancia determina el flujo de corriente cuando la reactancia subtransitoria ha sido controlada y su efecto se considera hasta 8 ciclos, dependiendo del diseño de la máquina.

REACTANCIA SINCRONA (x_d).- Es la reactancia aparente que determina el flujo de corriente cuando se ha alcanzado el estado estacionario y es efectiva hasta varios segundos después de que ocurre el corto circuito. En consecuencia esta no se toma en cuenta para los cálculos de corto circuito para la aplicación a interruptores, fusibles y contactores, solamente en el estudio para el ajuste de los relevadores.

De lo anterior se concluye que la corriente de corto circuito será mayor en los primeros ciclos en que ocurre.

Las corrientes de corto circuito son siempre asimétricas durante los primeros ciclos en que ocurre el corto, ésta ---

asimetría depende del valor instantáneo de la tensión al ocurrir la falla y de la relación de reactancias y resistencia.

Para facilitar el estudio de corto circuito, desde el punto de vista matemático, la corriente asimétrica se divide arbitrariamente en dos componentes, una simétrica senoidal de corriente alterna y otra de corriente directa; esta componente solo se presenta durante los primeros ciclos y va desapareciendo gradualmente, esto puede apreciarse en la figura III-4.

TERMINOS EMPLEADOS

CORRIENTE MOMENTANEA.- Es la corriente que se presenta en el primer medio ciclo del corto circuito y es el valor máximo efectivo de corriente simétrica que el interruptor debe soportar en posición de cerrado. Esta corriente es muy significativa pues define la habilidad del interruptor para soportar los esfuerzos mecánicos los cuales varían con el cuadrado de la corriente. Para determinar su valor es necesario considerar todas las fuentes de corriente de corto circuito, usando las reactancias subtransitorias de generadores, motores síncronos y motores de inducción, y puesto que la componente de corriente directa está presente, es necesario considerarla aplicando el factor de multiplicación adecuado; o sea, la corriente momentánea-simétrica por el factor de multiplicación.

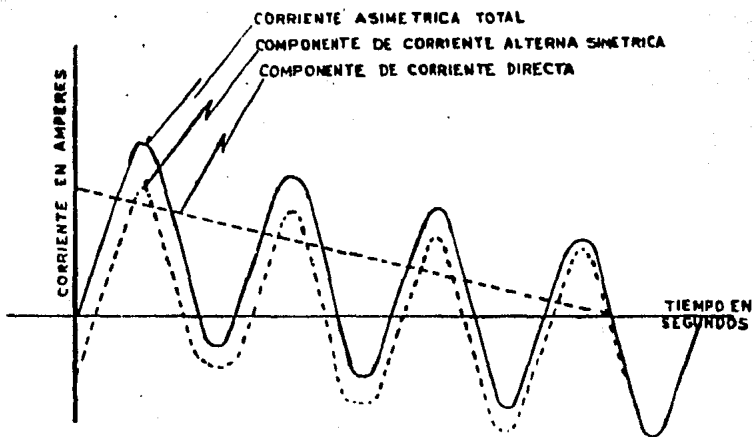


FIGURA III-4

CORRIENTE DE INTERRUPCION.- Esta corriente es la que debe ser capaz de abrir el interruptor sin sufrir daños en su construcción, su valor dependerá de la rapidez con que opere el interruptor, pues cuanto más rápido opere mayor será la corriente por interruptor. En general para interruptores que operen en 8 ciclos, la contribución de motores de inducción habrá cambiado de subtransitoria a transitoria. Por lo tanto para determinar la capacidad interruptiva se considera la reactancia subtransitoria de generadores, la reactancia transitoria de motores síncronos y los motores de inducción se desprecian.

CALCULO DE CORTO CIRCUITO

La finalidad del cálculo de las corrientes de corto circuito es poder seleccionar, en base a éstas, los dispositivos de protección de un sistema eléctrico, ya que en cualquier nivel de tensión, dichos dispositivos deben ser capaces de interrumpir la corriente de corto circuito máxima presentada en el punto de falla, sin destruirse.

La magnitud de la corriente de corto circuito depende de la capacidad de la fuente de alimentación, de la tensión, del tamaño de los equipos y de las dimensiones físicas de cables y barras hasta el punto donde se presenta el corto circuito. De esta manera la capacidad interruptiva que se requiere se determina por la corriente de corto circuito disponible en el lugar en que se encuentra instalado el dispositivo de protección del-

circuito.

Cuando se calcula el corto circuito disponible se deben tomar en cuenta todas las fuentes que contribuyen al corto, así como las reactancias de cables alimentadores principales, transformadores y motores principalmente.

El cálculo de las corrientes de corto circuito se efectúa considerando solamente la componente simétrica de C.A. La corriente total asimétrica se obtiene multiplicando la componente simétrica por un factor, cuyo valor depende de la relación de decaimiento de la componente de C.D. la cuál es proporcional a la relación de reactancia a resistencia, variando también en el tiempo.

En general en circuitos de más de 600 volts, el factor de multiplicación considerando la componente de C.D. es 1.6 veces el valor efectivo de la corriente simétrica de C.A. al primer medio ciclo.

Para circuitos de 5,000 volts o menos, donde no hay generación local, el factor de multiplicación para calcular la corriente al primer medio ciclo es de 1.5 veces y para circuitos de 600 volts o menos el factor de multiplicación es de 1.25 veces la corriente simétrica de C.A.

CORTO CIRCUITO CONSIDERADO

Para determinar las corrientes de falla se considerará el corto circuito trifásico, ya que generalmente en plantas industriales las magnitudes de la corriente de corto circuito de línea a tierra y de línea a línea son menores que la corriente de corto circuito trifásico. Se considerará un sistema balanceado, por lo que el estudio se hará por fase considerando las impedancias de fase a neutro.

Los transformadores, generadores y motores generalmente tienen una reactancia igual a 5 veces la resistencia, por lo que esta se desprecia sin error considerable. En los circuitos menores de 600 volts se considera tanto la reactancia como la resistencia de cables alimentadores.

Para los motores de inducción en 480 y 220 volts se considerará una reactancia subtransitoria del 25%, y de 20% para motores de inducción en 4160 volts.

Al efectuar un estudio de corto circuito de un sistema eléctrico se considera que en condiciones normales de operación está balanceado. Por tanto, es posible trabajar con una sola de las tres fases. Los datos de la potencia y de la tensión serán trifásicos y de línea a línea respectivamente.

Los valores que se tomarán como base e independientes, son: la potencia trifásica y el voltaje de línea a línea. En ocasiones se toman valores base, los cuales no corresponden a los valores nominales de placa, por lo que deben considerarse cambios de base, para tal efecto deben aplicarse las ecuaciones siguientes:

$$Z (\Omega) = \frac{Z_{p.u.} \text{ Nva. } (KV \text{ base Nva})^2}{MVA \text{ base Nva.}} = \frac{Z_{p.u.} V_{ja.} (KV \text{ base Vja})^2}{MVA \text{ base Vja.}} \dots 1$$

por lo tanto se tiene

$$Z_{p.u.} \text{ base Nva} = Z_{p.u.} \text{ base Vja.} \times \frac{MVA \text{ base Nva. } (KV \text{ base Vja})^2}{MVA \text{ base Vja. } (KV \text{ base Nva})} \dots 2$$

Las ecuaciones para determinar la corriente y la potencia de corto circuito son:

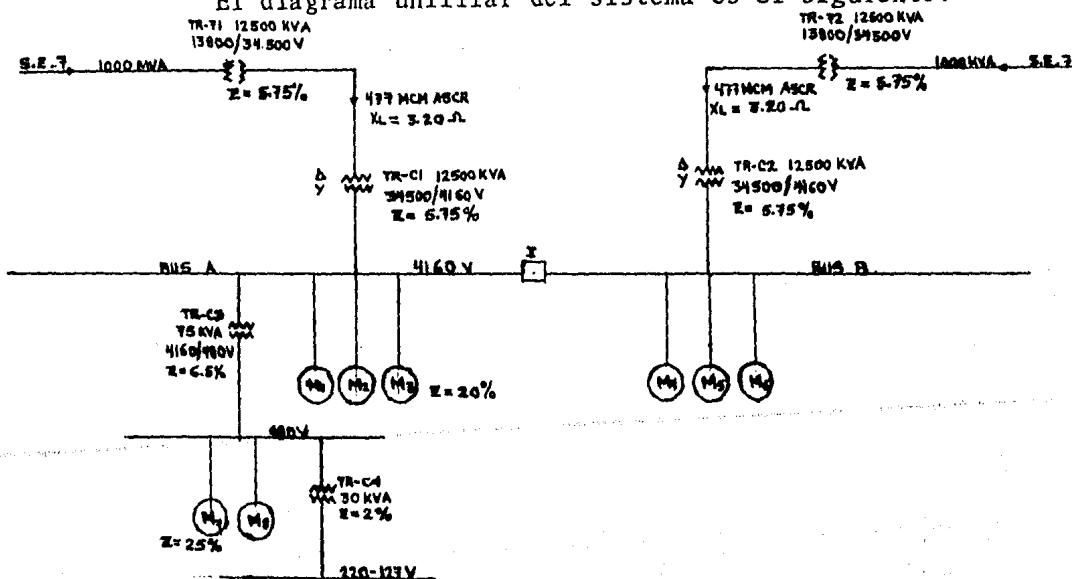
$$I.c.c. \text{ Sim} = \frac{P \text{ base}}{\sqrt{3} \text{ KV} \times X_{eq}} \dots 3$$

$$P.c.c. \text{ Sim} = \sqrt{3} \text{ KV} \times I_{cc} \dots 4$$

A continuación se describen los pasos a seguir para el estudio de corto circuito del sistema eléctrico de la Bocatoma - Laguna La Ceiba.

- 1.- Se elige una base de potencia y tensión.
- 2.- Referir todos los valores de reactancia a las bases anteriores.
- 3.- Se determina una reactancia equivalente de todas las reactancias referidas.
- 4.- Aplicar las ecuaciones para determinar la I_{cc} y la Pcc.

