

01129  
19



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

DISEÑO DEL SISTEMA ELECTRICO PARA LA PLANTA DE  
COQUIZACION RETARDADA, UNIDAD DE GAS ASOCIADA  
CON UNA CAPACIDAD DE 50,000 BARRILES POR DIA, DE  
LA REFINERIA "FRANCISCO I. MADERO", EN CD MADERO  
TAMPS, DE PETROLEOS MEXICANOS.

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO ELECTRICO - ELECTRONICO  
P R E S E N T A

FEDERICO CORTES SALCEDO

DIRECTOR DE TESIS: ING. FERNANDO ARELLANO MORALES  
CODIRECTOR DE TESIS: ING. EDUARDO CARRANZA TORRES



MEXICO, D. F.

2003



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 esta 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.

## **OBJETIVO**

**DESARROLLAR LA INGENIERÍA ELÉCTRICA CONCEPTUAL, UTILIZANDO LOS MÉTODOS, NORMATIVIDAD Y HERRAMIENTAS DE CÁLCULO MODERNOS, PARA OPTIMIZAR EL FUNCIONAMIENTO DEL PROCESO Y EL APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS ENERGÉTICOS.**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **AL INSTITUTO MEXICANO DEL PETRÓLEO (IMP)**

Por su apoyo en el desarrollo de este trabajo.

### **A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO (UNAM)**

Por brindarme educación y darme la oportunidad de ser alguien en la vida.

### **A MIS MAESTROS**

Por darme sus conocimientos, por tantos consejos. Con ustedes aprendí mucho mas que conocimientos técnicos. Por sus comentarios y apoyo para la realización de este trabajo.

### **A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS DEL I.M.P.**

Por brindarme su amistad, confianza y darme su apoyo cuando he recurrido a ellos.

### **A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS**

Por brindarme su amistad, confianza y darme su apoyo cuando los he necesitado.

### **A MI MAMÁ**

Por tu ternura, comprensión y apoyo de todo corazón.

**María del Socorro Salcedo Vázquez**

### **A MI PAPÁ**

Por apoyarme en los momentos en que te he necesitado.

**Federico Cortés González**

### **A MI HERMANO**

Por tu cariño y apoyo incondicional en todo momento.

**Moisés Cortés Salcedo**

**A TODOS GRACIAS....**

**FEDERICO CORTÉS SALCEDO**

## **INDICE**

<b>CAPITULO</b>		<b>PAGINA</b>
<b>INTRODUCCION</b>		
<b>1</b>	<b>GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO</b>	<b>1</b>
1.1	Localización de la planta y subestación eléctrica	
1.2	Descripción de términos del sistema eléctrico	
1.3	Ecuaciones para cálculo	
1.4	Consideraciones especiales	
1.5	Simbología general	
<b>2</b>	<b>CARGAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE LA PLANTA</b>	<b>19</b>
2.1	Cargas eléctricas del equipo de proceso	
2.2	Niveles de voltaje disponibles en la refinería	
2.3	Evaluación de las cargas de operación normal y de relevo	
2.4	Evaluación de las cargas críticas	
<b>3</b>	<b>BASES DE DISEÑO Y NORMATIVIDAD APLICABLE</b>	<b>28</b>
3.1	Filosofía de operación del sistema	
3.2	Consideraciones climatológicas	
3.3	Normas nacionales aplicables	
3.4	Normas, recomendaciones, especificaciones y estandares internacionales aplicables	
<b>4</b>	<b>DISEÑO DE CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS</b>	<b>33</b>
4.1	Clasificación de sustancias peligrosas	
4.2	Localización de fuentes de peligro (copas de drenaje y venteo)	
4.3	Normas y estándares aplicables	
<b>5</b>	<b>DIAGRAMAS UNIFILARES DE LA PLANTA</b>	<b>38</b>
5.1	Distribución y balance de cargas de acuerdo a los sistemas de voltaje	
5.2	Diseño de tableros y centro de control de motores	
5.3	Calculo de transformadores e interruptores principales	
<b>6</b>	<b>CALCULO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS</b>	<b>44</b>
6.1	Ecuaciones, normas y procedimientos	
6.2	Cédula de cables de fuerza y control	

<b>7</b>	<b>DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN ELECTRICA</b>	<b>54</b>
7.1	Normas y procedimientos aplicables	
7.2	Espacios de trabajo y accesos	
7.3	Equipo considerado	
7.4	Dimensionamiento de la subestación eléctrica	
<b>8</b>	<b>DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN</b>	<b>60</b>
8.1	Localización de áreas interiores y exteriores	
8.2	Métodos de iluminación	
8.3	Tipo de iluminación recomendada	
8.4	Normas y procedimientos aplicables	
<b>9</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS</b>	<b>76</b>
9.1	Normas y estándares aplicables	
9.2	Tipos de sistemas de tierra para equipo de proceso y para cuartos de control	
9.3	Métodos de protección para descargas atmosféricas	
<b>10</b>	<b>DISEÑO DEL SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL</b>	<b>90</b>
10.1	Diseño de trayectorias de canalizaciones para conductores eléctricos de fuerza y control	
10.2	Tipos de canalizaciones aéreas o subterráneas	
10.3	Detalles constructivos	
<b>11</b>	<b>ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELÉCTRICOS</b>	<b>95</b>
11.1	Especificaciones de tableros de distribución de media tensión	
11.2	Especificación de transformadores de potencia	
11.3	Especificación de centro de control de motores (CCM's)	
11.4	Especificación de sistemas de fuerza ininterrumpibles (UPS)	
11.5	Especificaciones de cables de fuerza y control	
11.6	Especificaciones de canalizaciones y misceláneos	
<b>12</b>	<b>ANÁLISIS DEL SISTEMA ELECTRICO</b>	<b>121</b>
12.1	Datos del equipo y consideraciones especiales	
12.2	Estudio de corto circuito del sistema	
12.3	Análisis de resultados	
<b>13</b>	<b>ESTUDIO TECNICO ECONOMICO DEL SISTEMA PROPUESTO</b>	<b>142</b>
13.1	Ventajas y desventajas	
13.2	Tabla comparativa	
<b>14</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>148</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>149</b>

## **RELACION DE PLANOS**

<b>NUMERO DE PLANO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>FCS-E-01</b>	<b>PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL (PLG), PLANTA DE GAS</b>
<b>FCS-E-02</b>	<b>PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL (PLG), PLANTA DE COQUE</b>
<b>FCS-E-03</b>	<b>SIMBOLOGIA GENERAL</b>
<b>FCS-E-04</b>	<b>CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS, PLANTA DE GAS</b>
<b>FCS-E-05</b>	<b>DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL, PLANTA DE GAS</b>
<b>FCS-E-06</b>	<b>CEDULA DE CABLES DE FUERZA Y CONTROL (1), PLANTA DE GAS</b>
<b>FCS-E-07</b>	<b>CEDULA DE CABLES DE FUERZA Y CONTROL (2), PLANTA DE GAS</b>
<b>FCS-E-08</b>	<b>CORTES DE DUCTOS ELÉCTRICOS (1), PLANTA DE GAS</b>
<b>FCS-E-09</b>	<b>CORTES DE DUCTOS ELÉCTRICOS (2), PLANTA DE GAS</b>
<b>FCS-E-10</b>	<b>CORTES DE DUCTOS ELÉCTRICOS (3), PLANTA DE GAS</b>
<b>FCS-E-11</b>	<b>ARREGLO DE EQUIPO ELECTRICO EN SUBESTACIÓN ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA BAJA</b>
<b>FCS-E-12</b>	<b>ARREGLO DE EQUIPO ELECTRICO EN SUBESTACIÓN ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA ALTA</b>
<b>FCS-E-13</b>	<b>SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN SUBESTACIÓN ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA BAJA</b>

**FCS-E-14**

**SISTEMA DE ILUMINACIÓN EN SUBESTACIÓN  
ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA ALTA**

**FCS-E-15**

**CUADRO DE CARGAS DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN  
EN SUBESTACIÓN ELECTRICA PRINCIPAL No. 1**

**FCS-E-16**

**SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL,  
PLANTA DE GAS**

## INTRODUCCION

Dentro del perfil de inversiones de Pemex-Refinación para el año 2005 está considerada la reconfiguración de la refinería "Francisco I. Madero" en Cd. Madero Tamps.

Esta reconfiguración es parte de un plan maestro que Pemex-Refinación tiene contemplado para todas las refinerías del país y que involucra el incremento en la producción de crudo Maya procesado a nivel nacional hasta un 57% volumen, mejoramiento de la calidad de los productos y satisfacción de la demanda nacional de combustibles para el año 2005.

Con este propósito Pemex-Refinación realiza estudios para desarrollar la integración de las corrientes de proceso y existentes en su envío a plantas nuevas, así como los servicios auxiliares en el esquema de procesamiento de combustibles de esta refinería.

Como resultado de las necesidades mencionadas anteriormente es necesario ampliar el Sistema de Fuerza y generación de energía eléctrica, de manera que se cubran los requerimientos de estas plantas de proceso.

Derivado de estos estudios se tienen plantas nuevas y modernizaciones siguientes:

- Termoeléctrica y subestación de enlace con la Comisión Federal de electricidad (CFE).
- Planta combinada
- Planta FCC y torre de enfriamiento.
- Planta HDS de gasóleos.
- Planta de Hidrogeno y MTBE/TAME
- Planta reformadora de Naftas.
- Planta de Coquización Retardada y Unidad de gas asociada con una capacidad de 50,000 barriles por día.
- Planta de azufre
- Planta de Alquilación y torre de enfriamiento
- Areas de almacenamiento Norte y Sur.

La Planta de Coquización Retardada y Unidad de gas asociada con una capacidad de 50,000 barriles por día, es la planta más importante de la reconfiguración de esta refinería debido a la capacidad de procesamiento de crudo y por la cantidad de energía eléctrica que demanda.

La coquización retardada es un proceso de desintegración térmica utilizado en las refinerías de petróleo para mejorar y convertir los residuos de petróleo (fondos de la destilación al vacío y atmosférica del petróleo crudo) en corrientes de productos de gases y líquidos dejando atrás un material sólido de carbón concentrado, el coque de petróleo. Se utiliza un calentador a fuego directo con tubos horizontales en el proceso para alcanzar las temperaturas de desintegración térmica de 485 a 505 °C. Con un corto tiempo de residencia en los tubos del calentador, la coquización del material de alimentación es "retardada" hasta que llega a grandes tambores de coquización del calentador. Se pueden producir tres estructuras físicas de coque de petróleo: de bala, esponja, o aguja por medio de la coquización retardada. Estas estructuras físicas y propiedades químicas del coque de petróleo determinan el uso final del material que puede quemarse como combustible, calcinarse para uso en las industrias de acero, químicas, y de aluminio, o gasificarse para producir vapor, electricidad o como carga de gas para la industria petroquímica.

Por otra parte, la planta de gas tiene como función procesar las corrientes de gas y nafta desestabilizada de la sección de coquización, para obtener gas combustible, fracción de C4's y nafta estabilizada

El objeto principal de este trabajo es diseñar el sistema eléctrico de esta planta de manera conceptual, fundamentalmente en el uso de tecnologías de punta plenamente establecidas y probadas, así como el cumplimiento de la normatividad nacional e internacional aplicable.

Que sea económicamente rentable y dentro de un ámbito de seguridad al personal y al equipo, de fácil mantenimiento, confiable y flexible. El sistema eléctrico es parte importante de la planta ya que es la fuerza motriz del equipo de proceso como: bombas, compresores y servicios auxiliares así como los sistemas de comunicación y control.

La energía se toma de un sistema de generación (termoeléctrica) en 13800 Volts, hasta una subestación propia de la planta con dos alimentadores (cables en ductos subterráneos) cada uno alimentando la mitad de la carga conectada.

# 1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO

---

## CAPITULO 1

### GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

#### 1.1 Localización de la planta y subestación eléctrica

La planta de coquización retardada y unidad de gas asociada se localizará al Noreste de la refinería "Francisco I. Madero" en Cd. Madero Tamaulipas, la subestación se localizará al Oeste de la planta; en el plano de localización general (plg), planta de gas No. FCS-E-01 y plano de localización general (plg), planta de coque No. FCS-E-02 se muestra el croquis de localización de la planta y de la subestación eléctrica que la alimentará.

#### 1.2 Descripción de términos del sistema eléctrico

De acuerdo a la norma:

"NOM-001-SEDE-1999 INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION)"

y especificación de PEMEX "GS-E001 REV.6" a continuación se mencionan algunos de los términos más comunes empleados en el diseño de instalaciones eléctricas dentro de las refinerías de petróleo.

**Accesible:** (aplicado a los métodos de alambrado) Capaz de ser quitado o expuesto sin causar daño a la estructura o al acabado del edificio, o que no está permanentemente encerrado dentro de la estructura o del acabado del edificio.

**Accesible:** (aplicado a los equipos) Que admite acercarse; no está protegido por puertas con cerradura, ni por elevación, ni por otro medio eficaz.

**Accesible, fácilmente:** Capaz de ser alcanzado rápidamente para su operación, reposición o inspección, sin requerir que quien tenga fácil acceso necesite escalar o quitar un obstáculo, ni recurrir a escaleras portátiles, sillas, etcétera.

**Acometida:** Derivación que conecta la red del suministrador a las instalaciones del usuario.

**Alimentador:** Todos los conductores de un circuito formado entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separado y el dispositivo final de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

**Aparato a prueba de explosión:** Aparato encerrado en una envolvente capaz de soportar una explosión de un gas o vapor específico que pueda ocurrir en su interior, y de prevenir la ignición de un gas o vapor específico que rodee la envolvente, por chispas o explosión del gas o vapor del interior de la envolvente y capaz de funcionar a una temperatura exterior tal que la atmósfera inflamable que le rodea no pueda ser incendiada por su causa.

**Aprobado:** Aceptado para su utilización.

## 1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO

---

- A prueba de intemperie:** Construido o protegido de modo que su exposición a la intemperie no impida su buen funcionamiento.
- A prueba de lluvia:** Construido, protegido o tratado para prevenir que la lluvia interfiera con la operación satisfactoria del aparato bajo condiciones de prueba específica.
- A prueba de polvo:** Construido de forma que el polvo no interfiera en su operación satisfactoria.
- Automático:** Auto-actuante, que opera por su propio mecanismo cuando se le acciona por medio de una influencia impersonal, por ejemplo un cambio de intensidad de corriente eléctrica, presión, temperatura o configuración mecánica.
- Bajada de acometida aérea:** Conductores de una acometida aérea que van desde el último poste u otro soporte aéreo hasta conectar, incluyendo los empalmes, si existen, a los conductores de entrada de la acometida en un edificio u otra estructura.
- Cable de acometida:** Conductores de acometida con configuración de cable.
- Caja de paso:** Parte independiente, unida a un sistema de tubo (*conduit*) que permite acceso al interior del sistema, al retirar una tapa o tapas removibles, en un punto de unión de dos o más secciones del sistema o en un punto terminal del sistema.
- Canalización:** Canal cerrado de materiales metálicos o no-metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras conductoras.
- Capacidad de conducción de corriente:** Corriente eléctrica expresada en amperes (A), que un conductor eléctrico puede conducir continuamente, bajo condiciones de uso, sin exceder su temperatura nominal.
- Carga continua:** Aquella con la que se espera que la corriente eléctrica máxima continúe circulando durante tres horas o más.
- Centro de control de motores:** Conjunto de una o más secciones encerradas, que tienen barras conductoras comunes y que contienen principalmente unidades para el control de motores.
- Clavija:** Dispositivo que por medio de inserción en un receptáculo, establece conexión eléctrica entre los conductores de su cordón flexible adjunto y los conductores conectados permanentemente al receptáculo.
- Conductor aislado:** Conductor rodeado de un material de composición y espesor que funciona como aislamiento eléctrico.
- Conductor desnudo:** Conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.
- Conductor de puesta a tierra:** Conductor utilizado para conectar un equipo o el circuito puesto a tierra de un sistema de alambrado al electrodo o electrodos de puesta a tierra.
- Conector a presión:** (sin soldadura) Dispositivo para establecer una conexión entre dos o más conductores o entre uno o más conductores y una terminal por medio de presión mecánica, sin uso de soldadura.

## **1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO**

---

**Controlador:** Dispositivo o grupo de dispositivos para gobernar, de un modo predeterminado, la energía eléctrica suministrada al aparato al cual está conectado.

**Corriente de interrupción:** Corriente eléctrica máxima de corto circuito, a la cual un dispositivo a su tensión eléctrica nominal, es capaz de interrumpir bajo condiciones de prueba normalizadas. Otros dispositivos diseñados para interrumpir corriente eléctrica a otros niveles distintos de los de cortocircuito, pueden tener su corriente de interrupción expresada en función de otras unidades, como kW o corriente eléctrica a rotor bloqueado del motor.

**Dispositivo:** Unidad en un sistema eléctrico diseñada para conducir, pero no para consumir energía eléctrica.

**Edificio:** Estructura plantada independientemente o que está separada de otras estructuras adyacentes por medio de muros divisorios contra fuego con todas sus aberturas protegidas por puertas aprobadas contra fuego.

**Encerrado:** Rodeado por una carcasa, envolvente, cerca o paredes para evitar que las personas entren accidentalmente en contacto con partes energizadas.

**Energizado(a):** Conectado(a) eléctricamente a una fuente de diferencia de potencial.

**Envolvente:** Recinto, recipiente o carcasa de un aparato, cerca o paredes que rodean una instalación para prevenir que las personas entren en contacto accidental con partes energizadas o para protección de los equipos contra daño físico.

**Equipo:** Término general que incluye dispositivos, aparatos electrodomésticos, luminarias, aparatos y productos similares utilizados como partes de, o en conexión con una instalación eléctrica.

**Etiquetado:** Equipo o materiales que tienen adherida una etiqueta, símbolo u otra marca de identificación de un organismo acreditado o dependencia que mantiene un programa de inspecciones periódicas al equipo o material etiquetado, y que es aceptable para la autoridad competente que se ocupa de la evaluación del producto. Con la etiqueta, símbolo u otra marca de identificación mencionada, el fabricante o proveedor indica que el equipo o material cumple con las normas aplicables o de su buen funcionamiento bajo requisitos específicos.

**Expuesta:** (aplicado a partes vivas) Que una persona puede inadvertidamente tocarla o acercarsele a una distancia menor a la segura. Se aplica a las partes que no están adecuadamente resguardadas, separadas o aisladas.

**Factor de demanda:** Relación entre la demanda máxima de un sistema o parte de un sistema y la carga total conectada de un sistema o la parte del sistema bajo consideración.

**Frente muerto:** Sin partes vivas expuestas hacia una persona en el lado de accionamiento del equipo.

**Gabinete:** Envolvente diseñada para montaje superficial o empotrado, provista de un marco, montura o bastidor en el que se puede instalar una o varias puertas, en cuyo caso dichas partes deben ser oscilantes.

## **1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO**

---

**Hermético al agua:** Construido para que la humedad no entre en la envolvente, en condiciones específicas de prueba.

**Hermético a la lluvia:** Construido o protegido de manera que no entre agua cuando se le expone a la lluvia batiente en condiciones específicas de prueba.

**Hermético al polvo:** Construido de modo que el polvo no entre en la envolvente en condiciones específicas de prueba.

**Herraje:** (accesorio) Contratuercas, boquillas (monitor) u otra parte de un sistema de alambrado, diseñado fundamentalmente para desempeñar una función más mecánica, que eléctrica.

**Interruptor automático:** Dispositivo diseñado para abrir y cerrar un circuito ya sea por medios no-automáticos y para abrir el circuito automáticamente a una sobrecorriente en condiciones predeterminadas, sin dañarse a sí mismo, cuando se aplica apropiadamente dentro de su valor nominal.

**Interruptor de circuito por falla a tierra:** Dispositivo diseñado para la protección de personas, que funciona para desenergizar un circuito o parte del mismo, dentro de un periodo determinado, cuando una corriente eléctrica a tierra excede un valor predeterminado, menor al necesario para accionar el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito de alimentación.

### **Lugares:**

**Lugar húmedo:** Lugar parcialmente protegido bajo aleros, marquesinas, porches techados abiertos y lugares similares y lugares interiores sujetos a un grado moderado de humedad como algunos sótanos, graneros y almacenes refrigerados.

**Lugar mojado:** Instalación subterránea o dentro de losas o mampostería de concreto, que está en contacto directo con el terreno o un lugar sometido a saturación con agua u otros líquidos, tal como área de lavado de vehículos o un lugar expuesto a la intemperie y no protegido.

**Lugar seco:** Lugar que normalmente no está húmedo o sujeto a ser mojado. Un local clasificado como seco puede estar temporalmente húmedo o sujeto a ser mojado, como en el caso de un edificio en construcción.

**Marcado (aplicado a marca de conformidad):** Equipo o materiales que tienen adherida una etiqueta, símbolo u otra marca de identificación de un organismo acreditado o dependencia que mantiene un programa de inspecciones periódicas al equipo o material etiquetado, y que es aceptable para el organismo que se ocupa de la evaluación de la conformidad del producto. Con la etiqueta, símbolo u otra marca de identificación mencionada, el fabricante o proveedor indica que el equipo o material cumple con las normas aplicables o su buen funcionamiento bajo requisitos específicos.

**No-automático:** Acción que requiere de la intervención de personal para su control. Cuando se aplica a un controlador eléctrico, el control no-automático no implica necesariamente un controlador manual, sino que es necesaria la intervención de una persona.

## **1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO**

---

**Oculto:** Que resulta inaccesible por la estructura o acabado del edificio. Los conductores en canalizaciones ocultas son considerados ocultos, aunque se hacen accesibles al extraerlos de las canalizaciones.

**Operable desde fuera:** Capaz de ser operado sin que el operario esté expuesto a contacto con partes vivas.

**Panel:** Placa, entrepaño, tramo, segmento, cuadro o compartimento.

**Panel de alumbrado y control:** Panel sencillo o grupo de paneles unitarios diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, accesible únicamente desde el frente, que incluye barras conductoras de conexión común y dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y otros dispositivos de protección, y está equipado con o sin desconectores para el control de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza; diseñado para instalarlo dentro de un gabinete o caja de cortacircuitos ubicada dentro o sobre un muro o pared divisora y accesible únicamente desde el frente.

**Partes vivas:** Conductores, barras conductoras, terminales o componentes eléctricos sin aislar o expuestos, que representan riesgo de choque eléctrico.

**Persona calificada.** Es aquella persona física cuyos conocimientos y facultades especiales para intervenir en la proyección, cálculo, construcción, operación o mantenimiento de una determinada instalación eléctrica han sido comprobados en términos de la legislación vigente o por medio de un procedimiento de evaluación de la conformidad bajo la responsabilidad del usuario o propietario de las instalaciones.

**Protección de falla a tierra de equipos:** Sistema diseñado para dar protección a los equipos contra daños por corrientes de falla entre línea y tierra, que hacen funcionar un medio de desconexión que desconecta los conductores no-puestos a tierra del circuito afectado. Esta protección es activada a niveles de corriente eléctrica inferiores a los necesarios para proteger a los conductores contra daños mediante la operación de un dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito alimentador.

**Puesto a tierra:** Conectado al terreno natural o a algún cuerpo conductor que pueda actuar como tal.

**Puesto a tierra eficazmente:** Conectado al terreno natural intencionalmente a través de una conexión o conexiones a tierra que tengan una impedancia suficientemente baja y capacidad de conducción de corriente, que prevengan la formación de tensiones eléctricas peligrosas a las personas o a los equipos conectados.

**Receptáculo:** Dispositivo de contacto instalado en una salida para la conexión de una sola clavija. Un receptáculo sencillo es un dispositivo de contacto de un solo juego de contactos. Un receptáculo múltiple es aquel que contiene dos o más dispositivos de contacto en el mismo chasis.

**Resguardado:** Cubierto, blindado, cercado, encerrado o protegido de otra manera, por medio de cubiertas o tapas adecuadas, barreras, rieles, pantallas, placas o plataformas que evitan el riesgo de acercamiento o contacto de personas u objetos a un punto peligroso.

## 1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO

---

### **Servicio:**

**Servicio continuo:** Funcionamiento con una carga prácticamente constante durante un periodo largo indefinido.

**Servicio por tiempo corto:** Funcionamiento con una carga prácticamente constante durante un periodo corto y específicamente definido.

**Servicio intermitente:** Funcionamiento por intervalos alternativos de (1) con carga y sin carga; (2) con carga y en reposo, o (3) con carga, sin carga y en reposo.

**Servicio periódico:** Funcionamiento intermitente en el que las condiciones de carga son regularmente recurrentes.

**Servicio variable:** Funcionamiento con cargas e intervalos de tiempo, que pueden estar sometidos a variaciones amplias.

**Sistema solar fotovoltaico:** El total de componentes y subsistemas que, en combinación, convierten la energía solar en energía eléctrica apropiada para la conexión a una carga de utilización.

**Sobrecarga:** Funcionamiento de un equipo excediendo su capacidad nominal, de plena carga, o de un conductor que excede su capacidad de conducción de corriente nominal, cuando tal funcionamiento, al persistir por suficiente tiempo puede causar daños o sobrecalentamiento peligroso. Una falla, tal como un cortocircuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga.

**Sobrecorriente:** Cualquier corriente eléctrica en exceso del valor nominal de los equipos o de la capacidad de conducción de corriente de un conductor. La sobrecorriente puede ser causada por una sobrecarga, un cortocircuito o una falla a tierra.

**Tablero de distribución:** Panel grande sencillo, estructura o conjunto de paneles donde se montan, ya sea por el frente, por la parte posterior o en ambos lados, desconectores, dispositivos de protección contra sobrecorriente y otras protecciones, barras conductoras de conexión común y usualmente instrumentos. Los tableros de distribución de fuerza son accesibles generalmente por la parte frontal y la posterior, y no están previstos para ser instalados dentro de gabinetes.

**Tensión eléctrica (de un circuito):** Es la mayor diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos cualesquiera de la instalación. Es el mayor valor eficaz (raíz cuadrática media) de la diferencia de potencial entre dos conductores determinados.

**Tensión eléctrica nominal:** Valor nominal asignado a un circuito o sistema para la designación de su clase de tensión eléctrica. La tensión eléctrica real a la cual un circuito opera puede variar desde el nominal dentro de una gama que permita el funcionamiento satisfactorio de los equipos.

**Tubo (conduit):** Sistema de canalización diseñado y construido para alojar conductores en instalaciones eléctricas, de forma tubular, sección circular.

**Unión:** Conexión permanente de partes metálicas para formar una trayectoria eléctricamente conductora que asegure la continuidad y capacidad de conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica a la que puedan estar sometidas.

## 1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO

**Ventilado:** Provisto de medios que permiten una circulación de aire suficiente para remover un exceso de calor, humos o vapores.

**Dispositivo de interrupción:** Dispositivo diseñado para cerrar, abrir o cerrar y abrir, uno o más circuitos eléctricos.

### Dispositivos de interrupción:

**Interruptor de potencia:** Dispositivo de interrupción capaz de conectar, conducir e interrumpir corrientes eléctricas bajo condiciones normales del circuito y conectar, conducir por un tiempo especificado e interrumpir corrientes en condiciones anormales especificadas del circuito, tales como las de cortocircuito.

**Medios de desconexión:** Un dispositivo o conjunto de dispositivos u otros medios en los cuales los conductores del circuito pueden ser desconectados desde su fuente de suministro.

**Fusible:** Dispositivo de protección contra sobrecorriente con una parte que se funde cuando se calienta por el paso de una sobrecorriente que circule a través de ella e interrumpe el paso de la corriente eléctrica en un tiempo determinado.

### 1.3 Ecuaciones para cálculo

Las ecuaciones para los distintos cálculos del proyecto se indicaran en su capítulo correspondiente para mejorar la comprensión de éstas, sin embargo las ecuaciones pueden variar dependiendo de la normatividad usada o simplemente porque se requieren en ocasiones para usos específicos.

#### Ecuaciones básicas:

PARA OBTENER	VALOR CONOCIDO	SISTEMA		
		CORRIENTE DIRECTA	MONOFASICO (2 HILOS)	TRIFASICO (3 o 4 HILOS)
AMPERES [ In ]	HP	$In = \frac{746 \times HP}{E \times \eta}$	$In = \frac{746 \times HP}{E \times \eta \times FP}$	$In = \frac{746 \times HP}{\sqrt{3} \times E \times \eta \times FP}$
AMPERES [ In ]	KW	$In = \frac{1000 \times KW}{E}$	$In = \frac{1000 \times KW}{E \times FP}$	$In = \frac{1000 \times KW}{\sqrt{3} \times E \times FP}$
AMPERES [ In ]	KVA	-----	$In = \frac{1000 \times KVA}{E}$	$In = \frac{1000 \times KVA}{\sqrt{3} \times E}$
CAIDA DE TENSION EN % [ e % ]		$e\% = \frac{4 \times L \times In}{E \times mm^2}$	$e\% = \frac{4 \times L \times In}{E \times mm^2}$	$e\% = \frac{2 \sqrt{3} \times L \times In}{E \times mm^2}$

Tabla No.1.1  
OBTENCIÓN DE CORRIENTE NOMINAL Y CAIDA DE TENSION

## 1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO

---

Donde:

$I_n$  = Corriente nominal en amperes

HP = Potencia en HP

KW = Potencia en KW

KVA = Potencia en KVA

E = Voltaje de línea en volts

L = Longitud del circuito

e% = Caída de tensión en %

$\text{mm}^2$  = Sección transversal del conductor en  $\text{mm}^2$

FP = Factor de potencia

$\eta$  = Eficiencia

$$\text{KVA} = \frac{0.746 \times \text{HP}}{\eta \times \text{FP}} \text{ ----- (1)}$$

Donde:

KVA = Potencia nominal del motor en KVA

HP = Potencia en HP

$\eta$  = Eficiencia

FP = Factor de potencia

$$\text{KW} = \frac{0.746 \times \text{HP}}{\eta} \text{ ----- (2)}$$

Donde:

KVA = Potencia nominal del motor en KW

HP = Potencia en HP

$\eta$  = Eficiencia

### Ecuaciones del Capítulo 6, Cálculo de conductores eléctricos.

$$I_s = I_n \times 1.25 \text{ ----- (3)}$$

Donde:

$I_s$  = Corriente de sobrecarga

$I_n$  = Corriente nominal

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO

---

$$I_c = \frac{I_s}{(FCT)(FCA)} \text{ ----- (4)}$$

Donde:

$I_c$  = Corriente corregida

$I_s$  = Corriente de sobrecarga

FCT = Factor de corrección por temperatura

FCA = Factor de corrección por agrupamiento

$$\%e = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I_n}{E \times \text{mm}^2} \text{ ----- (5)}$$

Donde:

$e\%$  = Caída de tensión en %

L = Longitud del circuito

$I_n$  = Corriente nominal

E = Voltaje de alimentación

$\text{mm}^2$  = Tamaño nominal del conductor elegido

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### Ecuaciones del capítulo 8, Diseño de los sistemas de iluminación.

$$F.M. = D \times d \text{ ----- (6)}$$

Donde:

F.M. = Factor de mantenimiento

D = Depreciación de lúmenes por luminaria (Ver información de fabricante)

d = Depreciación debida al polvo (Ver información de fabricante)

$$I_c = \frac{A \times L}{H(A + L)} \text{ ----- (7)}$$

Donde:

$I_c$  = índice del cuarto

A = Ancho del local

L = Largo del local

H = Altura de montaje (distancia entre el plano de trabajo y la luminaria)

## 1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICICO

---

$$\text{No. de luminarias} = \frac{\text{Nivel luminoso en luxes} \times \text{Area}}{\text{Lumenes por luminaria} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}} \quad \text{----- ( 8 )}$$

Donde:

C.U. = Coeficiente de utilización

$$Es = \sqrt{\frac{\text{Area}}{\text{No. Luminarios}}} \quad \text{----- ( 9 )}$$

Donde:

Es = Espaciamiento promedio entre luminarias en metros

$$\text{Número de luminarias emplazadas a lo largo} = \frac{\text{Largo}}{Es} \quad \text{----- ( 10 )}$$

$$\text{Número de luminarias emplazadas a lo ancho} = \frac{\text{Ancho}}{Es} \quad \text{----- ( 11 )}$$

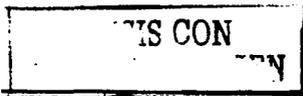
Distancias

Entre luminarias a lo largo del local:

$$\text{Distancia} = \frac{\text{Largo del local}}{\text{Número de luminarias emplazadas a lo largo}} \quad \text{----- ( 12 )}$$

Entre luminarias a lo ancho del local:

$$\text{Distancia} = \frac{\text{Ancho del local}}{\text{Número de luminarias emplazadas a lo largo}} \quad \text{----- ( 13 )}$$



## 1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO

---

Entre luminarias y pared a lo largo del local:

$$\text{Distancia} = \frac{\text{Distancia entre luminarias a lo largo del local}}{2} \text{ ----- (14)}$$

Entre luminarias y pared a lo ancho del local:

$$\text{Distancia} = \frac{\text{Distancia entre luminarias a lo ancho del local}}{2} \text{ ----- (15)}$$

Contribución luminosa en luxes para el plano horizontal:

$$E = \frac{I \times \text{COS } \theta}{D^2} \text{ ----- (16)}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Contribución luminosa en luxes para el plano vertical:

$$E = \frac{I \times \text{SEN } \theta}{D^2} \text{ ----- (17)}$$

Donde:

E = Nivel luminoso en luxes

I = Intensidad luminosa en candelas (Ver datos fotométricos de fabricante)

D = Distancia del luminario al punto crítico en metros

**Ecuaciones del capítulo 9, Diseño del sistema de tierras y pararrayos.**

$$I_{cc} = I_o \times F.D. \times F.S. \text{ ----- (18)}$$

Donde:

I<sub>cc</sub> = Corriente de corto circuito corregida en amperes

I<sub>o</sub> = Corriente de corto circuito de falla a tierra en amperes

F.D. = Factor de decremento

F.S. = Factor de seguridad (utilizar un valor de 1.0 a 1.5 para considerar un futuro aumento de la corriente de falla a tierra)

## 1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO

$$A = \frac{I_{cc}}{\sqrt{\log_{10} \left( \frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1 \right)}} \quad \text{----- (19)}$$

Donde:

A = Sección transversal del conductor en circular mils

I<sub>cc</sub> = Corriente corregida en amperes

ts = Tiempo en segundos, durante el cual circula la corriente de corto circuito

T<sub>m</sub> = Temperatura máxima permisible en el conector, en grados centígrados

T<sub>a</sub> = Temperatura ambiente, en grados centígrados

$$N_v = 0.6 \sqrt{A_r} \quad \text{----- (20)}$$

Donde:

N<sub>v</sub> = Número de varillas

A<sub>r</sub> = Area total de la malla propuesta en metros cuadrados

$$L = \frac{K_m \times K_i \times \rho \times I_{cc} \times \sqrt{ts}}{116 + 0.17 \times \rho_c} \quad \text{----- (21)}$$

Donde:

L = Longitud mínima requerida en la red de tierras, en metros

K<sub>m</sub> = Coeficiente que toma en cuenta el número de conductores horizontales "n", su diámetro "d", profundidad de instalación "h" y espaciamiento entre conductores "D".

K<sub>i</sub> = Factor de corrección por irregularidad

ρ = Resistividad del terreno

I<sub>cc</sub> = Corriente corregida en amperes

ts = Tiempo de duración de la falla

ρ<sub>s</sub> = Resistividad superficial del terreno

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \left( \frac{D^2}{16 \times h \times d} \right) + \frac{1}{\pi} \ln \left( \frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \dots \right) \quad \text{----- (22)}$$

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

## 1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO

---

Donde:

$K_m$  = Coeficiente que toma en cuenta el número de conductores horizontales "n", su diámetro "d", profundidad de instalación "h" y espaciamiento entre conductores "D".

El número de factores del segundo término es igual al número de conductores horizontales menos dos, o sea 8

$$K_i = 0.65 + 0.172 (n \text{ horizontales}) \text{ ----- ( 23 )}$$

Donde:

$K_i$  = Factor de corrección por irregularidad  
n horizontales = número de conductores horizontales

$$L < L_{prop} \text{ ----- ( 24 )}$$

Donde:

$L_{prop}$  = Longitud del conductor de la malla propuesta  
L = Longitud mínima requerida en la red de tierras

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

$$L_{prop} = (\text{No. cond. verticales} \times \text{long.}) + (\text{No. cond. horizontales} \times \text{long.}) + (N_v \times \text{long.}) \text{ ---} \\ \text{--- ( 25 )}$$

Donde:

$N_v$  = Número de electrodos

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L_{prop}} \text{ ----- ( 26 )}$$

Donde:

R = resistencia de la red  
 $\rho$  = Resistividad del terreno  
 $L_{prop}$  = Longitud del conductor de la malla propuesta

## 1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO

---

$$r = \sqrt{\frac{Ar}{\pi}} \quad \text{----- (27)}$$

Donde:

$Ar$  = Area total de la malla propuesta en metros cuadrados

$$E = I_{cc} \times R \quad \text{----- (28)}$$

Donde:

$E$  = Máximo aumento de potencial en la red

$I_{cc}$  = Corriente corregida en amperes

$R$  = resistencia de la red

$$E_p = \frac{116 + 0.7 \rho_s}{\sqrt{t_s}} \quad \text{----- (29)}$$

Donde:

$E_p$  = Potencial de paso

$\rho_s$  = Resistividad superficial del terreno

$t_s$  = Tiempo de duración de la falla

$$E_c = \frac{116 + 0.17 \rho_s}{\sqrt{t_s}} \quad \text{----- (30)}$$

Donde:

$E_c$  = Potencial de contacto

$\rho_s$  = Resistividad superficial del terreno

$t_s$  = Tiempo de duración de la falla

$$E_{pr} = K_s \times K_i \times \rho \times \frac{I_{cc}}{L_{prop}} \quad \text{----- (31)}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO

---

Donde:

$E_{pr}$  = Potencial de paso en la red, en volts

$K_s$  = Coeficiente que toma en cuenta la geometría de la red

$K_i$  = Factor de corrección por irregularidad

$\rho$  = Resistividad del terreno

$I_{cc}$  = Corriente corregida en amperes

$L_{prop}$  = Longitud del conductor de la malla propuesta

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left( \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \dots + \frac{1}{(n-1)D} \right) \text{ ----- (32)}$$

Donde:

$K_s$  = Coeficiente que toma en cuenta la geometría de la red, profundidad de instalación "h" y el espaciamento entre los conductores "D"

n = número de conductores verticales

$$E_m = K_m \times K_i \times \rho \times \frac{I_{cc}}{L_{prop}} \text{ ----- (33)}$$

Donde:

$E_m$  = Potencial de malla

$K_m$  = Coeficiente que toma en cuenta el número de conductores horizontales "n", su diámetro "d", profundidad de instalación "h" y espaciamento entre conductores "D".