El diagrama unifilar del sistema es el siguiente:



Vamos a considerar como;

Potencia base $P_b = 1 \text{ MVA}$

Tensión base $V_b = 34500 \text{ volts}$

Para efectos de calculo $1 \text{ H.P} = 1 \text{ KVA}$

1.- Refiriendo las reactancias a las bases anteriores y de acuerdo a la formula (2) tenemos:

$$\text{Sistema} \quad X_s = \frac{1}{1000} = 0.001 \text{ p.u.}$$

$$\text{Linea de transm.} \quad X_L \text{ p.u.} = \frac{(X_{\text{cir}}) (\text{KVA}_B)}{(\text{KV})^2 (1000)N} = \frac{(3.20) (1000)}{(34.5)^2 (1000)^1} = .0026 \text{ p.u.}$$

$$\text{Transf. 71} \quad X_{T-71} = 0.057 \frac{1}{12.5} \left(\frac{13.800}{13.800} \right)^2 = 0.00456 \text{ p.u.}$$

$$\text{Transf. C1} \quad X_{T-C1} = 0.057 \frac{1}{12.5} \left(\frac{34.500}{34.500} \right)^2 = 0.00456 \text{ p.u.}$$

$$\text{Motor 1} \quad X_{M-1} = 0.20 \frac{1}{1.5} \left(\frac{4.160}{4.160} \right)^2 = 0.1333 \text{ p.u.}$$

$$X_{M-1} = X_{M-2} = X_{M-3} = 0.1333 \text{ p.u.}$$

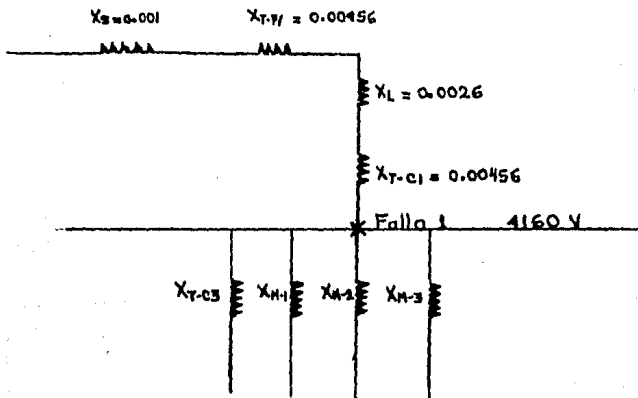
$$\text{Transf. C3} \quad X_{T-C3} = 0.065 \frac{1}{.075} \left(\frac{4.160}{4.160} \right)^2 = 0.866 \text{ p.u.}$$

$$\text{Motor 7} \quad X_{M-7} = 0.25 \frac{1}{0.0015} \left(\frac{0.480}{0.480} \right)^2 = 166.6 \text{ p.u.}$$

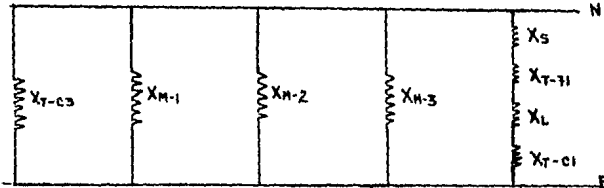
$$X_{M-7} = X_{M-8} = 166.6 \text{ p.u.}$$

$$\text{Transf. C4} \quad X_{T-C4} = .002 \frac{1}{.030} \left(\frac{0.480}{0.480} \right)^2 = .066$$

Con estos valores y considerando el primer ramal nos queda:



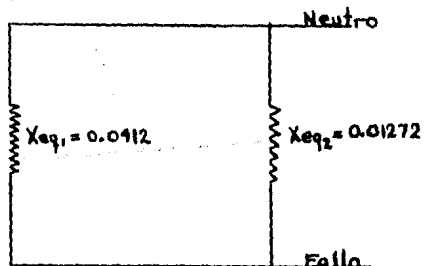
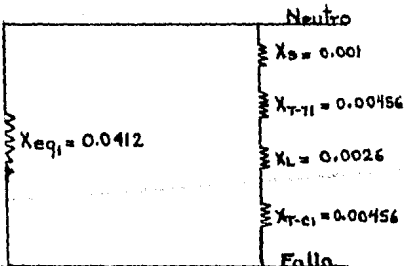
Analizando la falla en el punto considerado, el circuito queda en la forma siguiente:



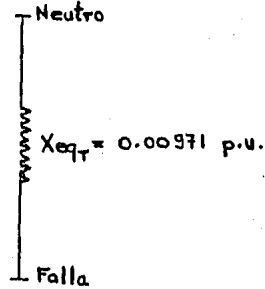
Efectuando operaciones para simplificar el diagrama anterior resulta:

$$X_{eq1} = \frac{1}{\frac{1}{X_{T-C3}} + \frac{1}{X_{M-1}} + \frac{1}{X_{M-2}} + \frac{1}{X_{M-3}}} = \frac{1}{.866 + 0.133 + 0.133 + 0.133}$$

$$X_{eq1} = 0.0412$$



$$X_{eqT} = \frac{X_{q1} \times X_{eq2}}{X_{eq1} + X_{eq2}} = \frac{5.24 \times 10^{-4}}{0.05392} = 0.00971 \text{ p.u.}$$



Para determinar la corriente y la potencia de corto -
circuito.

$$I_{cc} = \frac{P \text{ base}}{\sqrt{3} \text{ KV} \times X_{eqT}} = \frac{1000}{1.732 \times 4.16 \times .00971} = \frac{1000}{0.0699}$$

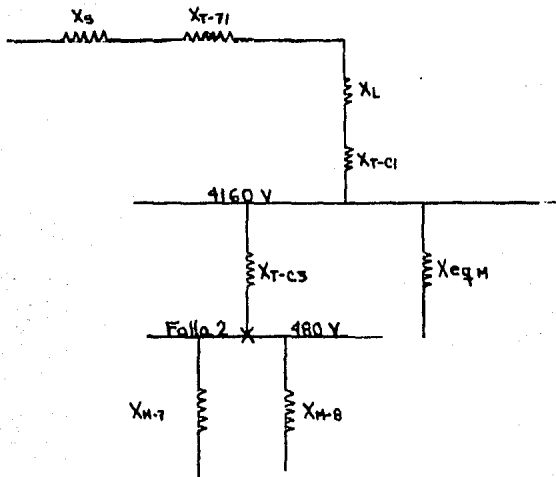
$$I_{cc} = 14,306.1 \text{ Amp. simetricos}$$

$$I_{cc} \text{ asim} = I_{cc} \text{ sim} \times 1.5 = 21,459.15 \text{ Amps. Asimétricos}$$

$$P_{cc} = \sqrt{3} \text{ KV} \times I_{cc} = 1.732 \times 4.160 \times 14.3 = 103 \text{ KVA}$$

De lo anterior se concluye que la capacidad interrup--
tiva minima que deben tener los interruptores conectados en 4160
volts del TDA-C1 Será de 14306.1 Amperes simétricos.

A continuación haremos los cálculos para la falla 2.

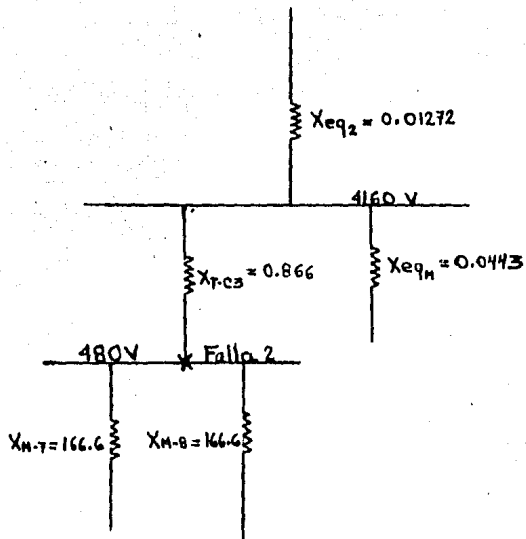


~Simplificando el diagrama anterior resulta:

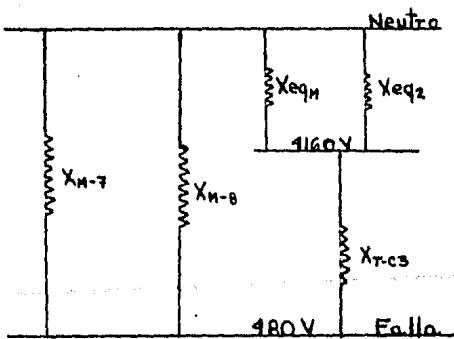
$$\frac{1}{X_{eqM}} = \frac{1}{0.133} + \frac{1}{0.133} + \frac{1}{0.133}$$

$$\frac{1}{X_{eqM}} = 22.55$$

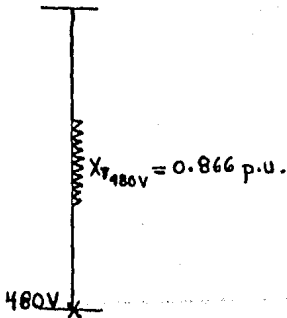
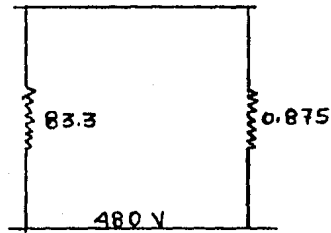
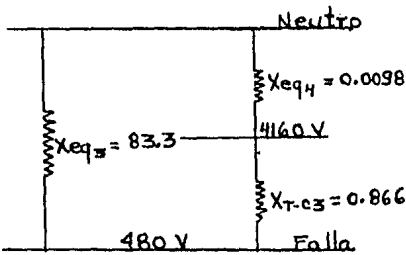
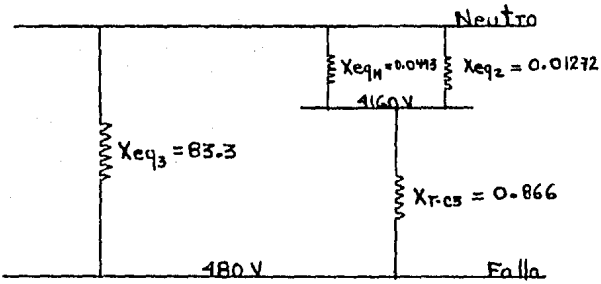
$$X_{eqM} = 0.0443 \text{ p.u.}$$



Analizando la falla en el punto considerado, el circuito anterior se transforma como sigue:



$$X_{eq3} = \frac{166.6 \times 166.6}{166.6 + 166.6} = 83.3$$



$$I_{CC \text{ sim}} = \frac{1000}{1.73 \times 0.480 \times 0.866} = 1389 \text{ Amps Sim.}$$

$$I_{CC \text{ Asim}} = 1398 \times 1.5 = 2083.5 \text{ Amp. Asim.}$$

$$P_{CC} = 1.732 \times 0.480 \times 1389$$

$$P_{CC} = 1154.75 \text{ KVA}$$

CAPITULO IV

RED DE TIERRAS

Se entiende por sistema de tierras la conexión a tierra del sistema eléctrico, del equipo y aparatos eléctricos o no eléctricos y que pueden también ser conductores.

El objeto de una red de tierras es proporcionar protección al personal, equipos, aparatos e instalaciones en general contra descargas atmosféricas, choques eléctricos, producidos por diferencias de potencial, originados por el contacto de conductores energizados con partes metálicas o bien por el paso de corriente de falla.

Sistema a tierra.- Es la conexión a tierra del neutro o de uno de los conductores de corriente de un sistema de distribución.

Sistema con neutro a tierra.- Es aquel en que se conecta a tierra el punto o puntos neutros de un circuito, tales, como transformadores o equipos rotatorios, ya sea sólidamente a tierra o por medio de un dispositivo limitador de corriente.

Las ventajas que presenta un sistema con neutro a tierra se pueden resumir de la siguiente forma:

1).- Reduce la operación y mantenimiento como consecuencia de:

a).- Reducción de la magnitud de sobretensiones transitorias.

b).- Mejora la protección contra descargas atmosféricas

c).- Simplifica la localización de fallas a tierra.

d).- Mejora la operación del sistema y equipo de protección contra fallas:

2).- Mejora la continuidad del servicio

3).- Es mayor la seguridad para el personal y el equipo.

4).- El sistema es más flexible, aprovechando la tensión entre fases y la de fase a neutro.

Los métodos para conexión a tierra del neutro de un sistema son los siguientes:

1.- Solidamente a tierra.- Consiste en conectar el --

punto neutro de un generador o transformador de potencia directamente a tierra, en este caso debido a la reactancia propia -- del equipo forma un circuito en serie con una impedancia dife-- rente a cero.

2.- A través de una resistencia.- Este método con-- siste en conectar el neutro de un generador o transformador de potencia a través de una resistencia de valores óhmicos usua-- les. Este método tiene la característica de no estar sujeto a destrucción por sobretensiones transitorias.

3.- Por medio de una Reactancia.- En éste método se debe conectar un reactor de bajo valor que limite la corriente de falla a tierra a un valor no mayor que el de la corriente -- de falla trifásica.

4.- Por medio de un neutralizador de falla a tierra. Este método consiste en conectar un reactor entre el neutro de un sistema y tierra, teniendo una selectividad especial y un re-- lativamente alto valor de reactancia.

La selección de cualquiera de los métodos anteriores depende de la tensión, además de considerar los factores si-- guientes:

1. Efecto sobre la presencia de sobretensiones transitorias.

2. Daño en el punto de falla, debido a la magnitud de una corriente de falla a tierra.

3.- Aplicación de relevadores standard y dispositivos de interrupción para la selectividad del disparo en fallas a tierra.

4.- Protección contra descargas atmosféricas.

Cuando el sistema no tiene conexión a tierra, está expuesto a las siguientes desventajas:

1.- Si un interruptor opera por falla de línea a tierra, se presentan tensiones subtransitorias que pueden ser varias veces la tensión nominal.

2.- Al ocurrir otras sobretensiones pueden originar falla del aislamiento en otros puntos del sistema, lo que trae como consecuencia daño del equipo e interrupción del servicio -

en otros circuitos.

3.- Las fallas de línea a tierra, producen pequeñas corrientes que no son fáciles de detectar y en períodos largos de tiempo causan daños considerables.

Equipo a tierra.- Es la conexión a tierra de una o más de las partes metálicas no conductoras de corriente del sistema de alambrado o de aparatos conectados al sistema. Este incluye conduits metálicos, charolas metálicas, cajas de conexión, gabinetes, cajas de interruptores, carcaza de motores, tanques de transformadores, cajas de arrancadores y en general todas las cajas metálicas que alojen equipo eléctrico que operen a tensiones mayores de 150 volts a tierra, así como estructuras próximas a los mismos.

Uno de los objetivos de conectar el equipo a tierra es el de limitar el potencial entre partes no conductoras de corriente de la planta y entre esas partes y tierra a un valor de seguridad bajo las condiciones normales y anormales de operación del sistema.

El propósito de esto es intentar alcanzar un potencial uniforme en todas las partes de estructuras y aparatos, también como procurar que el personal de operación puedan estar al mismo potencial todo el tiempo, alcanzando más cerca un po-

tencial uniforme en todas las partes del sistema de tierras y evitando el riesgo de grandes diferencias de potencial dentro de una distancia razonable.

CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SISTEMAS DE CONEXION A TIERRA.

Los sistemas de conexión a tierra pueden estar formados por un solo electrodo, o bien por agrupaciones de varios electrodos, colocados en forma radial o de anillo, de malla u otros arreglos geométricos para lograr la más baja resistencia de contacto a tierra y garantizar la efectiva protección y funcionamiento del circuito.

a) CONSIDERACIONES DE DISEÑO

El diseño eléctrico de un sistema de tierras, requiere que se tome en cuenta tanto la resistencia eléctrica como la corriente de carga del mismo, porque de estas consideraciones dependen las características del sistema.

b) RESISTIVIDAD DEL SUELO

La resistividad del suelo es la característica más importante de la resistencia del circuito a tierra. Dicha resistencia del suelo depende de la resistividad del mismo y esta varía de acuerdo con la constitución, naturaleza, compactación, -

grado de humedad y la concentración de sales y otros productos químicos en el terreno.

Generalmente la resistividad disminuye con la profundidad porque aumenta la humedad, pero no ocurre lo mismo cuando la profundidad ofrece suelos impermeables, como es el caso de los lechos rocosos; caso este, en que la resistividad es mayor con la profundidad.

La naturaleza del terreno es tal que en muchos casos, en una misma localización pueden obtenerse diferentes valores de resistividad y por lo tanto siempre que se proyecta un sistema de tierras, es conveniente hacer una serie de mediciones de resistividad del suelo para determinar con mayor precisión las condiciones de la zona elegida.

c) MEDICION DE RESISTIVIDAD DEL SUELO

La medición de resistividad del suelo no solo es de utilidad para determinar la conductividad o la resistencia del suelo, si no fundamentalmente para conocer el grado de corrosión a que quedan sujetos los materiales subterráneos. La corrosión es un factor importante en todo sistema de tierras localizado dentro de una red de instalaciones industriales subterráneas como las que se proyectan en Petróleos Mexicanos.

d) RESISTENCIA DEL SISTEMA DE TIERRA

Actualmente los diversos organismos de investigación o de reglamentación en la Industria Eléctrica Mundial, difieren en la consideración y establecimiento del valor máximo de resistencia a tierra, pues, mientras algunos fijan valores del orden de 10 ohms, otros establecen valores de 10 a 20 ohms, otros - - más, de 5 ohms y algunos dicen que la resistencia absoluta no - debe exceder de un ohm.

A este respecto, en México el reglamento de obras e - instalaciones eléctricas, estipula que la resistencia no exceda de 25 ohms. Es indudable que el más bajo valor de resistencia otorgará lo más confiable protección por sistema de tierras. -- Desde luego los circuitos de más resistencia eléctrica se re - flejan en el aspecto económico, que es un factor importante, -- porque para lograr una baja resistencia hay que depender de las características del terreno (resistividad o conductividad favorable) lo que implica aumentar o disminuir electrodos en el circuito.

e) MEDICION DE RESISTENCIA A TIERRA

En todo sistema de conexión a tierra es importante la medición de resistencia a tierra, ya que éste es un factor clave para las bases del proyecto, diseño, instalación, funciona--

miento y mantenimiento del sistema de tierras.

En terminos generales, sabemos que el terreno se comporta como una resistencia de tipo aglomerado y en estas condiciones dicha resistencia disminuye en función de la tensión -- aplicada.

La impedancia del circuito de tierra se compone asi

- a) De la resistencia de contacto entre el aparato protegido y el conductor de tierra.
- b) De la impedancia de este conductor y su conexión al electrodo o electrodos.
- c) De la resistencia propia del, o de los eléctrodos
- d) De la resistencia entre electrodos y terrenos
- e) De la resistencia del terreno.

La resistencia (a) es despreciable si como es de suponer se asegura un firme contacto entre aparato y conductor. Lo mismo ocurre con la resistencia (b) debida al conductor, siempre que sea adecuado su calibre y se eviten trayectorias largas para el conductor.

Las resistencias (c) y (d) también se desprecian cualquiera que sea el electrodo empleado, pero siempre que sus dimensiones sean las convenientes y que la superficie de contacto esté libre de grasa, aceite o cualquier material aislante. La parte de terreno en contacto con el electrodo, tiene una resistencia finita que varia directamente con la resistividad e inversamente con la longitud del electrodo.

Cuando la corriente fluye hacia el sistema de tierra aparece un gradiente de potencial en la superficie. Este gradiente representa un riesgo para el personal y para los conductores enterrados cerca de los electrodos, porque puede causar daños o perturbaciones. Este peligro puede evitarse o reducirse, colocando los electrodos en un lugar accesible solo a personas idóneas o enterrándolas a una profundidad conveniente y aislando las conexiones.

Es necesario hacer notar que la medición de la resistencia únicamente debe hacerse con corriente alterna, considerando que en realidad se trata de saber la resistencia de un electrolito y que al hacer esa medición con corriente directa se obtienen resultados mayores debido a los efectos galvanicos (polarización) entre el suelo y los electrodos auxiliares.

F) TRATAMIENTO QUIMICO DEL SUELO

Para llegar a este método se han hecho pruebas compa-

rativas con varillas de cobre (copperweld) hincadas en terreno natural y varillas instaladas en el mismo terreno tratado químicamente, a base de la siguiente composición por volumen:

15% Yeso

20% Bentonita (barro coloidal que absorbe 5 veces su peso en agua)

5% Cloruro de sodio (sal común)

Los resultados obtenidos tratando químicamente al suelo son notables, puesto que se logra reducir la resistencia del suelo a valores de 50 a 60% del valor original; consecuentemente los valores de resistencia a tierra se reducen considerablemente.

El objeto del tratamiento del suelo es mantener una humedad constante alrededor del electrodo y reducir la resistencia.

Otro recurso favorable tratándose de terrenos permeables, es cultivar un prado encima del sistema de tierra para mantener húmedo el suelo y contribuir a la reducción de resistencia.

LOS ELEMENTOS COMPONENTES DE LA RED DE TIERRAS SON:

ELECTRODO DE TIERRAS.- Es un conductor enterrado, utilizado para mantener un potencial de tierra, en todos los conductores conectados a él y para disipar en el suelo todas las corrientes conducidas a él.