$K_i$  = Factor de corrección por irregularidad

$\rho$  = Resistividad del terreno

$I_{cc}$  = Corriente corregida en amperes

$L_{prop}$  = Longitud del conductor de la malla propuesta

### Ecuaciones del capítulo 12, Análisis del sistema eléctrico (estudio de corto circuito).

$$\% X = \frac{(I)(X)}{E_n} \times 100 \text{ ----- (34)}$$

Donde:

I = Corriente de línea en amperes

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO

---

X = Reactancia o impedancia al neutro en ohms

%X = Por ciento de reactancia

En = Tensión de línea a neutro en volts

$$E_n = \frac{E_f}{\sqrt{3}} \text{ ----- (35)}$$

Donde:

En = Tensión de línea a neutro en volts

Ef = Tensión entre fases en volts

$$\% X = \frac{\sqrt{3} (I) (X)}{KV (10)} \text{ ----- (36)}$$

Donde:

KV = Tensión entre fases en kilovolts

$$I = \frac{(KVA) \text{ base}}{\sqrt{3} KV} \text{ ----- (37)}$$

Donde:

I = Corriente de corto circuito trifásica

$$\% X = \frac{(X) (KVA) \text{ base}}{(KV)^2 (10)} \text{ ----- (38)}$$

Nota:

Si se tienen reactancias en % se debe elegir una potencia base en KVA la cual puede ser cualquiera, por ejemplo 100 KVA.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN	$\% X_{\text{base 2}} = \frac{(KVA) \text{ base 2}}{(KVA) \text{ base 1}} (\% X \text{ base 1}) \text{ ----- (39)}$
------------------------------	---

## 1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO

---

$$\% X = \frac{(\text{KVA}) \text{ base del diagrama de reactancias} \times 100}{(\text{KVA}) \text{ simetricos de corto circuito del sistema}} \text{ ----- (40)}$$

$$\% X = \frac{(\text{KVA}) \text{ base del diagrama de reactancias} \times 100}{(\text{KVA}) \text{ capacidad interruptiva del interruptor de entrada}} \text{ ----- (41)}$$

$$\% X = \frac{(\text{KVA}) \text{ base del diagrama de reactancias} \times 100}{(\text{I}) \text{ corto circuito simétrico} \sqrt{3} (\text{KV}) \text{ nominales}} \text{ ----- (42)}$$

$$\text{I corto circuito simétrico} = \frac{(\text{KVA}) \text{ base} \times 100}{(\% X) \sqrt{3} (\text{KV})} \text{ ----- (43)}$$

$$\text{I c.c. Asim.} = \text{I c.c. Sim.} \times \text{Factor de multiplicación} \text{ ----- (44)}$$

Donde:

Ic.c.Asim = Corriente de corto circuito asimétrica

Factor de multiplicación = 1.25

$$\text{Pot. de corto circuito en KVA} = \frac{100}{\% X} \times (\text{KVA}) \text{ base} \text{ ----- (45)}$$

$$X_{eqs} = X_1 + X_2 + \dots + X_n \text{ ----- (46)}$$

Donde:

Xeqs = Reactancia equivalente de las reactancias en serie

X = Reactancias en serie

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

$$X_{eqp} = \frac{1}{\frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \dots + \frac{1}{X_n}} \text{ ----- (47)}$$

## **1.0 GENERALIDADES DEL SISTEMA ELECTRICO**

---

Donde:

$X_{eqp}$  = Reactancia equivalente de las reactancias en serie

$X$  = Reactancias en paralelo

### **1.4 Consideraciones especiales**

Debido al manejo de hidrocarburos y equipo de proceso especial se requiere de la aplicación de las especificaciones internacionales como la "American Petroleum Institute" (API) y la especificación de PEMEX "GS-E001 REV.6" las cuales toman en cuenta los aspectos particulares para refinerías de petróleo que no se toman para algún otro tipo de planta industrial.

Un ejemplo de esto es el equipo eléctrico que se debe seleccionar en áreas peligrosas, en este caso el aplicar las recomendaciones o estándares como la "API-RP-500" es fundamental ya que si no se coloca el equipo adecuado para el área determinada se podría llegar a tener un incendio o una explosión.

### **1.5 Simbología**

La simbología general eléctrica se puede apreciar en el plano simbología general No. **FCS-E-03**

## **2.0 CARGAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE LA PLANTA**

---

### **CAPITULO 2**

#### **CARGAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE LA PLANTA**

##### **2.1 Cargas eléctricas del equipo de proceso**

Para calcular la demanda total de la planta es necesario conocer todas las cargas eléctricas a ser alimentadas en los diferentes niveles de tensión. Para seleccionar estos niveles de tensión se deben tener en cuenta los siguientes factores:

- a) Magnitud de la carga.
- b) El voltaje nominal y sus limitaciones de los dispositivos eléctricos a ser alimentados.
- c) Seguridad
- d) Normas aplicables

Tomando en cuenta los factores para seleccionar los niveles de tensión se tiene que para alimentar:

- a) Alumbrado, Instrumentos, Motores menores a 0.75 kW y otros dispositivos de características similares, se tendrá un sistema de tensión de 127 / 220 volts con neutro aterrizado.
- b) Motores eléctricos, cuyas potencias varíen de 0.75 a 112 kW , contactos para motores de soldadora y otras cargas similares, se tendrá un sistema de tensión de 480 volts, por tener menor costo, menores pérdidas y menor caída de tensión que el sistema de tensión de 127 / 220 volts que también podría ser utilizado.  
Cuando se tiene equipo doble es importante que se indique si ambas trabajan normalmente o si uno es reserva (relevó) y otro normal.

##### **Motores**

Los motores con capacidad hasta 1119 kW, deben ser disponibles para arranque a tensión plena. Los motores de inducción mayores de 1492 kW deben ser para arranque a tensión reducida tipo auto transformador.

Los motores de 1492 kW y mayores, deben ser síncronos.

El sistema de arranque para los motores síncronos debe ser el adecuado y con la tecnología más reciente.

##### **Características Eléctricas:**

La tensión del motor debe ser seleccionada de acuerdo con la siguiente tabla:

TESIS CON FALLA DE ORIGEN
------------------------------

## 2.0 CARGAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE LA PLANTA

---

POTENCIA DEL MOTOR (kW)	TENSION DISEÑO MOTOR (VOLTS)	TENSION DE SUMINISTRO (VOLTS)	FRECUENCIA (HERTZ)	FASES
MENOR DE 0.75	127/220	127 / 220	60	1/3
DE 0.75 A 112	460	480	60	3
DE 113 A 1491	4000	4160	60	3
1492 Y MAYORES	13200	13800	60	3

Tabla No. 2.1  
TENSION DEL MOTOR

### Motores instalados en áreas clasificadas.

#### Motores de inducción:

Clase 1, Div. 1.- Deben ser a prueba de explosión, para el área en la cual serán instalados (clase, grupo, división).

Clase 1, Div. 2.- Deben ser totalmente cerrados.

Motores monofásicos que produzcan arco, deben ser a prueba de explosión.

#### Motores síncronos:

Clase 1, Div. 1.- Deben ser a prueba de explosión o totalmente cerrados.

Clase 1, Div. 2.- Deben ser totalmente cerrados.

### Motores instalados en áreas no clasificadas.

Todos los motores deben ser del tipo totalmente cerrado, en ningún caso se aceptan motores abiertos.

Motores que estén dentro de un equipo tipo paquete (por ejemplo: compresores de aire de instrumentos), instalados dentro o fuera de las plantas de proceso, deben ser del tipo cerrado. No se aceptan motores tipo abierto.

Todos los motores que formen parte de un equipo de proceso con sistema de lubricación por niebla, deben ser diseñados y construidos por el fabricante con los dispositivos adecuados para operar con este sistema, se exceptúan los motores verticales y los motores a prueba de explosión, en estos casos el fabricante no lo recomienda.

## **2.0 CARGAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE LA PLANTA**

---

### **Características generales:**

- Todos los motores deben tener tratamiento tropicalizado.
- Todos los motores de 112 kW y menores, que sean para operación continua (más de 8 horas de trabajo), deben tener un factor de servicio de 1.15.
- Los ventiladores deben ser antichispa. En ningún caso se aceptan ventiladores de plástico o fibra de vidrio.
- Las cajas de conexiones deben cumplir con la clasificación de áreas peligrosas.
- Todos los motores de 56 KW y mayores, deben tener calentadores de espacio, los cuales deben estar energizados cuando el motor esté fuera de operación. El calentador debe ser operado de acuerdo a las siguientes tensiones:

Menos de 1500 Watts

127 volts, 1 fase, 60 Hz.

Más de 1500 Watts

220 volts, 3 fases, 60 Hz.

Todos los motores deben tener una placa firmemente fija al motor, conteniendo como mínimo los siguientes datos:

- Marca
- Potencia nominal en KW ó HP
- Tensión nominal en volts.
- Corriente nominal en Ampares.
- Frecuencia en Hertz
- Número de fases
- Velocidad a plena carga en RPM
- Diagrama de conexiones
- Modelo y designación de armazón
- Tipo de carcasa
- Factor de Servicio
- Servicio (continuo o intermitente)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **2.0 CARGAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE LA PLANTA**

---

- Clase de aislamiento
- Máxima temperatura ambiente
- Incremento de temperatura ambiente sobre 40° C.
- Letra de clave para KVA de rotor bloqueado por KW
- Letra de diseño
- Designación de cojinetes
- Tipo de lubricante
- Potencia de calefactores en Watts
- Tensión de alimentación de calefactores en Volts
- En su caso: Aprobación UL para áreas peligrosas (clasificadas), indicando clase, grupo y división.
- Eficiencia PREMIUM (para tamaños NEMA) al 100% de carga.
- Eficiencia PREMIUM o ENERGIA EFICIENTE ( para motores en media tensión) al 100% de carga.

### **2.2 Niveles de voltaje disponibles en la refinería**

Analizando las cargas a utilizar en la planta se puede definir que el sistema de distribución eléctrica hacia la subestación de la Planta de Coquización Retardada y Unidad de gas asociada será en 13,800 volts, el voltaje de utilización será en 480 volts para motores de 0.75 a 112 kW y 127 / 220 volts para motores menores de 0.75 kW y alumbrado.

### **2.3 Evaluación de las cargas de operación normal y de relevo**

Se muestran las cargas eléctricas instaladas a cada uno de los tableros de la **Tabla No. 2.2** a la **Tabla No. 2.9** en su respectiva tensión donde se aprecian las cargas en KVA y en KW tanto las que se encuentran en operación como las que se encuentran en relevo.

### **2.4 Evaluación de las cargas críticas**

Las cargas críticas son las que se encuentran conectadas al Sistema de Fuerza Ininterrumpible (SFI)

## **2.0 CARGAS DEL SISTEMA ELECTRICO DE LA PLANTA**

---

o también llamadas "UPS", estas cargas son las que en ningún momento dejarán de ser suministradas por energía eléctrica debido a la importancia del proceso o por seguridad del personal.

La determinación del tipo de carga se divide en:

a) Cargas de operación continua

Se refiere a la iluminación de emergencia, dispositivos de control y seguridad que son especificados como necesarios.

c) Cargas de operación variable

Se refiere a los equipos de fuerza (motores) cuyo servicio es de importancia considerable para la conclusión de un proceso, la alimentación de emergencia será transferida automáticamente e inmediatamente cuando falla el suministro normal.

Se deben considerar Sistema de Fuerza Ininterrumpible independientes para los siguientes servicios.

- Para el S.C.D. e instrumentos.
- Para alumbrado de emergencia exterior.
- Para el CCTV y sistema de intercomunicación y voiceo.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Las ups's para sistemas de control deberán contar con doble alimentador de diferentes buses e interruptor estático de transferencia, de acuerdo a la GS-E001 REV.6

Considerar un banco y cargador de baterías para control de tableros y CCM's (centro de control de motores) de capacidad suficiente para cumplir con las necesidades requeridas y un 25% de reserva. Las baterías deberán ser tipo alcalinas (níquel-cadmio).

El tiempo de respaldo de los Sistemas de Fuerza Ininterrumpible será de 30 minutos y para el caso de alumbrado de emergencia debe ser de hora y media.

Las baterías para el suministro de emergencia al control de tableros y las de alumbrado de emergencia deberán instalarse en un cuarto independiente (cuarto de baterías).

El cuarto de tableros, de charolas y el cuarto satélite, deberán de contar con unidades de alumbrado de emergencia con baterías autónomas en su operación y flotación.

Se deberá considerar mandar la señal del estado de los Sistemas de Fuerza Ininterrumpible y cargador de baterías al S.C.D., con la finalidad de poder corregir el problema que ocasiono el disparo o salida del equipo, antes de que se agote el respaldo de las baterías.

		PLANTA DE GAS				TESIS PROFESIONAL			UNAM		
		CONTROL PARA LISTA DE CARGAS DE CUARTO DE CONTROL ELECTRICO TENSION: 0.480 KV BUS "A"; "CCM-1G".				FEDERICO CORTES SALCEDO			FACULTAD DE INGENIERIA		
						TABLA No. 2.2					
No.CLAVE	DESCRIPCION	CANT	HP CU	EFIC.	F.P.	KVA			KW		
						INSTALADO	OPERACION		INSTALADO	OPERACION	
							NORMAL	RELEVO		NORMAL	RELEVO
P-31510	Bomba de succión de liquido del compresor	1.00	20.00	0.90	0.90	18.42		18.42	16.58		16.58
P-31517	Bomba de inter-etapa de aguas amargas	1.00	10.00	0.90	0.90	9.21	9.21		8.29	8.29	
P-31503	Bomba de refugio a desbutanizador	1.00	40.00	0.90	0.90	36.84	36.84		33.16	33.16	
P-31507	Bomba de inter-etapa del compresor	1.00	40.00	0.90	0.90	36.84	36.84		33.16	33.16	
P-31505	Bomba de butano	1.00	30.00	0.90	0.90	27.63	27.63		24.87	24.87	
P-31501	Bomba de alimentador a despropanizador	1.00	50.00	0.90	0.90	46.05	46.05		41.44	41.44	
P-31512	Bomba de nafta total	1.00	100.00	0.90	0.90	92.10		92.10	82.89		82.89
TR-5G	Transformador TR-5G	1.00			1.00	252.00	252.00		252.00	252.00	
<b>TOTAL</b>			<b>290.00</b>			<b>518.00</b>	<b>408.57</b>	<b>110.52</b>	<b>482.38</b>	<b>392.81</b>	<b>89.47</b>

		PLANTA DE GAS				TESIS PROFESIONAL			UNAM		
		CONTROL PARA LISTA DE CARGAS DE CUARTO DE CONTROL ELECTRICO TENSION: 0.480 KV BUS "B"; "CCM-1G".				FEDERICO CORTES SALCEDO			FACULTAD DE INGENIERIA		
						TABLA No. 2.3					
No.CLAVE	DESCRIPCION	CANT	HP CU	EFIC.	F.P.	KVA			KW		
						INSTALADO	OPERACION		INSTALADO	OPERACION	
							NORMAL	RELEVO		NORMAL	RELEVO
P-31511	Bomba de nafta total	1.00	100.00	0.90	0.90	92.10		92.10	82.89	82.89	
P-31502	Bomba de alimentador a despropanizador	1.00	50.00	0.90	0.90	46.05		46.05	41.44		41.44
P-31506	Bomba de butano	1.00	30.00	0.90	0.90	27.63		27.63	24.87		24.87
P-31508	Bomba de inter-etapa del compresor	1.00	40.00	0.90	0.90	36.84		36.84	33.16		33.16
P-31504	Bomba de refugio a desbutanizador	1.00	40.00	0.90	0.90	36.84		36.84	33.16		33.16
P-31518	Bomba de inter-etapa de aguas amargas	1.00	10.00	0.90	0.90	9.21		9.21	8.29		8.29
P-31509	Bomba de succión de liquido del compresor	1.00	20.00	0.90	0.90	18.42	18.42		16.58	16.58	
TR-6G	Transformador TR-6G	1.00			1.00	252.00	252.00		252.00	252.00	
<b>TOTAL</b>			<b>290.00</b>			<b>518.00</b>	<b>362.52</b>	<b>158.57</b>	<b>482.38</b>	<b>351.47</b>	<b>140.91</b>

**TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN**

Tabla No. 2.2 y 2.3  
LISTA DE CARGAS

		PLANTA DE GAS					TESIS PROFESIONAL			UNAM				
		CONTROL PARA LISTA DE CARGAS DE CUARTO DE CONTROL ELECTRICO TENSION: 0.480 KV BUS "A"; "CCM-2G".					FEDERICO CORTES SALCEDO			FACULTAD DE INGENIERIA TABLA No. 2.4				
No.CLAVE	DESCRIPCION	CANT	H P CAU	EFIC.	F.P.	KVA			KW					
						INSTALADO	OPERACION		INSTALADO	OPERACION				
							NORMAL	RELEVO		NORMAL	RELEVO			
P-31064	Bomba de drenes de la zona suroeste	1.00	3.00	0.90	0.90	2.76	2.76		2.49	2.49				
P-31044	Bomba de agua emerge de las purgas de mantenimiento	1.00	5.00	0.90	0.90	4.60	4.60		4.14	4.14				
P-31063	Bomba sumergible de agua pluvial	1.00	15.00	0.90	0.90	13.81		13.81	12.43		12.43			
P-31043	Bomba de drenes de mantenimiento	1.00	30.00	0.90	0.90	27.63		27.63	24.87		24.87			
P-31060	Bomba de condensados	1.00	40.00	0.90	0.90	36.84	36.84		33.16	33.16				
P-31050	Bomba de aceite de lavado	1.00	50.00	0.90	0.90	46.05	46.05		41.44	41.44				
P-31053	Bomba de condensados del quemador	1.00	5.00	0.90	0.90	4.60		4.60	4.14		4.14			
P-31014	Bomba de agua emerge de la torre fraccionadora	1.00	50.00	0.90	0.90	46.05		46.05	41.44		41.44			
P-31004	Bomba de nafta no estabilizado	1.00	40.00	0.90	0.90	36.84		36.84	33.16		33.16			
P-31005	Bomba de reflujo de la torre fraccionadora	1.00	75.00	0.90	0.90	69.07	69.07		62.17	62.17				
TR-7G	Transformador TR-7G (Tablero de distribucion a instrumentos (UPS))	1.00			1.00	37.50	37.50		37.50	37.50				
<b>TOTAL</b>						<b>313.00</b>			<b>323.77</b>	<b>196.83</b>	<b>128.84</b>	<b>206.84</b>	<b>180.90</b>	<b>116.04</b>

		PLANTA DE GAS					TESIS PROFESIONAL			UNAM				
		CONTROL PARA LISTA DE CARGAS DE CUARTO DE CONTROL ELECTRICO TENSION: 0.480 KV BUS "B"; "CCM-2G".					FEDERICO CORTES SALCEDO			FACULTAD DE INGENIERIA TABLA No. 2.5				
No.CLAVE	DESCRIPCION	CANT	H P CAU	EFIC.	F.P.	KVA			KW					
						INSTALADO	OPERACION		INSTALADO	OPERACION				
							NORMAL	RELEVO		NORMAL	RELEVO			
P-31006	Bomba de reflujo de la torre fraccionadora	1.00	75.00	0.90	0.90	69.07		69.07	62.17		62.17			
P-31003	Bomba de nafta no estabilizado	1.00	40.00	0.90	0.90	36.84	36.84		33.16	33.16				
P-31013	Bomba de agua emerge de la torre fraccionadora	1.00	50.00	0.90	0.90	46.05	46.05		41.44	41.44				
R-31051	Bomba de aceite de lavado	1.00	50.00	0.90	0.90	46.05		46.05	41.44		41.44			
P-31061	Bomba de condensados	1.00	40.00	0.90	0.90	36.84		36.84	33.16		33.16			
P-31042	Bomba de drenes de mantenimiento	1.00	30.00	0.90	0.90	27.63		27.63	24.87		24.87			
P-31062	Bomba sumergible de agua pluvial	1.00	15.00	0.90	0.90	13.81	13.81		12.43	12.43				
P-31045	Bomba de agua emerge de las purgas de mantenimiento	1.00	5.00	0.90	0.90	4.60		4.60	4.14		4.14			
P-31052	Bomba de condensados del quemador	1.00	5.00	0.90	0.90	4.60	4.60		4.14	4.14				
<b>TOTAL</b>						<b>310.00</b>			<b>285.31</b>	<b>128.84</b>	<b>158.57</b>	<b>206.84</b>	<b>116.04</b>	<b>140.81</b>

Tabla No. 2.4 y 2.5  
LISTA DE CARGAS

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

PLANTA DE GAS												
CONTROL PARA LISTA DE CARGAS DE CUARTO DE CONTROL ELECTRICO TENSION: 220 - 127 V								TESIS PROFESIONAL			UNAM	
BUS "A"; "TDBT-1G".								FEDERICO CORTES SALCEDO			FACULTAD DE INGENIERIA	
								TABLA No. 2.6				
No.CLAVE	DESCRIPCION	CANT	H P CAU	EFIC.	F.P.	KVA				KW		
						INSTALADO	OPERACION		INSTALADO	OPERACION		
							NORMAL	RELEVO		NORMAL	RELEVO	
P-31058	Bomba de dosificación de polvosulfato de amonio	1.00	1.00	0.90	0.90	0.92	0.92	0.92	0.83	0.83	0.83	0.83
CAE-4G	Alumbrado exterior	1.00			1.00	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
TA-AG	Alumbrado y contactos interior	1.00			1.00	16.61	16.61	16.61	16.61	16.61	16.61	16.61
INV-001G	Inversor del TAE-2G (Tablero de alumbrado de emergencia)	1.00			1.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
<b>TOTAL</b>			<b>1.00</b>			<b>21.41</b>	<b>21.41</b>	<b>0.00</b>	<b>21.31</b>	<b>21.31</b>	<b>0.00</b>	

PLANTA DE GAS												
CONTROL PARA LISTA DE CARGAS DE CUARTO DE CONTROL ELECTRICO TENSION: 220 - 127 V								TESIS PROFESIONAL			UNAM	
BUS "B"; "TDBT-1G".								FEDERICO CORTES SALCEDO			FACULTAD DE INGENIERIA	
								TABLA No. 2.7				
No.CLAVE	DESCRIPCION	CANT	H P CAU	EFIC.	F.P.	KVA				KW		
						INSTALADO	OPERACION		INSTALADO	OPERACION		
							NORMAL	RELEVO		NORMAL	RELEVO	
P-31058	Bomba de dosificación de polvosulfato de amonio	1.00	1.00	0.90	0.90	0.92	0.92	0.92	0.83	0.83	0.83	0.83
INV-001G	Inversor del TAE-2G (Tablero de alumbrado de emergencia)	1.00			1.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
UPS-1C	Unidad de Fuerza Ininterrumpible (UPS)	1.00			1.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
<b>TOTAL</b>			<b>1.00</b>			<b>18.82</b>	<b>18.00</b>	<b>0.92</b>	<b>18.83</b>	<b>18.00</b>	<b>0.83</b>	

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

Tabla No. 2.6 y 2.7  
LISTA DE CARGAS

PLANTA DE GAS												UNAM			
CONTROL PARA LISTA DE CARGAS DE CUARTO DE CONTROL ELECTRICO "TDA-1G".										BUS "A";		TESIS PROFESIONAL		FACULTAD DE INGENIERIA	
												FEDERICO CORTES SALCEDO		TABLA No. 2.8	
No.CLAVE	DESCRIPCION	CANT	HP CU	EFIC.	F.P.	KVA				KW					
						INSTALADO	OPERACION		INSTALADO	OPERACION					
							NORMAL	RELEVO		NORMAL	RELEVO				
TR-1G	Transformador TR-1G	1.00			1.00	1400.00			1400.00						
TR-3G	Transformador TR-3G	1.00			1.00	1400.00			1400.00						
<b>TOTAL</b>						<b>2800.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2800.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>				

PLANTA DE GAS												UNAM			
CONTROL PARA LISTA DE CARGAS DE CUARTO DE CONTROL ELECTRICO "TDA-1G".										BUS "B";		TESIS PROFESIONAL		FACULTAD DE INGENIERIA	
												FEDERICO CORTES SALCEDO		TABLA No. 2.9	
No.CLAVE	DESCRIPCION	CANT	HP CU	EFIC.	F.P.	KVA				KW					
						INSTALADO	OPERACION		INSTALADO	OPERACION					
							NORMAL	RELEVO		NORMAL	RELEVO				
TR-2G	Transformador TR-2G	1.00			1.00	1400.00			1400.00						
TR-4G	Transformador TR-4G	1.00			1.00	1400.00			1400.00						
<b>TOTAL</b>						<b>2800.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2800.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>				

Tabla No. 2.8 y 2.9  
LISTA DE CARGAS

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **3.0 BASES DE DISEÑO Y NORMATIVIDAD APLICABLE**

---

#### **CAPITULO 3**

#### **BASES DE DISEÑO Y NORMATIVIDAD APLICABLE**

El diseño, instalación, equipo y materiales se harán conforme a los requerimientos aplicables de las ultimas ediciones de los códigos y normas que se enlistan en este capitulo.

##### **3.1 Filosofía de operación del sistema**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- La distribución entre subestaciones primarias debe ser en 13.8 KV, a través de canalizaciones subterráneas, excepto las plantas indicadas en los esquemas de diagramas unifilares, ver plano de diagrama unifilar general, planta de gas No. **FCS-E-05**
- El sistema eléctrico deberá estar fundamentado en el uso de tecnologías de punta plenamente establecidas y probadas comercialmente con un mínimo de dos años
- El sistema eléctrico debe diseñarse para operar segura y eficientemente al 50% de la capacidad de diseño, ver plano de diagrama unifilar general, planta de gas No. **FCS-E-05**

Filosofía de operación para “sistema de transferencia automática” en CCM’S, (480 y 220 V, se incluye a tableros en 13.8 KV con interruptor de enlace).

##### **a) Especificación para el suministro de CCM’S.**

1. La operación del sistema de transferencia podrá hacerse en forma manual o automática.
2. Estando los dos alimentadores energizados normalmente, el interruptor de enlace debe permanecer abierto y los dos interruptores principales cerrados.
3. Con el selector de operación del “Sistema de Transferencia Automática” en posición “AUTO”:

a) Se debe cumplir con lo indicado en el punto N° 2.

b) Al ocurrir una falla ó existir ausencia de tensión en uno de los alimentadores y después de transcurrido un tiempo determinado, debe abrir el interruptor principal y cerrar el interruptor de enlace.

c) El interruptor de enlace no debe cerrar si el disparo del interruptor principal fue por sobrecorriente o corto circuito.

d) El sistema no se debe restablecer en forma automática al energizarse nuevamente el alimentador fallado.

### **3.0 BASES DE DISEÑO Y NORMATIVIDAD APLICABLE**

---

- e) Estando el interruptor de enlace cerrado y un solo interruptor principal cerrado, no debe operar la protección por ausencia de voltaje sobre este interruptor principal; aunque si debe abrirse por la operación de protección por sobrecorriente o corto circuito.
4. Con el selector de operación del “Sistema de Transferencia Automática” en posición “MANUAL”
- a) Al restablecerse la energía en el alimentador fallado, solo podrá normalizarse el sistema cambiando el selector a posición “Manual” y cerrar primeramente el interruptor principal del alimentador fallado y posteriormente abrir el interruptor de enlace.
- b) A fin de poder efectuar libranza para revisión y mantenimiento en cualquiera de los interruptores principales, debe cumplirse la siguiente secuencia:
- 1°-Cerrar el interruptor de enlace sin que se dispare ningún interruptor principal.  
2°-Abrir cualquiera de los interruptores principales. La protección por sobrecorriente y corto circuito queda activa.

#### **b) Consideración para el estudio de coordinación en los sistemas de transferencia automática.**

Debe coordinarse el tiempo de operación del “Sistema de Transferencia Automática” del CCM que depende de otro que también la tenga integrada, de manera que no operen dos sistemas por un mismo Bus en diferentes niveles de voltaje.

### **3.2 Consideraciones climatológicas**

Tomando de la norma

NOM-001-SEDE-1999 INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACIÓN)

Aspectos del clima que afectan al equipo e instalaciones se tiene lo siguiente:

- **Agentes deteriorantes.** No se deben instalar conductores o equipos en locales húmedos o mojados; ni donde estén expuestos a gases, humos, vapores, líquidos u otros agentes que puedan tener un efecto deteriorante sobre los conductores o equipos; ni expuestos a temperaturas excesivas, a menos que estén identificados para usarlos en entornos operativos con estas características.
- **Protección contra la corrosión.** Las canalizaciones metálicas, armaduras metálicas de cables, cajas, cubiertas de cables, gabinetes, codos metálicos, uniones y accesorios, soportes y sus herrajes, deben ser de materiales para el medio ambiente donde se instalen.
- **Disposiciones generales.** Las canalizaciones de fierro, armaduras y cubiertas de cables, cajas, gabinetes, codos metálicos y accesorios, soportes y sus herrajes de materiales ferrosos, deben protegerse adecuadamente contra la corrosión en su interior y en su exterior (excepto las roscas en las uniones) por una capa de material aprobado como resistente a la

### 3.0 BASES DE DISEÑO Y NORMATIVIDAD APLICABLE

---

corrosión, tal como zinc, cadmio o esmalte. En los casos en que la protección contra la corrosión sea solamente por medio de esmalte, no se deben usar en exteriores o en lugares húmedos. Se pueden utilizar en exteriores las cajas o gabinetes que tengan un recubrimiento aprobado a base de recubrimiento orgánico y que estén marcados: "hermético a la lluvia", "a prueba de lluvia" o "a prueba de intemperie".

- **Condiciones corrosivas.** Los conductores expuestos a aceites, grasas, vapores, gases, humos, líquidos u otras sustancias que tengan un efecto corrosivo sobre el conductor o el aislamiento, deben ser de un tipo adecuado para esa aplicación.

Las condiciones climatológicas del lugar son las siguientes:

#### TEMPERATURA °C

De bulbo seco

Media anual	25
Máxima promedio	36
Mínima promedio	14

#### HUMEDAD %

Relativa

Máxima	86.25
Mínima	43.5
Promedio	69.9

#### ATMÓSFERA

Presión atmosférica 1.033 kg/cm<sup>2</sup> abs

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 3.3 Normas nacionales aplicables

Normas son las reglas sancionadas por organismos especializados que sirven de base en el diseño de instalaciones, equipos o partes de cualquier área de la ingeniería.

Se puede definir normalización como el proceso de formular y aplicar reglas con la aportación y colaboración de todas las áreas involucradas, para obtener una técnica y economía de conjunto óptimas.

La normalización se apoya en la ciencia, la técnica y la experiencia; fija las bases para un entendimiento entre el fabricante y comprador, con respecto a la calidad de un producto.

### **3.0 BASES DE DISEÑO Y NORMATIVIDAD APLICABLE**

---

A continuación se enumeran las normas nacionales aplicables:

NOM-001-SEDE-1999  
INSTALACIONES ELECTRICAS (UTILIZACION)

NOM  
NORMAS OFICIALES MEXICANAS

Además de estas normas nacionales también aplica la siguiente especificación:

PEMEX  
ESPECIFICACIÓN GENERAL, GS-E001 REV. 6  
BASES DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

### **3.4 Normas, recomendaciones, especificaciones y estándares internacionales aplicables**

Las normas internacionales se utilizan para reglamentar las transacciones técnicas entre diferentes países, las normas internacionales aplicables se enumeran a continuación:

IEEE  
INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS

IEC  
INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ANSI  
AMERICAN NATIONAL STANDARD INSTITUTE

API  
AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

NEMA  
NATIONAL ELECTRICAL MANUFACTURES ASSOCIATION

NEC  
NATIONAL ELECTRICAL CODE

NESC  
NATIONAL ELECTRICAL SAFETY CODE

NFPA  
NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION

CSA  
CANADIAN STANDARD ASSOCIATION

### **3.0 BASES DE DISEÑO Y NORMATIVIDAD APLICABLE**

---

**ICEA**  
**INSULATED CABLE ENGINEERS ASSOCIATION**

**UL**  
**UNDERWRITER LABORATORIES**

**ISA**  
**INSTRUMENT SOCIETY OF AMERICA**

## **4.0 DISEÑO DE CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS**

---

### **CAPITULO 4**

#### **DISEÑO DE CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS**

##### **4.1 Clasificación de substancias peligrosas**

La industria de procesos de refinación de petróleo crudo trabaja con productos altamente inflamables y potencialmente explosivos por lo que para selección de equipo eléctrico se realiza de acuerdo a normas como la "API-RP-500" y la "NOM-001-SEDE-1999". Estas áreas son las que precisamente han originado polémicas acerca de si efectivamente deben ser consideradas como potencialmente peligrosas o no, puesto que de esta clasificación depende el equipo eléctrico a instalar y esto significa una diferencia económica bastante grande ya que la diferencia de precio entre un equipo para propósito especial y otro para propósito general es considerable.

Debido a los avances tecnológicos que se han tenido en los últimos años, ha aumentado considerablemente la cantidad y variedad de los equipos eléctricos usados por la "Industria Petrolera", en las cuales tenemos cada vez más y mas áreas con atmósferas potencialmente explosivas; las instalaciones eléctricas deben ser hechas de tal manera que se elimine totalmente la posibilidad de la ignición accidental de: Líquidos inflamables, vapores y polvos que se encuentren en la atmósfera. Además puesto que la mayoría de equipo eléctrico es usado a la intemperie o en atmósferas corrosivas, los materiales y su acabado deben ser tales que reduzcan al mínimo los costos de mantenimiento, interrupciones y riesgo de accidentes.

Para que pueda ocurrir un incendio o una explosión es necesario satisfacer tres condiciones básicas:

- a) Debe haber presente en cantidad suficiente un líquido inflamable o un vapor o polvo combustible.
- b) El líquido inflamable del vapor o polvo combustible debe estar mezclado con aire u oxígeno en las porciones necesarias para producir una mezcla explosiva. En otras palabras, las explosiones ocurren únicamente dentro de ciertos rangos de composición.
- c) A la mezcla explosiva debe aplicársele una fuente de energía.

Al aplicar estos principios debe considerarse la cantidad del líquido inflamable o vapor que pudiera ser liberado y sus características físicas. Por ejemplo, gases mas ligeros que el aire se difunden en el aire con tal facilidad, que excepto en lugares cerrados nos pueden producir mezclas explosivas en áreas cercanas a instalaciones eléctricas.

Los vapores de líquidos inflamables también tienen una tendencia natural a dispersarse en la atmósfera y rápidamente se diluyen a concentraciones por debajo del límite inferior del rango de ignición particularmente cuando el aire se esta moviendo. (Los líquidos inflamables varían en volatilidad y se definen por la "National Fire Protection Association" (NFPA) como aquellos líquidos que tienen un punto de flameo inferior a 60°C y una presión de vapor no mayor que 2.81 Kg / cm<sup>2</sup>, atmosférica).

En la siguiente tabla se dan algunos compuestos usados en la industria, clasificados en grupos por el "Código Nacional Eléctrico Norteamericano" (NEC). En esta tabla se dan las siguientes

#### 4.0 DISEÑO DE CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS

características. Punto de flameo en °C, temperatura de ignición en °C, a continuación se definen estas características:

**Punto de flameo:** El punto de flameo de un líquido es la temperatura en la cual cede vapor en suficiente cantidad, para formar una mezcla inflamable con el aire adyacente. Se entiende por mezcla inflamable, cuando esta tiene un porcentaje por volumen de vapor dentro de los límites expresados en la **Tabla No. 4.1**.

**Temperatura de ignición:** Es la mínima temperatura requerida para inflamar la "Mezcla inflamable" y causar una explosión o fuego.

**Densidad de vapor:** Es la densidad relativa del vapor o gas comparada con el aire. Un número menor que 1 indica un vapor mas ligero que el aire, el cual ascenderá. Un número mayor que 1 indica un vapor mas pesado que el aire, el cual se asentara.

SUSTANCIA	GRUPO	CLASE	TEMPERATURA DE IGNICIÓN (°C)	PUNTO DE FLAMEO (°C)	DENSIDAD DEL VAPOR (AIRE=1)
BUTANO	D	GAS	288	- 60	2.0
PROPANO	D	GAS	450	- 104	1.6
METANO	D	GAS	630	- 223	0.6
NAFTA	D	LIQUIDO FLAMABLE	288	42	2.6
ACIDO SULFHIDRICO	C	GAS	260	-----	1.2
GASOLINA	D	LIQUIDO FLAMABLE	280	- 46	3.0

Tabla No. 4.1  
CARACTERÍSTICAS DE SUSTANCIAS

La clasificación de áreas se hará en base de la "Norma PEMEX P.2.0203.01" realizada por la "Unidad de normatividad técnica" de Petróleos Mexicanos, la cual tiene como enunciado "Clasificación de áreas peligrosas y selección de equipo eléctrico", esta norma se elaboró tomando como base lo establecido por el "Código Nacional Eléctrico Norteamericano" (NEC) y el "Instituto Americano del Petróleo" (API), adaptándolo a las necesidades particulares de Petróleos Mexicanos y aprovechando la experiencia de los representantes de las diferentes entidades que intervinieron en su aprobación.

#### 4.2 Localización de fuentes de peligro (copas de drenaje y venteo)

En base de la "Norma P.2.0203.01" de PEMEX, se ha hecho la siguiente "Clasificación de áreas peligrosas" para la selección de equipo eléctrico en la planta.

Ver plano de clasificación de áreas peligrosas, planta de gas No. FCS-E-04.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **4.0 DISEÑO DE CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS**

---

### **Áreas de la planta Clase 1 División 2 Grupo D**

Son lugares donde se manejan, procesan o usan líquidos volátiles, gases o vapores inflamables, que están normalmente confinados en recipientes o sistemas cerrados, pero de los cuales

puedan escapar en caso de ruptura o avería accidental de los recipientes o sistemas, o en caso del funcionamiento anormal de los equipos por medio de los cuales se manejan dichos líquidos, gases o vapores.

Una adecuada ventilación de presión positiva impide normalmente la concentración de gases o vapores inflamables, pero que pueden convertirse en peligrosos por falla o funcionamiento anormal del equipo de ventilación.

Están contiguos a los de Clase 1 División 1, a los cuales puedan llegar ocasionalmente concentraciones de gases o vapores inflamables, a menos que pueda evitarse tal comunicación por medio de un sistema de ventilación adecuada de presión positiva de una fuente de aire limpio y se provean dispositivos seguros contra fallas del sistema de ventilación.

Se encuentran dentro del Grupo D ya que esta planta trabaja en atmósferas tales como Butano, Propano, Metano, Nafta y Gasolina.

### **Áreas de la planta Clase 1 División 2 Grupo C**

Tiene las mismas características de la Clase 1 División 2, la diferencia esta en que el Grupo C indica que son áreas donde trabaja la planta en atmósfera de Ácido Sulfhídrico.

### **Áreas de la planta Clase 1 División 1 Grupo D**

Son aquellas en las cuales están o pueden estar presentes en el aire, gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables y en las cuales:

- 1) Pueden existir continuamente bajo condiciones normales de operación, concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables.
- 2) Existen intermitentemente o periódicamente concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables, en condiciones normales de operación.
- 3) Pueden existir frecuentemente concentraciones de gases o vapores explosivos o inflamables debidos a trabajos de reparación o mantenimiento, o por causa de fugas.
- 4) Una interrupción o una falla en la operación de los equipos o del proceso que pueda provocar la formación de concentraciones peligrosas de gases o vapores inflamables y simultáneamente provocar también la falla del equipo eléctrico.

## **4.0 DISEÑO DE CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS**

---

Y se encuentra dentro del grupo D ya que esta planta trabaja en atmósferas tales como Butano, Propano, Metano, Nafta y Gasolina.

Dentro de estas áreas se toma en cuenta respiraderos en tanques a 1.50 metros en todas direcciones y para las copas de drenaje y venteo 1.00 metros en todas direcciones.

A continuación se presenta en forma sintetizada la aplicación del equipo y material eléctrico en las áreas peligrosas antes descritas:

### **Aplicación del equipo y material eléctrico en las áreas peligrosas**

Se describirá a continuación como se debe aplicar el equipo y material eléctrico en las áreas peligrosas Clase 1,2 División 2 :

- 1) Motores de inducción tipo jaula de ardilla, deberá ser totalmente cerrado con ventilación forzada (ventilación antichispas).
- 2) Luminarias de alta presión intensidad luminosa, a prueba de vapor (con sello en la unión del globo y el casco), en el caso del Grupo C será a prueba de explosión.
- 3) Luminarias incandescentes, a prueba de vapor y/o a prueba de polvo.
- 4) Estaciones de botones para control de motores, a prueba de explosión, a prueba de intemperie y resistente a la corrosión.
- 5) Contactos trifásicos con interruptor, a prueba de explosión, a prueba de intemperie y resistente a la corrosión.
- 6) Contactos monofásicos, a prueba de explosión, a prueba de intemperie y resistente a la corrosión.
- 7) Canalización de conductores, solo se permite tubo conduit rígido pared gruesa cedula 40, galvanizado por inmersión, calidad "A".
- 8) Sellos, para sellado vertical y horizontal, fibra y compuesto sellante.
- 9) Cajas de conexiones, para Clase 1,2 División 1 ó 2, a prueba de explosión.

### **4.3 Normas y estándares aplicables**

Para hacer una clasificación de áreas de una determinada planta es necesario tener una recopilación de datos, normas, recomendaciones, etc., de diversas publicaciones como el "API" (American Petroleum Institute), la "NFPA" (National Fire Protection Association), el "NEC" (National Electrical Code), "NOM-001-SEDE-1999" (Instalaciones Eléctricas, Utilización) e información acerca del equipo a prueba de explosión, con el objeto de obtener una base para formar un

## **4.0 DISEÑO DE CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS**

---

“Criterio”, y una inmediata aplicación del mismo en la determinación de las áreas potencialmente peligrosas.

A continuación se da una breve descripción de lo establecido por el “Código nacional eléctrico Norteamericano” (NEC) y el “Instituto Americano del Petróleo” (API).

### **CODIGO NACIONAL ELECTRICO**

El “NEC” es ampliamente utilizado como guía para una correcta aplicación de equipo eléctrico, así como suplemento de enlace de otros códigos y normas, puesto que es suficientemente específico en lo referente a equipo que debe ser empleado en áreas clasificadas.

### **INSTITUTO AMERICANO DEL PETROLEO**

Este instituto ha preparado la norma API-RP-500 para refinerías de petróleo, la cual lleva como título “Recommended Practice for Classification of areas for Electrical Instalations in Petroleum Refineries”. Según se advierte en el prologo de esta publicación, la norma se refiere únicamente a las refinerías de petróleo y no proporciona las bases para clasificar otras áreas donde se maneja petróleo o sus derivados. Sin embargo, es extensamente usada como guía en las industrias de Procesos Químicos. No debiendo ser considerada como un reglamento, sino como una guía que debe aplicarse con buen criterio, puesto que debe hacerse una consideración adecuada en cuanto a información y evaluación de todos los factores que intervengan, para desarrollar una consistente clasificación que sirva para la selección y la localización del equipo eléctrico por instalar.

Se tiene confusión al interpretar la clasificación del “NEC” para áreas peligrosas en refinería de petróleo puesto que tiene áreas en las cuales el peligro puede considerarse ocasional debido a una concentración muy eventual de líquidos, vapores o grasas inflamables.

Lo anterior origina duda acerca de si el equipo por instalar deba ser diseñado para evitar que contribuya u origine la ignición de líquidos inflamables o vapores existentes en la atmósfera, además de proteger contra tierras accidentales y choque eléctrico producido por contacto personal con conductores energizados, puesto que tal equipo es considerablemente caro.

Es deseado para tener un sistema eléctrico mas seguro en nuestra planta que se empleen los equipos de mejores características considerando que también se obtiene la protección del área en un grado elevado mediante una instalación perfectamente bien diseñada. Ahora bien para poder llevar a cabo lo anterior es necesario definir en primer lugar claramente la clasificación del área, en donde se va a instalar el equipo eléctrico.

El objetivo de la norma del “Instituto Americano del Petróleo” es aplicar su trabajo a áreas de refinerías en las que los líquidos volátiles y gases inflamables del petróleo son:

- Procesados
- Almacenados
- Cargados, Descargados o Manejados en alguna otra forma

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **5.0 DIAGRAMAS UNIFILARES DE LA PLANTA**

---

### **CAPITULO 5**

#### **DIAGRAMAS UNIFILARES DE LA PLANTA**

Diagrama unifilar es el resultado de conectar en forma simbólica y a través de un solo hilo todo el equipo que forma parte de la instalación, considerando la secuencia de operación de cada uno de los circuitos. El diseño de una instalación eléctrica tiene su origen en el diagrama unifilar correspondiente, que resulta del estudio de las necesidades de carga de la zona en el presente y con proyección a un futuro de mediano plazo.

#### **5.1 Distribución y balance de cargas de acuerdo a los sistemas de voltaje**

##### **Número de alimentadores**

Cada Subestación eléctrica debe tener dos alimentadores principales en arreglo de secundario selectivo.

##### **Sistema de respaldo**

Cada alimentador principal y secundario con sus respectivos transformadores debe tener la capacidad suficiente para alimentar toda la carga en operación normal de los buses "A" y "B", más un 20% para ampliaciones futuras.

##### **Sistema de transferencia**

Durante la operación normal, la energía es suministrada a través de dos alimentadores. Los interruptores de entrada en 13.8 kV están normalmente en la posición de cerrado. El interruptor de enlace en 13.8 kV esta normalmente en la posición de abierto.

En caso de falla de energía en uno de los dos alimentadores, la falla es detectada por el relevador de bajo voltaje y en un tiempo programado de 0 a 10 segundos, el interruptor de entrada en 13.8 kV del alimentador fallado debe actuar cambiando a la posición normalmente abierto y el interruptor de enlace en 13.8 kV debe cambiar a la posición de cerrado automáticamente.

El sistema de transferencia en 480 y 220 volts debe tener la misma función como en el caso anterior.

El restablecimiento de los interruptores debe ser manualmente, cuando la energía se haya restablecido.

El sistema de transferencia automática debe estar de acuerdo con la filosofía de operación del sistema de transferencia automática en CCM'S.

##### **Rearranque de motores**

Para minimizar el riesgo en la planta de proceso y el tiempo fuera de operación de la misma a falla momentánea de energía eléctrica, los motores importantes deben tener un relevador de tiempo para el rearranque automático, programable de 0 a 10 segundos.

## **5.0 DIAGRAMAS UNIFILARES DE LA PLANTA**

---

### **Sistema de aterrizamiento**

El sistema de distribución en media tensión 13.8 kV debe estar conectado en estrella aterrizado a través de una resistencia. El valor de la resistencia debe estar comprendido entre 1.2 y 6 ohms.

El sistema de distribución en baja tensión (480 V), debe ser delta sin aterrizar para asegurar la continuidad del servicio.

El sistema de distribución en baja tensión (220-127 V) debe ser con neutro sólidamente aterrizado.

### **Regulación del factor de potencia**

Se deben instalar capacitores de potencia con regulación automática para mejorar el factor de potencia arriba del 90%, en cada Subestación Eléctrica.

## **5.2 Diseño de tableros y centro de control de motores**

Los tableros de una subestación son una serie de dispositivos que tienen por objeto soportar los aparatos de control, medición y protección, los indicadores luminosos y las alarmas.

Dependiendo de la función que desarrollan y del tamaño de la subestación, se utilizan diferentes tipos de tableros, como se indica a continuación.

### **Tableros de un solo frente**

Son tableros de tipo vertical, que se utilizan en subestaciones pequeñas, aprovechando el mismo frente para montar la protección, la medición y el control; en la parte media inferior se fijan los relevadores, mas abajo se fijan las cuchillas de prueba y las tablillas de conexión de los cables que llegan al tablero desde el exterior. Arriba de los relevadores se montan los conmutadores y la señalización; en la parte alta del tablero se montan los aparatos de medida.

La distribución de los diferentes relevadores debe hacerse en tal forma que el alambrado interno del tablero sea lo más simple posible, ubicándolo lo mas cerca posible de los aparatos por conectar, dejando el espacio necesario para las interconexiones.

Las tablillas y las cuchillas de prueba deben ubicarse en la zona más próxima a los relevadores y aparatos de medición que se van a interconectar, y deben agruparse en forma tal que todos los conductores de cada cable rematen en tablillas contiguas, o en el peor de los casos, en tablillas colindantes con el mismo ducto de acometida.

La colocación de los relevadores deberá cumplir con lo siguiente:

- Todos los relevadores con bandera de alarma de operación deberán fijarse al frente del tablero.
- Los relevadores que no tienen bandera se instalarán, de ser posible, sobrepuestos en la cara posterior del tablero.

## 5.0 DIAGRAMAS UNIFILARES DE LA PLANTA

---

- La colocación de los relevadores debe hacerse en tal forma, que ningún elemento interfiera la maniobra de conectar el alambrado a sus bornes.

### Tableros de doble frente

Con este nombre se designa a los tableros de tipo vertical que tienen dos frentes opuestos, con un pasillo al centro, techo y puertas en los extremos de los pasillos. Se pueden utilizar en subestaciones de tamaño mediano. En estos tableros se acostumbra instalar, en el frente principal, los dispositivos de control, de medición y la señalización, mientras que en la parte posterior se montan los diferentes relevadores de protección.

Los centros de control de motores serán de un solo frente y los tableros en general pueden ser de uno o dos frentes, mas adelante se hablara mas a fondo de las especificaciones de estos elementos. La distribución de tableros se puede observar en el plano de diagrama unifilar general, planta de gas No. FCS-E-05.

## 5.3 Cálculo de transformadores e interruptores principales

### 5.3.1 Cálculo de transformadores principales

El cálculo de los transformadores principales se realizara tomando en cuenta las distintas cargas del sistema eléctrico de la planta descritas anteriormente, a continuación se mencionan los cálculos realizados.

Los cálculos para obtener la capacidad que deben tener los transformadores TR-5 y TR-6 son los siguientes:

Se suman las cargas tanto del BUS A como del BUS B del tablero TDBT-1G que se indican en la **Tabla No. 5.1** y **Tabla No. 5.2** respectivamente

$$408.57 + 362.52 = 771.09 \text{ KVA}$$

Esta es la capacidad que debe tener el transformador, la consideración de la especificación PEMEX GS-E001 REV. 6 indica que como mínimo el transformador debe soportar el 125 % de la carga por lo que queda de la siguiente manera

$$771.09 \times 1.25 = 925.308 \text{ KVA}$$

Esta podría ser la capacidad del transformador, pero tomando en cuenta las características de la planta y que se proyectan mejoras continuas, la flexibilidad para ampliaciones futuras es muy importante ya que en un tiempo muy corto puede ir aumentando la carga rápidamente llegando a sobrepasar la capacidad del transformador, teniendo que instalar un nuevo transformador para satisfacer la carga, esto podría llegar a ser mas costoso que el hecho de tener un transformador con una capacidad mayor a la requerida en este momento, por lo que se le dará un 40 % mas a la capacidad del transformador

$$925.308 \times 1.40 = 1295.43 \text{ KVA}$$

## **5.0 DIAGRAMAS UNIFILARES DE LA PLANTA**

---

Por lo que un valor comercial próximo será de 1250 / 1400 KVA

El resto de los transformadores se pueden observar en el plano de diagrama unifilar general, planta de gas No. FCS-E-05.

### **5.3.2 Cálculo de interruptores principales**

Todo sistema eléctrico debe conservarse siempre en condiciones de operación normal para satisfacer adecuadamente las necesidades de la demanda de energía para lo cual fue diseñado. En las instalaciones industriales de proceso continuo, tal como es el caso de las refinerías de petróleo, las fallas del equipo eléctrico producen varios trastornos que a su vez ocasionan grandes pérdidas económicas.

Hay dos aspectos básicos que deben tomarse en consideración para tratar de mantener el sistema en dicha operación normal durante el mayor tiempo posible.

1. Prevención de fallas
2. Atenuación de los efectos de las fallas

Algunas de las principales características que debe reunir un sistema eléctrico para evitar o prevenir fallas, son las siguientes:

- a) Aislamiento adecuado
- b) Adecuada protección mecánica
- c) Practicas apropiadas de operación y mantenimiento

Para mitigar y reducir al mínimo los efectos de las fallas, pueden emplearse varios recursos, entre los cuales cabe mencionar los siguientes:

- a) Limitar la intensidad de la corriente de corto circuito.
- b) Procurar medio de disipación rápida del calor generado por el corto circuito y diseño adecuado de las partes mecánicas para resistir los esfuerzos producidos por él.
- c) Disponer de los elementos de reserva necesarios tales como transformadores, motores, alimentadores, etc.
- d) Medios de desconexión rápida del circuito afectado, utilizando un sistema apropiado de relevadores y fusibles, con interruptores de suficiente capacidad (Protección sobre corriente).

## **5.0 DIAGRAMAS UNIFILARES DE LA PLANTA**

---

En la gran mayoría de los sistemas eléctricos existen cuando menos dos interruptores entre el punto posible de falla y la fuente de potencia a fin de localizar y aislar el disturbio lo mas pronto posible, estos interruptores deben tener operación selectiva, esto es, que el mas cercano a la falla sea el que tenga la primera oportunidad de accionar; si por alguna razón este dispositivo no cumple su cometido el siguiente eslabón de la cadena debe estar listo para efectuar la labor de abrir el circuito y así, de ser necesario en pasos sucesivos, hasta el interruptor de la fuente.

Todos los elementos de protección en la cadena deben estar seleccionados de tal manera que toleren una sobrecarga al tiempo que, en caso de falla, operen con la mayor rapidez posible y además sus características de operación deben permitirles coordinarse entre si.

Los dispositivos de protección de circuitos son los siguientes:

- Fusibles
- Interruptores
- Relevadores

El calor y el electromagnetismo son los dos fenómenos generales que se aplican en el funcionamiento de los dispositivos protectores, el principio térmico se adapta solo para protección

contra sobrecorrientes, mientras que el principio magnético se adapta bien a todas las necesidades de protección.

Para diseñar los sistemas de protección se tiene dos pasos separados pero interrelacionados:

- 1) Seleccionar el mecanismo correcto para la tarea
- 2) Selección del mecanismo correcto corriente-tiempo para poder ser ajustados y permitir funcionar selectivamente con mecanismos ajustables para desconectar del sistema la porción con falla.

Para diseñar el sistema de protección del diagrama unifilar se considero:

- 1) Selección del mecanismo adecuado para la tarea a efectuar.
- 2) Selección del mecanismo adecuado corriente-tiempo para poder ser ajustados y permitir el funcionamiento selectivo, con mecanismos ajustables para desconectar del sistema la porción de falla.

## **5.0 DIAGRAMAS UNIFILARES DE LA PLANTA**

---

### **Cálculo de los interruptores principales en 480 VCA.**

Para los interruptores principales se utilizarán Interruptores Electromagnéticos, la capacidad continua de corriente de estos interruptores deberá ser igual o mayor que la capacidad de corriente secundaria del transformador. Por lo general la capacidad de este interruptor deberá ser aproximadamente 20 % mayor que la capacidad de corriente del transformador.

Para ejemplificar esto se puede tomar el transformador de 1400 KVA que tiene una corriente en el secundario de 1683 Amperes y aumentando a esta corriente un 20 % quedaría de la siguiente manera:

$$1683 \times 1.20 = 2019 \text{ A}$$

Siendo un valor comercial próximo el de 2500 Amperes.

Los interruptores se pueden apreciar en el plano de diagrama unifilar general, planta de gas No. FCS-E-05.

## 6.0 CÁLCULO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

---

### CAPITULO 6

#### CÁLCULO DE CONDUCTORES ELECTRICOS

##### 6.1 Ecuaciones, normas y procedimientos

Primeramente se revisaran los factores de diseño que deben considerarse en la selección del calibre y aislamiento del conductor.

###### A.- Voltaje de operación.

Este factor determina el material a usar como aislamiento, así como el espesor del mismo y el calibre mínimo del conductor que puede emplearse en dicho voltaje.

Como ya se definió anteriormente se tendrá un sistema de distribución a 480 volts para la alimentación de motores y de 220 volts para motores pequeños por lo cual el material a ser usado como aislamiento debe ser el adecuado para este nivel de tensión.

###### B.- Características mínimas que deben satisfacer a los aislamientos.

Los aislamientos de los cables deberán soportar en forma continua, la temperatura producida por el paso de la corriente de carga y además, deberán poder resistir sobrecalentamientos resultantes de operaciones de sobrecarga y circuito corto. El aislamiento deberá ser resistente a cambios bruscos de temperatura, ser resistente a la humedad y al deterioro ocasionado por agentes químicos, tales como aceites, grasas, hidrocarburos, etc. Y no deberán propagar flama.

Debido a lo anteriormente dicho es necesario para seleccionar el tipo de aislamiento, primeramente conocer las características de construcción de estos, así como las aplicaciones de los diversos tipos de aislamientos, y en segundo lugar las condiciones de instalación, o sea si el lugar donde se van a instalar los cables es húmedo, seco, frío, etc. así como también conocer los agentes químicos posibles a existir en contacto con el aislamiento.

Para este proyecto por lo general los conductores van en tubo conduit ahogados en un ducto de concreto, siendo posible que debido a fallas del concreto y de las uniones entre los conduits se tenga a los conductores en presencia de humedad e hidrocarburos por lo cual se utilizara para media tensión un aislamiento resistente a la propagación de flama tipo EP (etileno - propileno), RHW-RHH que es para un voltaje de hasta 600 volts y para alta tensión un aislamiento resistente a la propagación de flama tipo XLP (polietileno de cadena cruzada), RHW-RHH que es para un voltaje de hasta 600 volts, lo cual ha sido comprobado mediante la recopilación de experiencias en el uso de este aislamiento.

###### C.- Factores de diseño a considerar en la selección del calibre del conductor de un cable aislado.

## 6.0 CÁLCULO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

### a) Capacidad de conducción a plena carga.

En el cálculo de la capacidad de conducción de un cable aislado se deben considerar los siguientes parámetros: Temperatura máxima permisible del conductor en operación continua, temperatura ambiente, pérdidas en el cable, resistividad térmica del medio a través del cual se disipan las pérdidas del cable.

Resumiendo, al pasar la corriente por los conductores eléctricos se eleva la temperatura en estos debido al efecto "joule" ( $RI^2$ ), pudiendo elevar su temperatura hasta que el aislamiento lo permita, porque sobrepasando la temperatura que resiste el aislamiento este se deteriora, por lo cual se puede decir que la corriente de un conductor se basa en su aislante.

### 1) Número de conductores

Cuando se tengan mas de 3 conductores en un mismo tubo o ducto, los valores deben multiplicarse por los siguientes factores de corrección:

Número de conductores	Factores de corrección por agrupamiento (FCA)
4 a 6	0.80
7 a 9	0.70
10 a 20	0.50
21 a 30	0.45
31 a 40	0.40
41 y mas	0.35

Tabla No. 6.1  
FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO (FCA)  
(NOM-001-SEDE-1999)

Entre mas conductores tenga un conduit, se calentara mas estos debido a que hay menos radiación de calor, lo cual origina que se tenga que disminuir la corriente para que nos disminuya la temperatura de los conductores.

### 2) Conductor neutro.

Conductor neutro es aquel que lleva únicamente la corriente de desequilibrio de un sistema polifásico balanceado, no se tomara en cuenta para los efectos de la nota número 1.

Efectivamente como el conductor neutro no lleva corriente por ser un caso balanceado esto ocasiona que el conductor no se caliente.

### 3) Uso de conductores que resisten mayor temperatura.

Si la temperatura ambiente es 10 °C o menos, menor que la temperatura máxima permisible del aislamiento, es de recomendarse usar un conductor con aislamiento que resista una temperatura mayor.

Por ejemplo, si se tiene una temperatura ambiente de 50 °C y un conductor tipo "TW" que resiste 60 °C, se tiene una diferencia de temperatura de 10 °C como se puede apreciar por lo tanto no se recomienda usar el tipo "TW", sino utilizar un aislamiento que resista mas de 60 °C como por ejemplo el tipo "THW" que resiste 75 °C.

## 6.0 CÁLCULO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

---

### 4) Deterioro del aislamiento

Aun la mejor calidad de aislamiento se deteriora con el tiempo por lo tanto hay necesidad de reponer dichos conductores, sin embargo la vida o duración del aislamiento es variable y depende de varios factores. Para cálculos económicos se considera una vida de 20 años en las instalaciones eléctricas o sea una depreciación del 5% anual.

Para calcular la capacidad de corriente requerida es necesario primero el conocimiento claro de las características de la carga que va a ser alimentada. El Código Nacional Eléctrico Norteamericano especifica para los circuitos derivados la capacidad de los conductores en la forma siguiente

- a) Para circuitos con un solo motor: 125% del valor de la corriente a plena carga del motor.
- b) Para circuitos que alimentan a varios motores: 125% de la capacidad a plena carga del motor mas grande, mas la suma de las corrientes a plena carga del resto de los motores.
- c) Para circuitos derivados que alimentan a varias cargas, la suma de las corrientes máximas individuales se multiplica por el factor de demanda. El resultado representa la demanda máxima en el circuito, por lo que el factor de demanda debe ser determinado cuidadosamente ya que refleja el tamaño relativo de cada una de las cargas, así como la probabilidad que existe de que las mismas entren a la línea simultáneamente.

En los casos en que en funcionamiento normal la “máxima carga” de una derivación subsista durante largos periodos de tiempo deberá incrementarse en un 25%.

### b) Caída de tensión.

Todos los cables tienen resistencia y reactancia, de acuerdo con la ley de OHM, que dice que el flujo de una corriente eléctrica causa una caída de tensión a lo largo de un circuito, de modo que el voltaje entregado al fin del mismo es menor que el voltaje que recibe. La magnitud de la caída de tensión depende de tres características de los conductores: el calibre de los mismos, la cantidad de corriente que circula por ellos y la longitud de los conductores del circuito.

La caída excesiva de tensión eléctrica da lugar a efectos inconvenientes, pudiendo llegar a dañar seriamente alguno de dichos equipos. Seria incosteable tratar de diseñar un circuito con caída de tensión casi nula, por lo cual se tienen tolerancias en la caída de tensión las cuales se indican en normas eléctricas, teniéndose:

### FUERZA

Alimentador	3%
Circuito derivado	2%

### ALUMBRADO

Alimentador	1%
Circuito derivado	2%

TESIS CON FALLA DE ORIGEN
------------------------------

## 6.0 CÁLCULO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

KW	CP	Motor de inducción Jaula de ardilla y rotor devanado (A)					Motor sincrónico, con factor de potencia Unitario (A)					
		V										
		115	200	208	230	460	575	2300	230	460	575	2300
0.373	1/2	4.4	2.5	2.4	2.2	1.1	0.9					
0.560	3/4	6.4	3.7	3.5	3.2	1.6	1.3					
0.746	1	8.4	4.8	4.6	4.2	2.1	1.7					
1.119	1-1/2	12.0	6.9	6.6	6.0	3.0	2.4					
1.49	2	13.6	7.8	7.5	6.8	3.4	2.7					
2.23	3		11.0	10.6	9.6	4.8	3.9					
3.73	5		17.5	16.7	15.2	7.6	6.1					
5.6	7-1/2		25.3	24.2	22	11	9					
6.46	10		32.2	30.8	28	14	11					
11.19	15		48.3	46.2	42	21	17					
14.92	20		62.1	59.4	54	27	22					
18.65	25		78.2	74.8	68	34	27		53	26	21	
22.38	30		92	88	80	40	32		63	32	26	
29.84	40		120	114	104	52	41		83	41	33	
37.3	50		150	143	130	65	52		104	52	42	
44.76	60		177	169	154	77	62	16	123	61	49	12
55.95	75		221	211	192	96	77	20	155	78	62	15
74.60	100		285	273	248	124	99	26	202	101	81	20
93.25	125		359	343	312	156	125	31	253	126	101	25
119.9	150		414	396	360	180	144	37	302	151	121	30
149.2	200		552	528	480	240	192	49	400	201	161	40
186.5	250					302	242	60				
223.8	300					361	289	72				
261.1	350					414	336	83				
298.4	400					477	382	95				
335.7	450					515	412	103				
373	500					590	472	118				

Tabla No. 6.2  
Corriente eléctrica a plena carga de motores trifásicos de c.a.  
(TABLA 430-150, NOM-001-SEDE-1999)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 6.0 CÁLCULO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Tamaño nominal	Temperatura nominal del conductor						Tamaño nominal
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
mm <sup>2</sup>	Tipos TW, TWD, CCE, TWD-UV	Tipos RHW, THHW, THW, THWN, XHHW, TT	Tipos RHH, RHW-2, THHN, THHW, THHW-LS, THW-2, XHHW, XHHW-2	Tipos UF	Tipos RHW, XHHW, BM-AL	Tipos RHW-2, XHHW, XHHW-2, DRS	AWGkcmil
	Cobre			Aluminio			
0.8235	--	--	14	--	--	--	18
1.307	--	--	18	--	--	--	16
2.082	20	20	25	--	--	--	14
3.307	25	25	30	--	--	--	12
5.26	30	35	40	--	--	--	10
8.367	40	50	55	--	--	--	8
13.3	55	65	75	40	50	60	6
21.15	70	85	95	55	65	75	4
26.67	85	100	110	65	75	85	3
33.62	95	115	130	75	90	100	2
42.41	110	130	150	85	100	115	1
53.48	125	150	170	100	120	135	1/0
67.43	145	175	195	115	135	150	2/0
85.01	165	200	225	130	155	175	3/0
107.2	195	230	260	150	180	205	4/0
126.67	215	255	290	170	205	230	250
152.01	240	285	320	190	230	255	300
177.34	260	310	350	210	250	280	350
202.68	280	335	380	225	270	305	400
253.35	320	380	430	260	310	350	500
304.02	355	420	475	285	340	385	600
354.69	385	460	520	310	375	420	700
380.03	400	475	535	320	385	435	750
405.37	410	490	555	330	395	450	800
456.04	435	520	585	355	425	480	900
506.71	455	545	615	375	445	500	1000
633.39	495	590	665	405	485	545	1250
760.07	520	625	705	435	520	585	1500
886.74	545	650	735	455	545	615	1750
1013.42	560	665	750	470	560	630	2000

Tabla No. 6.3

Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No mas de tres conductores activos en una canalización (TABLA 310-16, NOM-001-SEDE-1999)

## 6.0 CÁLCULO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

---

Temperatura ambiente °C	Para temperatura ambiente diferente de 30 °C, multiplique las capacidades de corriente por el factor de corrección correspondiente en esta tabla		
	60 °C (1)	75 °C (1)	90 °C (1)
21-25	1.08	1.05	1.04
26-30	1.00	1.00	1.00
31-35	0.91	0.94	0.96
36-40	0.82	0.88	0.91
41-45	0.71	0.82	0.87
46-50	0.58	0.75	0.82
51-55	0.41	0.67	0.76
56-60		0.58	0.71
61-70		0.33	0.58
71-80			0.41

Tabla No. 6.4  
Factor de corrección por temperatura (FCT), para conductores de cobre  
(TABLA 310-16 continuación, NOM-001-SEDE-1999)

Nota:

(1) Temperatura en el conductor de acuerdo con el tipo de aislamiento.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 6.0 CÁLCULO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Letras de tipo	Tamaño nominal del cable	Diámetro nominal en mm											
	AWG kcmil	16	21	27	35	41	53	63	78	91	103	129	155
RHH, RHW, RHW-2	14	6	10	17	29	39	65	93	143	191	246	387	558
	12	5	8	13	23	32	52	75	115	154	198	311	448
	10	3	6	10	18	25	41	58	90	120	154	242	350
	8	1	4	6	11	15	24	35	54	72	92	145	209
RHH, RHW, RHW-2, TW, THW, THHW, THW-2	6	1	3	5	8	11	18	27	41	55	71	111	160
	4	1	1	3	6	8	14	20	31	41	53	83	120
	3	1	1	3	5	7	12	17	26	35	45	71	103
	2	1	1	2	4	6	10	14	22	30	38	60	87
	1	1	1	1	3	4	7	10	15	21	27	42	61
	1/0	0	1	1	2	3	6	8	13	18	23	36	52
	2/0	0	1	1	2	3	5	7	11	15	19	31	44
	3/0	0	1	1	1	2	4	6	9	13	16	26	37
	4/0	0	0	1	1	1	3	5	8	10	14	21	31
	250	0	0	1	1	1	3	4	6	8	11	17	25
	300	0	0	1	1	1	2	3	5	7	9	15	22
	350	0	0	0	1	1	1	3	5	6	8	13	19
	400	0	0	0	1	1	1	3	4	6	7	12	17
	500	0	0	0	1	1	1	2	3	5	6	10	14
	600	0	0	0	1	1	1	1	3	4	5	8	12
	700	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	7	10
	750	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	7	10
	800	0	0	0	0	1	1	1	2	3	4	6	9
	900	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4	6	8
	1000	0	0	0	0	0	1	1	1	2	3	5	8
1250	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	4	6	
1500	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	3	5	
1750	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4	
2000	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	4	

Tabla No. 6.5  
Número máximo de conductores en tubo conduit metálico tipo pesado  
(TABLA C8, 2002 NEC)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 6.0 CÁLCULO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

---

### 6.1.1 Cálculo de calibre del conductor

Las ecuaciones y nomenclatura utilizada para el cálculo de los conductores se describen a continuación:

$$I_s = I_n \times 1.25 \quad \text{----- (3)}$$

Donde:

$I_s$  = Corriente de sobrecarga

$I_n$  = Corriente nominal

$$I_c = \frac{I_s}{(FCT)(FCA)} \quad \text{----- (4)}$$

Donde:

$I_c$  = Corriente corregida

$I_s$  = Corriente de sobrecarga

FCT = Factor de corrección por temperatura

FCA = Factor de corrección por agrupamiento

$$\%e = \frac{2 \times \sqrt{3} \times L \times I_n}{E \times \text{mm}^2} \quad \text{----- (5)}$$

Donde:

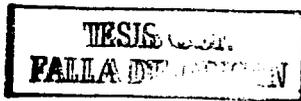
$e\%$  = Caída de tensión en %

$L$  = Longitud del circuito

$I_n$  = Corriente nominal

$E$  = Voltaje de alimentación

$\text{mm}^2$  = Tamaño nominal del conductor elegido



A continuación se describe con un ejemplo la metodología con la cual se calcularon los conductores requeridos en la planta.

## 6.0 CÁLCULO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS

---

Datos requeridos:

H.P. = 50 h.p.

FCT (36°C) = 0.91

FCA (3 conductores en el mismo ducto) = 1

Conductor tipo RHW – RHH a 90 °C de temperatura de operación normal

E = 480 V

L = 110 m

Obteniendo de la **Tabla No. 6.2** la corriente nominal para un motor de 50 H.P.

$$I_n = 65 \text{ A}$$

Calculando la corriente de sobrecarga

$$I_s = 65 \times 1.25 = 81.25 \text{ A}$$

Calculando la corriente corregida

$$I_c = \frac{81.25}{(0.91)(1)} = 89.28 \text{ A}$$

De la **Tabla No. 6.3** se tiene que para una corriente de 89.28 A le corresponde un conductor de calibre 4 AWG o uno inmediato superior, de esta misma tabla se encuentra que el tamaño nominal del conductor de calibre 4 AWG es de 21.15 mm<sup>2</sup>.

Realizando la comprobación por caída de tensión se tiene

$$\%e = \frac{2 \times \sqrt{3} \times 110 \times 65}{480 \times 21.15} = 2.43 \%$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Recordando que para un sistema de fuerza se debe estar por debajo del 3 %, esto nos indica que el cálculo es correcto, pero aplicando el criterio de que puede ser un calibre inmediato superior para no encontrarse en este caso de que casi alcanza el 3 % se tendrá que el conductor elegido para el motor de 50 H.P. será **3 AWG**.

## **6.0 CÁLCULO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS**

---

Para elegir la tubería conduit que se requiere para un calibre **3 AWG** con 3 conductores en la misma tubería se utilizará la **Tabla No. 6.5** la cual indica que un tubo conduit de **27 mm (1 pulgada)** cumple con este requerimiento.

### **6.2 Cedula de cables de fuerza y control**

La cédula de cables de fuerza y control se pueden apreciar en los planos:  
Cedula de cables de fuerza y control (1), planta de gas No. **FCS-E-06** y Cedula de cables de fuerza y control (2), planta de gas No. **FCS-E-07**

## **7.0 DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN ELECTRICA**

---

### **CAPITULO 7**

#### **DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN ELECTRICA**

##### **7.1 Normas y procedimientos aplicables**

El diseño de la subestación eléctrica se realiza en base a las normas nacionales e internacionales y principalmente cumpliendo con la especificación PEMEX GS-E001 REV. 6 y con la norma NOM-001-SEDE-1999 ya que en estas se encuentran los procedimientos a seguir para obtener una subestación se desempeñe satisfactoriamente.

La capacidad de la subestación se fija considerando la demanda inicial de la planta en KVA, más un incremento previendo ampliaciones futuras, esto es importante ya que la planta que se está diseñando solo es una parte de la refinería y por lo tanto se elevará la demanda en corto tiempo, el tener una subestación con una capacidad mayor a la inicial requerida tiene muchas ventajas ya que no se tendrá que construir otra subestación en un corto tiempo, lo cual es muy costoso, además de que se ahorra espacio en zonas que tienen problemas del tipo de disponibilidad de suelo.

La subestación eléctrica principal No.1 se alimenta de una subestación eléctrica de PEMEX existente en 13.8 KV, este voltaje se manipula con el equipo que más adelante se describe, de tal forma que satisface todas las necesidades tanto de niveles de tensión en 0.48 KV como en 0.22 - 0.127 KV, unidades de fuerza ininterrumpibles (UPS) que satisface la demanda de los equipos que no pueden quedar sin suministro de energía como instrumentación e iluminación de emergencia.

##### **7.2 Espacios de trabajo y accesos**

El cuarto eléctrico debe tener dos entradas, una para equipos y otra para el personal. Las puertas se deben localizar en los lados opuestos del cuarto. Las entradas deben tener escalera de concreto. El cuarto de cables también debe tener dos puertas para acceso de personal con el mismo arreglo que el cuarto eléctrico. Todas las puertas deben ser de lámina troquelada, no se aceptan de aluminio.

Las puertas deben abrir hacia afuera, ser a prueba de fuego y deben tener barra de pánico (de emergencia, accionadas por presión de palanca en el interior y por el exterior chapa con llave). Las puertas deben cumplir con el art. 180.B2 del NESC (National Electric Safety Code).

El piso del cuarto de cables debe estar a 0.30 metros arriba del nivel del piso para prevenir inundaciones. Ver **Figura 7.1**.