BUS DE TIERRA.- Es una red de conductores utilizados para mantener un potencial uniforme y está unido a los electrodos de tierra.

CONDUCTOR DE TIERRA.- Es un conductor empleado para conectar las carcasas del equipo eléctrico, los postes del sistema de alumbrado, las estructuras metálicas, tanques de transformadores, cajas de conexiones, gabinetes, cajas o carcasas de todo el equipo eléctrico.

RESISTENCIA A TIERRA.- Es un dispositivo que posee una resistencia de determinado valor y de la cual se conecta el neutro de un transformador de potencia para ayudar a la disipación de corriente de falla.

La resistividad de la tierra depende de varios parámetros, como clase de suelo, profundidad, humedad y temperatura.

RESISTIVIDAD MEDIA DE DIFERENTES SUELOS

TIPO DE TERRENO	RESISTIVIDAD EN OHM-METRO
Tierra orgánica mojada	10
Tierra húmeda	10^2
Tierra seca	10^3
Roca sólida	10^4

TABLA IV-1

Con el fin de proteger debidamente al personal del peligro de la corriente eléctrica se consideran las siguientes características:

TENSION DE PASO.- Es la que se manifiesta al paso de la corriente de tierra, entre dos puntos del terreno distantes un paso entre si, generalmente 1 metro.

TENSION DE CONTACTO.- Es el valor de la tensión que se presenta, al paso de la corriente a tierra, entre las masas metálicas conectadas a tierra y el terreno circunvecino con el cual puede entrar en contacto con una persona.

Bastan corrientes de diez mil miliamperes para evitar que un sujeto pueda soltar un electrodo con la mano. Pueden ser toleradas intensidades de corrientes superiores, sin produ-

cir fibrilación, si la duración es muy corta. La ecuación que liga los parámetros es:

$$IK = \frac{0.165}{t} \dots \dots \dots a)$$

donde:

t = tiempo de duración de la falla

0.165 = es una constante derivada empíricamente

El diseño preliminar debe ajustarse de tal manera que la longitud total de los conductores enterrados, incluyendo las varillas, sea cuando menos igual a la calculada, para que las diferencias de potencial locales permanezcan dentro de los límites tolerables (las normas toman en cuenta 125 volts para las tensiones de paso y contacto)

Todos los elementos del sistema de tierras incluyendo los conductores de las mallas, las conexiones y los electrodos, deben ser diseñados en tal forma que no fundan o deterioren en las condiciones mas desfavorables de falla, que sean mecánicamente resistentes en alto grado, que tengan conductividad suficiente para que no contribuyan considerablemente a producir diferencias de potencial locales.

Para corregir la corriente de falla a tierra, se deben tomar en cuenta factores de decremento, los cuales a continuación se indican:

DURACION DE FALLA Y DEL CHOQUE ELECTRICO T (SEG)	FACTOR DE DE CREMENTO
0.08	1.65
0.10	1.25
0.25	1.10
0.50 ó más	1.00

TABLA IV.2 FACTORES DE DECREMENTO.

Resulta prudente tomar, además un margen adecuado para estimar los aumentos futuros de las corrientes de falla por aumento de la capacidad del sistema eléctrico.

CALCULO DE CALIBRE DEL CONDUCTOR DE LA RED.

La ecuación de ONDERDONK permite seleccionar el conductor de cobre y las uniones adecuadas para evitar la fusión.

$$I = A \sqrt{\frac{\log_{10} \left[\frac{(T_m - T_a)}{234 + T_a} + 1 \right]}{33 t}} \quad \text{----- b)}$$

donde:

I = corriente máxima de falla en Amperes, en alta tensión.

A = sección del conductor, en circular Mils.

T_m = temperatura máxima permisible por las unidades --
(°c)

T_a = Temperatura ambiente (°c)

t = tiempo de duración del flujo de corriente de falla a tierra, en segundos.

Puede suponerse normalmente los siguientes valores:

T_a = 40°c.

T_m = 1083°c, temperatura de fusión del cobre.

T_m = 450°c. temperatura permisible para soldadura de latón.

t_m = 250°c. temperatura permisible para las uniones con conectores.

La tabla IV.2 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 FALTA EN SEG.	CIRCULAR CABLE SQ LO.	MILS CON UNIONES DE SOLDADURA DE LATON.	POR AMPERE CON UNIONES DE CONECTORES
30	40	50	65
4	14	20	24
1	7	10	12
0.5	5	6.5	8.5

Tabla IV.3

Para determinar la longitud adecuada del conductor que forma la malla, se aplica la ecuación siguiente:

$$L = \frac{K_m K_i I \zeta \sqrt{E}}{165 + 0.25 \zeta} \text{ ----- c)}$$

donde:

L = Longitud del conductor que forma la malla.

K_m = Coeficiente que toma en cuenta los conductores de la malla en cuanto a número, calibre y disposición. (cond. paralelos).

$$K_m = \frac{I}{2\pi} \ln \frac{D^2}{16H} + \frac{I}{\pi} \ln \left(\frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \dots \right) \text{ ----- d)}$$

D = separación entre los conductores paralelos de la malla.

d = diámetro del conductor que forma la malla.

h = profundidad a que esta enterrada la malla.

El número de factores dentro del paréntesis en el segundo término es 2 menos el número de conductores paralelos n en la red, excluyendo las conexiones transversales.

k_i = factor de corrección por irregularidad para tomar en cuenta la distribución irregular del flujo de corriente a tierra.

$$K_i = 0.65 + 0.172 n \text{ ----- e)}$$

δ = Resistividad del terreno en la superficie, en ohmetro.

I = corriente máxima de falla que fluirá de la red en conjunto hacia tierra. Esta corresponde a la calculada en el estudio de corto circuito, afectada por los factores de corrección.

t = duración máxima de la falla, en segundos.

δ_s = Resistividad del terreno en la superficie (considerando tipo de piso que tocan los pies)

La resistencia R de la red de tierras puede calcularse con la fórmula empírica de Laurent, la cual está en función de la resistividad del terreno δ , de la longitud L del conductor --

que forma la red y de r , que es el radio de un círculo cuya área se supone igual a la red de tierras. La fórmula de Laurent es:

$$R = \frac{\delta}{4r} + \frac{\delta}{L} \text{ ----- f)}$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \text{ ----- g)}$$

donde:

r = radio del área de la malla diseñada en mts.

A = área total de la red de tierras.

Para determinar la resistencia de los electrodos se hace uso de la ecuación siguiente:

$$R_e = \frac{\% I_m}{\% I_e} \times R_m \text{ ----- h)}$$

donde:

$\% I_m$ = porcentaje de corriente que disipa la malla

$\% I_e$ = porcentaje de corriente que disipan los electrodos.

R_m = resistencia de la red o malla.

Para el cálculo de la cantidad de electrodos a emplear se aplica la ecuación:

$$N_e = \frac{\delta}{2\pi R_e L I} \left[\ln \frac{4L I}{b} - 1 \right] \text{ ----- i)}$$

donde:

R_e = Resistencia de los electrodos.

δ = Resistividad del terreno en ohm-metro.

N_e = No. de varillas en la red.

L_i = Longitud de cada varilla en metros.

b = diámetro de la varilla en metros.

La resistencia de la red de tierras en conjunto es:

$$R = R_m + R_e \dots\dots\dots j)$$

$$E = RI \dots\dots\dots k)$$

donde: E = Máximo aumento de potencial en la red de tierras.

La ecuación para calcular los potenciales de paso es de la forma:

$$E_s = K_s K_i \delta \frac{I}{L} \dots\dots\dots L)$$

donde:

E_s = potencial de paso en el piso adyacente de la red

(Potencial entre los pies de una persona al --- dar un paso, cuando está circulando la corriente máxima de falla de la red hacia tierra.

K_s = Coeficiente que toma en cuenta el efecto del numero de conductores paralelos n , el espaciamiento D y la profundidad de enterramiento h de los conductores que forman la malla; su valor se calcula:

$$K_s = \left[\frac{I}{2} \left[\frac{I}{2\pi} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \dots \right] \dots m \right)$$

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

El potencial entre el piso y el elemento conectado a tierra E_s se calcula.

$$E's = \frac{165 + \delta s}{\sqrt{t}}$$

Si $E_s > E's$ se rediseña la red aumentando L de la malla.

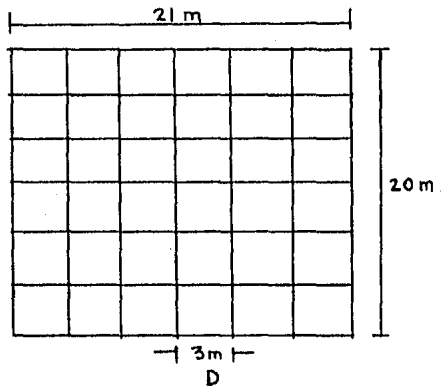
De acuerdo con lo indicado por el IEEE, si la longitud de cable usado, es igual o mayor que la calculada se considerará que los voltajes entre piso y punto tocado con la mano están dentro de los límites aceptables.

CALCULO DE LA RED DE TIERRAS PARA LA S.E.

DATOS

Subestación reductora de 12500 KVA, 34.5/4.16 KV conexión delta-estrella con neutro aterrizado, capacidad interruptiva 1000 MVA a la tensión nominal del primario.

Dimensiones y arreglo preliminar considerado.



La red de tierras estará formada por un sistema dispersor a base de cable desnudo de cobre, tendido horizontalmente a 0.5 M de profundidad y por un conjunto de electrodos incandados verticalmente.

Siguiendo los pasos indicados anteriormente, procederemos al diseño del sistema:

I. INVESTIGACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL TERRENO

De acuerdo con las mediciones realizadas en campo, en el terreno donde se encontrará la subestación, se tiene un valor de resistividad promedio de 18 ohms-metro.

$$\rho = 18 \text{ ohms-metro}$$

2. DETERMINACION DE LA CORRIENTE MAXIMA DE FALLA A TIERRA

La corriente de falla (I_{cc}) en el nivel de 4160 y es - 14306.1 Amp Sim.

Debido a que en nuestra corriente de falla calculada ya se considero un 30% como ampliación futura, nuestro factor de corrección por crecimiento del sistema será igual a la unidad. $F_c = 1.00$

El tiempo de duración de la falla de acuerdo a los sistemas de protección lo consideraremos de 0.5 segundos por lo que de acuerdo a la tabla IV.2 tenemos: $F_D = 1.00$

Entonces la corriente de falla ajustada sera:

$$I = (14306.1)(1.00)(1.00) = 14306.1 \text{ A}$$

3. DETERMINACION DE LA SECCION DE CONDUCTOR REQUERIDO PARA LA MALLA

La sección de conductor la calculamos con la ecuación de ONDERDONK o directamente en la Tabla IV.3 basada en esta misma ecuación.

Las conexiones en la red serán del tipo soldable y se considera un tiempo para despeje de la falla igual a 0.5 seg.

De acuerdo a la tabla requerimos en estas condiciones 6.5 circular mils (CM) por ampere de falla.

Sección requerida:

$$(6.5)(14306.1) = 92,989.65 \text{ CM} = 92.9 \text{ MCM}$$

El cable de cobre desnudo con una sección mas próxima a esta es el calibre 1/0 AWG (105.6 MCM), pero por razones de solidez mecanica se instalara cable de cobre desnudo semiduro calibre 4/0 AWG para el bus de tierra y calibre 2 AWG para las

derivaciones.

diametro del conductor = 0.01341 mts.

profundidad de enterramiento = 0.50 mts.

Para calcular la longitud mínima requerida para la red, primeramente consideramos 7 conductores transversales y haremos un calculo preliminar con 7 conductores paralelos como se muestra en el plano L - 10

Para poder determinar la longitud minima requerida necesitamos conocer los coeficientes K_m y K_i vistos anteriormente. Tomaremos $D = 3$ mts.

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \frac{3^2}{(16)(0.5)(0.01341)} + \frac{1}{\pi} \ln \left[\frac{3}{4} \cdot \frac{5}{6} \cdot \frac{7}{8} \cdot \frac{9}{10} \cdot \frac{11}{12} \right]$$

$$K_m = 0.7047 + (-.2533) = .451$$

Calculó de K_i .

$$K_i = 0.65 + 0.172 (7) = 1.854$$

Como la dispersión de la corriente a tierra será; 55% en la malla formada por los conductores y 45% por los electrodos, la corriente que deberá disipar la malla se obtiene multi-

plicando la corriente de falla, por la proporción que deberá disipar la malla:

$$I = 14306.1 \times 0.55 = 7868.3 \text{ Amp.}$$

La longitud minima requerida en la red es:

$$L = \frac{(.451)(1.854)(18)(7868.3) \times \sqrt{.5}}{165 + 0.25(1000)} = \frac{83738.38}{415}$$

$$L = 201.77 \text{ mts.}$$

De acuerdo con nuestro arreglo, la longitud total de la red es:

$$L_m = (20)(7) + (21)(7) = 287 \text{ mts.}$$

Por lo tanto se cumple que $L_m > L$

CALCULO DE LA RESISTENCIA DE LA RED

Area cubierta por la red:

$$A = (7)(20) = 140 \text{ m}^2$$

$$r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 6.67 \text{ mts.}$$

Sustituyendo valores

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

$$R_m = \frac{18}{4 \times 6.67} + \frac{18}{287} = 0.674 + 0.064$$

$$R_m = 0.738 \text{ ohms}$$

Calculo de la resistencia de los electrodos.

$$R_e = \frac{\% I_m}{\% I_e} R_m \quad \begin{array}{l} \% I_m = .55\% \text{ corriente que disipa la malla} \\ \% I_e = .45\% \text{ corriente que disipan los electrodos} \end{array}$$

$$R_e = 1.22 \times .738 = 0.90 \text{ ohms}$$

Para el calculo de varillas o electrodos aplicamos la fórmula:

$$N_e = \frac{\int}{2\pi R_e L} \left[\text{Ln} \frac{4L_1}{b} - 1 \right]$$

$$N_e = \frac{18}{2(3.14)(.90)(3)} \left[\text{Ln} \frac{4(3)}{0.015} - 1 \right]$$

$$N_e = 7 \text{ varillas}$$

Se emplearon 7 varillas tipo copperweld como mínimo, -
3 mts de largo x 0.0158 mts de diámetro como mínimo.

Para el calculo del máximo aumento de potencial en la
red

$$R = R_m + R_e = 0.738 + 0.90 = 1.638 \Omega$$

$$R = IR = (14306.1)(1.638) = 23433.3 \text{ Volts.}$$

Calculo del potencial de paso en el piso adyacente a -
la red.

Calculamos: K_s .

$$K_s = \frac{1}{3.1416} \left[\frac{1}{2(0.5)} + \frac{1}{3 \times 0.5} + \frac{1}{2 \times 3} + \frac{1}{3 \times 3} + \frac{1}{4 \times 3} + \frac{1}{5 \times 3} \right. \\ \left. + \frac{1}{6 \times 3} + \frac{1}{7 \times 3} \right]$$

$$K_s = 0.698 \quad \text{el potencial de paso será:}$$

$$E_s = 0.698 \times 1.854 \times 18 \times \frac{(14306)}{280}$$

$$E_s = 1190 \text{ volts}$$

Calculo de potencial entre el piso y el elemento conectado a tierra de la formula:

$$E's = \frac{165 + \int_s}{\sqrt{t}} = \frac{1165}{.707} = 1647 \text{ volts}$$

$$\int_s = 1000 \text{ ohms-mto}$$

Como $E_s < E's$ el arreglo propuesto es correcto y la red de tierra es segura.

CAPITULO V
COSTO DEL PROYECTO

El costo total estimado para la instalación eléctrica de la bocatoma Laguna la Ceiba consta de los siguientes conceptos:

a) Equipo y material.- Para seleccionar el equipo y material se consultarán los precios de lista de los diversos proveedores.

b) Mano de obra de instalación.- Para estimar este renglón se considera un 5% del costo del equipo a instalar, esto comprende el costo de la hora-hombre promedio en la ciudad de Villahermosa, Tabasco y el promedio necesario para la instalación de cada componente eléctrico.

c) Costos indirecto.- Estos comprenden los sueldos del personal técnico administrativo, renta de equipo necesario, servicios médicos, impuestos, fianzas, talleres y oficinas provisionales, moviliario etc. Se considera un 15% del total de material, equipo y mano de obra.

d) Imprevistos.- Estos cubren el costo de eventualidades en la obra; se considerará un 5%.

e) Costo del proyecto.- Cubre los salarios del personal que interviene en la elaboración del proyecto, se considerará un 10%.

f) Costo total:- Es la suma de todos los conceptos anteriores.

COSTO DE EQUIPO

COSTO DE LAS LINEAS

De acuerdo con información proporcionada por construcción, el kilómetro de línea instalada tiene un valor de 4,857,000.00. Por lo que en este caso la longitud de la línea es de 7 km., y el costo total de esta es de \$34,000.000.00.

Debido a que tiene doble alimentación para la subestación el costo de dos líneas de transmisión es de \$68,000.000.00.

APARTARRAYOS

Los apartarrayos con clave APT-CI y APT-C2 Tienen un

Costo por Unidad	\$ 750,000.00
Costo por Seis Unidades	\$ 4,500,000.00
Costo de Instalación	\$ 225,000.00
Costo Total	\$ 4,725,000.00

INTERRUPTORES DE POTENCIA

Los Interruptores de Potencia con Clave IC-1A e IC-2A.

Tienen un costo por Unidad	\$ 10,400.000.00
Costo de dos Unidades	\$ 20,800.000.00
Costo de Instalación	\$ 1,040.000.00
Costo Total	\$ 21,840.000.00

CUCHILLAS DESCONECTADORAS

Los Interruptores de Carga con Clave CD-CI, CD-C2, CD-C3, - -
CD-4, CD-5 y CD-6.

Tienen un Costo por Juego de	\$ 2,760.000.00
Costo de Seis Juegos	\$ 16,560.000.00
Costo de Instalación	\$ 828.000.00
Costo total	\$ 17,388.000.00

TRANSFORMADOR DE 10/12.5 MVA.

Los Transformadores con Clave TR-CI y TR-C2 tiene un

Costo por Unidad	\$ 65,000.000.00
Costo por dos Unidades	\$130,000.000.00
Costo de Instalación	\$ 6,500.000.00
Costo Total	\$136,500.000.00

RESISTENCIAS PARA CONECTAR A TIERRA EL NEUTRO DE LOS TRANSFORMADORES DE 10/12.5 MVA.

El Costo de Una Unidad es de	\$ 1,925.000.00
El Costo de Dos Unidades	\$ 3,850.000.00
Costo de Instalación	\$ 192.500.00
Costo Total	\$ 4,042.500.00

TABLERO DE DISTRIBUCION EN 4160 VOLTS

El Tablero de Distribución en 4160 Volts con Clave TDA-CL tiene un

Costo de	\$ 58,000.000.00
Costo de Instalación	\$ 2,900.000.00
Costo Total	\$ 60,900.000.00

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

El Centro de Control de Motores Con Clave CCM-CI tiene un

Costo de	\$ 3,900.000.00
Costo de Instalación	\$ 195.000.00
Costo Total	\$ 4,095.000.00

BOMBAS DE 1 500 H.P

El Costo de la Bomba es de	\$ 26,042.000.00
El Costo del Motor de 1 500 H.P.	\$ 8,539.883.00
Costo de una Unidad Integrada	\$ 34,581.883.00
Costo de Seis Unidades Integradas	\$207,491.298.00
Costo de Instalación	\$ 10,374.564.90
Costo Total	\$217,865.862.90

TRANSFORMADOR DE 75 KVA

El Costo del Transformador de esta - Capacidad es de	\$ 1,560.000.00
El costo de Instalación es	\$ 78.000.00
Costo Total	\$ 1,638.000.00

TABLERO DE ALUMBRADO NAIB, TA-SC, 220-127 VOLTS.

3 Fases, 4 hilos, 60 HZ, interruptor principal 3P-100 A., con los interruptores termomagnéticos de la capacidad indicada en el diagrama unifilar de baja tensión.

Su costo es de	\$115,500.00
Costo de Instalación	\$ 5,775.00
Costo Total	\$121,275.00

TABLERO DE CORRIENTE DIRECTA TCD-CI, 125 VCD, 1Ø, 2H,
con los interruptores termomagnéticos derivados de la
capacidad indicada en el diagrama unifilar de baja tensión.