Los cuartos eléctricos y de cables no deben llevar ventanas. Las puertas de acceso de equipo y de personal en los cuartos eléctricos y de cables no deben localizarse hacia el lado del patio de transformadores ni de las plantas de proceso.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 7.0 DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

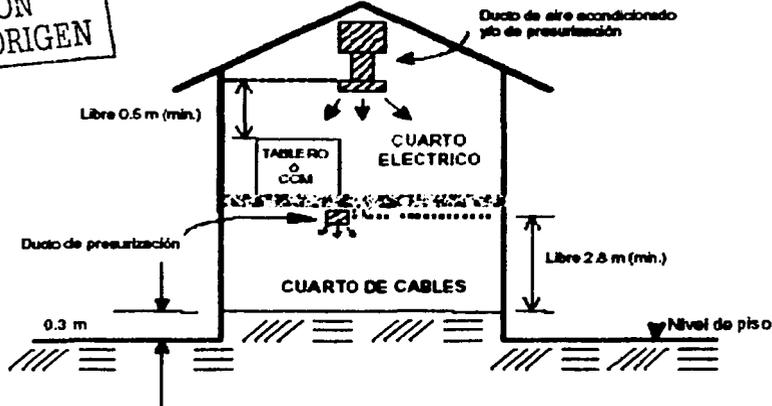


Figura 7.1

### 7.3 Equipo considerado

El equipo principal considerado en la subestación eléctrica es el siguiente:

- Transformadores de potencia
- Centro de Control de Motores (CCM's)
- Tableros
- Baterías y cargador de baterías
- Unidad de fuerza ininterrumpible (UPS)

El arreglo de equipo eléctrico en la subestación eléctrica se muestra en los planos de arreglo de equipo eléctrico en subestación eléctrica principal No. 1, planta baja No. FCS-E-11 y arreglo de equipo eléctrico en subestación eléctrica principal No. 1, planta alta No. FCS-E-12, la descripción de cada uno de estos equipos se enumera a continuación:

TR-1G

TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFÁSICO, 1250 / 1400 KVA, 13.8 / 0.48 KV "OA", 55° / 65 °C, Z = 7.5%, CONEXIÓN DELTA - DELTA.

TR-2G

TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFÁSICO, 1250 / 1400 KVA, 13.8 / 0.48 KV "OA", 55° / 65 °C, Z = 7.5%, CONEXIÓN DELTA - DELTA.

## **7.0 DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA**

---

### **TR-3G**

TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFÁSICO, 1250 / 1400 KVA, 13.8 / 0.48 KV "OA", 55° / 65 °C, Z = 7.5%, CONEXIÓN DELTA - DELTA.

### **TR-4G**

TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFÁSICO, 1250 / 1400 KVA, 13.8 / 0.48 KV "OA", 55° / 65 °C, Z = 7.5%, CONEXIÓN DELTA - DELTA.

### **TR-5G**

TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFÁSICO, 225 / 252 KVA, 0.48 / 0.22 – 0.127 KV "OA", 55° / 65 °C, Z = 4.5%, CONEXIÓN DELTA - ESTRELLA.

### **TR-6G**

TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFÁSICO, 225 / 252 KVA, 0.48 / 0.22 – 0.127 KV "OA", 55° / 65 °C, Z = 4.5%, CONEXIÓN DELTA - ESTRELLA.

### **TDA-1G**

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN EN ALTA TENSIÓN No. 1, 13.8 KV, 3F, 3H, 60 Hz, 1200 AMP., C.I. = 750 MVA, USO INTERIOR, NEMA 1.

### **CCM-1G**

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES No.1, 480 V, 3F, 3H, 60 Hz, 2000 AMP., C.I. = 25,000 A. SIM. USO INTERIOR, NEMA 1.

### **CCM-2G**

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES No.2, 480 V, 3F, 3H, 60 Hz, 2000 AMP., C.I. = 25,000 A. SIM. USO INTERIOR, NEMA 1.

### **TDBT-1G**

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN No.1, 220-127 V, 3F, 4H, 60 Hz, 1000 AMP. C.I. = 18,000 A. SIM., USO INTERIOR, NEMA 1.

### **CB-1G**

CARGADOR DE BATERIAS No.1, 2F, 2H, 220 V.C.A., 60Hz, DE ENTRADA, 125 V.C.D., DE SALIDA, USO INTERIOR, NEMA 1.

### **BB-1G**

BANCO DE BATERIAS NIQUEL-CADMIO, 138 A/H, 125 VCD, USO INTERIOR, NEMA 1.

### **TCD-1G**

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE CORRIENTE DIRECTA No.1, 1F, 2H, 60 Hz, 125 V, 100 AMP. VCD, C.I. = 10,000 A. SIM. USO INTERIOR, NEMA 1.

### **TA-AG**

TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS, 3F, 4H, 220-127 V VCA, 60 Hz., C.I. = 10,000 A. SIM. , USO INTERIOR, NEMA 1.

## **7.0 DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA**

---

### **INV-001G**

GABINETE DE INVERSOR ESTÁTICO, 1F, 2H, 60 Hz, 125 V.C.D. DE ENTRADA Y 3F, 4H, 60 Hz, 220 / 127 V.C.A. DE SALIDA, USO INTERIOR, NEMA 1.

### **CAE-4G**

TABLERO DE ALUMBRADO EXTERIOR, 3F, 4H, 60 Hz, 220 / 127 V, C.I. = 10,000 A. SIM., USO INTERIOR, NEMA 1.

### **TAE-2G**

TABLERO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA INTERIOR, 3F, 4H, 60 Hz, 220 / 127 V, C.I. = 10,000 A. SIM., USO INTERIOR, NEMA 1.

### **UTR-1**

UNIDAD TERMINAL REMOTA No. 1

### **UPS-1C**

UNIDAD DE FUERZA ININTERRUMPIBLE DE 15 KVA. 120 VCA, 1F, 60 Hz DE ENTRADA Y 120 VCA, 1F, 60 Hz DE SALIDA.

### **TF-1G**

TABLERO DE UNIDAD DE FUERZA ININTERRUMPIBLE DE 15 KVA, UPS-1C.

### **TF-2G**

TABLERO DE UNIDAD DE FUERZA ININTERRUMPIBLE DE 15 KVA, UPS-1C

### **TDI-1G**

TABLERO DE DISTRIBUCIÓN A INSTRUMENTOS

## **7.4 Dimensionamiento de la subestación eléctrica**

### **Localización**

La subestación eléctrica debe ser localizada lo más cerca posible del centro de carga eléctrica, en un área no peligrosa y debe estar orientado a favor de los vientos dominantes.

La construcción del edificio debe ser a prueba de fuego y debe tener un cuarto de cables abajo del cuarto eléctrico, con charolas para los cables que accesan a los tableros y centros de control de motores.

### **Distribución de Equipo**

Los tableros de distribución de media, baja tensión y centros de control de motores deben estar localizados en el cuarto eléctrico.

Los tableros de distribución, centro de control de motores y tableros de control, deben tener un bus mímico al frente de ellos. El ancho de las barras principales, debe ser de 19 mm y las derivadas de 6 mm.

## **7.0 DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN ELECTRICA**

---

Los tableros ó CCM'S, deben estar alineados, dejando un pasillo de 2.0 m para labor de operación y mantenimiento entre el frente de los tableros ó CCM'S. En el caso de equipos con arreglo en una sola hilera, también se debe dejar 2.0 m de espacio libre.

También se debe dejar un espacio mínimo de 0.9 m entre la parte posterior del tablero ó del CCM respecto de la pared del cuarto eléctrico. Entre los extremos de cada tablero de distribución ó CCM y la pared, se deben dejar un espacio mínimo de 1.8 m y el espacio entre tableros ó CCM'S adyacentes debe ser al menos de 0.9 m.

Todos los gabinetes metálicos en el cuarto eléctrico y charolas metálicas en el cuarto de cables, deben ser puestos a tierra. El arreglo de charolas en este último cuarto, debe cumplir con la norma NOM-001-SEDE-1999 y no obstruir la circulación del personal.

### **Sistema de Aire Acondicionado y Presurización**

El cuarto eléctrico debe tener aire acondicionado con presión positiva. La presión no debe ser menor de 5.08 mm (0.2") de columna de agua. La toma de aire exterior debe ser por ductos localizada arriba de la azotea del cuarto eléctrico.

En los cuartos eléctricos donde se instale sistema de aire acondicionado, este debe contar invariablemente con un control de humedad.

El cuarto de cables debe tener presión positiva.

El equipo para presurización del cuarto eléctrico se debe suministrar con filtros químicos de acuerdo con las normas ANSI - ISA S-71.01 y S-71.04 y con alarma de falla del equipo al SCD.

El equipo de aire acondicionado y presurizado, debe ser instalado en un local exterior adyacente al cuarto eléctrico. Los serpentines de los evaporadores y condensadores, deben ser de acero inoxidable.

Los equipos deben ser del tipo enfriado por agua. Los indicadores de presión, deben ser localizados en el interior del cuarto eléctrico.

### **Cuarto de Baterías**

Las baterías se deben instalar en un cuarto independiente (cuarto de baterías), localizado en el cuarto de cables y con acceso al exterior.

En el cuarto de baterías se debe instalar un extractor tipo industrial con señal de falla al SCD.

Las baterías deben instalarse con espacio suficiente para tener facilidad de mantenimiento.

El cargador de baterías no debe localizarse en el interior del cuarto donde se aloja el banco de baterías.

### **Patio de Transformadores**

Patio de transformadores: Los transformadores sumergidos en aceite, deben instalarse en un patio de transformadores y cumplir cuando menos con los siguientes requerimientos: Muro de protección contra el fuego y dique para contener los derrames de aceite como se indican en el art. 450.27 de la NOM-001-SEDE-1999.

En ningún caso se permite la instalación de transformadores dentro de las plantas de proceso.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **7.0 DISEÑO DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA**

---

El piso del patio de transformadores debe tener una pendiente hacia el exterior. Este patio no debe quedar del lado de la planta de proceso.

El acceso al área de transformadores debe ser por el exterior y ser rodeada por una malla tipo ciclón con cubierta de PVC. El patio de transformadores debe tener techo desmontable. La malla debe ser puesta a tierra. Los instrumentos de los transformadores deben instalarse de manera que sean visibles desde el exterior del patio de transformadores. Alrededor de los transformadores, se debe dejar un espacio adecuado y "accesible fácilmente" para el personal de mantenimiento.

### **Condiciones, Equipo de Seguridad y Señalización**

Sobre el piso al frente de los tableros, se debe instalar un tapete aislante antiderrapante con la finalidad de tener condiciones de operación seguras. El tapete debe tener una resistencia dieléctrica de 25 kilovolts mínimo. El tapete debe ser de un metro de ancho y a lo largo de todo el tablero ó CCM.

En un muro del cuarto eléctrico, se debe instalar un tablero en acrílico con el diagrama unifilar resaltado, susceptible de modificaciones y con las identificaciones adecuadas. Las dimensiones del tablero así como el código de colores del diagrama unifilar, deben ser aprobados por PEMEX REFINACION.

Las ranuras (huecos) en la losa, para el paso de cables (desde el cuarto de cables hacia el interior de los tableros o CCM's), deben ser sellados con material resistente al fuego (no metálico); de la misma manera se deben sellar las ranuras (huecos) para los equipos de reserva. Las ranuras para futuras secciones de ampliación de tableros o CCM's, se deben cubrir con placa metálica antiderrapante.

Las dimensiones tanto del equipo eléctrico como de la subestación eléctrica se muestra en los planos:

Arreglo de equipo eléctrico en subestación eléctrica principal No. 1, planta baja **No. FCS-E-11** y arreglo de equipo eléctrico en subestación eléctrica principal No. 1, planta alta **No. FCS-E-12**.

## **8.0 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION**

---

### **CAPITULO 8**

#### **DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION**

##### **8.1 Localización de áreas interiores y exteriores**

Básicamente el objetivo de una iluminación bien diseñada es el proporcionar a todo aquel que deba desarrollar un trabajo visual, las máximas posibilidades y facilidades para llevar a cabo su tarea en el ambiente más ideal.

Esencialmente al diseñar una instalación de alumbrado hay que seguir los siguientes pasos:

- 1) Elegir la intensidad de iluminación adecuada al trabajo a desarrollar.
- 2) Seleccionar el tipo de equipo de alumbrado considerando su eficiencia, facilidad de conservación y buscando que su estilo y aspecto exterior vayan de acuerdo con la arquitectura y decoración del lugar donde se instalen.
- 3) Determinar el tipo y tamaño comercial de las fuentes luminosas y por consiguiente la cantidad de equipos de iluminación.
- 4) Distribuir los equipos de alumbrado para que proporcionen una iluminación uniforme, confortable y bien localizada en determinadas zonas en el caso de alumbrado suplementario.
- 5) Proyecto de la instalación eléctrica la cual además de la capacidad apropiada deberá tener suficiente flexibilidad para el control de alumbrado, así como para prever ampliaciones futuras.

Dos de los métodos de cálculo mas usados son el método de Lumen y el de punto por punto. El primero se utiliza donde se requiere de una iluminación uniforme y da como resultado un nivel medio en lux mediante un procedimiento que se menciona más adelante, el segundo método que es el de punto por punto lleva en si un cómputo separado de la contribución de cada luminaria a la iluminación total por lo general se utiliza para el alumbrado de exteriores, aunque se hace uso de este método para algunas aplicaciones de alumbrado de interiores.

El alumbrado de interiores se aplica principalmente a las siguientes áreas:

- áreas en el interior de las subestaciones
- Interior de edificios
- Cuartos de control
- Etc.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El alumbrado de exteriores se aplica principalmente a las siguientes áreas:

- áreas en el exterior de las subestaciones
- Exterior de edificios
- áreas de proceso

## 8.0 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION

---

- Pasillos
- Calles
- Estacionamientos
- Etc.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Tanto en áreas interiores como las exteriores se deben de tomar en cuenta las características de áreas peligrosas mencionadas anteriormente para hacer una correcta elección del equipo a instalar.

Las áreas seleccionadas para la planta de gas son las indicadas en los planos del sistema de iluminación en subestación eléctrica principal No. 1, planta baja No. FCS-E-13 y sistema de iluminación en subestación eléctrica principal No. 1, planta alta No. FCS-E-14.

### 8.2 Métodos de iluminación

Para la aplicación de los métodos de cálculo para alumbrado de interiores y exteriores, es necesario desarrollar un procedimiento básico de cálculo que consta de los siguientes puntos:

#### 1. Nivel de iluminación recomendado

Para determinar el nivel de iluminación recomendado para el plano de trabajo específico a desarrollar, referirse a la tabla de niveles de iluminación recomendados en la NOM-001-SEDE-1999 y API RP-540.

#### 2. Dimensiones del local

Considerar las dimensiones de longitud, ancho y altura del local que se va a iluminar.

#### 3. Reflectancia en paredes, pisos y techos

Ver información de fabricante

#### 4. Factor de mantenimiento (F.M.)

Para calcular el F.M. se debe aplicar la siguiente expresión

$$F.M. = D \times d \quad \text{----- ( 6 )}$$

Donde:

D = Depreciación de lúmenes por luminaria (Ver información de fabricante)

d = Depreciación debida al polvo (Ver información de fabricante)

## 8.0 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION

---

### Alumbrado para interiores

#### Método de Lumen

El método de Lumen se utiliza donde se requiere de una iluminación uniforme y a continuación se mencionan los cálculos necesarios:

1. Desarrollar los cuatro subíndices del procedimiento básico
2. Calcular el coeficiente de utilización de la forma siguiente:
  - a. Calcule la relación del índice de cuarto aplicando la siguiente expresión:

$$Ic = \frac{A \times L}{H(A + L)} \text{ ----- (7)}$$

Donde:

Ic = índice del cuarto

A = Ancho del local

L = Largo del local

H = Altura de montaje (distancia entre el plano de trabajo y la luminaria)

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- b. Con el valor del índice de cuarto obtenido de la expresión anterior, ver información de fabricante y determine el coeficiente de utilización (C.U.).
3. Para determinar el número de luminarias, aplicar la siguiente ecuación:

$$\text{No. de luminarias} = \frac{\text{Nivel luminoso en luxes} \times \text{Area}}{\text{Lumenes por luminaria} \times \text{C.U.} \times \text{F.M.}} \text{ ----- (8)}$$

4. Para conocer el arreglo de luminarios, a lo largo y a lo ancho del local, calcular el espaciamiento entre luminarias aplicando la siguiente expresión:

$$Es = \frac{\text{Area}}{\text{No. Luminarios}} \text{ ----- (9)}$$

**8.0 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION**

---

Donde:

Es = Espaciamiento promedio entre luminarias en metros

5. Arreglo de luminarias

$$\text{Número de luminarias emplazadas a lo largo} = \frac{\text{Largo}}{\text{Es}} \text{ ----- ( 10 )}$$

$$\text{Número de luminarias emplazadas a lo ancho} = \frac{\text{Ancho}}{\text{Es}} \text{ ----- ( 11 )}$$

6. Distancias

Entre luminarias a lo largo del local:

$$\text{Distancia} = \frac{\text{Largo del local}}{\text{Número de luminarias emplazadas a lo largo}} \text{ ----- ( 12 )}$$

Entre luminarias a lo ancho del local:

$$\text{Distancia} = \frac{\text{Ancho del local}}{\text{Número de luminarias emplazadas a lo largo}} \text{ ----- ( 13 )}$$

Entre luminarias y pared a lo largo del local:

$$\text{Distancia} = \frac{\text{Distancia entre luminarias a lo largo del local}}{2} \text{ ----- ( 14 )}$$

Entre luminarias y pared a lo ancho del local:

$$\text{Distancia} = \frac{\text{Distancia entre luminarias a lo ancho del local}}{2} \text{ ----- ( 15 )}$$

## 8.0 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION

---

### Alumbrado para exteriores

#### Método de punto por punto

Aunque por lo general el método de punto por punto se utiliza para alumbrado de exteriores, se utiliza para algunas aplicaciones de alumbrado de interiores y a continuación se mencionan los cálculos necesarios:

1. Desarrollar los cuatro subíndices del procedimiento básico
2. Determinar el número de luminarios requeridos para obtener una iluminación uniforme

Se debe de aplicar el método de Lúmen para determinar el número de luminarios requeridos

3. Distribuir el número de luminarios calculados en el paso 2 sobre el local a iluminar
4. Elegir puntos críticos de iluminación del local
5. Determinar la contribución luminosa (luxes) que proporciona cada luminario sobre el punto crítico de iluminación.  
Calcular el ángulo de incidencia ( $\theta$ ) del haz luminoso de cada luminario sobre el punto crítico de iluminación, ver **Figura 8.1**

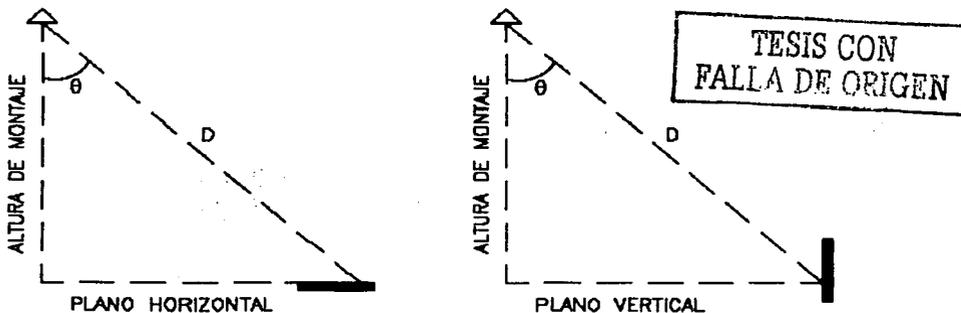


Figura 8.1

## 8.0 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION

---

Aplicar las siguientes ecuaciones:

Para plano horizontal

$$E = \frac{I \times \cos \theta}{D^2} \text{ ----- (16)}$$

Para plano vertical

$$E = \frac{I \times \sin \theta}{D^2} \text{ ----- (17)}$$

Donde:

E = Nivel luminoso en luxes

I = Intensidad luminosa en candelas (Ver datos fotométricos de fabricante)

D = Distancia del luminario al punto crítico en metros

- Determinar el nivel de iluminación en luxes en el punto crítico de iluminación, se deben sumar las contribuciones que proporcionan todos los luminarios en ese punto
- Si el nivel de iluminación obtenido en el paso 6 difiere considerablemente del nivel luminoso requerido se tendrá que modificar la altura del montaje, la potencia del luminario o la distribución de luminarios y repetir el procedimiento desde el paso dos.

### 8.3 Tipo de iluminación recomendada

Una de las primeras decisiones en el diseño de un buen sistema de iluminación es la elección de una fuente de luz. Hay disponible un gran número de fuentes de luz, cada una con su combinación única de características operativas.

A pesar de que hay cientos de lámparas en el mercado hoy en día, estas pueden ser clasificadas por construcción y características operativas, en tres grupos: incandescente, fluorescente y alta intensidad de descarga (HID). Las lámparas HID pueden ser agrupadas en cuatro clases principales: sodio de alta presión, aditivos metálicos, mercurio y sodio de baja presión.

## **8.0 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION**

---

### **Incandescente**

Una lámpara de filamento incandescente es la fuente de luz usada de manera más común en la iluminación residencial. La luz se produce en esta fuente por el calentamiento de un alambre o filamento que alcanza la incandescencia por medio del flujo de corriente a través de él. La corta vida y baja eficacia (lúmenes por watt) de esta fuente, limita su uso principalmente a iluminación comercial de decoración y residencial. La eficacia varía con la potencia y el tipo de filamento, pero generalmente oscila entre 15 y 25 lúmenes por watt para lámparas de servicio general.

La fuente incandescente produce, sin embargo, un rendimiento de temperatura de color altamente aceptada. Es más conveniente que otras fuentes de luz porque puede ser usada directamente en la línea de corriente, por lo que no requiere balastro y puede alterarse la intensidad utilizando equipo simple. Está disponible en diferentes tamaños de foco, formas y distribuciones, para añadir un toque decorativo a un área.

### **Fluorescente**

La lámpara fluorescente produce luz al activar fósforos seleccionados en la superficie interna del foco con energía ultravioleta que es generada por un arco de mercurio. Por las características de un arco gaseoso, se necesita un balastro para iniciar y operar lámparas fluorescentes.

Las ventajas de una fuente de luz fluorescente incluyen eficacia mejorada y una vida más larga que la de las lámparas incandescentes. Las eficiencias de estas lámparas oscilan entre los 45 y los 90 lúmenes por watt. Su baja brillantez de superficie y generación de calor las hacen ideales para oficinas y escuelas, donde el confort térmico y visual son importantes.

Dentro de las desventajas de las lámparas fluorescentes se incluye su gran tamaño para la cantidad de luz producida. Esto dificulta el control de luz, lo que da como resultado un ambiente difuso y sin sombras. Su uso en áreas exteriores es todavía menos económica, porque la salida de luz de esta fuente se reduce a temperaturas ambientes bajas. A pesar de que la eficacia fluorescente es mayor que el de una lámpara incandescente, sólo se pueden lograr altos lúmenes por watt mediante lámparas de sodio de alta presión o de aditivos metálicos.

### **Alta Intensidad de Descarga (HID)**

Las fuentes de alta intensidad de descarga incluyen lámparas de mercurio, aditivos metálicos, sodio de alta presión (HPS) y sodio de baja presión. La luz se produce en las fuentes HID a través de la descarga de un arco gaseoso, usando una variedad de elementos. Cada lámpara HID consiste en un tubo de arco que contiene ciertos elementos o mezcla de elementos, que se gasifican y generan una radiación visible cuando se genera un arco entre los electrodos en cada polo.

Las principales ventajas de las fuentes HID, son su alta eficacia en lúmenes por watt, larga vida de la lámpara y para un buen control de luz. Entre las desventajas se incluyen la necesidad de un balastro para regular la corriente de la lámpara y el voltaje así como ayuda para el arranque de HPS y el retraso en reiniciar instantáneamente después de una interrupción de energía momentánea.

## **8.0 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION**

---

### **Mercurio (MV)**

La fuente de mercurio fue la primer lámpara HID diseñada que llenó la necesidad de una lámpara de alta salida, más eficiente pero compacta. Cuando recién se diseñó, la principal desventaja de esta lámpara era su pobre rendimiento de color. El color de la lámpara blanca deluxe se mejora enormemente por medio del uso una capa de fósforo sobre el foco.

La vida de las lámparas de mercurio es buena, en promedio 24,000 horas para la mayoría de las lámparas de mayor potencia. Sin embargo, la salida de luz disminuye en mayor medida con el paso del tiempo, por lo que la vida operacional económica es muy corta. La eficacia oscila entre los 30 y 60 lúmenes por watt, siendo las potencias más altas, más eficientes que las más bajas.

Al igual que otras lámparas HID, el arranque de una lámpara de mercurio no es inmediato; sin embargo, el tiempo de arranque es corto, 47 minutos para lograr la máxima salida, dependiendo de la temperatura ambiente.

### **Aditivos Metálicos (MH)**

Las lámparas de aditivos metálicos son similares en construcción a las lámparas de mercurio, con la adición de otros elementos metálicos en el tubo de arco. Los mayores beneficios de este cambio, son un incremento en la eficacia de 60 a 100 lúmenes por watt y una mejora en el rendimiento de color al grado que esta fuente es adecuada para áreas comerciales. El control de luz de una lámpara de aditivos metálicos es más precisa que el de una lámpara de mercurio deluxe ya que la luz emana del pequeño tubo de arco, no de la parte externa del foco de la lámpara recubierta.

Una desventaja de la lámpara de aditivos metálicos es una vida más corta (7,500 a 20,000 horas) comparada con las lámparas de mercurio y de sodio de alta presión. El tiempo de arranque de la lámpara de aditivos metálicos es aproximadamente la misma que para lámparas de mercurio. Sin embargo, el reinicio, después que una reducción del voltaje ha extinguido la lámpara, puede tomar bastante más tiempo, de cuatro hasta doce minutos dependiendo del tiempo que la lámpara requiera para enfriarse.

### **Sodio de alta presión (HPS)**

En la década de los setenta, al tiempo que los crecientes costos de energía ponían mayor énfasis en la eficiencia de la iluminación, las lámparas de sodio de alta presión (desarrolladas en la década de los sesenta) lograron un uso generalizado. Con eficacias que van desde 80 a 140 lúmenes por watt, estas lámparas proveen hasta siete veces más luz por watt que las incandescentes y cerca del doble que algunas de mercurio o fluorescentes. La eficacia de esta fuente no es su única ventaja; una lámpara HPS también ofrece una vida más larga (24,000 horas) y las mejores características de mantenimiento de Lúmen de todas las fuentes HID.

La mayor objeción al uso de las HPS es su color amarillento; ideal para la mayoría de las aplicaciones industriales y exteriores.

## **8.0 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION**

---

### **Sodio de baja presión (LPS)**

El sodio de baja presión ofrece la eficacia inicial más alta de todas las lámparas en el mercado hoy en día, desde 100 hasta 180 lúmenes por watt. Sin embargo, el que la salida de las LPS está en la porción amarilla del espectro visible, esto produce un rendimiento de color en extremo pobre y desagradable. El control de esta fuente es más difícil que otras fuentes HID por el gran tamaño del tubo de arco. La vida promedio de las lámparas de sodio de baja presión es de 18,000 horas. A pesar que el mantenimiento de Lúmen a lo largo de su vida es bueno con las LPS, hay un contrapeso por el incremento en la potencia de la lámpara, lo que reduce la eficiencia de este tipo de lámpara con el uso.

Analizando lo anterior y la experiencia adquirida se indica en la especificación PEMEX GS-E001 REV. 6 que las luminarias recomendadas son las siguientes:

- Las luminarias de alumbrado para interior de edificios, deben ser del tipo fluorescente y equipadas con reflector parabólico para ahorro de energía.

Se usaran luminarias marca Holophane de 2 x 32 W T8 con balastro electrónico integrado tipo industrial.

- Las luminarias de alumbrado para exteriores, deben ser tipo de vapor de sodio alta presión.

Se usaran luminarias marca Holophane, una lámpara de 100 W de vapor de sodio a alta presión con balastro integrado.

### **8.4 Normas y procedimientos aplicables**

Todas las áreas de proceso, áreas generales, edificios y calles de la planta, deben ser adecuadamente iluminadas de acuerdo con los niveles de iluminación indicados en el API RP-540, además se debe cumplir con lo señalado en la NOM-001-SEDE-1999.

En la actualidad los fabricantes de luminarias manejan programas de cálculo de iluminación por computadora que facilitan enormemente el trabajo de cálculo, pero no tiene contempladas todas las variables por lo que es necesario aplicar los criterios expuestos con anterioridad para hacer una selección adecuada de la luminaria, determinar el nivel de iluminación y aplicar los factores necesarios para calcular con la mayor exactitud la cantidad de luminarias, estos programas de cálculo por computadora tienen la gran ventaja de realizar los cálculos con gran rapidez y nos dan diferentes resultados según los parámetros que se consideren, obteniendo los siguientes informes:

- Cantidad de luminarias
- Ubicación de las luminarias
- Nivel de iluminación promedio mantenido

## **8.0 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION**

---

- Resultado en punto por punto
- Punto de iluminación máximo
- Punto de iluminación mínimo
- Resultado en curvas de nivel
- Otros

Por lo anterior un programa de cálculo de iluminación por computadora es, en estos días, una arma sumamente útil para el desarrollo de la ingeniería de iluminación.

Uno de estos programas es "Visual" el cual fue realizado por la compañía "Lithonia Lighting Group" este contiene toda la información de los productos de marca "Lithonia" y "Holophane".

El programa utiliza principalmente los dos métodos descritos en este capítulo que es el método de Lúmen y el método de punto por punto, una de las principales ventajas de este programa es que al introducir los datos necesarios nos da datos de punto por punto rápidamente comprobando así el nivel de iluminación en luxes de cada punto crítico de iluminación y si no se estuviera cumpliendo con los requerimientos, rápidamente se pueden realizar correcciones y ver los resultados nuevamente.

A continuación se hace una breve descripción del programa ya que no es la finalidad el explicarlo detalladamente.

Se puede hacer uso del cálculo por método de Lúmen en 5 pasos:

## 8.0 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION

Paso 1:

Se introducen los siguientes datos

- Dimensiones del cuarto: largo, ancho y altura
- Reflectancias del cuarto: techo, paredes y piso
- Sistema de unidades: pies o metros

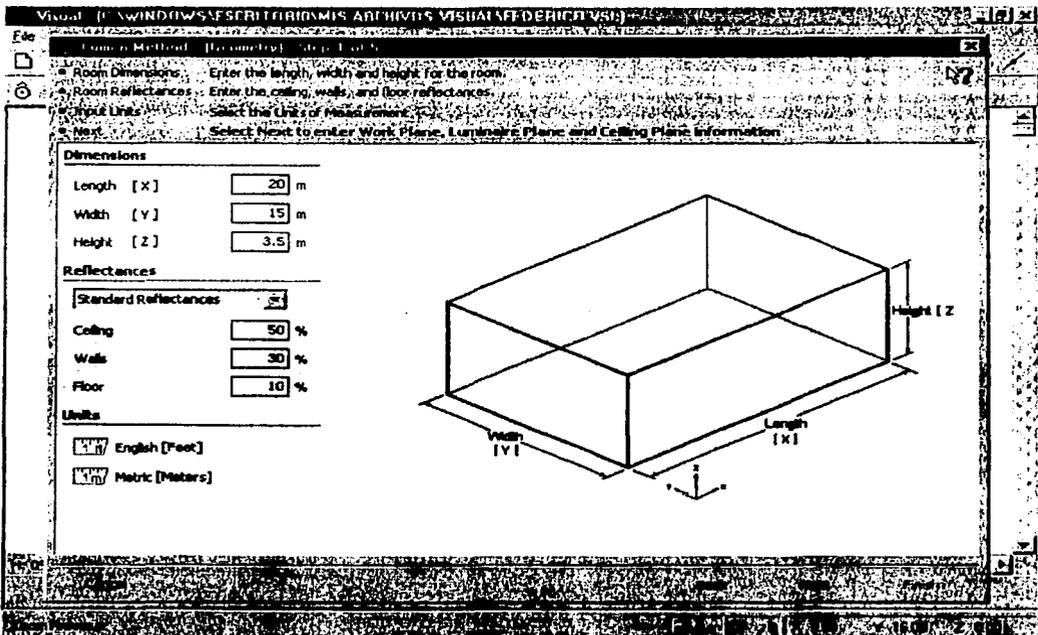


Figura 8.2

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 8.0 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION

Paso 2:

TESIS CON  
FALLA DE ORIENTACION

Se introducen los siguientes datos

- Altura del plano de trabajo
- Altura de instalación de las luminarias desde nivel de piso
- Tipo de techo

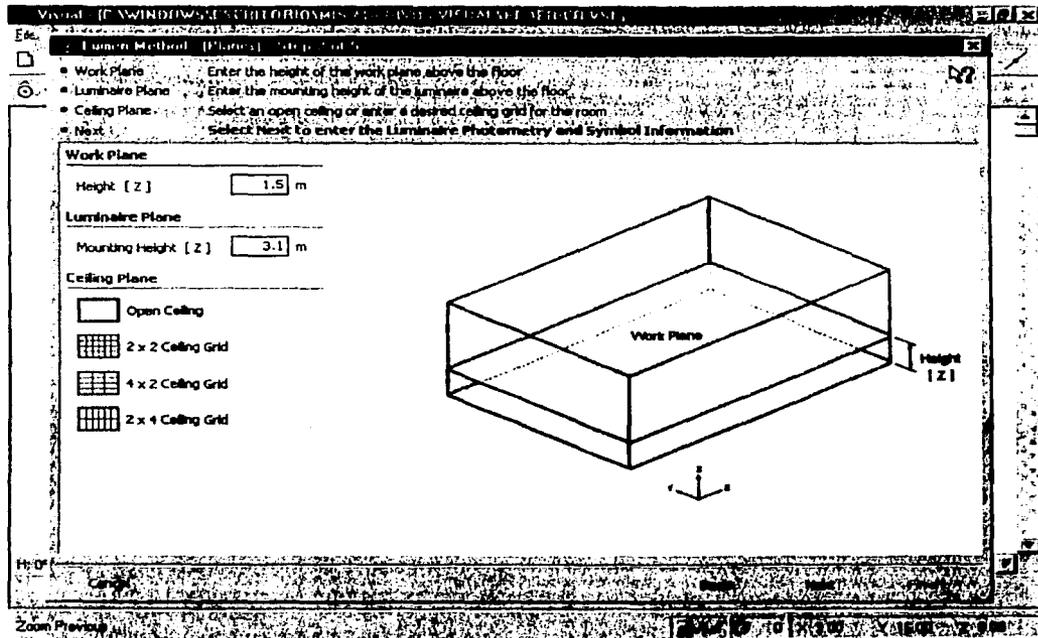


Figura 8.3

## 8.0 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION

Paso 3:

Se introducen los siguientes datos

- Se selecciona el archivo fotométrico de la luminaria requerida
- Símbolo de la luminaria

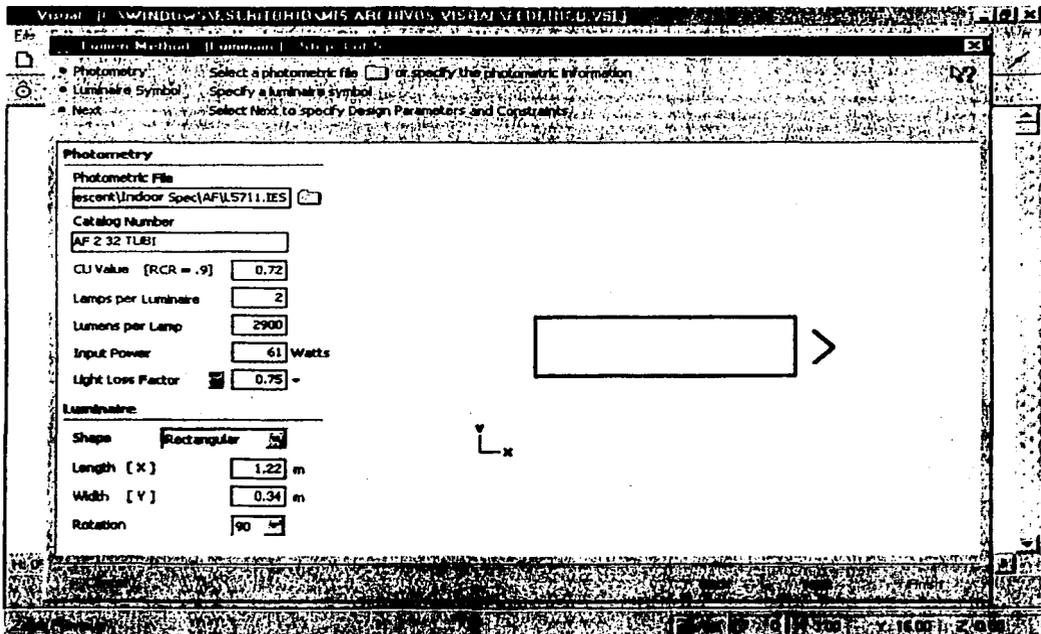


Figura 8.4

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 8.0 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION

Paso 4:

Hay varias formas de introducir datos para obtener los lux necesarios, algunas de estas son:

- Número de lux requeridos para el tipo de cuarto
- Número de luminarias
- Número y forma de acomodo de luminarias

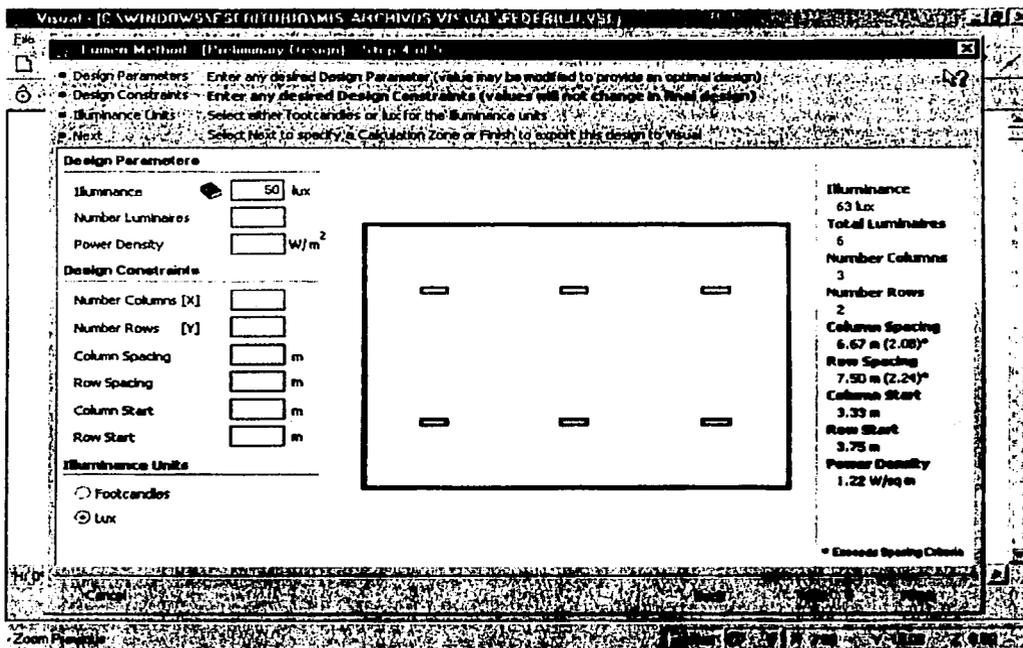


Figura 8.5

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 8.0 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION

Paso 5:

Elegir el número de puntos en los que requiero observar el número de luxes

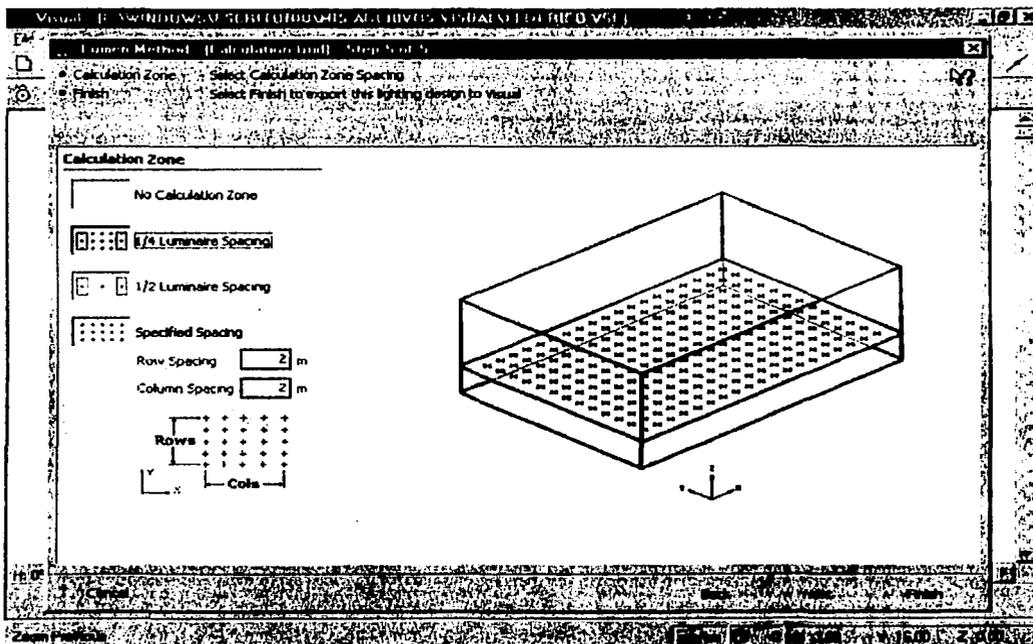


Figura 8.6

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 8.0 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACION

Resultado final:

Aquí ya se puede observar el resultado final en el que se encuentran la localización de las luminarias, el número de luxes en cada punto, así como un cuadro de estadísticas en el que me indica tanto datos de las luminarias como del número de luxes del cuarto.