Su Costo es de	\$107,489.81
Costo de Instalación	\$ 5,374.49
Costo Total	\$112,864.30

BANCO Y CARGADOR DE BATERIAS

Su Costo es de	\$ 5,600.000.00
Costo de Instalación	\$ 280.000.00
Costo Total	\$ 5,880.000.00

COSTO DEL MATERIAL

Red General de Tierras	\$ 755.270.00
Cable de Energía de 5 KV y de 600 volts diversos calibres.	\$ 3,191.250.00
Cajas condulets, coples, tubo, conduit., sellos etc.	\$ 1,810.502.00
Unidades de Alumbrado Interior, Exterior y Contactos	\$ 1,991.340.00

TOTAL	\$ 7,748.362.00
-------	-----------------

COSTO TOTAL DE EQUIPO Y MATERIAL

Costo de Equipo	\$ 543,108.502.20
Costo de Material	\$ 7,748.362.00
	<hr/>
TOTAL	\$ 550,856.864.20

COSTOS INDIRECTOS

Se considera un 15% de la cifra anterior resultando la cifra siguiente:	\$ 82,628.529.63
	\$ 550,856.864.20
	<hr/>
Que Sumada al Total Anterior Resulta	\$ 633,485.393.83

IMPREVISTO

Se considera un 5% de la cifra anterior, resultando la cifra siguiente:	\$ 31,674.269.69
	\$ 633,485.393.8
	<hr/>
Que Sumada a la Anterior Cifra	\$ 665,159.663.5

COSTO DEL PROYECTO

Se considera un 10% de la cifra anterior resultando la cifra siguiente:	\$ 66,515.966.35
	\$ 665,159.663.5
	<hr/>
Que Sumada a la Anterior Resulta:	\$ 731,675.629.85

Inversión Económica Total	\$ 731,675.629.85
---------------------------	-------------------

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al diseñar instalaciones eléctricas de tipo industrial pueden tratarse tan diversos aspectos que cada uno de estos analizado más a fondo, resulta ser un tema de tesis. Por tal motivo los aspectos tratados en este trabajo son principios de los temas fundamentales; sin olvidar el aspecto técnico y económico así, como la seguridad para el personal de operación y mantenimiento.

Durante la ejecución del proyecto, surgen imprevistos, que causan modificaciones en el diseño original por lo que es necesario efectuar revisiones a los planos y en ocasiones realizar nuevamente memorias de calculo según lo exija el caso.

El equipo seleccionado debe estar previsto para futuras expansiones, que tan frecuente son en la industria petrolera.

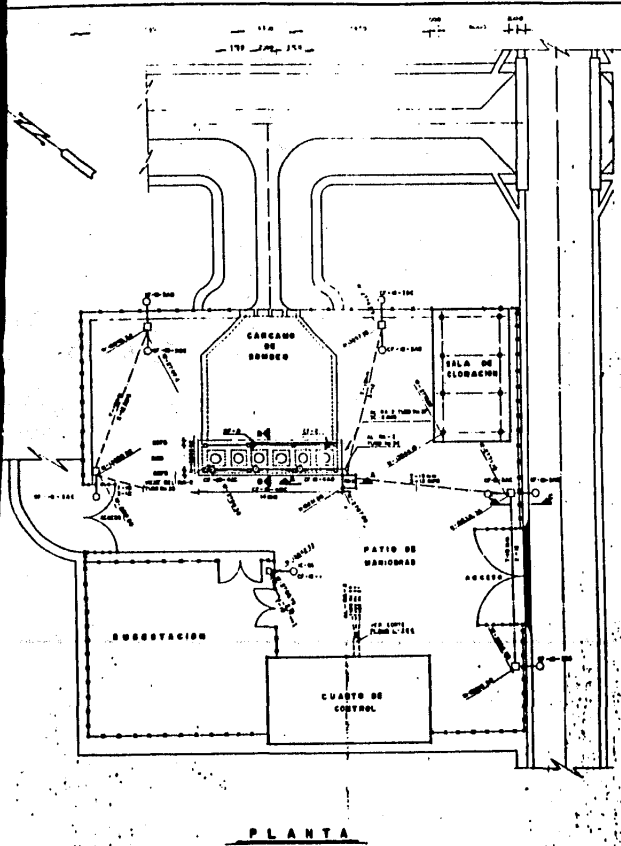
Con el propósito de obtener el mayor rendimiento en el equipo y materiales, se recomienda que al instalar estos se toman en cuenta las observaciones que se encuentran en los manuales y catálogos del fabricante; así como también, es necesario-

elaborar programas para el mantenimiento de algunas partes componentes del sistema, para reducir al mínimo las fallas y prolongar la vida del equipo.

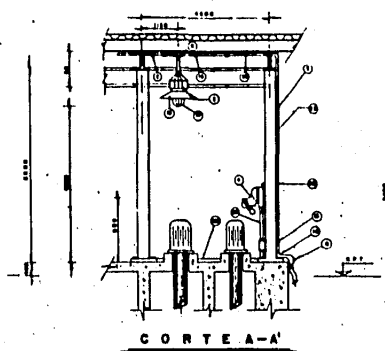
BIBLIOGRAFIA

- | | |
|--|---|
| Manual de alumbrado | Westinghouse |
| Electrical transmission and distribution referencia book | Westunghouse Electric comparation, 1953 |
| Redes electricas | Ing. Jacinto Viquerra L. |
| Fundamentos de instalaciones electricas de mediana y alta tensión | Ing. Gilberto Enriquez H. |
| Industrial Power Systems Handbook | Mc. Graw Hill, 1955 |
| Apuntes del curso sobre Ingeniería de Proyecto en la Especialidad de Electricidad. | Instituto Mexicano del Pé troleo. |
| Reglamento de obras e instalaciones Electricas (R. O.I.E) | |
| Normas de Pétroleo Mexicanos | |
| National Electrical Code 1981 | |
| Catálogo de alumbrado | Novalux |
| Iluminación industrial | C.H. Domex, S.A. |

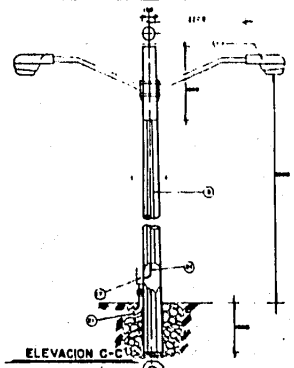
Iliminación	Lux, S.A.
Aplicación del Equipo eléctrico a la industria.	I.E.M.
Productos Industriales	I.E.M.
Conductores Electricos	Condumex.
Cables de Energía de la 69 KV.	Conductores Monterrey
Tableros y Subestaciones de alta tensión.	ENERGOMEX
Equipo y material	SQUARE "D" DE MEXICO
Conectores Mécánicos	Burndy
Conectores Soldables	Cadweld



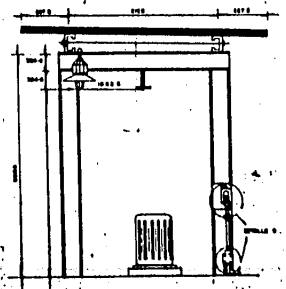
PLANTA



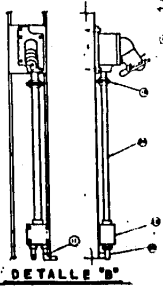
CORTE A-A'



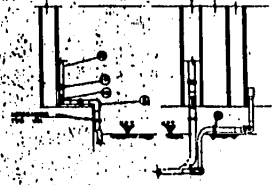
ELEVACION C-C'



VISTA B-B'



DETALLE B'

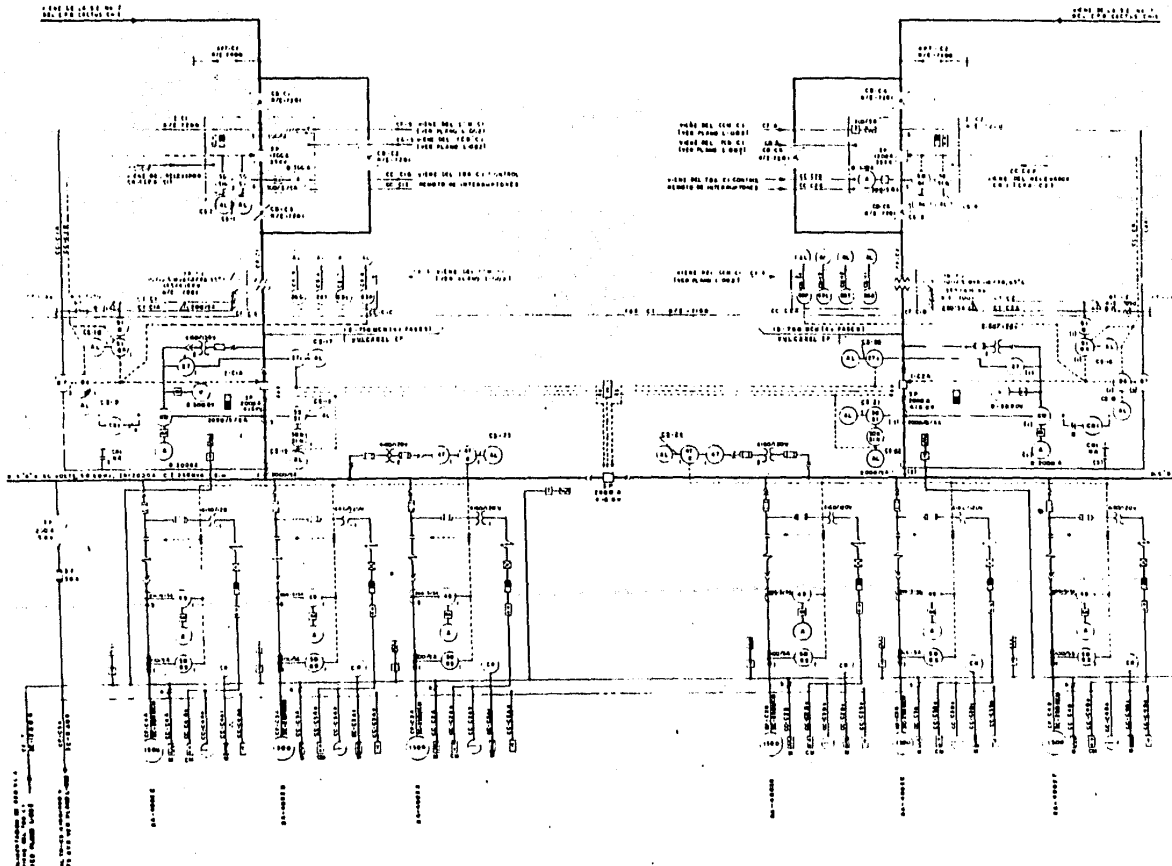


DETALLE A'

NOTA
 1. Verificar que el material sea el especificado en el presupuesto.
 2. Verificar que el material sea el especificado en el presupuesto.
 3. Verificar que el material sea el especificado en el presupuesto.
 4. Verificar que el material sea el especificado en el presupuesto.
 5. Verificar que el material sea el especificado en el presupuesto.