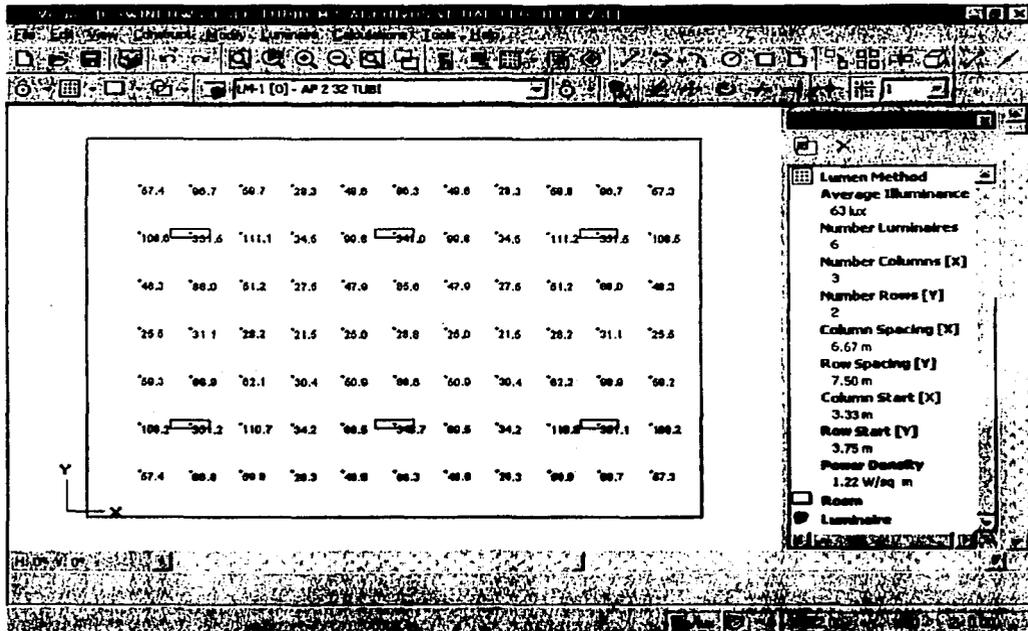


Figura 8.7

El resultado de aplicar estos procedimientos se puede observar en los planos de sistema de iluminación en subestación eléctrica principal No. 1, planta baja No. FCS-E-13 y sistema de iluminación en subestación eléctrica principal No. 1, planta alta No. FCS-E-14, el cuadro de cargas del sistema de iluminación en el plano de cuadro de cargas del sistema de iluminación en subestación eléctrica principal No. 1 No. FCS-E-15.

## 9.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS

---

### CAPITULO 9

#### DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS

Uno de los aspectos principales para la protección contra sobretensiones es el de disponer de una red de tierra adecuada, a la cual se conectan neutros de los aparatos, los cables de guarda, las estructuras metálicas, los tanques de los aparatos y todas aquellas partes metálicas que deben estar a potencial de tierra.

La necesidad de contar con una red de tierra es la de cumplir con las siguientes funciones:

- Limitar las sobretensiones por descargas atmosféricas o por operación de interruptores.
- Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes de tierra, ya sea que se deban a una falla de corto circuito o a la operación de un pararrayo, sin exceder los límites de operación de los equipos.
- Evitar que durante la circulación de estas corrientes de tierra en condiciones de cortocircuito puedan producirse diferencias de potencial entre distintos puntos, lo cual significa un peligro para el personal.
- Dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio eléctrico.

La conducción de altas corrientes a tierra en instalaciones eléctricas debidas a disturbios atmosféricos o a fallas del equipo, obliga a tomar precauciones para que las tensiones resultantes no ofrezcan peligro al personal que labora en el área. Intensidades del orden de miles de amperes producen gradientes de potencial elevados en la vecindad del punto de contacto a tierra, y si además se da la circunstancia de que algún ser vivo se apoye en dos puntos entre los cuales exista una diferencia de potencial, puede sufrir una descarga eléctrica que sobrepase el límite de su contractilidad muscular y provoque su caída. En tal situación la corriente que circula por el cuerpo aumenta, y si por desgracia esta pasa por algún órgano vital como el corazón, puede originar fibrilación ventricular y sobrevenir la muerte. Los efectos mas comunes de la corriente que circula a través del cuerpo humano dependen de la magnitud, duración y frecuencia de esta.

En orden de magnitud son:

De 1 a 2 mA	Es el umbral de percepción (hormigueo)
De 2 a 9 mA	Contracción muscular involuntaria, pero se pueden soltar los objetos
De 9 a 25 mA	Dolor. No se pueden liberar los objetos agarrados
De 25 a 60 mA	Se dificulta la respiración. Es el valor máximo que puede atravesar un corazón sano
De 60 a 100 mA	Produce fibrilación cardiaca y paro respiratorio

Se pueden tolerar intensidades altas de corriente sin originar fibrilación, si la duración es muy corta y las frecuencias menores de 25 Hz o de corriente directa.

## **9.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS**

---

### **9.1 Normas y estándares aplicables**

Se diseñará una red de tierras en donde el calibre de la malla principal, su longitud número de varillas y demás parámetros eléctricos, se determinaran de acuerdo al estándar ANSI/IEEE-80 última edición y NOM-001-SEDE-1999.

La resistencia máxima de la red general de tierras será de acuerdo a las recomendaciones de las normas nacionales e internacionales.

### **9.2 Tipos de sistemas de tierra para equipo de proceso y para cuartos de control**

Fundamentalmente los sistemas de conexión a tierra tienen las siguientes aplicaciones:

#### **a) Neutro a tierra para subestaciones de fuerza**

El punto neutro de alto y bajo voltaje en sistemas de corriente alterna se conecta a tierra. Cuando el neutro de un sistema no se conecta a tierra, en caso de falla de línea a tierra se presentarían sobre voltajes transitorios, los cuales pueden tener un valor de varias veces el voltaje nominal, estos sobre voltajes pueden ocasionar fallas de aislamiento en otras partes del sistema. En resumen una falla línea a tierra en un circuito puede ocasionar un daño al equipo e interrupción del servicio en otros circuitos.

Las fallas de línea a Tierra en los sistemas no aterrizados causan el flujo de pequeñas corrientes de falla a tierra, que fluyen a través de la capacitancia de cables, transformadores y otros equipos eléctricos en el sistema y no son fáciles de detectar debido a que no son lo suficientemente grandes para accionar los mecanismos de protección, pero pueden ocasionar daños considerables si se permite que fluyan por un periodo largo.

Las ventajas en la operación de un sistema con neutro aterrizado son las siguientes:

- 1) Reducción del mantenimiento debido a la reducción de la magnitud de sobretensiones transitorias.
- 2) Simplifica la localización de la falla a tierra.
- 3) Mejora la operación del equipo de protección contra fallas.
- 4) Mejora la confiabilidad del servicio
- 5) Gran seguridad para el personal y equipo.

En los sistemas de puesta a tierra existen varios métodos, siendo los principales y más usuales:

- 1) Neutro conectado solidamente a tierra.
- 2) Conexión a tierra por resistencia.
- 3) Conexión a tierra por reactancia.

## **9.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS**

---

b) Conexión a tierra de los circuitos secundarios de los transformadores de medición.

Los secundarios de los transformadores se conectan a tierra por las siguientes causas principales:

- 1) Eliminar la carga estática del instrumento.
- 2) Protección del transformador.
- 3) Mayor seguridad del operador.

c) Conexión a tierra de estructuras metálicas o carcazas.

El objetivo principal es la protección contra choques o daños eléctricos causados por corrientes locales. Básicamente se establece que la resistencia de toda trayectoria a tierra sea bastante baja para poder dar paso a las corrientes de magnitud considerable, que hacen funcionar un fusible de gran capacidad o el mecanismo de disparo de un circuito de protección para condiciones de falla fase a estructura o carcasa. Otro objetivo de esta conexión a tierra es la de evitar la producción de electricidad estática en el equipo mecánico.

d) Protección contra descargas atmosféricas, en subestaciones, líneas de alta tensión, plantas generadoras, edificios y estructuras.

Para protección contra estas descargas atmosféricas, se requieren dispositivos tales como apartarrayos y pararrayos, los cuales requieren una conexión a tierra de baja resistencia, que siga una trayectoria corta y directa para limitar el radio de acción del alto voltaje alrededor del electrodo.

A continuación se enumeran las características principales que se deben tomar en cuenta para el sistema de tierras y puesta a tierra que se recomiendan en la especificación PEMEX GS-E001 REV. 6.

### **Sistema de Tierras:**

1. Se debe efectuar el estudio de la resistividad del terreno en el cual se ubicarán las nuevas instalaciones.
2. Los arreglos típicos de las mallas de tierras, deben ser de acuerdo a la Norma IEEE 80. En las subestaciones los conductores paralelos, no deben tener una separación mayor a 7 m; en las áreas de proceso, la separación de los conductores paralelos no debe ser mayor de 15 m.
3. La malla principal en las subestaciones debe formarse con cable de cobre desnudo, temple semiduro, con un calibre no menor de 4/0 AWG.
4. La malla principal en edificios y/o plantas de proceso, debe formarse con cable de cobre desnudo temple semiduro con calibre no menor de 2/0 AWG.

## **9.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS**

---

5. La malla de tierras debe ser enterrada a una profundidad de 0.6 m del nivel de piso terminado.
6. El sistema de tierras debe tener los siguientes elementos: malla a base de cable de cobre, electrodos de puesta a tierra, conectores y registros de tierras para poder efectuar mediciones. En ningún caso se aceptan registros de tierras con tratamiento químico.
7. Se deben usar conectores del tipo fundible para las conexiones del cable en la malla de tierras.
8. El valor de la resistencia a tierra de los electrodos no debe ser mayor de 5 ohms.
9. El sistema de tierras del SCD y equipos electrónicos como el de radiocomunicación, debe ser independiente del sistema para equipo eléctrico y el valor máximo de la resistencia a tierra debe ser el especificado por el fabricante de los equipos.

### **Puesta a tierra:**

1. En general se debe cumplir con la norma NOM-001-SEDE-1999, prevaleciendo los requerimientos de esta especificación que mejoran los requisitos mínimos de la norma mencionada.
2. Todo equipo o dispositivo eléctrico, debe ser conectado a la red de tierras con cable de cobre desnudo semiduro, calibre 2 AWG.
3. Las siguientes instalaciones típicas deben ser conectadas a tierra:
  - a) Partes metálicas no portadoras de corriente de los equipos eléctricos.
  - b) Estructuras de acero.
  - c) Equipos de Proceso.
  - d) Máquinas aisladas del motor eléctrico.
  - e) Tuberías de proceso.
  - f) Tanques de almacenamiento.
4. La conexión a tierra, debe ser común a la red del sistema de tierras, para cada edificio o área de proceso, con cable de cobre desnudo temple semiduro, calibre 2/0 AWG, con conectores del tipo fundible que deben conectar todas las esquinas y cruzamientos intermedios de los conductores.

## **9.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS**

---

5. Si el equipo es sólidamente montado en estructuras metálicas o bastidor, no requiere ser individualmente conectado a tierra. Para recipientes metálicos y equipos industriales o de proceso, se debe usar una placa soldada para la instalación de un conector de cobre, tipo mecánico para cable calibre 2 AWG.
6. Todos los tanques de almacenamiento con capacidad hasta de 200 MB, se deben conectar a tierra cuando menos en dos puntos (en extremos del diámetro del tanque). Los tanques de 500 MB, se deben conectar a tierra al menos en 4 puntos.
7. Las estaciones de botones para arranque y paro de los motores deben ser puestas a tierra con cable de cobre calibre 2 AWG.
8. En las charolas para cables de la subestación, se debe instalar en toda su trayectoria un cable de cobre desnudo calibre 2 AWG, debidamente sujeto en la charola y conectado en sus extremos a la red de tierras.
9. Para la puesta a tierra de los equipos se debe usar conector mecánico de cobre, y la conexión a la red de tierras se debe usar conector tipo fundible.
10. Para protección mecánica del cable de puesta a tierra que sale de la red subterránea hacia los equipos, dispositivos o estructuras, debe ser alojado en un tramo de tubo conduit, incluyendo su monitor.  
La salida del conductor de puesta a tierra no debe obstruir la circulación ni áreas de trabajo.
11. Las estructuras de subestaciones tipo exterior así como los equipos instalados, deben conectarse a tierra. Las cercas metálicas y los postes de las esquinas, deben conectarse a tierra.
12. Las pantallas electrostáticas de los cables en media tensión, deben conectarse a tierra con cable de cobre calibre 2 AWG. En el extremo del alimentador a la llegada de la subestación, y donde cuente con transformador de corriente tipo dona para protección por falla a tierra, las pantallas se deben retornar a través de la dona para anular las corrientes generadas por inducción externa.

Adicionalmente la protección contra descargas estáticas se debe realizar de la siguiente manera:

### **Protección contra descargas estáticas:**

1. Las tuberías de proceso en trayectorias paralelas, deben ser conectadas a tierra, juntas en el rack de tuberías y en la entrada de la planta de proceso a intervalos de 50 m.
2. Puenteado de tuberías: Se debe efectuar cuando las bridas de las tuberías de proceso, son eléctricamente aisladas.  
El puenteado de tubería conduit no es necesario.
3. En los casos de las llenaderas, agitadores, auto tanques y carros tanque, y otros equipos y dispositivos, se debe cumplir con la Norma API RP 2003.

## 9.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS

---

La metodología para el cálculo de los elementos del sistema de tierra es el siguiente.

Datos necesarios:

Temperatura ambiente ( $T_a$ ) = 36 °C

Corriente de corto circuito ( $I_f = I_o$ ) = 33000 A

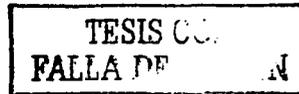
Resistividad del terreno ( $\rho$ ) = 100  $\Omega$ -m

Resistividad superficial del terreno (roca compacta) ( $\rho_s$ ) = 10000  $\Omega$ -m

Tiempo de duración de la falla ( $t_s$ ) = 0.1333 seg (8 ciclos)

Temperatura máxima del conector (tipo soldable) ( $T_m$ ) = 450 °C

Longitud de la varilla (tipo Copperweld) = 3 m



1) Corriente máxima eficaz de falla a tierra

$$I_{cc} = I_o \times F.D. \times F.S. \quad \text{----- (18)}$$

Donde:

$I_{cc}$  = Corriente de corto circuito corregida en amperes

$I_o$  = Corriente de corto circuito de falla a tierra en amperes

F.D. = Factor de decremento

F.S. = Factor de seguridad (utilizar un valor de 1.0 a 1.5 para considerar un futuro aumento de la corriente de falla a tierra)

$$I_{cc} = 33000 \times 1.20 \times 1.0 = 39600 \text{ A}$$

2) Calibre mínimo del conductor

$$A = \frac{I_{cc}}{\sqrt{\log_{10} \left( \frac{T_m - T_a}{234 + T_a} + 1 \right) \times 33 \times t_s}} \quad \text{----- (19)}$$

## 9.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS

Donde:

A = Sección transversal del conductor en circular mils

I<sub>cc</sub> = Corriente corregida en amperes

t<sub>s</sub> = Tiempo en segundos, durante el cual circula la corriente de corto circuito

T<sub>m</sub> = Temperatura máxima permisible en el conector, en grados centígrados

T<sub>a</sub> = Temperatura ambiente, en grados centígrados

$$A = \frac{39600}{\sqrt{\frac{\log_{10} \left( \frac{450 - 36}{234 + 36} + 1 \right)}{33 \times 0.1333}}} = 130720 \text{ CM}$$

El calibre que corresponde a 130720 CM es 2 / 0 AWG pero por lo indicado en el artículo 20.1.4 de la ESPECIFICACION PEMEX GS-E001 REV. 6 el calibre mínimo que se debe usar es de 4 / 0.

### 3) Malla propuesta

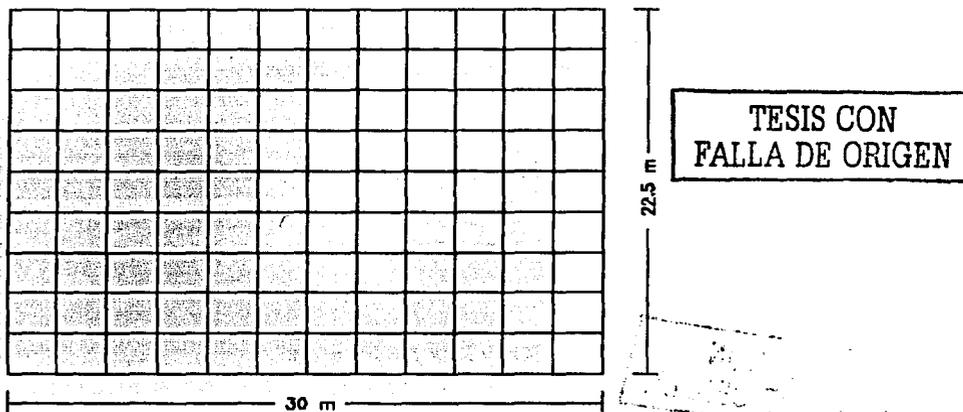


Figura 9.1

## 9.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS

---

Los datos de esta malla son los siguientes:

Area total de la malla propuesta ( $A_r$ ) =  $22.5 \times 30 \text{ m}^2$

Número de conductores horizontales ( $n$ ) = 10

Número de conductores verticales ( $n$ ) = 13

Distancia entre un conductor y otro ( $D$ ) = 2.5 m

Profundidad de la red ( $h$ ) = 0.6 m

Longitud del conductor

Conductores horizontales =  $10 \times 30 = 300 \text{ m}$

Conductores verticales =  $13 \times 22.5 = 292.5 \text{ m}$

Total =  $300 + 292.5 = 592.5 \text{ m}$

### 4. Número de electrodos

$$N_v = 0.6 \sqrt{A_r} \quad \text{----- (20)}$$

Donde:

$N_v$  = Número de varillas

$A_r$  = Area total de la malla propuesta en metros cuadrados

$$N_v = 0.6 \sqrt{(22.5 \times 30)} = 15.58 \approx 16$$

### 5. Longitud del conductor requerido

$$L = \frac{K_m \times K_i \times \rho \times I_{cc} \times \sqrt{t_s}}{116 + 0.17 \times \rho_s} \quad \text{----- (21)}$$

Donde:

$L$  = Longitud mínima requerida en la red de tierras, en metros

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 9.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS

$K_m$  = Coeficiente que toma en cuenta el número de conductores horizontales "n", su diámetro "d", profundidad de instalación "h" y espaciamiento entre conductores "D".

$K_i$  = Factor de corrección por irregularidad, n indica el número de conductores horizontales

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \left( \frac{D^2}{16 \times h \times d} \right) + \frac{1}{\pi} \ln \left( \frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \dots \right) \quad \text{----- (22)}$$

El número de factores del segundo término es igual al número de conductores horizontales menos dos, o sea 8

$$K_m = \frac{1}{2\pi} \ln \left( \frac{2.5^2}{16 \times 0.6 \times 11.684 \times 10^{-3}} \right) + \frac{1}{\pi} \ln \left( \frac{3}{4} \times \frac{5}{6} \times \frac{7}{8} \times \frac{9}{10} \times \frac{11}{12} \times \frac{13}{14} \times \frac{15}{16} \times \frac{17}{18} \right)$$

$$K_m = 0.3241$$

$$K_i = 0.65 + 0.172 (n \text{ horizontales}) \quad \text{----- (23)}$$

$$K_i = 0.65 + 0.172 (10) = 2.37$$

por lo tanto:

$$L = \frac{0.3241 \times 2.37 \times 100 \times 39600 \times \sqrt{0.1333}}{116 + 0.17 \times 10000} = 611.536 \text{ m}$$

Condición para continuar con el cálculo

$$L < L_{prop} \quad \text{----- (24)}$$

$$L_{prop} = (\text{No. cond. verticales} \times \text{long.}) + (\text{No. cond. horizontales} \times \text{long.}) + (N_v \times \text{long.}) \quad \text{---}$$

$$\text{--- (25)}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 9.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS

---

Donde:

Lprop = Longitud del conductor de la malla propuesta

L = Longitud mínima requerida en la red de tierras

$$L_{prop} = (13 \times 22.5) + (10 \times 30) + (16 \times 3) = 640.5 \text{ m}$$

$$611.536 < 640.5 \text{ m}$$

Lo cual es correcto.

### 6. Resistencia de la red

$$R = \frac{\rho}{4r} + \frac{\rho}{L_{prop}} \text{ ----- (26)}$$

Donde:

R = resistencia de la red

$$r = \sqrt{\frac{Ar}{\pi}} \text{ ----- (27)}$$

$$r = \sqrt{\frac{(22.5 \times 30)}{\pi}} = 14.6581$$

$$R = \frac{100}{4(14.6581)} + \frac{100}{640.5} = 1.86 \Omega$$

En la especificación PEMEX GS-E001 REV. 6 se indica que la resistencia total de la red de tierras debe ser menor a 5  $\Omega$  lo cual se cumple

$$1.86 < 5 \Omega$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 9.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS

---

### 7. Máximo aumento de potencial en la red

$$E = I_{cc} \times R \quad \text{----- ( 28 )}$$

$$E = 39600 \times 1.86 = 73656 \text{ V}$$

### 8. Potenciales tolerables

$$E_p = \frac{116 + 0.7 \rho_s}{\sqrt{t_s}} \quad \text{----- (29)}$$

Donde:

$E_p$  = Potencial de paso

$$E_p = \frac{116 + 0.7 (10000)}{\sqrt{0.1333}} = 19490.4 \text{ V}$$

$$E_c = \frac{116 + 0.17 \rho_s}{\sqrt{t_s}} \quad \text{----- (30)}$$

Donde:

$E_c$  = Potencial de contacto

$$E_c = \frac{116 + 0.17 (10000)}{\sqrt{0.1333}} = 4973.94 \text{ V}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 9.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS

---

### 9. Potenciales probables

$$E_{pr} = K_s \times K_i \times \rho \times \frac{I_{cc}}{L_{prop}} \quad \text{----- (31)}$$

Donde:

$E_{pr}$  = Potencial de paso en la red, en volts

$K_s$  = Coeficiente que toma en cuenta la geometría de la red, profundidad de instalación "h" y el espaciamiento entre los conductores "D"

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left( \frac{1}{2h} + \frac{1}{D+h} + \frac{1}{2D} + \frac{1}{3D} + \dots + \frac{1}{(n-1)D} \right) \quad \text{----- (32)}$$

Donde:

n = número de conductores verticales

$$K_s = \frac{1}{\pi} \left( \frac{1}{2(0.6)} + \frac{1}{2.5+0.6} + \frac{1}{2 \times 2.5} + \frac{1}{3 \times 2.5} + \frac{1}{4 \times 2.5} + \frac{1}{5 \times 2.5} + \frac{1}{6 \times 2.5} + \frac{1}{7 \times 2.5} + \frac{1}{8 \times 2.5} + \frac{1}{9 \times 2.5} + \frac{1}{10 \times 2.5} + \frac{1}{11 \times 2.5} + \frac{1}{12 \times 2.5} \right)$$

$$K_s = 0.635$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

$$E_{pr} = 0.635 \times 2.37 \times 100 \times \frac{39600}{640.5} = 9304.61 \text{ V}$$

$$E_m = K_m \times K_i \times \rho \times \frac{I_{cc}}{L_{prop}} \quad \text{----- (33)}$$

Donde:

$E_m$  = Potencial de malla

---

## 9.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS

---

$$E_m = 0.3241 \times 2.37 \times 100 \times \frac{39600}{640.5} = 4749.01 \text{ V}$$

### 10. Verificar condiciones de seguridad

$$E_{pr} < E_p$$

$$E_m < E_c$$

$$9304.61 < 19490.4 \text{ V}$$

$$4749.01 < 4973.94 \text{ V}$$

Lo cual verifica que los cálculos se han realizado correctamente

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 9.3 Métodos de protección para descargas atmosféricas

1. Para protección de los cuartos de control, compresores de gas y equipo eléctrico, se deben instalar puntas pararrayos (puntas de Faraday) con una distribución adecuada de acuerdo a la Norma NFPA 780. En el caso de los cuartos que estén cubiertos por un cono de protección de estructuras adyacentes, no se requiere instalar puntas pararrayos. La conexión a tierra de las bajadas de las puntas pararrayos, debe ser independiente de la red de tierras de las subestaciones y plantas de proceso.
2. La protección se debe aplicar en estructuras de 20 m de altura y mayores.
3. En área protegida de descargas atmosféricas, la instalación debe ser diseñada por el siguiente criterio:

## 9.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE TIERRAS Y PARARRAYOS

---

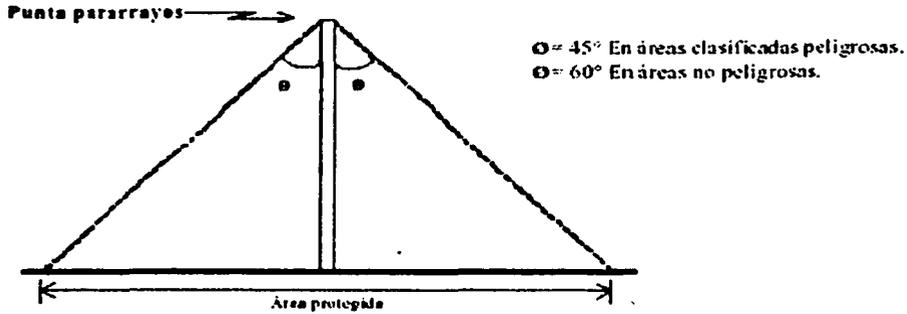


Figura 9.2

4. Las torres de las plantas de proceso, independientemente del espesor que tenga la placa metálica de la torre, deben protegerse contra descargas atmosféricas.
5. Las estructuras de acero y equipo, no requieren la instalación de puntas pararrayos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **10.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL**

---

### **CAPITULO 10**

#### **DISEÑO DEL SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL**

##### **10.1 Diseño de trayectorias de canalizaciones para conductores eléctricos de fuerza y control**

La distribución de fuerza en la planta se muestra en el plano de sistema de fuerza y control, planta de gas No. **FCS-E-16** y es de suma importancia debido a que muestra la distribución de los ductos de concreto conteniendo tuberías que llevan llevan los calibres adecuados para alimentar las diferentes cargas.

Para la elaboración de este plano es necesario tener la siguiente información:

1. Localización de todo el equipo eléctrico a ser alimentado.
2. Datos de las cimentaciones que puedan interferir con los ductos eléctricos.
3. Datos de tuberías subterráneas (de proceso y los diversos tipos de drenaje) que puedan interferir con los ductos eléctricos.

Una vez obtenida esta información de los diversos departamentos que intervienen en el proyecto y con la localización del cuarto de control, ya es posible comenzar a trazar las trayectorias de los ductos tomándose en cuenta que cada uno consistirá de un determinado número de tuberías, dependiendo éste del número de equipos eléctricos a ser alimentados y de las necesidades para su correcta alimentación (una o dos alimentaciones, control separado, etc.). Es importante que se trate que los ductos sigan las trayectorias lo mas rectas posibles y apegarse lo más posible a lo que se menciona en la especificación PEMEX GS-E001 REV. 6, en la cual se tienen recomendaciones debidas a experiencias anteriores de suma utilidad.

Las tuberías en el interior de los ductos de concreto deben tener cierto acomodo, el cual tendrá las características que se citan más adelante siempre que sea posible debido a la localización de los diferentes equipos eléctricos, y para facilidad de la salida de las tuberías del ducto.

El acomodo de las tuberías se muestra en los siguientes planos:

Cortes de ductos eléctricos (1), planta de gas No. **FCS-E-08**

Cortes de ductos eléctricos (2), planta de gas No. **FCS-E-09**

Cortes de ductos eléctricos (3), planta de gas No. **FCS-E-10**

En estos planos se muestran cortes en los ductos en partes convenientes de las diversas trayectorias. La manera de cómo se calcula la tubería conduit se menciona en el **Capítulo 6** en conjunto con los conductores que contiene cada uno de ellos y se puede observar el resultado de estos cálculos en los planos de cedula de cables de fuerza y control (1), planta de gas No. **FCS-E-06** y cedula de cables de fuerza y control (2), planta de gas No. **FCS-E-07**.

## **10.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL**

---

Las consideraciones para el sistema de distribución de energía eléctrica en media y baja tensión con soportes para cables tipo charola son los siguientes:

- En el diseño de la distribución de energía eléctrica debe considerarse como prioridad, el que este sistema proporcione seguridad para el personal así como para las instalaciones.
- El sistema debe ser confiable, flexible y con la suficiente resistencia mecánica para garantizar la continuidad en el suministro de energía eléctrica a las plantas de proceso y demás instalaciones que requieran de este servicio.
- El diseño debe incluir accesos adecuados para dar mantenimiento y llevar a cabo reparaciones en cualquier parte del sistema, así como la facilidad de reemplazar o adicionar conductores en caso de que esto sea requerido.
- Las canalizaciones deben contar con espacios disponibles en el total de su trayectoria, con el fin de considerar el aumento de otros alimentadores a futuro.

### **10.2 Tipos de canalizaciones aéreas y subterráneas**

La distribución puede hacerse mediante instalaciones aéreas (sobre el nivel del piso) o instalaciones subterráneas, teniendo cada una sus ventajas y sus desventajas las cuales deben ser consideradas para un mejor diseño tanto técnico como económico.

En sistemas de baja tensión la distribución aérea (sobre el nivel del piso) se hace mediante soportería metálica por lo general, utilizando siempre que sea posible estructuras y soportería de tubería mecánica existentes. En este tipo de sistemas de baja tensión la distribución subterránea es hecha mediante ductos de concreto donde se encuentra la tubería conduit ahogada. A continuación se tienen una serie de comparaciones de ventajas y desventajas entre uno y otro tipo de instalación.

1. El costo de la instalación subterránea puede ser de 1.5 a 10 veces mayor que el de la instalación aérea, dependiendo del tipo de construcción usado.
2. En la instalación aérea los conductores tienen un margen de seguridad de capacidad de conducción de corriente mayor para los mismos tipos de conductores y calibres que en una instalación subterránea, debido a que en la instalación aérea se tiene una mayor disipación de calor.
3. La instalación aérea tiene una vida útil menor que la instalación subterránea aproximadamente la mitad debido a que la instalación aérea esta expuesta a las inclemencias de la naturaleza, así como a las componentes existentes en la atmósfera que la deterioran mas rápidamente.
4. En la instalación aérea es más sencilla la localización y reparación de fallas que en la instalación subterránea.
5. En la instalación subterránea no hay peligro de que esta pueda estar sometida a esfuerzos mecánicos accidentales debido a golpes o malos tratos que puedan romper la tubería y ocasionar un circuito corto.

## 10.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL

---

6. En la instalación aérea se tiene una mayor flexibilidad que en la instalación subterránea.

Para seleccionar el tipo de instalación adecuada es necesario estudiar cada una de las ventajas y desventajas de los tipos de instalación a poder ser seleccionados, pues a veces se tiene que se da una importancia desmedida al aspecto económico sin dar mucha importancia a los aspectos técnicos indispensables.

Para el proyecto en consideración la selección del tipo de instalación no tiene problema, debido a que se tiene clasificada la planta como área peligrosa de la clase 1, División 1 o División 2 debido a los productos existentes y a la forma en que estos se manejan por lo cual la instalación debe ser subterránea, pues no es posible exponerse a que una falla nos pueda producir una explosión, y esto se reduce empleando este tipo de instalación, además se tendrá una vida útil mas larga de la instalación.

### 10.3 Detalles constructivos

Como se ha mencionado anteriormente los conductores aislados iran en tubos conduits, los cuales serán recubiertos con una envoltura de concreto coloreado de color rojo para identificación, con separadores de varilla y en el caso en que sea necesario que los ductos pasen por áreas de trafico pesado o similares, deberán ser reforzados con varilla.

Otro punto importante en la construcción de ductos es tratar de evitar en lo posible las curvas en los ductos, en caso de no ser posible evitarlas, deberán usarse curvas con radios de curvatura grandes,

debido a que entre menor sea el radio de curvatura mayor resistencia al jalón se tendrá en la instalación del cable.

En los ductos, deberá tratarse de colocar los conduits con conductores de mayor calibre en las partes externas de estos de modo que el calor se transmita lo más rápido posible al terreno. Las posiciones centrales por lo general deberán albergar cables de menor sección o cables de control.

La temperatura a la que opera un cable depende de la temperatura ambiente de la tierra que rodea al ducto, de las pérdidas en el cobre por efecto joule y de la proporción en que el calor generado es disipado, a continuación se muestran los arreglos mas utilizados en las figuras 10.1 , 10.2 y 10.3.

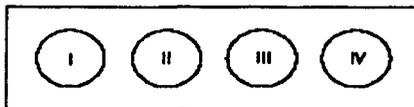


Figura 10.1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 10.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL

---

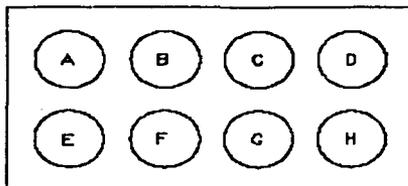


Figura 10.2

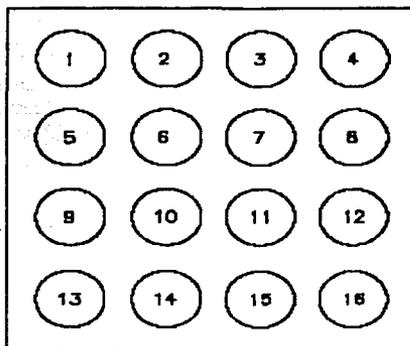


Figura 10.3

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la figura 10.1 se muestra el mejor arreglo desde el punto de vista de disipación del calor generado, pero su costo es mayor que el del arreglo de la figura 10.2, la cual tiene una disipación de calor menor que el arreglo anterior pero su costo disminuye, sin embargo este arreglo es mas caro que el mostrado en la figura 10.3, el cual tiene menor disipación de calor debido a lo siguiente:

Considerando que todos los conduits tienen cables del mismo calibre.

1. La temperatura de los conduits 6, 7, 10 y 11 es mas elevada que la de los conduits 2, 3, 5, 9, 8, 12, 14 y 15, por no poder efectuar una disipación de calor directa al medio que rodea al ducto sino que tiene que pasar a través de los conduits circundantes.
2. Los conduits colocados en mejor condición para disipar el calor generado son los 1, 4, 13 y 16.

## **10.0 DISEÑO DEL SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL**

---

Generalmente se recomienda.

- a) El arreglo de la figura 10.1 cuando se tengan 3 conduits o menos.
- b) El arreglo de la figura 10.2 cuando se tengan 6 conduits o menos.
- c) El arreglo de la figura 10.3 cuando se tengan mas de 6 conduits.

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

### **CAPITULO 11**

#### **ESPECIFICACION DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

Las especificaciones son un conjunto de reglas escritas, de fácil comprensión, con una descripción clara y precisa de los requisitos técnicos de los materiales, equipos o servicios que un comprador elabora, basado en una o varias normas que son parte integrante del contrato de compra venta con un fabricante, y que sirven de base para la fabricación de un equipo determinado.

En las especificaciones se fijan los requisitos mínimos de aceptación en cuanto a las características eléctricas, mecánicas, químicas, etc., así como las pruebas de prototipo, rutina y especiales requeridas. Además de la parte escrita, las especificaciones suelen ir acompañadas de dibujos, normas, catálogos, etc.

El desarrollo de unas especificaciones implica trabajo de investigación y pruebas por parte de ingenieros capacitados, así como retroalimentación de información por parte de las áreas de construcción, operación y mantenimiento, para mejorar los diseños nuevos de los aparatos de que se trate.

#### **11.1 Especificación de tableros de distribución de media tensión**

Los requisitos mínimos generales que deben de cumplir los tableros eléctricos de media tensión ensamblados en fábrica de frente muerto para uso interior que se utiliza en sistemas de generación, distribución y transmisión en las instalaciones de PEMEX-REFINACIÓN deben ser los siguientes:

- Los tableros deben ser tipo metal clad de acuerdo a ANSI / IEEE C37.20.2, uso general NEMA-1 totalmente cerrados deben ser fabricados con perfiles de acero estructural para soportar los esfuerzos necesarios y la estructura de los compartimientos o celdas deben ser cubiertas con láminas de fierro rolado en frío debidamente soportadas, el espesor de las barreras entre unidades adyacentes de las partes fijas deben ser no menores del calibre 12 USG (2.78 MM). Todas las otras cubiertas y puertas no deben ser menores al calibre 14 USG (1.98 MM), y las bases de las secciones deben tener canales de fierro que se unan a todo lo largo del tablero.
- El conjunto integrado del tablero metálico totalmente cerrado que aloja dispositivos de interrupción de media tensión, equipo de medición, control, protección y regulación asociado a los mismos y a los elementos necesarios para la interconexión, la construcción debe ser de acuerdo a ANSI / IEEE C37.20.2 con pretratamiento de limpieza y acabado bonderizado color verde (código ASA-628).
- El tablero consistirá de compartimientos, sección o celdas verticales tipo metal clad para alojar un solo interruptor ó contactores del tipo removible formando una estructura uniforme unidas entre si para crear una estructura de acero rígido auto soportada, con barreras de acero entre compartimientos adyacentes y para el compartimiento del bus para prevenir transferencia de gases ionizados y deben ser adecuadas las características del aislamiento del tablero para 5 y 15 KV, en relación con su altitud y una operación normal de 13.8 KV, 3 Fases, 3 Hilos, 60 Hz, la construcción del tablero debe ser para uso general Nema 1 y debe estar diseñado con la disposición y los arreglos necesarios para futuras expansiones por ambos extremos.

## 11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS

---

- En la parte posterior del tablero, en cada sección que aloje un interruptor o contactor, el fabricante debe diseñar una ventana corrediza (horizontalmente y con seguro), que permita efectuar el programa de medición termométrica de los puntos calientes en las áreas de enchufe de las mordazas. Este diseño debe mantener la característica de tablero metal clad.
- Los componentes del circuito primario como son los interruptores, contactores, las barras y los transformadores de potencial y de corriente, deben estar separados por divisiones metálicas conectadas a tierra, sin aberturas entre compartimientos. Específicamente se incluye una barrera en el frente del dispositivo de interrupción (en todo el frente) para asegurar que en la posición de enchufado, ninguno de los componentes del circuito primario quede expuesto por la apertura de una puerta.
- Todos los compartimientos deben tener compuertas y obturadores automáticos accionados mecánicamente, cuando el dispositivo primario removible este en la posición de desenchufado, de prueba o de removido, para evitar que los componentes del circuito primario queden expuestos.
- El circuito primario o de potencia y el circuito de medición, control y protección, deben estar localizados en la misma celda vertical, pero separados por medio de barreras metálicas con excepción de tramos cortos de conductor como los transformadores para instrumentos y microswitch de posición. En la sección de los instrumentos de medición, relevadores y dispositivos de control deben estar dotados con un sistema de ventilación natural hacia el exterior, para disipar el calor generado en el circuito primario. Los instrumentos de protección y medición en los interruptores principales, deben ser en estado sólido y digital multifunción (separados).
- El frente de cada compartimiento debe tener una puerta con bisagra metálica con dispositivo de límite de giro para no dañar instrumentos u otros componentes al abrirla, y para permitir desmontar y agregar equipos sin restringir el uso normal. La puerta debe tener cerradura manual.
- La parte posterior del tablero debe ser con cubiertas removibles, de lámina, aseguradas con tornillos que permitan el acceso a las barras colectoras y compartimiento de conexiones.
- Cada sección del tablero metal-clad debe estar provista de un calentador controlado por termostato, de manera que se mantenga dentro de la sección una temperatura arriba del punto de rocío, y debe estar diseñada para operar a una tensión de 220/127 volts de corriente alterna y estar conectados a través de un interruptor termo magnético e incluir una guarda de protección para evitar el contacto accidental del personal.
- Las barras colectoras y sus derivaciones deben ser de cobre electrolítico de alta conductividad y con las dimensiones adecuadas para llevar continuamente la corriente nominal sin exceder la temperatura especificada en la Norma ANSI-C37.20C y los códigos internacionales.

Las barras principales deben ser totalmente barnizadas con barniz aislante transparente tipo "F", y cubiertas con protección de material contráctil retardante del fuego. Las conexiones del bus,

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

incluyendo derivaciones a los equipos, deben ser plateadas y fijadas con tornillos compatibles galvánicamente y tener resistencia térmica y mecánica para soportar corrientes de falla y corrientes momentáneas (RMS) de igual magnitud que las capacidades de los interruptores, la densidad de corriente de los buses debe ser de (800 amp/pulg<sup>2</sup>) 1.24 amperes por milímetro cuadrado. Las barras de derivaciones del bus para los equipos deben ser por lo menos de igual capacidad nominal de corriente que la máxima nominal del interruptor respectivo.

El bus debe estar soportado por un material aislante de porcelana o resina epóxica y debe resistir los esfuerzos provocados por fallas de corto circuito.

Las barras principales deben estar localizadas a lo largo de cada unidad, el arreglo de las fases de los buses debe ser 1, 2 y 3 desde el frente hacia atrás de arriba hacia abajo ó de izquierda a derecha viendo desde el frente de operación del tablero.

Se debe proveer un colector de tierra a lo largo del tablero, esta barra debe ser de cobre, la capacidad de la barra de tierra, no debe ser menor del 25% de la capacidad de la barra principal, a la misma densidad de 1.24 A/mm<sup>2</sup> (800 Amp/Pulg<sup>2</sup>), sin embargo la sección transversal del colector no debe ser menor de 120 mm<sup>2</sup>.

- El conjunto de tablero blindado (METAL-CLAD), que cubre la norma ANSI-C37.06 ó IEC-56-2 debe estar equipado con interruptores de potencia y contactores del tipo removible en vacío, 3 polos para una máxima tensión de operación de 5 y 15 Kv.
- Cada unidad removible del circuito de potencia debe estar conectada a la barra de tierra, por medio de un conector auto alineable siempre que los equipos estén en la posición de "conectado" o "prueba".

### **11.2 Especificación de transformadores de potencia**

#### **11.2.1 Transformadores en aceite**

Transformadores de 13.8 / 0.48 kV

- a) Tipo: Subestación, sellados sumergidos en aceite. Todo el aceite para transformador debe ser Nacional Transformadores de PEMEX ó equivalente.
- b) Enfriamiento: OA/FA (Auto enfriado/enfriado con Ventilación Forzada), 55°C/65°C.
- c) Capacidad: No deben ser mayores de 10 / 12.5 / 14 MVA.
- d) Impedancia (Z%): Debe ser de acuerdo a la Norma ANSI y garantizada.

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

- e) **Especificaciones Mecánicas:** Las pérdidas y la tolerancia de las especificaciones mecánicas (tanque, radiadores, etc.), deben estar de acuerdo con las normas IEC.
- f) **Radiadores:** Deben ser tipo tubular. No se aceptan radiadores tipo oblea.
- g) **Instalación:** Deben ser instalados en el patio de transformadores de la Subestación.
- h) **Transportación:** Los transformadores de 5000 kVA o mayores, deben ser embarcados sin radiadores ni aceite, con equipo inerte con su respectivo manómetro. Este equipo debe permanecer con el transformador para operar en condiciones normales.

### **Especificaciones constructivas**

#### **1. Devanados.**

El devanado del primario del transformador debe tener cuatro derivaciones a plena carga, arriba y abajo del voltaje nominal controlados por un cambiador de derivaciones operado externamente de operación sin carga. Las derivaciones son de 2.5 %, dos arriba y dos abajo de la tensión nominal del primario del transformador.

#### **2. Terminales**

Las terminales del primario y secundario, deben estar alojados en cajas NEMA 3R.

#### **3. Otras**

Preferentemente los transformadores deben tener atornillada la tapa superior del tanque, toda la tornillería debe ser de acero inoxidable.

#### **4. Accesorios**

Los transformadores deben tener los siguientes accesorios:

- a) Placa de datos fabricada de acero inoxidable u otro material resistente a la corrosión.
- b) El fabricante debe colocar una placa metálica en el tanque con los valores impresos de las siguientes pruebas:
  - Resistencia de aislamiento, indicando tensión, temperatura y resultados de las pruebas.
  - Índice de polarización (en todos los transformadores de distribución y potencia).
  - Factor de potencia del aislamiento.
  - Humedad residual (resultados). Nota: solo si el transformador es embarcado sin aceite e inmerso en nitrógeno.

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

c) Dos terminales sobre el tanque para conexión del tanque a tierra, tipo B, de acuerdo con códigos internacionales.

d) Un termómetro tipo columna de alcohol para transformadores menores de 500 kVA.

e) Transformadores de 500 kVA y mayores deben ser equipados con:

- Termómetro tipo dial para indicación de la temperatura máxima del líquido con dos indicadores; uno indicando la temperatura del aceite y el otro indicando la temperatura máxima alcanzada.
- Indicador de nivel de líquido instalado en el tanque conservador.

f) Los bancos de radiadores de los transformadores de 500 kVA y mayores deben suministrarse con válvulas de bloqueo tipo compuerta (no se aceptan válvulas tipo mariposa), para hacerlos removibles del tanque de aceite y deben contar con ganchos para su fácil remoción. Las válvulas de bloqueo deben ser de cierre hermético. Los radiadores tubulares, deben ser de lámina A-283 grado A, ASTM con calibre mínimo 14 USG.

5. Instrumentos de protección.

Para transformadores de 13.8/4.16, 4.16/0.48, 13.8/0.48 y 0.48/0.220-0.127 Kv, deben suministrarse con:

- Relevador mecánico de sobre presión con señal de alarma y disparo.
- Relevador de temperatura de aceite con señal de alarma y disparo.
- Relevador de nivel de aceite con señal de alarma por bajo nivel.
- Relevador del punto más caliente con señal de arranque de ventiladores, alarma y disparo.( no aplica para transformadores de 0.48/0.220-0.127 kV)
- Relevador buchoolz con señal de alarma y disparo únicamente para transformadores de 13.8 / 4.16 kV.

NOTA: Todas las señales de alarmas se deben direccionar al Sistema de Control Distribuido y al relevador de protección multifunción del transformador. Todas las señales de disparo se deben direccionar al interruptor o interruptores respectivos.

6. Sistema de Aire Forzado

El arrancador para los motores de los ventiladores del aire forzado y los dispositivos de arranque automático deben ser instalados en caja de conexiones NEMA 3R.

Los motores deben ser trifásicos en 480 V y en 220 V.

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

### **7. Sistema de Tubería Conduit**

Se debe suministrar el sistema de tubería conduit desde los instrumentos hasta la caja de conexiones.

### **8. Partes de Repuesto**

Por cada lote de transformadores de iguales características, con capacidades de 10,000 kVA y mayores, deben ser:

- Un aislador pasamuros (bushing) de alta tensión.
- Un aislador pasamuros (bushing) de baja tensión.
- Un juego de empaques de nitrilo para aisladores pasamuros (bushing), tapas y registros.

### **9. Criterios para el cálculo de la capacidad de cada transformador**

Motores en operación continúa: 100%

Alumbrado: 100%

SFI 100%

Motores de operación intermitente: 50%

Salidas trifásicas a soldadoras: 20%

Se debe considerar un 20% de la carga para ampliaciones futuras.

### **11.2.2 Transformadores secos**

Transformadores de 480/220-127 V

a) Tipo: Seco, 3 fases, 60 Hz., 4 hilos, neutro aterrizado; para alumbrado, instrumentos y motores fraccionarios

b) Enfriamiento: AA (Autoenfriado)

c) Capacidad: 45 KVA y menores.

d) Impedancia (Z%): Debe ser de acuerdo a la Norma ANSI y garantizada.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS

---

e) Instalación: Deben ser instalados dentro del centro de control de motores en 480 volts si la capacidad del transformador no excede de 45 KVA. Los transformadores mayores de 45 kVA deben ser del tipo OA y deben instalarse en el patio de transformadores.

### 1. Criterios de cálculo de la capacidad del transformador

Motores en operación continua:	100%
Alumbrado:	100%
SFI	100%
Motores de operación intermitente:	50%
Salidas trifásicas a soldadoras:	20%

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Se debe considerar un 20% de la carga para ampliaciones futuras.

### 2. Pruebas e Inspección de partes

Aplicar las siguientes pruebas:

Resistencia de aislamiento, Resistencia Ohmica y Relación de Transformación.

### 3. Transformadores tipo seco en resina epoxy.

Estos transformadores, deben cumplir con las siguientes especificaciones :

### 4. Generales

El transformador debe ser tipo seco, en resina epóxica, desde 112.5 hasta 12,000 kVA, 3 fases, 60 Hz, tensión del lado primario: 480, 2,400, 4,160 o 13,800 volts, tensión del lado secundario: 220; 480; 2,400 ó 4,160 volts; conexión delta-estrella ó delta-delta, según se requiera.

El transformador debe ser diseñado y fabricado para operar a la intemperie, en el clima y a la altitud del lugar de instalación.

### 5. Tipo de enfriamiento

Debe ser auto enfriado en aire con ventilación forzada AA/FA, con un incremento promedio de temperatura que no excederá 80°C cuando se opere a plena carga del valor nominal sobre una temperatura ambiente promedio de 30°C y una máxima de 40°C.

El sistema de enfriamiento de aire forzado debe permitir incrementar la capacidad del transformador en un 15% y hasta un 33% con una temperatura máxima de 80°C en los embobinados del transformador. Los ventiladores de enfriamiento deben ser instalados en la parte inferior de cada bobina.

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

### **6. Diseño y construcción de las bobinas**

El conductor de los devanados tanto del primario como del secundario debe ser de cobre. Los devanados deben ser diseñados y construidos de acuerdo con las especificaciones de cada fabricante y deben cumplir con las normas correspondientes (última edición) que rigen el proceso.

### **Aplicación del Sistema de Aislamiento, Alternativas de Fabricación**

#### **1. Trenzado de resina epóxica**

La bobina debe estar herméticamente sellada en resina epóxica la cual se aplica utilizando la técnica del trenzado y debe ser reforzada con fibra de vidrio en múltiples direcciones. La relación de fibra de vidrio con respecto a la fibra epóxica debe ser como mínimo de 70/30, basada en el peso del aislamiento y debe estar uniformemente distribuida a lo largo y ancho de la bobina.

#### **2. Moldeo y solidificación al vacío**

La bobina debe ser fabricada en un proceso de moldeo y solidificación al vacío, de tal manera que los embobinados queden impregnados con la resina epóxica, que en combinación con la fibra de vidrio y el papel aislante forman un sistema dieléctrico sólido. Este proceso debe sellar completamente las bobinas contra humedad y eliminar cualquier burbuja de aire que podría crear puntos calientes o causar la formación de efecto corona.

Para ambas alternativas los embobinados no deben absorber humedad y deben de mantener sus características tanto en condiciones de almacenamiento, como de operación en ambientes extremadamente húmedos, con rango de temperatura entre los  $-40^{\circ}\text{C}$  y los  $40^{\circ}\text{C}$ ; debe ser capaz de energizarse después de periodos de inutilización de manera inmediata a plena carga sin necesidad de presecado de los embobinados.

También deben estar provistos con 4 derivaciones de 2.5% cada una, dos arriba y dos debajo de la tensión nominal, localizadas en la superficie del devanado de alta tensión. Para el cambio de derivaciones con la unidad desenergizada, se debe proveer de puertas embisagradas en el gabinete del transformador.

#### **3. Construcción del núcleo**

El núcleo del transformador debe ser de construcción con acoplamientos por secciones y se debe usar únicamente acero al silicio, rolado en frío, de grano orientado, de alta permeabilidad y bajas pérdidas tanto por histéresis como por corrientes de Eddy, con una densidad de flujo magnético por debajo de los niveles de saturación. El núcleo terminado debe ser cubierto con un sellante para protegerlo de la corrosión.

Las laminaciones del núcleo deben sujetarse en conjunto con ángulos ó barras de acero estructural, de tal forma que soporte las corrientes de corto circuito sin modificar su estructura original.

El núcleo debe estar visiblemente aterrizado al bus de tierra ó a las placas de tierra por medio de un conductor flexible de cobre, dimensionado para cumplir las normas aplicables ANSI, NEMA, NOM-001-SEDE-1999.

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

El transformador tendrá plantillas aislantes de vibración instaladas entre el ensamblaje de núcleo bobina y las estructuras base del cerramiento para prevenir la transmisión de vibración.

### **4. Impedancia del transformador**

La impedancia del transformador debe ser de acuerdo a normas ANSI y garantizada.

### **5. Nivel Básico de Impulso (BIL)**

Los niveles básicos de aislamiento al impulso (BIL) deben ser equivalentes a los valores establecidos en la Norma ANSI C-57.12.90 (última edición) para los transformadores sumergidos en líquido aislante.

### **6. Instrumentación del transformador**

El transformador debe tener todos los instrumentos y accesorios estándar según su potencia y tensión de operación, de acuerdo a norma ANSI/IEEE C57.12.01 (última edición).

### **7. Sistema de medición y control de temperatura**

Se debe suministrar el sistema de medición y control de temperatura en estado sólido, con los contactos de operación fijados de acuerdo a la prueba de temperatura. Esta condición debe mantener la temperatura de los devanados dentro de los límites de diseño.

El sistema debe consistir de tres sensores térmicos de alta precisión, instalados directamente en los ductos de aire de cada bobina del transformador, de tal forma que permita medir continuamente la temperatura en la parte interna de la bobina. La secuencia de operación debe ser como se describe a continuación:

- a) Si la elevación de temperatura con enfriamiento natural (AA), se incrementa arriba de su temperatura nominal, se activa un relevador para el arranque de los ventiladores de enfriamiento.
- b) Si la temperatura continúa incrementándose al siguiente punto de control, se activa un segundo relevador para cerrar los circuitos de una alarma audible y una luz roja de señalización con destellos, así como alarma en el SCD.
- c) Si la elevación de temperatura alcanza el valor máximo del sistema de aislamiento, se activa un tercer circuito, el cual debe ser usado para el disparo de emergencia y para indicación remota en el SCD.

### **8. Construcción del gabinete**

El gabinete debe ser para servicio intemperie, NEMA 3R, construido con lámina de acero estructural de calibre 12 USG. Todas las aberturas de ventilación deben estar de acuerdo con las normas NEMA y NOM-001-SEDE-1999.

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

Los gabinetes muy grandes deben suministrarse con dispositivos para levantamiento, ya sea soldados o atornillados a la estructura y deben tener apoyos para palanqueo diseñados para facilitar el movimiento e instalación del gabinete. La base debe ser construida con miembros de acero estructural que permitan su desplazamiento en cualquier dirección.

Todo el gabinete debe ser terminado utilizando un proceso continuo consistente de desengrasado, limpieza y fosfatizado, seguido por el ciclo de adherencia electrostática de un baño de polvo polímero poliéster homeado color verde ASA 628, para proveer revestimiento uniforme de todas las aristas y superficies del gabinete.

La base del transformador debe ser diseñada y fabricada para permitir que se manipule con: montacargas, rodillos o que resbale en cualquier dirección utilizando sistemas de desplazamiento adecuados.

### **11.3 Especificación de centro de control de motores (CCM's)**

#### **11.3.1 Centros de Control de Motores en Baja Tensión, 480 Volts.**

- Los centros de control de motores deben cumplir con la norma NEMA PB-2.
- Los centros de control de motores en baja tensión deben ser agrupados para tipo interior con un solo frente.
- Los centros de control de motores deben ser auto soportados, ensamblados, completamente cerrados, unidos para formar unidades rígidas de construcción modular con barras comunes.
- Los interruptores de acometida y de enlace deben ser del tipo electromagnético en aire o tipo vacío, con tres funciones de disparo ajustable por sobre corriente continua de tiempo largo, tiempo corto y protección instantánea, las cuales deben ser de estado sólido.
- La corriente de cortocircuito no debe ser mayor de 25 KA simétricos RMS en 480 volts. Los limitadores de corriente de cortocircuito no son aceptados.
- Las barras verticales deben extenderse hacia abajo a cada una de las secciones.
- El centro de control de motores debe suministrarse con barras verticales y horizontales, y una barra común de tierras para todos los compartimientos o secciones.
- Las barras principales del centro de control de motores deben ser barnizadas con barniz transparente y plateadas en todas las uniones y conexiones, y deben ser adecuadas para soportar los esfuerzos térmicos y magnéticos resultantes de la corriente máxima de cortocircuito.
- La densidad de corriente para las barras principales debe ser de 1.24 amperes/mm<sup>2</sup> (800 amperes/pulg<sup>2</sup>).

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

- Los compartimientos y las barreras principales deben estar completamente aislados uno del otro por medio de barreras de acero para minimizar la transferencia de gases ionizados y para localizar las fallas de los equipos.
- El cableado de fuerza y control de cada compartimiento debe estar terminado sobre las tablillas terminales del tablero localizado en el compartimiento como lo define NEMA para construcción clase 1 tipo B. Cada tablilla terminal del tablero debe tener claramente marcadas todas las terminales.
- Se debe proporcionar el espacio suficiente para el cableado en la parte inferior de la estructura.
- En general, los arrancadores de los motores deben ser tipo combinado y de operación magnética (integrados por interruptor termo magnético de caja moldeada y contactor magnético).
- Los interruptores termo magnéticos de caja moldeada deben ser suministrados con protección por cortocircuito. La capacidad interruptiva debe cubrir los requerimientos de cortocircuito del sistema.
- Los arrancadores de los motores deben ser del tipo extraíble, excepto para arrancadores de tamaño NEMA 5, el cual puede ser del tipo fijo.
- Las puertas de acceso deben tener un bloqueo para que no puedan ser abiertas cuando el interruptor esté cerrado, pero debe tener una opción para que personal especializado pueda operarlo con seguridad mientras esté cerrado.
- El tablero para los interruptores de llegada debe suministrarse con los siguientes instrumentos y dispositivos de protección:
  1. Relevador de ausencia de voltaje.
  2. Instrumentos de medición del tipo estado sólido multifunción.
  3. Transformadores de corriente.
  4. Transformadores de potencial.
  5. Lámparas piloto tipo Led.
  6. Transferencia automática por ausencia de tensión.

En la parte posterior del tablero, en cada sección que aloje un interruptor electromagnético, el fabricante debe diseñar una ventana corrediza (horizontalmente y con seguro), que permita efectuar el programa de medición termométrica de los puntos calientes en las áreas de contacto de las mordazas.

- Los arrancadores deben suministrarse como regla con los siguientes dispositivos:

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

1. Interruptor (del tipo termo magnético) NEMA / ANSI.
2. Arrancador trifásico. NEMA / ANSI.
3. Protección térmica por sobrecarga del motor en cada una de sus fases.
4. Acometida para los calentadores de espacio del motor, (únicamente para motores de 56 KW y mayores).

La resistencia calefactora del motor debe alimentarse desde una fuente independiente del controlador y a través de contactos auxiliares normalmente cerrados. Instrumentos o dispositivos que deben ser equipados sobre la superficie del tablero para cada unidad:

5. Lámparas piloto (verde – rojo ), del tipo Led ( con 7 unidades). La lámpara roja equivale a equipo operando, la verde a equipo fuera.
  6. Botón de paro
  7. Los arrancadores de motores para bombas críticas operadas desde el sistema de control distribuido, deben tener todos los dispositivos necesarios para una operación segura, incluyendo el selector manual -fuera-automático.
- Cuando menos el 10% de las unidades de los arrancadores deben considerarse como disponibles, sobre la base del número total de las unidades de tamaño promedio. Deben suministrarse como disponibles dos arrancadores del mayor tamaño (uno por bus) y el resto como futuros.  
NOTA: Se entiende como disponible a la combinación interruptor termomagnético - contactor y como futuro el espacio en gabinete.
  - La placa de datos debe incluir la clave del motor y su servicio, y debe ser proporcionada para cada unidad. Debe incluir en el bus mímico de la parte del diagrama unifilar al cual corresponda su respectiva identificación.
  - Cada motor de relevo debe estar conectado al bus de un transformador diferente de donde esta conectado el motor normal.
  - Debido a que el sistema en 480 volts es flotante, cada bus debe tener un sistema de medición analógica de los voltajes de línea con respecto a tierra, el rango debe ser de 0-500 volts. También debe incluirse un sistema de lámparas piloto tipo gas neón conectadas en estrella a cada fase, para identificar fallas a tierra y botón normalmente cerrado para prueba.
  - Los transformadores de control deben cumplir con los siguientes requerimientos:  
Los transformadores de control de 480/120 volts deben ser proporcionados de la capacidad adecuada en volt-amperes, para cada combinación de interruptor-arrancador.

Cada transformador de control debe tener tanto en el primario como en el secundario fusibles de protección, con una terminal del secundario a tierra.

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

Las terminales del primario del transformador de control deben estar traslapadas entre las fases A, B y C, con el objeto de balancear las cargas monofásicas en cada Centro de Control de Motores lo mejor posible.

- Los interruptores deben operar a través de un mecanismo externo (manija), incluyendo portacandado.

### **11.3.2 Centro de Control de Motores en Baja Tensión, 220 Volts**

- El centro de control de motores en 220 V.C.A. debe suministrarse con instrumentos de medición en estado sólido tipo multifunción y debe ser de acuerdo con todos los artículos precedentes (para CCM's en 480 V.C.A.). En los interruptores principales se debe contar además con la protección de falla a tierra.
- Cuando menos el 10% de las unidades de los arrancadores deben suministrarse como disponible sobre la base del número total de las unidades de tamaño promedio. Deben incluirse dos arrancadores de mayor tamaño (uno por bus) y el resto en base al tamaño promedio.  
**NOTA:** Se entiende como disponible a la combinación interruptor termomagnético - contactor y como futuro el espacio en gabinete.
- Todos los motores incluyendo los fraccionarios deben tener su arrancador magnético combinado localizado en el CCM. No se aceptan arrancadores manuales, ni arrancadores magnéticos fuera del CCM.
- Los interruptores deben operar a través de un mecanismo externo (manija), incluyendo porta candado.

### **11.4 Especificación de sistemas de fuerza ininterrumpibles (UPS)**

Sistema de fuerza ininterrumpible (SFI) grado industrial, efectivamente en línea (On Line) de doble conversión tecnológica de transformador modulación de ancho de pulso, para suministrar alimentación de C.A. regulada y con forma de onda senoidal aún a cargas no lineales con factor de cresta de hasta 3.0, transerencia automática a la fuente de BY-PASS con cero tiempo de interrupción.

El sistema incluirá: rectificador/cargador de baterías (en base S.C.R., controlado por fase y con filtro de tipo telefónico) inversor modulado de onda de pulso, interruptor estático e interruptor de BY-PASS manual (para mantenimiento), transformadores de aislamiento a la entrada como a la salida, ventiladores de enfriamiento e indicadores, todo integrado en un solo gabinete NEMA 1.

Con las siguientes características:

- Modelo: por proyecto
- Capacidad: por proyecto a f.p. 1.0

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

- Entrada: trifásica 480 vac 10%
- Frecuencia: 60 hz 5%
- Salida: monofásica: 120 vca (dos hilos y tierra)
- Regulación +/- 1%
- Frecuencia: 60 hz +/-0.1%
- Distorsión armónica total: menor del 5%
- Sobrecarga: 125 % por 10 min., 150% por 1 min.
- Factor de cresta: 3.1 a plena carga
- Eficiencia: ac/ac 75-80% a plena carga
- Interruptor estático: entrada monofásica 120 v.c.a.
- Tipo de transferencia: cero interrupción
- Tipo: conectar antes de desconectar (make before break)
- Banco de baterías de níquel-cadmio con tecnología de recombinación de gas, regulada por válvula y placas de acero.
- Con cubiertas protectoras en bornes.
- Tiempo de respaldo de 30 minutos a plena carga
- Factor de potencia no menor de 0.8

### **CRITERIO DE TRANSFERENCIA**

- 1.-150% de carga.
- 2.-+ 10% de voltaje (censado en promedio).
- 3.- - 15% del voltaje (censado instantáneo).
- 4.- Falla de inversor.
- 5.- Operación Manual.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

Interruptor de BY-PASS Manual

Operación transferencia/Retransferencia: manual (make before break)

### **CONDICIONES AMBIENTALES:**

- a) Temperatura ambiente -10 a 40 °C.
- b) Humedad relativa: 0-95% no condensable.
- c) Ruido audible: menor a 65 dB.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Enfriamiento aire forzado con ventilador y filtrado de aire.
- Controles: Botón accionador y Luz indicadora a base de Leds, carga a inversor carga - BY-PASS, flotación, igualación
- Sincronización con señalización luminosa a base de leds.
- Pantalla de cristal líquido y microprocesador para registro de eventos en tiempo real.

### **OTRAS CARACTERISTICAS ESTÁNDAR:**

#### **INTERRUPTORES:**

- a) Entrada C.A.
- b) Entrada C.D.
- c) Entrada fuente C.A. de BY-PASS
- d) Salida de corriente alterna sincronizador.
- e) Sincronizador.

#### **MEDIDORES TIPO DIGITAL:**

- a) Voltímetro salida C.A. del Inversor
- b) Amperímetro salida C.A.
- c) Frecuencia salida del inversor
- d) Amperímetro salida C.D.

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

e) Voltímetro salida C.D.

### **CONTACTOS PARA ALARMAS REMOTAS AL SCD: INDICADOR ALARMA**

a) Baterías alimentando a la carga SI SI

b) Falla de la fuente de BY-PASS SI SI

c) En sincronía (luz piloto) SI NO

d) Falla de ventilador SI SI

c) Interruptor a baterías abierto SI SI

f) Bajo voltaje C.D. SI SI

g) Transferencia del interruptor estático SI SI

Dimensiones: Según capacidad.

Este sistema debe incluir el acondicionador de línea de la fuente alterna.

Las pruebas de protocolo y aceptación en fábrica, deben ser de acuerdo a ANSI, NEMA o IEC.

### **11.5 Especificaciones de cables de fuerza y control**

Los cables deben ser considerados con aislamientos para 15 KV, 5 KV y 600 V, dependiendo de su aplicación. El aislamiento del cable debe ser marcado a lo largo de toda su longitud y de una forma clara y permanente con el nombre del fabricante, tipo, número de calibre, tensión y temperatura de operación de acuerdo a las Normas NMX-J-142 para cables en media tensión y NOM-063-SCFI, NMXJ-012, NMX-J-451 para cables en baja tensión.

#### **Cables de Fuerza para 600 V:**

- Conductor de cobre, cableado concéntrico.
- Aislamiento resistente a la propagación de la flama Tipo EP, RHW – RHH.
- Conductor multiconductor para calibres menores de 1/0 AWG, y para calibres de 1/0 AWG y mayores deben ser monopolares.
- 75°C/90°C temperatura de operación normal.
- Calibre máximo permitido: 750 KCM.

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

### **Cables de Fuerza para 15 y 5 kV:**

- Conductor de cobre, cableado concéntrico.
- Pantalla semiconductor extruida sobre el conductor, aislamiento polietileno de cadena cruzada XLP, pantalla semiconductor extruida sobre el aislamiento, pantalla electrostática a base de alambres de cobre y cubierta exterior de PVC color rojo retardante al fuego.
- Conductor monopolar.
- 90°C temperatura de operación normal.
- Nivel de aislamiento 133%.
- Calibre máximo permitido: 750 kCM

### **Cables de Control 600 V:**

- Conductor de cobre, cableado concéntrico.
  - Aislamiento resistente a la propagación de la flama, tipo EP, RHW-RHH.
  - Tipo multiconductor.
  - 75°C/90°C temperatura de operación normal.
1. El calibre mínimo para cables de fuerza debe ser número 10 AWG y para cables de control debe ser número 12 AWG.
  2. Los conductores de cobre cableado concéntrico para 600 V, aislamiento retardante al fuego EP, deben ser usados en circuitos de alumbrado.
  3. La selección del calibre de cables para motores debe ser de acuerdo con la norma NOM-001-SEDE-1999.
  4. El código de colores para la identificación de los cables en baja tensión 600 V, debe ser como sigue:

NEGRO: FASE (FUERZA)

BLANCO: NEUTRO

AMARILLO: CONTROL

## 11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS

---

ROJO:	EMERGENCIA
VERDE:	PUESTA A TIERRA (TIERRA FISICA)

5. El código de colores aplica para cables monopolares.

### Instalación del cable:

1. En la instalación de cables de energía se deben usar rodillos donde sean necesarios para prevenir daños. Se debe tener cuidado para el tendido del cable y también el cable debe permanecer libre de tensión.  
El radio de curvatura del cable debe ser el mínimo indicado a continuación:

15 Kv	12 D
5 Kv	12 D
600 V	7 D
600 V cable de control	6 D

D = diámetro exterior del cable

La máxima tensión mecánica permisible que puede ser aplicada al cable durante su instalación, debe ser:

Si la tensión es aplicada con anillo de tracción:  $T = KS$ .

Donde:

T = Máxima tensión en Kg.

S = Sección transversal del cable en mm<sup>2</sup>

K = 7.15

Si la tensión es aplicada con calcetín sobre el aislamiento:  $T = 3.33 (Dt)$ .

Donde:

T = Máxima tensión en Kg.

D = Diámetro exterior del cobre con el aislamiento y cubierta de PVC.

t = Espesor del aislamiento en mm.

Se debe elaborar el método de instalación que incluya:

Diagrama de instalación y cálculo de tensiones de jalado, descripción de los equipos y dispositivos a utilizar en la instalación de los cables de energía, como dinamómetro, rodillos, etc.

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

2. Los cables de fuerza hasta calibre 4 AWG para motores en baja tensión, pueden ser alojados en el mismo tubo conduit junto con los cables de control.
3. Los cables deben acomodarse, para prevenir daño de tal manera que no tengan tensiones mecánicas a las llegadas a los interruptores y tableros.
4. Inspección y pruebas: Todas las pruebas para la aceptación, deben ser desarrolladas de acuerdo con los códigos y estándares, incluyendo las pruebas en campo requeridas por PEMEX.
5. Todos los empalmes y terminales deben ser del tipo contráctil, las zapatas y conectores deben ser del tipo barril largo.

### **11.6 Especificaciones de canalizaciones y misceláneos**

#### **11.6.1 Canalización aérea**

##### **11.6.1.1 Características**

- Las charolas deben ser construidas y aprobadas de acuerdo a la Norma NEMA FG-1 y al artículo 318-5 de la NOM-001-SEDE-1999.
- La canalización para exterior será formada por charolas tipo escalera, de fibra de vidrio reforzada con poliéster, con protección contra intemperie y para inhibir la degradación ultravioleta, perfil E y debe soportar cargas clases B y C de acuerdo al capítulo 4 de NEMA FG-1.
- El ancho y número de charolas debe ser determinado durante la ingeniería de detalle, considerando el tipo, cantidad, calibre, voltaje y acomodo de los conductores.
- El espaciamiento máximo entre travesaños debe ser de 30.4 cm. (12") para tramos rectos así como para los aditamentos (curvas, tees, reducciones etc.)
- Los tramos rectos de charola podrán ser de longitudes (por fabricantes) aproximadas de 3.00 y 6.00 m. Con peralte útil de 10.1 cm. (4") y se ensamblarán entre ellos con placas de unión de poliéster o fibra de vidrio adecuadas al tipo y perfil de la charola. Las tuercas y tornillo para la instalación de las placas de unión serán de acero inoxidable encapsulados en fibra de vidrio.
- Los accesorios tales como curvas, tees, cruces reducciones y ajustes, deben ser de fábrica y tener un radio de cuando menos 12 veces el diámetro exterior de los conductores de energía de mayor calibre.

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

### **11.6.1.2 Instalación**

- Las charolas deben instalarse en apego a lo indicado en el Artículo 318-6 de la NOM-001-SEDE-1999 y deben formar un sistema continuo en toda su trayectoria incluyendo su acoplamiento con los aditamentos y accesorios. No se aceptan segmentos discontinuos en la trayectoria de la canalización, ni tampoco aditamentos (curvas, tees, reducciones etc.) hechos en campo.
- En trayectorias rectas de longitud considerable, se deben considerar juntas de expansión para el manejo de las dilataciones y contracciones causadas por los cambios de temperatura. La cantidad y distancia de instalación debe ser en apego a lo indicado en la NEMA FG-1.
- Las charolas deben estar construidas e instaladas para soportar todas las cargas estáticas y dinámicas que puedan actuar sobre ellas, incluyendo la corrección por factor de temperatura considerado en el capítulo 4 de la NEMA FG-1 para el cálculo de las cargas de trabajo.
- Cuando se efectúen cortes en campo a tramos rectos, los bordes de estos deben ser resanados con sello de fibra de vidrio. El mismo tratamiento debe darse a la tortillería encapsulada, en los casos que el acero quede expuesto.
- Para asegurar la protección mecánica de los conductores alojados en las charolas, el total de la canalización debe tener una tapa de fibra de vidrio del tipo plano. La tapa se fijará a la charola con separadores y tortillería de fibra de vidrio, con el fin de proveer a las charolas de un espacio para ventilación de los cables.

Los tramos rectos de charola así como los aditamentos (curvas, tees, reducciones etc.) deben de contar con barrenados hechos en fábrica, en el diámetro adecuado para fijar los separadores.