LISTA DE MATERIALES		
CLAVE	UNIDAD	CONCEPTO
1	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
2	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
3	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
4	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
5	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
6	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
7	1.0 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
8	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
9	1.0 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
10	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
11	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
12	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
13	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
14	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
15	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
16	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
17	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
18	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
19	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
20	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
21	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
22	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
23	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
24	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
25	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
26	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
27	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
28	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
29	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO
30	0.1 PZLA	CONCRETO PARA CIMENTACION DE PILES DE 10 CM DE DIAMETRO Y 1.00 M DE ALTO

ENEP ARAGON		U.N.A.M.
INST. ALUMBRADO Y CONTACTOS EXTERIOR		
"TESIS PROFESIONAL"		
AGUSTIN CHAVEZ ORTIZ		
Fecha	Hoja	del total
FEB - 1966	10	10
		L-1



NOTAS

1. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

2. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

3. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

4. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

5. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

6. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

7. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

8. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

9. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

10. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

11. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

12. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

13. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

14. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

15. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

16. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

17. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

18. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

19. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

20. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

21. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

22. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

23. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

24. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

25. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

26. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

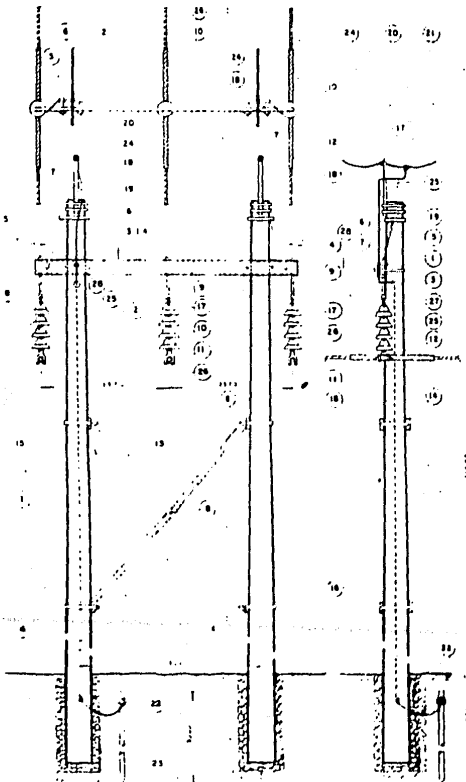
27. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

28. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

29. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

30. SE HA CONSIDERADO UN FACTOR DE CORRECCION DEL COS φ DE 0,85.

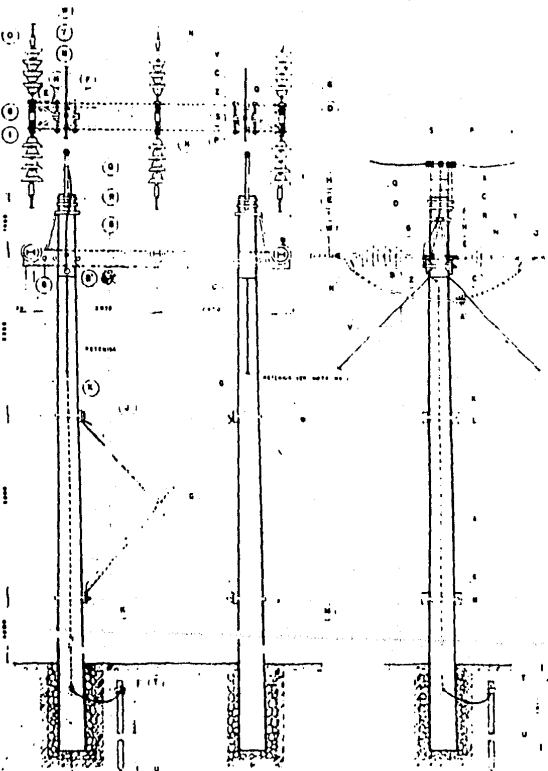
ENEP ARAGON	UNA M
DIAGRAMA UNIFILAREN 345/415V	
"TESIS PROFESIONAL"	
AGUSTIN CHAVEZ ORTIZ	
FEA - 1986	L-2



DISPOSITIVO "A"

PARA ESTRUCTURA "HS"

CUADRO DE CLAVES		
NUMERO	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	PERNO DE CIERRE EXTERIOR	1
2	PERNO DE CIERRE INTERIOR	1
3	CONEXION PARA EL CABLE	1
4	CONEXION PARA EL CABLE	1
5	CONEXION PARA EL CABLE	1
6	CONEXION PARA EL CABLE	1
7	CONEXION PARA EL CABLE	1
8	CONEXION PARA EL CABLE	1
9	CONEXION PARA EL CABLE	1
10	CONEXION PARA EL CABLE	1
11	CONEXION PARA EL CABLE	1
12	CONEXION PARA EL CABLE	1
13	CONEXION PARA EL CABLE	1
14	CONEXION PARA EL CABLE	1
15	CONEXION PARA EL CABLE	1
16	CONEXION PARA EL CABLE	1
17	CONEXION PARA EL CABLE	1
18	CONEXION PARA EL CABLE	1
19	CONEXION PARA EL CABLE	1
20	CONEXION PARA EL CABLE	1
21	CONEXION PARA EL CABLE	1
22	CONEXION PARA EL CABLE	1
23	CONEXION PARA EL CABLE	1



DISPOSITIVO "B"

PARA ESTRUCTURA "HS"

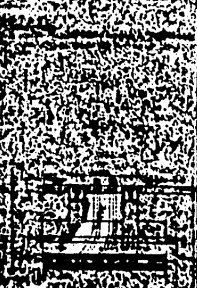
CUADRO DE CLAVES		
NUMERO	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	PERNO DE CIERRE EXTERIOR	1
2	PERNO DE CIERRE INTERIOR	1
3	CONEXION PARA EL CABLE	1
4	CONEXION PARA EL CABLE	1
5	CONEXION PARA EL CABLE	1
6	CONEXION PARA EL CABLE	1
7	CONEXION PARA EL CABLE	1
8	CONEXION PARA EL CABLE	1
9	CONEXION PARA EL CABLE	1
10	CONEXION PARA EL CABLE	1
11	CONEXION PARA EL CABLE	1
12	CONEXION PARA EL CABLE	1
13	CONEXION PARA EL CABLE	1
14	CONEXION PARA EL CABLE	1
15	CONEXION PARA EL CABLE	1
16	CONEXION PARA EL CABLE	1
17	CONEXION PARA EL CABLE	1
18	CONEXION PARA EL CABLE	1
19	CONEXION PARA EL CABLE	1
20	CONEXION PARA EL CABLE	1
21	CONEXION PARA EL CABLE	1
22	CONEXION PARA EL CABLE	1
23	CONEXION PARA EL CABLE	1

NOTAS:
 1. LAS ESTRUCTURAS ESTAN HECHAS DE ACERO.
 2. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 3. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 4. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 5. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 6. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 7. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 8. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 9. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 10. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 11. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 12. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 13. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 14. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 15. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 16. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 17. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 18. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 19. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 20. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 21. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 22. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...
 23. LAS ESTRUCTURAS SON DE TIPO...

ENEP ARAGON	UNAM
ARRÉGLO DE LA LINEA	
TESIS PROFESIONAL	
AGUSTIN CHAVEZ CONTRA	
SEP - 1980	L. 6

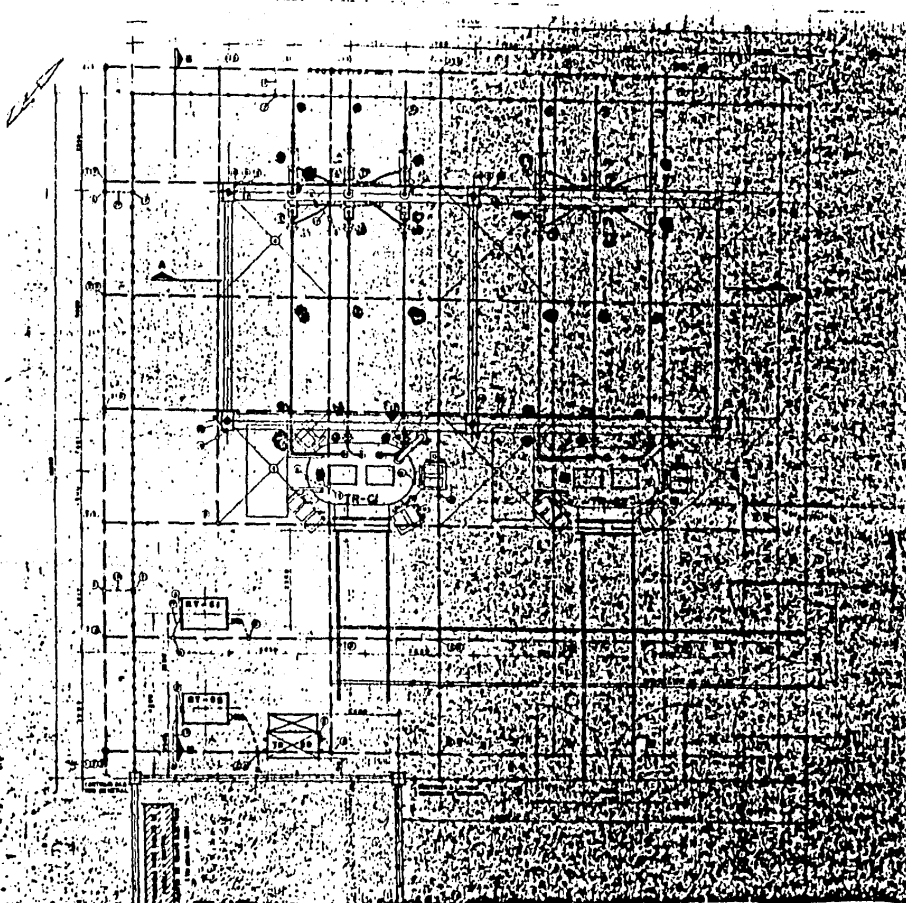
ACCOMMODATION No. 1

EQUIPMENT LIST	
1	...
2	...
3	...
4	...
5	...
6	...
7	...
8	...
9	...
10	...
11	...
12	...
13	...
14	...
15	...
16	...
17	...
18	...
19	...
20	...
21	...
22	...
23	...
24	...
25	...
26	...
27	...
28	...
29	...
30	...
31	...
32	...
33	...
34	...
35	...
36	...
37	...
38	...
39	...
40	...
41	...
42	...
43	...
44	...
45	...
46	...
47	...
48	...
49	...
50	...