Como mínimo deben instalarse cinco pares de separadores por cada 3.00 m. De tapa.

- Los sistemas de charolas para las áreas de integración (casa de fuerza a subestaciones de distribución y de éstas a subestaciones de plantas) se deben instalar en los rack's de tuberías, preferentemente fuera del rack, en los alerones.  
En las trayectorias donde no existan rack's de tuberías se deben construir elementos de concreto que soporten la charola y le den a esta una altura libre mínima del primer nivel de tuberías.
- En las plantas de proceso la mayor cantidad de cargas (motores) se ubican a los lados del rack de tuberías; por este motivo el diseño de las rutas debe hacerse considerando la instalación de las canalizaciones principales en ambos costados del rack ubicándolas en los alerones exteriores de este.
- Las acometidas a los equipos deben ser con tubería conduit metálica cédula 40 en forma visible y subterránea desde el punto más cercano posible entre la charola y el equipo. La tubería visible se debe localizar junto a las columnas del rack y de ahí en forma de ducto

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

- subterráneo hasta las cajas de conexiones de los equipos; debiendo considerarse en el detalle de ingeniería que la parte visible de las tuberías no cause obstrucciones a los trabajos de mantenimiento ni a la operación de la planta.
- Las acometidas de charola a las subestaciones eléctricas de integración y de plantas; debe ser por la parte más elevada posible de uno de los muros del cuarto de cables y para el acceso de estos (cables) al interior se deben utilizar barreras pasamuros.  
Los dispositivos pasamuros deben estar formados por componentes contruidos y ensamblados totalmente en fábrica, consistiendo como mínimo de un marco de acero o hierro fundido y un conjunto de bloques con mecanismo de sellado al paso de los conductores, que garantice mantener la presión positiva existente en el interior de los cuartos de cables.  
Los pasamuros que se utilicen en el paso de los conductores a los cuartos de cables, deben estar probados y certificados por ASTM y UL y la instalación en general para el paso de la instalación eléctrica por el muro debe cumplir con lo indicado en el Artículo 300-21 de la Norma Oficial Mexicana NOM-001 SEDE-1999.
- El claro libre mínimo entre charolas instaladas en arreglo vertical, debe ser de 0.30 m. y la separación entre la charola más elevada y techos, vigas, tuberías etc. debe ser por lo menos de 0.40. m.
- En toda su trayectoria las charolas no deben estar sujetas a daños físicos ni expuestas a altas temperaturas o fugas continuas o intermitentes de vapor, de los equipos o tuberías de proceso.

### **11.6.1.3 Señalización**

- Se deben colocar en lugares visibles y notorios y a lo largo de las trayectorias de la charola las siguientes leyendas:

**ADVERTENCIA: ESTA CHAROLA NO SE DEBE USAR COMO ANDADOR, ESCALERA O SOPORTE. ÚSESE SOLO COMO UN SOPORTE MECANICO PARA CABLES DE ENERGIA ELECTRICA.**

**PELIGRO: CIRCUITOS ELECTRICOS EN MEDIA TENSION.**

**PELIGRO: CIRCUITOS ELECTRICOS EN BAJA TENSION.**

- El material de los letreros debe de ser formaica o lamicot en fondo rojo con letras blancas.

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

### **11.6.1.4 Soportería**

- En toda la trayectoria de la charola se deben instalar soportes, los cuales deben tener la resistencia y capacidad de carga suficiente para cumplir con los estándares de carga de la charola de fibra de vidrio.
- La localización de los soportes en tramos rectos así como para los accesorios (curvas, tees, reducciones etc.) debe ser de acuerdo a lo establecido en la sección 7 de la Norma NEMA FG-1.
- Los soportes para las charolas deben ser de hierro estructural a base de canales y ángulos galvanizados por inmersión en caliente. No se aceptan herrajes tipo unistrut o similar como soportes para charolas en exteriores.
- Para prevenir movimientos laterales de la charola, ésta debe ser fijada a los soportes. La fijación debe ser con mordazas (de poliuretano o similar) las cuales deben sujetar los rieles inferiores y éstas a su vez, se unirán al soporte con tornillos de acero encapsulados en fibra de vidrio.  
Los barrenos necesarios en ángulos y canales galvanizados, deben ser hechos con taladros; las soldaduras que se efectúen en estos perfiles, deben ser resanadas con un producto para galvanizado en frío.  
Las charolas y accesorios de fibra de vidrio no deben ser perforados.
- Si se requiere instalar soportes colgantes, estos se deben ensamblar utilizando ángulo o canal galvanizado, varillas roscada de fibra de vidrio y tortillería, tuercas y rondanas de acero encapsuladas en fibra de vidrio.
- No se permite que las charolas se soporten de tuberías o equipos de proceso.

### **11.6.2 Canalización subterránea**

La canalización subterránea debe ser hecha con tubería conduit metálica cédula 40, de acuerdo a la norma NMX-B-208 y debe estar embebida en concreto.

Los bancos de ductos de integración a las plantas, pueden ser de PVC tipo pesado, de acuerdo a la norma NMX-E-12.

#### **1. Selección de la ruta del banco de ductos:**

- La distancia más corta debe ser trazada desde el cuarto eléctrico al equipo.
- El banco de ductos debe ser desplegado radialmente desde el cuarto eléctrico.
- Todo banco de ductos, no debe tener más de 36 tubos conduit y con máximo de 20 circuitos en operación.

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

- El banco de ductos debe ser construido con el mínimo de desviaciones o cambios de nivel.
  - Los bancos de ductos deben ser localizados a una distancia mínima de 20 cm de cualquier otra instalación subterránea.
  - El banco de ductos debe ser construido a una profundidad mínima de 0.5 m de la parte superior del banco de ductos, al nivel de piso terminado.
2. Todas las rutas principales de los bancos de ductos deben ser provistos de un 30% de conduits de reserva del mayor diámetro del conduit en el banco de ductos.
  3. Las cajas de paso y registros de entrada hombre, deben ser considerados al instalar largas trayectorias de conduits, con no más de 80 m para los registros de entrada hombre y no más de 40 m para las cajas de paso.  
La caja de paso debe ser utilizada para continuar la trayectoria de tubería conduit en áreas peligrosas.  
El registro entrada hombre se debe instalar fuera del límite de baterías de la planta de proceso.
  4. Los registros de entrada hombre se deben utilizar para cambios de dirección o nivel de los bancos de ductos subterráneos.
  5. En las canalizaciones de circuitos de fuerza en media tensión (13.8 y/o 4.16 KV), se deben instalar 3 cables en cada tubo conduit.
  6. Los registros eléctricos hombre, deben ser colados en forma monolítica con la tubería conduit con el fin de evitar juntas frías entre concretos.
  7. En las canalizaciones subterráneas deben identificarse los cables de media tensión, colocando etiquetas de aluminio con letras de golpe (en ambos extremos), indicando el número de circuito y servicio en cada registro y en las llegadas a la subestación, además de rotular los bancos de ductos en los mismos sitios.

### **11.6.2.1 Instalación de tubería conduit**

1. Todos los circuitos eléctricos dentro de áreas de proceso, deben estar contenidos en tubería conduit metálica, galvanizada, cédula 40, tanto en instalaciones aéreas, como en instalaciones subterráneas.  
Las canalizaciones subterráneas y de circuitos en media tensión deben ser independientes de las de baja tensión, incluyendo sus registros eléctricos.  
La tubería Conduit debe cumplir con la norma NMX-B-208.  
La Tubería conduit y los accesorios para torres de enfriamiento y unidades desmineralizadoras de agua, deben ser de acero con cubierta de P.V.C.
2. Los tubos Conduit deben ser con superficies internas lisas y específicamente manufacturados para instalaciones eléctricas.

## 11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS

3. En las áreas consideradas peligrosas Clase I, División 1, las piezas de montaje de canalizaciones y uniones, salidas y cajas de derivación, deben ser manufacturadas exclusivamente para instalaciones eléctricas de tipo a prueba de explosión. En División 2, los accesorios pueden ser del tipo a prueba de vapor, excepto las envolventes que contengan dispositivos que produzcan arco eléctrico, los cuales deben ser a prueba de explosión. El material de todas las cajas registros y conexiones, así como los accesorios empleados en la instalación de tubería conduit, debe ser de aluminio libre de cobre.
4. La tubería conduit debe ser instalada y después, previa limpieza del interior, realizar la instalación del cable.
5. En una instalación de tubería conduit aérea, la distancia entre cajas de registro y/o caja con conexiones, no debe exceder de 40 m. Para estas distancias el número de curvas de 90° no debe de exceder de dos, o el ángulo total de las curvas no debe de exceder de 180°.
6. Las curvas en tubos conduit deben estar hechas de acuerdo a la siguiente tabla (dimensiones en mm):

DIÁMETRO NOMINAL.	DIÁMETRO EXTERIOR	DIÁMETRO INTERIOR	RADIO MÍNIMO HECHO EN CAMPO (Ver Nota 1)	RADIO MÍNIMO HECHO EN CAMPO (Ver Nota 2)
19	26.7	20.9	127	114
25	33.4	26.6	152	146
38	48.3	40.9	254	210
51	60.3	52.5	305	241
76	88.9	77.9	457	330
102	114.3	102.3	610	406
152	168.3	154.1	914	762

Tabla No. 11.1  
CURVAS EN TUBOS CONDUIT

7. El diámetro del tubo conduit en instalaciones subterráneas debe ser de 25 mm mínimo.
8. Los tubos conduit instalados en el exterior deben en general, instalarse paralelamente o en ángulo recto con las paredes, columnas, trenes de líneas, etc.
9. Los tubos conduit deben estar bien sujetos y soportados para prevenir que cuelguen o se balanceen con el viento, en las corridas horizontales de los tubos conduit, deben ser soportados en intervalos máximos de 2 m. En ningún caso se permite que los tubos conduit se soporten de tuberías y equipos de proceso.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS**

---

10. Los tubos conduit no deben ser instalados más cerca de 0.3 m de las superficies calientes. Cuando necesariamente el cruce de tubos conduit sea cerca de líneas calientes, deben ser protegidos adecuadamente.
11. La unión de los tubos conduit roscados debe ser del NPT (nivel de piso terminado) entre estos y el equipo.
12. La unión de los tubos conduit roscados debe ser recubierta con un antioxidante, tal como el óxido férrico, el cual no es corrosivo ó perjudicial al aislamiento del conductor.
13. Los sellos a los tubos conduit roscados, deben ser instalados de acuerdo a la NOM-001-SEDE-1999, para prevenir el paso de fluidos o flamas entre las partes de la instalación eléctrica. El compuesto sellante no debe ser afectado por el medio ambiente o líquidos.
14. En una instalación subterránea dentro de un área clasificada peligrosa, los tubos conduit que provengan de un área no clasificada como peligrosa, sus conexiones deben ser provistas con sellos para prevenir la acumulación de humedad o entrada de líquidos, gases o vapores peligrosos.
15. Los venteos y accesorios de descarga o drenes, deben ser instalados donde existen problemas de humedad y posibilidades de acumulación de agua en las partes más bajas de la tubería.
16. Las conexiones de tubo conduit sujetas a equipos que son afectados por vibración o movimiento, deben ser hechas con coples flexibles. Las conexiones instaladas fuera de las áreas no clasificadas peligrosas, pueden ser hechas con conduits flexibles con cubierta de PVC y con accesorios todos ellos con aprobación UL, para asegurar la hermeticidad al agua.
17. Las aperturas temporales en un sistema de tubería conduit, deben ser tapados durante la construcción para prevenir humedad y la entrada de materiales extraños.
18. Caja de registro y/o conexiones:

La caja de conexiones debe ser instalada basándose en lo siguiente:

- La caja de conexiones es usada para derivar el tramo de tubo conduit que viene de una cama de ductos y que va al equipo instalado en la estructura.
- En caso de que algún equipo esté instalado en el mismo nivel dentro de una construcción de varios niveles, la caja de conexiones debe ser instalada en el mismo nivel y de fácil acceso para su cableado.
- La caja de conexiones debe ser instalada donde no obstruya el paso ni a las operaciones.
- Para cables de fuerza de media tensión, la caja de conexiones no debe ser aceptada, excepto (y solamente), para llegada a un motor eléctrico.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 11.0 ESPECIFICACIONES DE EQUIPO Y MATERIALES ELECTRICOS

19. Todos los niples de cuerda corrida que se utilizan en la obra eléctrica, deben ser galvanizados y cónicos (de fábrica) para evitar la entrada de agua.

### 11.6.2.2 Detalles constructivos

La construcción del banco de ductos para tubos conduit se realizará de la siguiente forma:

- Los tubos conduit deben ser soportados por barras o soportes en intervalos de 2 m en su trayectoria.
- El espacio entre los tubos conduit debe ser conforme a la tabla 10.1.
- La envoltura de los tubos conduit debe ser de concreto, y ser cubierta por una adecuada capa de asfalto y polietileno en los cuatro lados del ducto para protección contra el agua. El concreto usado en el banco de ductos, debe ser completamente con tinte rojo, en una proporción de 7.250 Kg/m<sup>3</sup> de tinte, al tiempo del mezclado.
- El mínimo tamaño del tubo conduit en el banco de ductos debe ser de 25 mm de diámetro.
- Las derivaciones de conduits del banco de ductos deben ser conectadas directamente al equipo eléctrico local.

CONDUIT DIAM. mm.	X (CENTRO A CENTRO EN mm.)						Y
	25	38	51	76	102	152	Mm
25	100	100	100	120	120	160	100
38	100	100	100	120	150	160	100
51	100	100	120	120	150	160	100
76	120	120	120	150	160	200	120
102	120	150	150	160	160	200	150
152	160	160	160	200	200	250	150

Tabla No. 11.2  
ESPACIO ENTRE TUBERÍAS EN BANCO DE DUCTOS

Donde:

X = distancia entre centros de los 2 tubos conduits de diámetros mayores adyacentes en hileras ó columnas.

Y = distancia entre el centro del tubo conduit de diámetro mayor y el borde del banco de ductos.

## 12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

---

### CAPITULO 12

#### ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

Determinar los valores disponibles de corto circuito es uno de los más importantes aspectos para el diseño de sistema de distribución de energía.

El corto circuito puede ser anticipado y sus efectos considerados en la selección de equipo eléctrico. Dispositivos inadecuados representan posibles fallas con pérdidas, reparaciones y gastos. Por otra parte seleccionándolos arbitrariamente pueden hacerse gastos sobrados e innecesarios. Una valoración real de capacidad de corto circuito es necesaria en los sistemas de energía, debido a las altas corrientes existentes cuando ocurre este. Mecanismos de protección contra sobrecorriente pueden ser operados para aislar la falla con un daño mínimo, los interruptores y fusibles usados por lo general para ejecutar esta protección deben ser seleccionados para manejar e interrumpir con seguridad estas altas corrientes a las cuales pueden estar sujetos en un momento dado.

#### 12.1 Datos del equipo y consideraciones especiales

A continuación se dan los datos del equipo que se utilizara en el análisis de corto circuito.

Transformadores de 13.8 / 0.48 KV

Capacidad: 1250 KVA  
Impedancia (Z %): 7.5 %

Transformadores de 0.48 / 220 KV:

Capacidad: 1250 KVA  
Impedancia (Z %): 4.5 %

Motores

Todos los motores serán motores de inducción

Factor de potencia: 0.9  
Eficiencia: 0.9

Se agruparan los motores menores a 50 H.P. y aparte los que son de 50 H.P. y mayores.

La reactancia para el grupo de motores menores a 50 H.P. será de 20 %.

La reactancia para el grupo de motores de 50 H.P. y mayores será de 28 %.

La acometida que viene de la subestación por parte de PEMEX será considerada de 500 MVAcc, dato proporcionado por la refinería.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO**

---

### **12.2 Estudio de corto circuito del sistema**

#### **Diagrama unifilar:**

Para iniciar el estudio de un corto circuito es necesario primero la preparación del diagrama unifilar de la instalación que muestre la conexión de todas las fuentes de corto circuito.

#### **Diagrama de reactancias o impedancias:**

En segundo lugar se debe preparar el diagrama de impedancias o reactancias mostrando todas las resistencias y reactancias que pueden tener influencia en el cálculo.

#### **Corto circuito considerado:**

Se considerara un corto circuito trifásico en un sistema balanceado, por lo cual el estudio se hace por fase como en cualquier caso de una carga simétrica.

#### **Localización del corto circuito:**

La ubicación de la falla de corto circuito a estudiar en una instalación depende del fin perseguido, en este caso es encontrar la capacidad interruptiva mínima que deberán tener los interruptores conectados a las distintas barras.

#### **Reactancia:**

La influencia de la reactancia correspondiente a determinados elementos del sistema depende de la tensión del sistema donde se produce el corto circuito. En todos los casos deben de usarse las reactancias de los motores y transformadores.

Los sistemas en los cuales la tensión sea mayor de 600 volts, las reactancias de los tramos de barra de poca longitud, de los transformadores de corriente, de los interruptores y de otros elementos del circuito son tan bajos que se pueden despreciar sin cometer un error apreciable.

En los circuitos de 600 volts o menos las reactancias de los transformadores de corriente de baja tensión, de los interruptores, barras de bajo voltaje, etc. Si pueden tener una influencia de importancia en la magnitud de la corriente de corto circuito.

#### **Resistencia:**

La resistencia de los elementos generalmente se desprecia debido a que no tiene influencia sobre la magnitud total de las corrientes de corto circuito, excepto cuando se tienen en el circuito tramos de cables de longitudes considerables en sistemas que tienen tensiones iguales o menores de 600 volts donde si es necesario incluir la resistencia y la reactancia en el diagrama de impedancias.

## 12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

---

Factor de multiplicación:

El factor de multiplicación será de 1.25.

Representación de la reactancia del grupo de motores:

En un sistema de 600 volts o menos donde se tiene un grupo de motores de inducción donde se desconocen las características de cada motor se asumen los valores de la siguiente tabla obtenidos del IEEE-STD141-1993 .

TIPO DE MAQUINA ROTATORIA	Xd''
Para todos los motores de 50 H.P. y mayores	20 %
Para todos los motores menores de 50 H.P.	28 %

Tabla No. 12.1  
REACTANCIA DE MOTORES

Método de cálculo de corto circuito:

Existen diferentes métodos para el cálculo del corto circuito en las instalaciones eléctricas, teniéndose métodos exactos y métodos aproximados.

Para el cálculo del corto circuito en los puntos considerados del sistema, se utilizará el método en % (método aproximado) debido a que con este es suficiente para encontrar valores muy aproximados, no siendo necesaria mayor exactitud para el fin perseguido, el programa de computo usando el método exacto se analizara mas adelante.

Método en %

Generalmente este es el método normal para el cálculo de corto circuito en sistemas eléctricos ya que generalmente las impedancias de las maquinas están expresadas en %.

El porcentaje de reactancia se define como el porcentaje de tensión nominal que se consume por la caída en la reactancia cuando circula la corriente nominal. Se puede expresar como sigue:

$$\% X = \frac{(I)(X)}{En} \times 100 \quad \text{-----} (34)$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

---

Donde:

I = Corriente de línea en amperes

X = Reactancia o impedancia al neutro en ohms

%X = Por ciento de reactancia

En = Tensión de línea a neutro en volts

Sabemos que:

$$E_n = \frac{E_f}{\sqrt{3}} \text{ ----- (35)}$$

Donde:

En = Tensión de línea a neutro en volts

Ef = Tensión entre fases en volts

Por lo cual:

$$\% X = \frac{\sqrt{3} (I) (X)}{KV (10)} \text{ ----- (36)}$$

Donde:

KV = Tensión entre fases en kilovolts

Se tiene que la corriente en un circuito trifásico en función de la potencia es igual a:

$$I = \frac{(KVA) \text{ base}}{\sqrt{3} KV} \text{ ----- (37)}$$

Substituyendo esta ecuación en la anterior se tiene:

$$\% X = \frac{(X) (KVA) \text{ base}}{(KV)^2 (10)} \text{ ----- (38)}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

---

Si se tienen reactancias en % se debe elegir una potencia base en KVA la cual puede ser cualquiera, para este caso se elegirá 100 KVA.

Las reactancias de transformadores y motores generalmente están expresadas en % de su propio régimen en KVA y por tanto sus reactancias deben convertirse a la base común elegida para el estudio por medio de la siguiente formula:

$$\% X \text{ base 2} = \frac{(\text{KVA}) \text{ base 2}}{(\text{KVA}) \text{ base 1}} (\% X \text{ base 1}) \quad \text{----- (39)}$$

Generalmente la compañía suministradora de energía da como dato la potencia de circuito corto en KVA o MVA que el sistema puede aportar, en el punto de estudio. En otros casos solo se conoce la capacidad interruptiva del interruptor de la línea de entrada, en los cuales para convertir los datos disponibles en por ciento de reactancia sobre la base en KVA empleada en el diagrama de impedancias se pueden utilizar las ecuaciones siguientes:

Si se da la potencia de corto circuito:

$$\% X = \frac{(\text{KVA}) \text{ base del diagrama de reactancias} \times 100}{(\text{KVA}) \text{ simetricos de corto circuito del sistema}} \quad \text{----- (40)}$$

Si solo se conoce la capacidad interruptiva en KVA del interruptor de entrada:

$$\% X = \frac{(\text{KVA}) \text{ base del diagrama de reactancias} \times 100}{(\text{KVA}) \text{ capacidad interruptiva del interruptor de entrada}} \quad \text{----- (41)}$$

En el caso que se conozca la corriente de corto circuito (valor simétrico eficaz):

$$\% X = \frac{(\text{KVA}) \text{ base del diagrama de reactancias} \times 100}{(I) \text{ corto circuito simétrico } \sqrt{3} (\text{KV}) \text{ nominales}} \quad \text{----- (42)}$$

La corriente de corto circuito simétrica será:

$$I \text{ corto circuito simétrico} = \frac{(\text{KVA}) \text{ base} \times 100}{(\% X) \sqrt{3} (\text{KV})} \quad \text{----- (43)}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

La corriente asimétrica será:

$$I_{c.c. Asim.} = I_{c.c. Sim.} \times \text{Factor de multiplicación} \quad \text{----- (44)}$$

Donde:

Factor de multiplicación = 1.25

La potencia de circuito corto en KVA se obtiene mediante la siguiente formula:

$$\text{Pot. de corto circuito en KVA} = \frac{100}{\% X} \times (\text{KVA}) \text{ base} \quad \text{----- (45)}$$

1) Diagrama unifilar simplificado

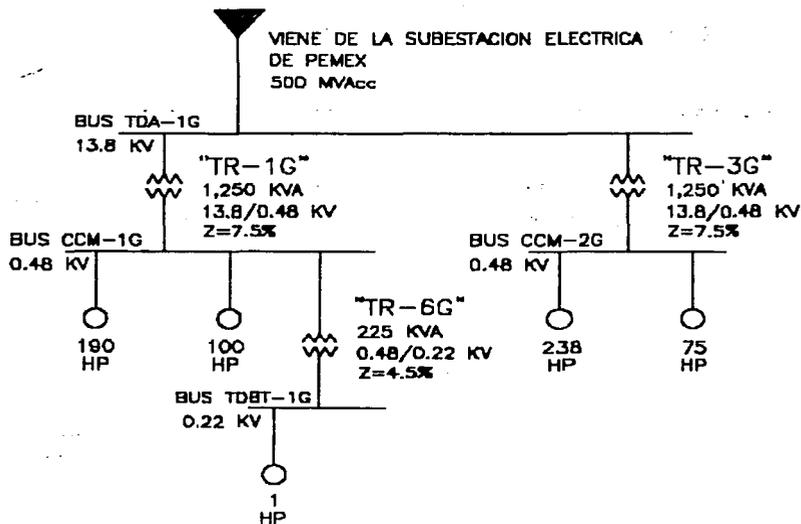


Figura 12.1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

---

En el diagrama unifilar mostrado anteriormente se muestra el caso más desfavorable en el que quedan fuera de servicio la acometida que viene de la subestación de PEMEX hasta el BUS B del tablero TDA-1G, y los transformadores TR-2G, TR-4G y TR-5G, ver plano del diagrama unifilar general, planta de gas No. FCS-E-05.

. Además para el análisis de corto circuito se agruparon por una parte los motores menores a 50 H.P. y los mayores a 50 H.P. en sus respectivos buses de los distintos tableros o centros de control de motores.

2) Partiendo del diagrama unifilar simplificado tratado en el punto anterior y considerando una base de 100 KVA, se tiene que el % de reactancias de los diferentes elementos del circuito son:

Por ciento de reactancia del sistema de alimentación:

$$\% X = \frac{100}{500000} \times 100 = 0.02 \%$$

Por ciento de reactancia de los transformadores de potencia:

Para transformadores TR-1G y TR-3G

$$\% X = \frac{100}{1250} \times 7.5 = 0.6 \%$$

Para transformador TR-6G

$$\% X = \frac{100}{225} \times 4.5 = 2 \%$$

Por ciento de reactancia de motores de inducción:

Para grupo de motores menores a 50 H.P. del BUS CCM-1G

$$KVA = \frac{0.746 \times 190}{0.9 \times 0.9} = 174.99 \text{ KVA}$$

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

---

$$\% X = \frac{100}{174.99} \times 28 = 16 \%$$

Para grupo de motores mayores a 50 H.P. del BUS CCM-1G

$$\text{KVA} = \frac{0.746 \times 100}{0.9 \times 0.9} = 92.1 \text{ KVA}$$

$$\% X = \frac{100}{92.1} \times 20 = 21.72 \%$$

Para grupo de motores menores a 50 H.P. del BUS CCM-2G

$$\text{KVA} = \frac{0.746 \times 238}{0.9 \times 0.9} = 219.2 \text{ KVA}$$

$$\% X = \frac{100}{219.2} \times 28 = 12.77 \%$$

Para grupo de motores mayores a 50 H.P. del BUS CCM-2G

$$\text{KVA} = \frac{0.746 \times 75}{0.9 \times 0.9} = 69.07 \text{ KVA}$$

$$\% X = \frac{100}{69.07} \times 20 = 28.96 \%$$



## 12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

Para la reducci3n de las reactancias del diagrama mostrado se procede de la forma siguiente:

1.- Las reactancias en serie, se encontrara su equivalente como la suma algebraica de cada una de las reactancias involucradas.

$$X_{eqs} = X_1 + X_2 + \dots + X_n \quad \text{----- (46)}$$

2.- Las reactancias en paralelo, se encontrar3 su equivalente como la suma algebraica de los r3cprocos de cada una de las reactancias involucradas.

$$X_{eqp} = \frac{1}{\frac{1}{X_1} + \frac{1}{X_2} + \dots + \frac{1}{X_n}} \quad \text{----- (47)}$$

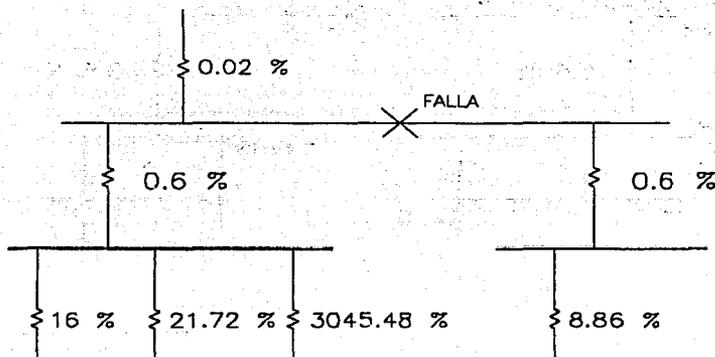


Figura 12.3

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

---

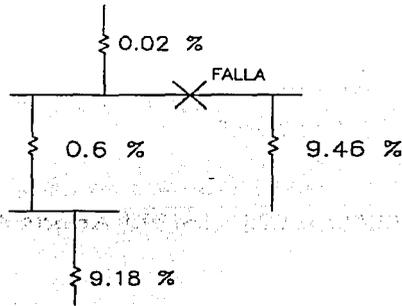


Figura 12.4

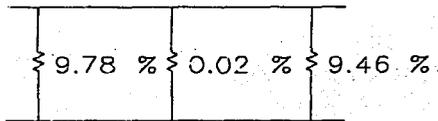
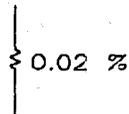


Figura 12.5



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 12.6

## 12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

---

Obteniendo la corriente de corto circuito simétrica y asimétrica para el punto de falla en el BUS TDA-1G

$$I_{c.c. \text{ Sim.}} = \frac{100 \times 100}{0.02 \times 1.73 \times 13.8} = 20943.3 \text{ Ampers Simetricos}$$

$$I_{c.c. \text{ Asim.}} = 20179.1 \times 1.25 = 26179.1 \text{ Ampers Asimetricos}$$

Similarmenete se deben calcular los otros tres buses de tal manera que se pueda encontrar el mayor valor de corto circuito de entre los cuatro calculados siendo este el valor buscado en las condiciones más críticas del sistema, a continuación menciono los resultados de los buses faltantes.

Obteniendo la corriente de corto circuito simétrica y asimétrica para el punto de falla en el BUS CCM-1G

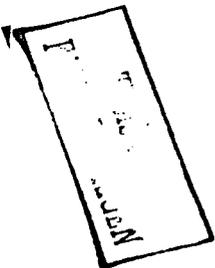
$$I_{c.c. \text{ Sim.}} = \frac{100 \times 100}{0.58 \times 1.73 \times 0.48} = 20762.7 \text{ Ampers Simetricos}$$

$$I_{c.c. \text{ Asim.}} = 20762.7 \times 1.25 = 25953.4 \text{ Ampers Asimetricos}$$

Obteniendo la corriente de corto circuito simétrica y asimétrica para el punto de falla en el BUS CCM-2G

$$I_{c.c. \text{ Sim.}} = \frac{100 \times 100}{0.58 \times 1.73 \times 0.48} = 20762.7 \text{ Ampers Simetricos}$$

$$I_{c.c. \text{ Asim.}} = 20762.7 \times 1.25 = 25953.4 \text{ Ampers Asimetricos}$$



## 12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

---

Obteniendo la corriente de corto circuito simétrica y asimétrica para el punto de falla en el BUS TDBT-1G

$$I_{c.c. \text{ Sim.}} = \frac{100 \times 100}{2.57 \times 1.73 \times 0.48} = 4685.75 \text{ Ampers Simetricos}$$

$$I_{c.c. \text{ Asim.}} = 4685.75 \times 1.25 = 5857.19 \text{ Ampers Asimetricos}$$

### 12.3 Análisis de resultados

Los datos encontrados en el desarrollo anterior llevan a la conclusión de que en el BUS TDA-1G es donde se encuentra el mayor valor de corriente de corto circuito asimétrico que fue de 26.17 KA asimétricos, por lo tanto esta será la capacidad interruptiva mínima que deberán tener los interruptores conectados a las barras.

En la practica se utilizan simulaciones por computadora que utilizan métodos mas exactos con los cuales se pueden desarrollar problemas complejos llegando a una solución correcta rápidamente. En el análisis del estudio de corto circuito se utiliza muy frecuentemente el programa:

“ETAP Power Station”

Este programa combina atributos eléctricos, lógicos, mecánicos y físicos de los elementos del sistema en una base de datos con lo que se puede hacer un análisis de corto circuito tan profundo como se quiera, este programa utiliza la metodología de la norma ANSI/IEEE C37.

En este caso se ha utilizado para analizar el sistema eléctrico antes mencionado con el método porcentual.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

Aquí se muestra la pantalla principal donde se desarrolla el sistema mediante un dibujo del diagrama unifilar, al cual se le introducen posteriormente los atributos de cada elemento:

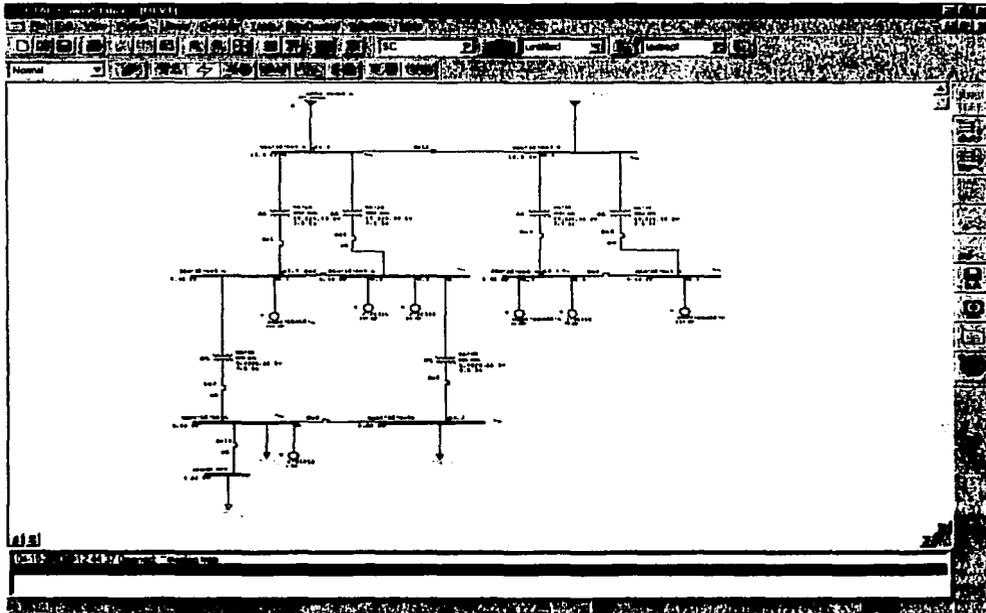


Figura 12.7

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



## 12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

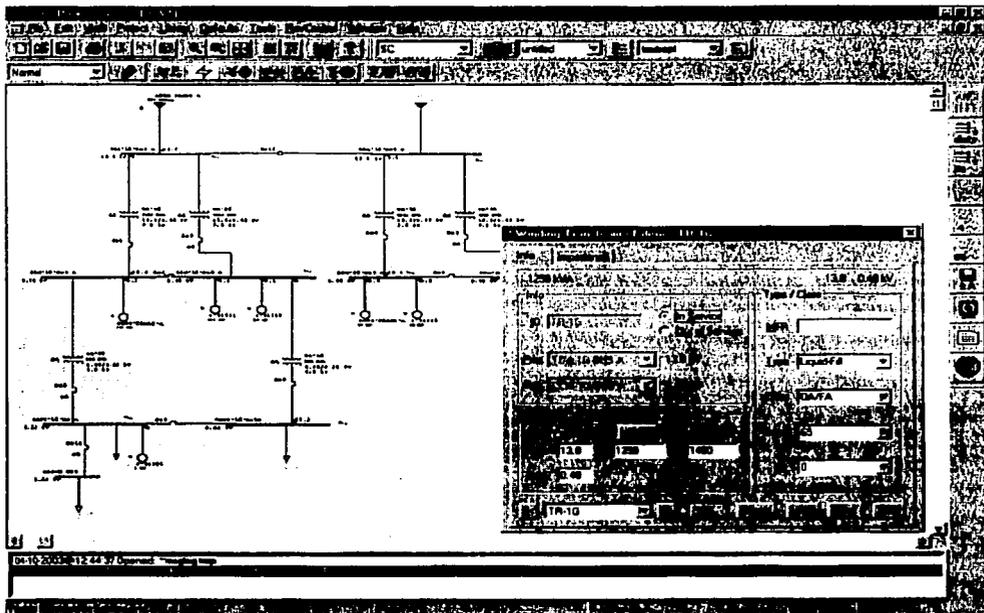


Figura 12.9

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

Estas son algunas hojas de la memoria de cálculo en donde indica los datos que se le fueron integrando a cada elemento en forma de reporte:

### SYSTEM ANALYSIS

PowerStation 2.0.8C

Study Case: SC

Project: PLANTA DE GAS                      Page:  
Location: CIUDAD MADERO TAMAULIPAS                      Date: 04-10-2003  
Contract:    SN: INSTDPETRO  
Engineer: FEDERICO CORTES SALCEDO                      File: federico

### Electrical Transient Analyzer Program

#### SHORT CIRCUIT ANALYSIS

#### 3-Phase Fault Currents

	<u>SWING</u>	<u>GEN.</u>	<u>LOAD</u>	<u>TOTAL</u>			
Number of Buses:	1	0	7	8			

	<u>XFRM2</u>	<u>REACT.</u>	<u>LINE/CABLE</u>	<u>IMP.</u>	<u>TIE PD</u>	<u>XFRM3</u>	<u>TOTAL</u>
Number of Branches:	3	0	0	0	4	0	7

	<u>Synch. Gen.</u>	<u>Synch. Motor</u>	<u>Ind. Motor</u>	<u>Lump Motor</u>	<u>Uti- lity</u>	<u>Total</u>
Number of Machines:	0	0	7	0	1	8

System Frequency: 60.0 Hz  
Unit System: Metric  
Data File Name: federico  
Output File Name: C:\ETAP\POWERSTN\FEDERICO\untitled.shr

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

### BUS INPUT DATA

PowerStation 2.0.8C

Study Case: SC

Bus Information ( Nominal & Base kV )				Voltage		Generation		Motor Load		
ID	Type	Nom.kV	BasekV	Description	% Mag.	Ang.	MW	Mvar	MW	Mvar
CCM-1G-BUS A	Load	0.480	0.480		100.0	0.0			0.149	0.065
CCM-1G-BUS B	Load	0.480	0.480		100.0	0.0			0.110	0.049
CCM-2G-BUS A	Load	0.480	0.480		100.0	0.0			0.159	0.069
CCM-2G-BUS B	Load	0.480	0.480		100.0	0.0			0.124	0.055
TDA-1G-BUS A	SWNG	13.800	13.800		100.0	0.0			0.000	0.000
TDA-1G-BUS B	Load	13.800	13.800		100.0	0.0			0.000	0.000
TDBT-1G-BUSA	Load	0.220	0.220		100.0	0.0			0.001	0.001
TDBT-1G-BUSB	Load	0.220	0.220		100.0	0.0			0.000	0.000
8 Buses Total							0.000		0.543	0.238

All voltages reported by ETAP are in % of bus nominal kVs.  
Base kVs of buses are calculated and used internally by ETAP.