EQUIPMENT LIST	
1	...
2	...
3	...
4	...
5	...
6	...
7	...
8	...
9	...
10	...
11	...
12	...
13	...
14	...
15	...
16	...
17	...
18	...
19	...
20	...
21	...
22	...
23	...
24	...
25	...
26	...
27	...
28	...
29	...
30	...
31	...
32	...
33	...
34	...
35	...
36	...
37	...
38	...
39	...
40	...
41	...
42	...
43	...
44	...
45	...
46	...
47	...
48	...
49	...
50	...

1. STEEL STRUCTURE
2. ALUMINUM SHEETING
3. INSULATION
4. INTERIOR FINISH
5. EXTERIOR FINISH
6. PAINT
7. GLASS
8. WOOD
9. METAL
10. PLASTIC
11. FABRIC
12. CERAMIC
13. GLASS
14. WOOD
15. METAL
16. PLASTIC
17. FABRIC
18. CERAMIC
19. GLASS
20. WOOD
21. METAL
22. PLASTIC
23. FABRIC
24. CERAMIC
25. GLASS
26. WOOD
27. METAL
28. PLASTIC
29. FABRIC
30. CERAMIC
31. GLASS
32. WOOD
33. METAL
34. PLASTIC
35. FABRIC
36. CERAMIC
37. GLASS
38. WOOD
39. METAL
40. PLASTIC
41. FABRIC
42. CERAMIC
43. GLASS
44. WOOD
45. METAL
46. PLASTIC
47. FABRIC
48. CERAMIC
49. GLASS
50. WOOD
51. METAL
52. PLASTIC
53. FABRIC
54. CERAMIC
55. GLASS
56. WOOD
57. METAL
58. PLASTIC
59. FABRIC
60. CERAMIC
61. GLASS
62. WOOD
63. METAL
64. PLASTIC
65. FABRIC
66. CERAMIC
67. GLASS
68. WOOD
69. METAL
70. PLASTIC
71. FABRIC
72. CERAMIC
73. GLASS
74. WOOD
75. METAL
76. PLASTIC
77. FABRIC
78. CERAMIC
79. GLASS
80. WOOD
81. METAL
82. PLASTIC
83. FABRIC
84. CERAMIC
85. GLASS
86. WOOD
87. METAL
88. PLASTIC
89. FABRIC
90. CERAMIC
91. GLASS
92. WOOD
93. METAL
94. PLASTIC
95. FABRIC
96. CERAMIC
97. GLASS
98. WOOD
99. METAL
100. PLASTIC
101. FABRIC
102. CERAMIC
103. GLASS
104. WOOD
105. METAL
106. PLASTIC
107. FABRIC
108. CERAMIC
109. GLASS
110. WOOD
111. METAL
112. PLASTIC
113. FABRIC
114. CERAMIC
115. GLASS
116. WOOD
117. METAL
118. PLASTIC
119. FABRIC
120. CERAMIC
121. GLASS
122. WOOD
123. METAL
124. PLASTIC
125. FABRIC
126. CERAMIC
127. GLASS
128. WOOD
129. METAL
130. PLASTIC
131. FABRIC
132. CERAMIC
133. GLASS
134. WOOD
135. METAL
136. PLASTIC
137. FABRIC
138. CERAMIC
139. GLASS
140. WOOD
141. METAL
142. PLASTIC
143. FABRIC
144. CERAMIC
145. GLASS
146. WOOD
147. METAL
148. PLASTIC
149. FABRIC
150. CERAMIC
151. GLASS
152. WOOD
153. METAL
154. PLASTIC
155. FABRIC
156. CERAMIC
157. GLASS
158. WOOD
159. METAL
160. PLASTIC
161. FABRIC
162. CERAMIC
163. GLASS
164. WOOD
165. METAL
166. PLASTIC
167. FABRIC
168. CERAMIC
169. GLASS
170. WOOD
171. METAL
172. PLASTIC
173. FABRIC
174. CERAMIC
175. GLASS
176. WOOD
177. METAL
178. PLASTIC
179. FABRIC
180. CERAMIC
181. GLASS
182. WOOD
183. METAL
184. PLASTIC
185. FABRIC
186. CERAMIC
187. GLASS
188. WOOD
189. METAL
190. PLASTIC
191. FABRIC
192. CERAMIC
193. GLASS
194. WOOD
195. METAL
196. PLASTIC
197. FABRIC
198. CERAMIC
199. GLASS
200. WOOD
201. METAL
202. PLASTIC
203. FABRIC
204. CERAMIC
205. GLASS
206. WOOD
207. METAL
208. PLASTIC
209. FABRIC
210. CERAMIC
211. GLASS
212. WOOD
213. METAL
214. PLASTIC
215. FABRIC
216. CERAMIC
217. GLASS
218. WOOD
219. METAL
220. PLASTIC
221. FABRIC
222. CERAMIC
223. GLASS
224. WOOD
225. METAL
226. PLASTIC
227. FABRIC
228. CERAMIC
229. GLASS
230. WOOD
231. METAL
232. PLASTIC
233. FABRIC
234. CERAMIC
235. GLASS
236. WOOD
237. METAL
238. PLASTIC
239. FABRIC
240. CERAMIC
241. GLASS
242. WOOD
243. METAL
244. PLASTIC
245. FABRIC
246. CERAMIC
247. GLASS
248. WOOD
249. METAL
250. PLASTIC
251. FABRIC
252. CERAMIC
253. GLASS
254. WOOD
255. METAL
256. PLASTIC
257. FABRIC
258. CERAMIC
259. GLASS
260. WOOD
261. METAL
262. PLASTIC
263. FABRIC
264. CERAMIC
265. GLASS
266. WOOD
267. METAL
268. PLASTIC
269. FABRIC
270. CERAMIC
271. GLASS
272. WOOD
273. METAL
274. PLASTIC
275. FABRIC
276. CERAMIC
277. GLASS
278. WOOD
279. METAL
280. PLASTIC
281. FABRIC
282. CERAMIC
283. GLASS
284. WOOD
285. METAL
286. PLASTIC
287. FABRIC
288. CERAMIC
289. GLASS
290. WOOD
291. METAL
292. PLASTIC
293. FABRIC
294. CERAMIC
295. GLASS
296. WOOD
297. METAL
298. PLASTIC
299. FABRIC
300. CERAMIC
301. GLASS
302. WOOD
303. METAL
304. PLASTIC
305. FABRIC
306. CERAMIC
307. GLASS
308. WOOD
309. METAL
310. PLASTIC
311. FABRIC
312. CERAMIC
313. GLASS
314. WOOD
315. METAL
316. PLASTIC
317. FABRIC
318. CERAMIC
319. GLASS
320. WOOD
321. METAL
322. PLASTIC
323. FABRIC
324. CERAMIC
325. GLASS
326. WOOD
327. METAL
328. PLASTIC
329. FABRIC
330. CERAMIC
331. GLASS
332. WOOD
333. METAL
334. PLASTIC
335. FABRIC
336. CERAMIC
337. GLASS
338. WOOD
339. METAL
340. PLASTIC
341. FABRIC
342. CERAMIC
343. GLASS
344. WOOD
345. METAL
346. PLASTIC
347. FABRIC
348. CERAMIC
349. GLASS
350. WOOD
351. METAL
352. PLASTIC
353. FABRIC
354. CERAMIC
355. GLASS
356. WOOD
357. METAL
358. PLASTIC
359. FABRIC
360. CERAMIC
361. GLASS
362. WOOD
363. METAL
364. PLASTIC
365. FABRIC
366. CERAMIC
367. GLASS
368. WOOD
369. METAL
370. PLASTIC
371. FABRIC
372. CERAMIC
373. GLASS
374. WOOD
375. METAL
376. PLASTIC
377. FABRIC
378. CERAMIC
379. GLASS
380. WOOD
381. METAL
382. PLASTIC
383. FABRIC
384. CERAMIC
385. GLASS
386. WOOD
387. METAL
388. PLASTIC
389. FABRIC
390. CERAMIC
391. GLASS
392. WOOD
393. METAL
394. PLASTIC
395. FABRIC
396. CERAMIC
397. GLASS
398. WOOD
399. METAL
400. PLASTIC
401. FABRIC
402. CERAMIC
403. GLASS
404. WOOD
405. METAL
406. PLASTIC
407. FABRIC
408. CERAMIC
409. GLASS
410. WOOD
411. METAL
412. PLASTIC
413. FABRIC
414. CERAMIC
415. GLASS
416. WOOD
417. METAL
418. PLASTIC
419. FABRIC
420. CERAMIC
421. GLASS
422. WOOD
423. METAL
424. PLASTIC
425. FABRIC
426. CERAMIC
427. GLASS
428. WOOD
429. METAL
430. PLASTIC
431. FABRIC
432. CERAMIC
433. GLASS
434. WOOD
435. METAL
436. PLASTIC
437. FABRIC
438. CERAMIC
439. GLASS
440. WOOD
441. METAL
442. PLASTIC
443. FABRIC
444. CERAMIC
445. GLASS
446. WOOD
447. METAL
448. PLASTIC
449. FABRIC
450. CERAMIC
451. GLASS
452. WOOD
453. METAL
454. PLASTIC
455. FABRIC
456. CERAMIC
457. GLASS
458. WOOD
459. METAL
460. PLASTIC
461. FABRIC
462. CERAMIC
463. GLASS
464. WOOD
465. METAL
466. PLASTIC
467. FABRIC
468. CERAMIC
469. GLASS
470. WOOD
471. METAL
472. PLASTIC
473. FABRIC
474. CERAMIC
475. GLASS
476. WOOD
477. METAL
478. PLASTIC
479. FABRIC
480. CERAMIC
481. GLASS
482. WOOD
483. METAL
484. PLASTIC
485. FABRIC
486. CERAMIC
487. GLASS
488. WOOD
489. METAL
490. PLASTIC
491. FABRIC
492. CERAMIC
493. GLASS
494. WOOD
495. METAL
496. PLASTIC
497. FABRIC
498. CERAMIC
499. GLASS
500. WOOD



LISTA DE MATERIALES

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	UNIDAD
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50

ENEP ARAGON		UNAM	
RED DE TIERRAS S.E.			
"TESIS PROFESIONAL"			
AGUSTIN CHAVEZ ORTIZ			
FEJ - 100	S/E	MR	L-10