### XFMR / REACTOR DATA

PowerStation 2.0.8C

Study Case: SC

CKT / Branch	Transformer					%Tap Setting		Reactor		Imped.	
	ID	MVA	kV	kV	% Z	X/R	From	To	X (ohm)	X/R	% Tol.
TR-1G	1.250	13.800	0.480	7.500	7.1	0.000	0.000				0.00
TR-3G	1.250	13.800	0.480	7.500	7.1	0.000	0.000				0.00
TR-6G	0.225	0.480	0.220	4.500	4.7	0.000	0.000				0.00

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

### MTR & GEN INPUT DATA

PowerStation 2.0.8C

Study Case: SC

Conned Bus		Machine Info.		Rating			X/R Ratio	
Bus ID	Machine ID	Type	MVA	kV	RPM	X"/R	X'/R	
TDA-1G-BUS A	ACOM PEMEX A	Uty.	500.000	13.80	1800.0	20.00	20.00	
CCM-1G-BUS A	EMOT-CCM1G-A	IndM	0.163	0.48	1800.0	10.15		
CCM-1G-BUS B	P-31511	IndM	0.099	0.48	1800.0	7.79	7.79	
CCM-1G-BUS B	P-31509	IndM	0.022	0.48	1800.0	3.48		
CCM-2G-BUS A	EMOT-CCM2G-A	IndM	0.097	0.46	1800.0	7.71		
CCM-2G-BUS A	P-31005	IndM	0.076	0.46	1800.0	6.74	6.74	
CCM-2G-BUS B	EMOT-CCM2G-B	IndM	0.136	0.46	1800.0	9.21		
TDBT-1G-BUSA	P-31058	IndM	0.001	0.22	1800.0	0.78		

% Impedance(Machine Base)			% Impedance(100 MVA Base)		
R	X"	X'	R	X"	X'
4.994	99.88	99.88	1.0	20.0	20.0
2.757	28.00	inf.	1696.5	17227.0	
2.568	20.00	50.00	2599.5	20244.6	50611.5
7.991	27.83	inf.	37146.7	129378.5	
3.632	28.00	inf.	3438.2	26507.7	
2.965	20.00	50.00	3560.4	24013.4	60033.5
3.039	28.00	inf.	2055.4	18940.0	
35.739	27.83	inf.	2516413.8	1959785.1	

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Total Connected Generators ( = 0 ): 0.000 MVA  
Total Connected Motors ( = 7 ): 0.594 MVA

## 12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO

Esta es la hoja del reporte en donde se indican los resultados obtenidos por el programa:

### MOMENTARY DUTY

PowerStation 2.0.8C

Study Case: SC

Project: PLANTA DE GAS                      Page: 14  
 Location: CIUDAD MADERO TAMAULIPAS                      Date: 04-10-2003  
 Contract:    SN: INSTDPETRO  
 Engineer: FEDERICO CORTES SALCEDO                      File: federico

Three-Phase Fault Currents:  
 ( Prefault Voltage = 100 % of the Bus Nominal Voltages )

Bus Information		Device Information		Momentary Duty			Asymm.	Asymm.
ID	kV	ID	Type	Symm. kA rms	X/R Ratio	M.F.	kA rms	kA Crest
CCM-1G-BUS A	0.48	CCM-1G-BUS A	Bus	20.779	7.3	1.360	28.264	48.545
CCM-1G-BUS B	0.48	CCM-1G-BUS B	Bus	20.779	7.3	1.360	28.264	48.545
CCM-2G-BUS A	0.48	CCM-2G-BUS A	Bus	20.981	7.3	1.359	28.510	48.975
CCM-2G-BUS B	0.48	CCM-2G-BUS B	Bus	20.981	7.3	1.359	28.510	48.975
TDA-1G-BUS A	13.80	TDA-1G-BUS A	Bus	21.014	19.9	1.568	32.956	55.105
TDA-1G-BUS B	13.80	TDA-1G-BUS B	Bus	21.014	19.9	1.568	32.956	55.105
TDBT-1G-BUSA	0.22	TDBT-1G-BUSA	Bus	10.187	5.1	1.259	12.826	22.199
TDBT-1G-BUSB	0.22	TDBT-1G-BUSB	Bus	10.187	5.1	1.259	12.826	22.199

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **12.0 ANALISIS DEL SISTEMA ELECTRICO**

---

En este reporte se indica la corriente de corto circuito simétrica y asimétrica respectivas a cada uno de los buses, como en el desarrollo que se realizó a mano este estudio va enfocado a las condiciones más críticas de corto circuito además se observa que en este reporte coinciden aproximadamente los resultados con los obtenidos en el cálculo a mano. En el estudio a mano se encontró que el BUS que tenía la mayor corriente de corto circuito asimétrica fue el BUS TDA-1G lo cual se confirma con los resultados obtenidos en la computadora.

El realizar los cálculos por computadora tiene muchos beneficios de entre ellos están el disminuir el tiempo para encontrar los resultados requeridos, se pueden repetir una y otra vez los cálculos cambiando solo algunos datos hasta obtener lo que se requiere, al final de la simulación se tiene un reporte muy completo y ordenado con los resultados obtenidos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **13.0 ESTUDIO ECONOMICO DEL SISTEMA PROPUESTO**

---

### **CAPITULO 13**

#### **ESTUDIO TÉCNICO ECONOMICO DEL SISTEMA PROPUESTO**

##### **13.1 Ventajas y desventajas**

Estudio técnico.

El estudio técnico del proyecto comprende todos los elementos que definen el proceso productivo, el tamaño, la localización, las dimensiones, las capacidades, la tecnología, etc., Para de ahí derivar las necesidades de capital, equipo, mano de obra y recursos materiales, tanto como para la puesta en marcha como para la operación del proyecto.

Del análisis de las características y especificaciones técnicas de los equipos se podrá determinar su disposición en planta (layout), la que a su vez permitirá dimensionar las necesidades de espacio físico para su operación normal, considerando las normas y principios de la administración de la producción.

La descripción del proceso de producción permitirá conocer además las materias primas y los restantes insumos que demandara el proyecto.

La definición del tamaño del proyecto es fundamental para determinar las inversiones para la evaluación de la factibilidad financiera del proyecto.

Asimismo, cuando la localización del proyecto no esta predeterminada, debe elegirse mediante un proceso integral de análisis que permita su compatibilización con los demás factores relevantes del proyecto, como son el tamaño y los procesos de la planta.

Generación de opciones de proyecto.

En virtud de que un mismo proyecto admite diferentes procesos productivos, localizaciones y tamaños, se tendrá una gama de opciones que resultan de las múltiples combinaciones que se pueden efectuar con estos tres o más factores determinantes del proyecto.

Estas opciones pueden producir resultados financieros muy distintos entre sí, por lo que se amerita considerar las opciones posibles del proyecto, para analizarlas y evaluarlas cuidadosamente para su selección.

Normalmente se considera conveniente la opción de aplicar los procedimientos y tecnologías más modernas, pero esta opción aunque técnicamente sea la óptima, puede no serlo financieramente y/o socioeconómicamente.

De igual manera, para un mismo volumen de producción se obtienen resultados financieros muy diferentes si el tamaño considera la operación de una planta en un solo turno o una planta en dos turnos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### **13.0 ESTUDIO ECONOMICO DEL SISTEMA PROPUESTO**

---

Análogamente, para cada localización alternativa, se tendrán diferentes resultados financieros y diferentes impactos económicos, sociales, políticos, ecológicos, etc., que dependen de múltiples factores relacionados con la localización como son:

1. El medio ambiente ( clima, accesibilidad, topografía, nivel de contaminación, etc. ).
2. Las condiciones del mercado ( oferta, demanda, competitividad en precio y calidad, distancia a clientes y proveedores ).
3. Condiciones económico–sociales de la localidad.
4. Servicios públicos e incentivos gubernamentales.

Con base en lo anterior, la generación de opciones del proyecto se efectúa considerando que estos factores deben entrar en cada opción de manera compatible y congruente entre sí, de acuerdo con el enfoque de compatibilidad y congruencia del proyectista.

Así por ejemplo, para una determinada opción, el tamaño deberá estar en función de la demanda actual y esperada, de las restricciones del proceso de producción, de la disponibilidad de materias primas e insumos, etc., y todos estos factores están a su vez en función de la localización, de manera que la opción debe diseñarse considerando todas estas interrelaciones.

#### **Estudio económico.**

El estudio económico del proyecto comprende la inversión, la proyección de los ingresos y de los gastos y las formas de financiamiento que se prevean para todo el periodo de ejecución. El análisis tiene por objeto demostrar que el proyecto puede realizarse con los recursos financieros disponibles. Así como compararlo con otras alternativas de inversión y entonces llegar a una inversión final en cuanto a la alternativa de mayor conveniencia.

Las decisiones que se adoptan en el estudio técnico corresponden a una utilización de capital que debe justificarse de diversos modos desde el punto de vista económico. Solventar las inversiones y gastos corrientes que implica la solución dada a los problemas de proceso, tamaño, localización, obra física, organización y calendario del proyecto.

El análisis deberá demostrar las necesidades totales de capital, desglosadas en capital fijo, que corresponde a terrenos, equipos e instalaciones, y capital circulante, tanto de disponibilidades de existencias como de un margen de liquidez necesario para la operación de la empresa. Esas necesidades de capital deben escalonarse en el tiempo, durante el periodo de construcción y durante el periodo de operación del proyecto.

Cuando corresponda por las características del proyecto, debe indicarse que parte de los recursos financieros necesarios pueden suplirse con moneda nacional y que parte con moneda extranjera. Para ese fin han de considerarse las necesidades directas e indirectas de divisas para la adquisición de equipos y de insumos, incluidas entre estas las de tecnologías o servicios, así como otros costos de operación que impliquen el uso de monedas extranjeras.

## **13.0 ESTUDIO ECONOMICO DEL SISTEMA PROPUESTO**

---

### **13.2 Tabla comparativa**

Cuando se requiere de una cotización aproximada de determinada cantidad de equipo se utilizan programas de computadora los cuales contienen una gran base de datos actualizados por las empresas que proporcionan estos programas, con lo cual se puede tener una cotización global de manera rápida tomando en cuenta los aspectos que se mencionaron anteriormente.

Uno de estos programas es:

**“ Aspen Kbase ”**

Este es un producto de “ Aspen Technology / ICARUS Office ”, contiene una gran base de datos de equipo eléctrico y de materiales eléctricos.

En este programa el análisis de cada equipo es tan completo como se requiera, algunos de los costos principales que proporciona como resultado para cada elemento son:

- Costo del equipo eléctrico
- Costo del material de la obra civil

También nos proporciona datos en cuanto a la mano de obra como los siguientes:

- Costo de mano de obra para equipo eléctrico
- Horas de mano de obra para equipo eléctrico
- Costo de mano de obra para material civil
- Horas de mano de obra para material civil

Todos los costos que se mencionan en el reporte final del programa se presentan en dólares americanos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 13.0 ESTUDIO ECONOMICO DEL SISTEMA PROPUESTO

A continuación se muestra la pantalla principal de este programa, en la cual se van eligiendo los equipos que se requieren cotizar dándole las características a cada uno de estos equipos.

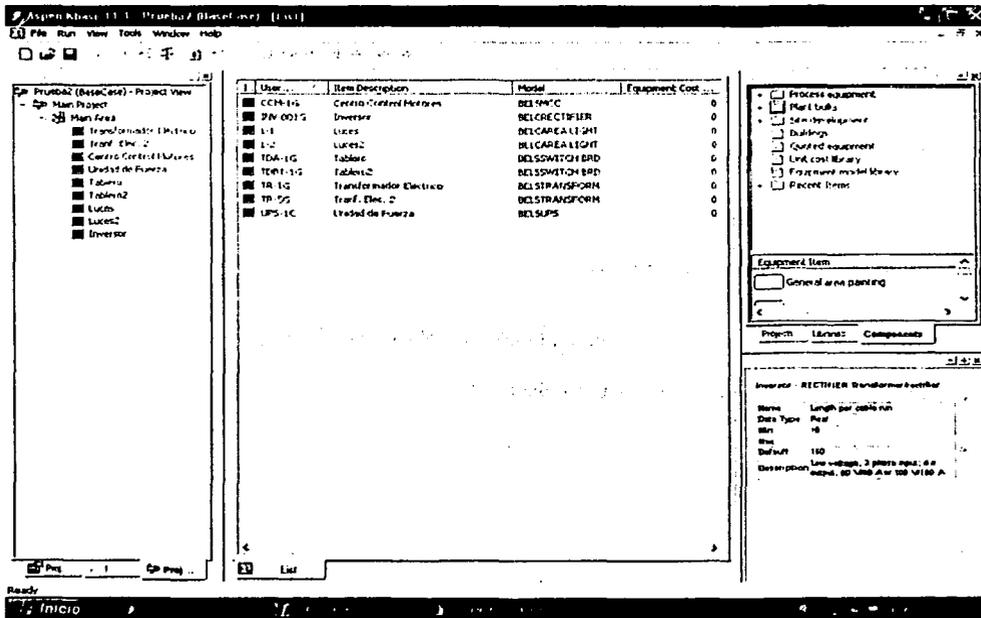


Figura 13.1

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



### 13.0 ESTUDIO ECONOMICO DEL SISTEMA PROPUESTO

---

A continuación se muestra una tabla comparativa de dos cotizaciones de las cuales la primera cotización toma en cuenta los materiales y equipos eléctricos para este proyecto y la segunda es de materiales y equipos convencionales, es decir, para propósito general.

Descripción	Cotización 1 (material y mano de obra) dólares americanos	Cotización 2 (material y mano de obra) dólares americanos
Equipo principal (transformadores, tableros, CCM's, UPS, etc.)	350,000	250,000
Sistema de fuerza (cable, tubería, etc.)	100,000	50,000
Sistema de iluminación (luminarias, tuberías, etc.)	70,000	30,000
Sistema de tierras (cables, accesorios, etc.)	50,000	30,000
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 570,000 USD</b>	<b>\$ 360,000 USD</b>

Tabla No. 13.1  
COTIZACIONES

La diferencia entre estas dos cotizaciones se debe principalmente a las condiciones especiales del proyecto mencionadas anteriormente, como lo son las instalaciones en áreas peligrosas y corrosivas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **14.0 CONCLUSIONES**

---

### **CAPITULO 14**

#### **CONCLUSIONES**

En el presente trabajo fueron expuestos los lineamientos normativos, estándares, recomendaciones y desarrollo de la ingeniería conceptual del sistema eléctrico para la planta de coquización retardada, unidad de gas asociada con una capacidad de 50,000 barriles por día, de la refinería " Francisco I. Madero ", en Cd Madero Tamps, de Petróleos Mexicanos.

El desarrollo de este trabajo, tiene la finalidad de cubrir los aspectos de seguridad, flexibilidad, confiabilidad, facilidad de expansión y simplicidad, utilizando materiales y equipos con tecnología de punta, para lo cual ha sido obligado la utilización de programas de calculo en computadora de gran complejidad.

Se hace necesario que cada vez la ingeniería de proyecto se realice con los lineamientos normativos de calidad pero sin incrementar el costo, para lo cual se requiere que los ingenieros en esta rama acumulen experiencias y traten de estar al día en el manejo de software y conocer los materiales y equipos más modernos, es por esto que se ha hecho énfasis en el uso de software para las distintas áreas de la ingeniería y en particular las usadas en ingeniería eléctrica ya que además de reducir los tiempos de realización de un proyecto se reducen también los costos de horas hombre para la ejecución del proyecto, otra de las ventajas de estos programas es el tener los archivos electrónicos de los planos y memorias de calculo del proyecto para que en caso de ser necesario se puedan modificar posteriormente parcial o totalmente.

Así también, los retos actuales de la ingeniería eléctrica petrolera demandan profesionales en estas áreas debido a que día con día los cambios tecnológicos lo hacen necesario, logrando evitar la dependencia tecnológica e importaciones de combustibles del exterior, estas plantas las cuales pertenecen al proyecto de reconfiguración de la refinería Francisco I. Madero, evitaran la importación concretamente de gasolinas y diesel de alto octanaje, aprovechando el crudo pesado tipo Maya del cual México tiene grandes reservas.

En general se considera que esta planta operara en forma continua y económica.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **BIBLIOGRAFIA**

---

### **BIBLIOGRAFIA**

- **Diseño de Subestaciones Eléctricas**  
Ing. José Raúl Martín  
Facultad de Ingeniería (UNAM)  
Año 2000
- **Curso básico de iluminación**  
Illuminating Engineering Society of North America (IES), Sección México  
Instituto Politécnico Nacional (IPN)  
Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME)  
Año 1999
- **Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales**  
Gilberto Enriquez Harper  
Editorial Limusa  
Año 1991
- **Manual de procedimientos PEMEX**  
Ingeniería de diseño  
Año 1990
- **Manuales de evaluación de proyectos**  
Instituto Mexicano del Petróleo
- **Temas selectos**  
Instituto Mexicano del Petróleo
- **Desarrollo de proyectos petroleros**  
PEMEX

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

### **CODIGOS, NORMAS, REGLAMENTOS Y ESPECIFICACIONES**

- **Especificación General PEMEX GS-E001 REV. 6**  
Bases de Diseño y Construcción de Instalaciones Eléctricas  
Año 2000
- **Especificación PEMEX P.2.0203.01**  
Clasificación de Áreas Peligrosas y Selección de Equipo Eléctrico  
Año 2000
- **NOM-001-SEDE-1999**  
Instalaciones Eléctricas (utilización)  
Año 1999

## **BIBLIOGRAFIA**

---

- American Petroleum Institute API-RP-500  
Clasificación de Áreas peligrosas  
Año 1997
- American Petroleum Institute API-RP-540  
Electrical Installations in Petroleum Processing Plants  
Año 1999

## **CATALOGOS DE INFORMACIÓN Y PUBLICACIONES TÉCNICAS**

- Manual del Electricista  
CONDUMEX
- Principios de iluminación  
HOLOPHANE

## **PROGRAMAS DE COMPUTADORA**

Programa para realizar simulación de corto circuito con sus respectivos estudios.

- ETAP power station  
Versión 2.0.8C

Programa para realizar simulación de sistemas de iluminación con sus respectivos estudios

- VISUAL  
Versión 2.2

Programa para cotización de equipo en dólares americanos

- Aspen Kbase  
Versión 11.1.1

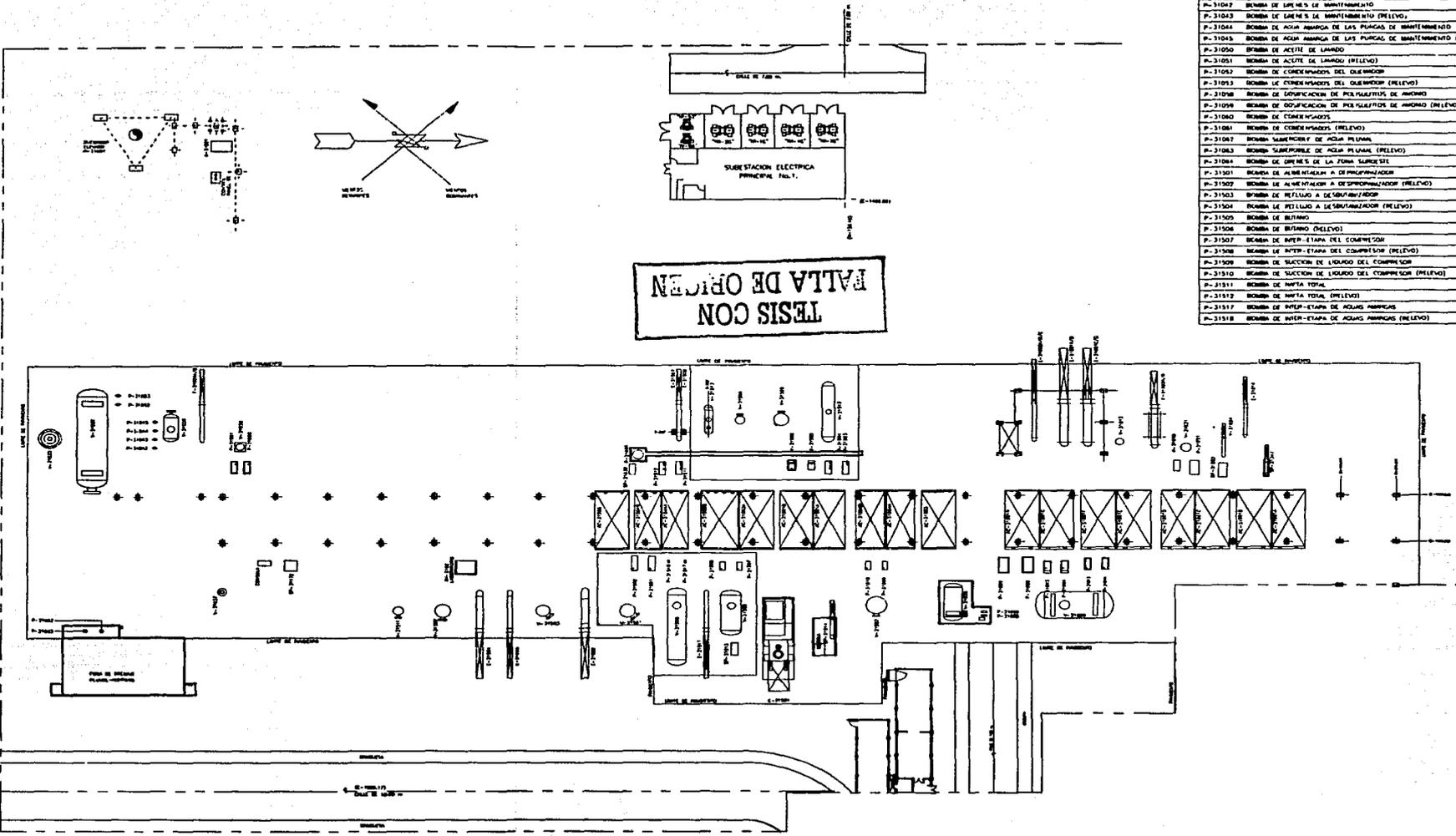
Programa para realización de planos e imágenes

- AutoCAD  
Versión 2000

LISTA DE EQUIPO

P-31003	BOMBA DE NAFTA NO ESTABILIZADA
P-31004	BOMBA DE NAFTA NO ESTABILIZADA (RELEVIO)
P-31005	BOMBA DE REFILLO DE LA TORRE FRACCIONADORA
P-31006	BOMBA DE REFILLO DE LA TORRE FRACCIONADORA (RELEVIO)
P-31013	BOMBA DE AGUA AMARCA DE LA TORRE FRACCIONADORA
P-31014	BOMBA DE AGUA AMARCA DE LA TORRE FRACCIONADORA (RELEVIO)
P-31047	BOMBA DE LAMENAS DE MANTENIMIENTO
P-31048	BOMBA DE LAMENAS DE MANTENIMIENTO (RELEVIO)
P-31044	BOMBA DE AGUA AMARCA DE LAS PLACAS DE MANTENIMIENTO
P-31045	BOMBA DE AGUA AMARCA DE LAS PLACAS DE MANTENIMIENTO (RELEVIO)
P-31050	BOMBA DE ACEITE DE LAMINA
P-31051	BOMBA DE ACEITE DE LAMINA (RELEVIO)
P-31052	BOMBA DE CONDENSADES DEL OLIVADOR
P-31053	BOMBA DE CONDENSADES DEL OLIVADOR (RELEVIO)
P-31058	BOMBA DE CONDENSACION DE POLIPLASTICO DE AMONIO
P-31059	BOMBA DE CONDENSACION DE POLIPLASTICO DE AMONIO (RELEVIO)
P-31060	BOMBA DE CONDENSADES
P-31061	BOMBA DE CONDENSADES (RELEVIO)
P-31067	BOMBA SUMERGIBLE DE AGUA PLANA
P-31063	BOMBA SUMERGIBLE DE AGUA PLANA (RELEVIO)
P-31064	BOMBA DE OLEFINAS DE LA ZONA SURCOSTA
P-31061	BOMBA DE ALIMENTACION A DE PURIFICADOR
P-31062	BOMBA DE ALIMENTACION A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31063	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR
P-31064	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31065	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31066	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31067	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31068	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31069	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31070	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31071	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31072	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31073	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31074	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31075	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31076	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31077	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31078	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31079	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31080	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31081	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31082	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31083	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31084	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31085	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31086	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31087	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31088	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31089	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31090	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31091	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31092	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31093	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31094	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31095	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31096	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31097	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31098	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31099	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31100	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31101	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31102	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31103	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31104	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31105	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31106	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31107	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31108	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31109	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31110	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31111	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31112	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31113	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31114	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31115	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31116	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31117	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31118	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31119	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)
P-31120	BOMBA DE REFILLO A DE PURIFICADOR (RELEVIO)

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

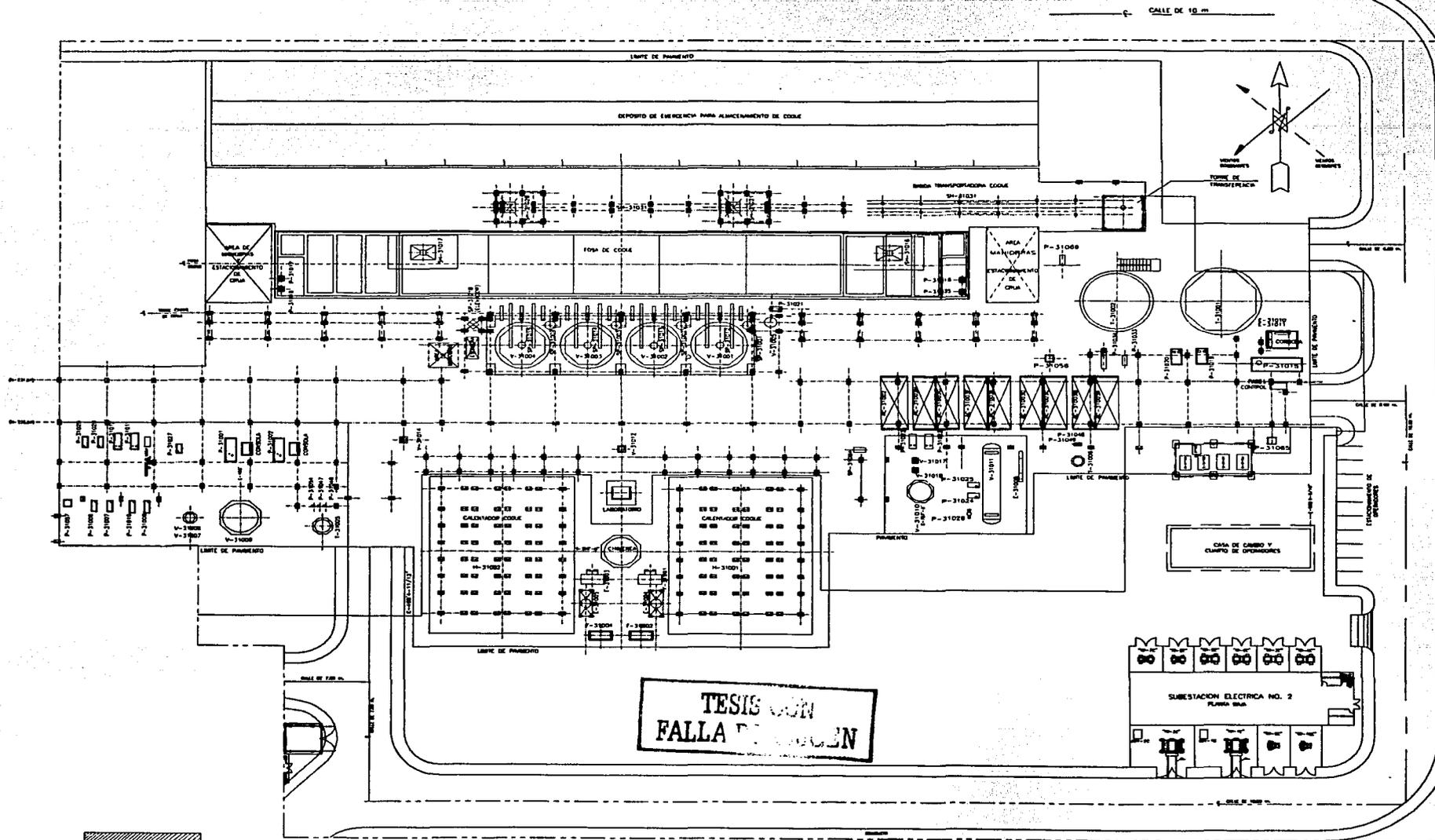


LOCALIZACION DE MOSAICOS

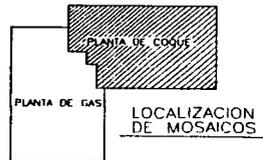
PLANTA DE GAS

PLANTA DE COQUE

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
PLANO DE LOCALIZACION GENERAL (PLD). PLANTA DE GAS	
TESIS PROFESIONAL	PLANO No. TCS-1-01
FEDERICO CORTES SALCEDO	ENC. 1796 ACQ. 18



TESIS CON  
FALLA DE CALIBRE



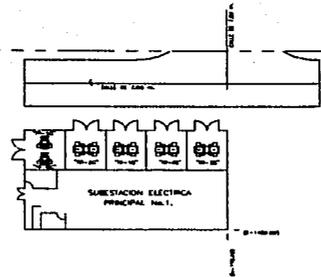
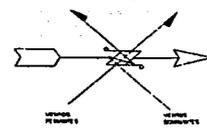
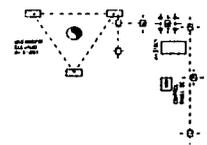
UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
PLANO DE LOCALIZACION GENERAL (PLG). PLANTA DE COQUE	
TESIS PROFESIONAL	PLANO No. TCS-E-02
FEDERICO CORTES SALCEDO	Escala: 1:200 ADO: M

DIAGRAMAS UNIFILARES Y ELEMENTALES				SISTEMA DE FUERZA		SISTEMA DE ALUMBRADO	
SIMBOLOS	DESCRIPCION	SIMBOLOS	DESCRIPCION	SIMBOLOS	DESCRIPCION	SIMBOLOS	DESCRIPCION
	INTERRUPTOR DE POTENCIA TIPO UNIPOLAR REMOVIBLE PARA 15 Y 5 kV, CON MECANISMO DE DISPARO POR ENERGIA ALMACENADA Y CIERRE POR OPERACION ELECTRICA 125 V.C.D.		BUS (BARRAS COLECTORAS)		BANCO DE DUCTOS SUBTERRANEOS EN BAJA TENSION 480, 220, 127 V.		LUMINARIO USO EXTERIOR DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESION 100W, 220 VCA, MONTAJE COLGANTE.
	CONTACTOR MAGNETICO TRIPOLAR TIPO REMOVIBLE, CON FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE EN 4, 16 KV, 3F, 60HZ, OPERACION ELECTRICA, A 120 VCA.		ALIMENTADORES PRINCIPALES Y DERIVADOS, CONDUCTORES DE CONTROL.		BANCO DE TUBOS SUBTERRANEOS EN ALTA TENSION (13,800 V.).		LUMINARIO USO EXTERIOR DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESION 100W, 220 VCA, MONTAJE EN MURO.
	INTERRUPTOR ELECTROMAGNETICO TRIPOLAR, TIPO REMOVIBLE A 480 V.M.F. 60 HZ, CON MECANISMO DE DISPARO POR ENERGIA ALMACENADA CIERRE POR OPERACION ELEC. A 125 VCD.		CONDUCTORES DE PROTECCION DE TP'S Y TC'S A RELEVADORES.		REGISTRO ELECTRICO ALTA Y MEDIA TENSION (AL LADO SE-INDICA CARACTERISTICAS)		LUMINARIA FLUORESCENTE (SE INDICAN CARACTERISTICAS ELECTRICAS)
	TRANSFORMADOR DE POTENCIAL CON FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE		CONDUCTORES DE PROTECCION DE RELEVADORES Y BLOQUEOS A INTERRUPTORES.		REGISTRO ELECTRICO BAJA TENSION.		CONTACTO TRIFASICO 3F, 4H, 30A, 220 V, MONTAJE EN MURO.
	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE EN TABLERO, SE INDICA CANTIDAD Y RELACION DE TRANSFORMACION.		BANCO DE BATERIAS, TIPO NIQUEL CADMIO PARA 125 VCD.		CAJA DE PASO (A PRUEBA DE EXPLOSION EJB).		CONTACTO DOBLE MONOFASICO POLARIZADO, 2P, 3H, 10A, 127 VCA, MONTAJE EN MURO.
	CONEXION DELTA DEL TRANSFORMADOR.		CONVERTIDOR DE CORRIENTE ALTERNA A CORRIENTE DIRECTA (TIPO RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA CARGADOR, ENTRADA 1F, 2H, 127 VCA, 60 HZ Y SALIDA 125 VCA.		TUBERIA QUE BAJA.		APAGADOR SENCILLO 1 P, 10 A, 127 V.
	CONEXION ESTRELLA CON NEUTRO SOLIDAMENTE CONECTADO A TIERRA		CONVERTIDOR DE CORRIENTE DIRECTA A CORRIENTE ALTERNA (INVERTIDOR) ENTRADA, 125 VCD, Y SALIDA 120 VCA, 1F, 2H, 60 HZ.		TUBERIA QUE SUBE.		APAGADOR DE TRES VIAS 10 A, 127 V, (ESCALERA)
	TRANSFORMADOR DE POTENCIA O DISTRIBUCION (MVA), SE INDICA RELACION DE TRANSFORMACION, NO. DE FASES, FRECUENCIA, SOBRE ELEVACION DE TEMPERATURA, ENFRIAMIENTO E IMPEDANCIAS.		DISPOSITIVOS DE TRANSFERENCIA		TRANSFORMADOR REGULADOR DE AISLAMIENTO (ACONDICIONADOR DE LINEA EN SISTEMAS DE FUERZA INTERRUPTIBLES).		TABLERO DE ALUMBRADO SERVICIO NORMAL Y CONTACTOS.
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO REMOVIBLE AM = AMPERES DE MARCA; AD = AMPERES DE DISPARO		TABLERO ALUMBRADO, 3F, 4H, CON INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS DERIVADOS, E INTERRUPTOR PRINCIPAL.		TABLERO DE ALUMBRADO SERVICIO DE EMERGENCIA Y CONTACTOS.		
	COMBINACION REMOVIBLE DE ARRANCADOR MAGNETICO, NO REVERSIBLE, A TENSION REDUCIDA, TIPO AUTOTRANSFORMADOR CON FUSIBLES EN EL LADO PRIMARIO Y SECUNDARIO PARA PROTECCION DE T.C. CON INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO.		INTERLOCKS (BLOQUEOS) IE=BLOQUEO ELECTRICO.				
	COMBINACION REMOVIBLE DE ARRANCADOR MAGNETICO, NO REVERSIBLE A TENSION PLENA, CON TRANSFORMADOR PARA CONTROL Y CON FUSIBLES EN LADO PRIMARIO Y SECUNDARIO PARA PROTECCION DE T.C., CON INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO.		RELEVADOR TERMICO DENTRO DE EQUIPOS.				
	ELEMENTO TERMICO		RELEVADOR DE BAJA TENSION DE ESTADO SOLIDO				
	BOBINA DE CONTACTOR		RELEVADOR CON BOBINA DE 125 V.C.D. Y CONTACTOS NECESARIOS PARA DISPOSITIVO 27				
	RESISTENCIA CALEFACTORA		RELEVADOR DE PROTECCION TERMICA, DE ESTADO SOLIDO.				
	LUZ PILOTO (ROJO, PARADO Y VERDE, OPERANDO)		RELEVADOR INSTANTANEO DE FALLA A TIERRA DE ESTADO SOLIDO				
	ESTACION DE BOTONES, ARRANCAR-PARAR.		RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE CON RETARDO DE TIEMPO PARA FALLA ENTRE FASES CON DISPOSITIVO DE DISPARO INSTANTANEO DE ESTADO SOLIDO				
	CELDA FOTOELECTRICA		RELEVADOR AUXILIAR EN BOBINA DE 125 V.C.D. CON 4 CONTACTOS N.A.				
	MOTOR DE INDUCCION TIPO C.A. EL NUMERO INTERIOR INDICA LA CAPACIDAD EN HP.		RELEVADOR DE SOBRECORRIENTE RESIDUAL CON RETARDO DE TIEMPO Y DISPARO ENTRE FASES DE ESTADO SOLIDO				
	ALARMAS Y CIRCUITOS DE SEÑALIZACION AL SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO A TRAVES DEL ANALIZADOR DE RED PRINCIPAL DE CADA BUS.		RELEVADOR AUXILIAR EN BOBINA DE 125 V.C.D. CON 4 CONTACTOS N.A.				
	SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO.		RELEVADOR DIFERENCIAL DE ESTADO SOLIDO				
	RESISTENCIA DETECTORA DE TEMPERATURA.		RELEVADOR DE BLOQUEO				
	ANALIZADOR DE RED (AR): - PROTECCIONES (ESTADO SOLIDO): PB-1 Y PB-2: 50/51, 50/51N, 50/51X, 50/51HX, 27, 27X PM-1 Y PM-2: 50/51, 50/51N, 50/51X, 50/51HX, 48, 49, 87 Y 86 PT-1, PT-2, PT-3, PT-4: 50/51, 50/51N, 50/51X PT-5, PT-6, PT-7, PT-8: 50/51X, 49 - MEDICIONES (DIGITAL): MB-1 Y MB-2: AMPERIMETRO C.A., VOLTIMETRO C.A., WATTMETRO, WATHORIMETRO, VARIMETRO, FACTOR DE POTENCIA, FRECUENCIOMETRO, DEMANDA MAXIMA, NUMERO DE INTERRUPCIONES, MEMORIA 64KB EXPANDIBLE A 256 KB. MW-1 Y MW-2: AMPERIMETRO C.A. MT-1, MT-2, MT-3, MT-4: AMPERIMETRO C.A. MT-5, MT-6, MT-7, MT-8 - ALARMAS AL SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO AD-1 Y AD-2: 50/51, 50/51N, 27, E INTERRUPTORES "V-1" E "V-2" DISPARADOS. AM-1 Y AM-2: 50/51, 50/51N, 48, 49, 87, "V-8" E "V-9" DISPARADOS AT-1, AT-2, AT-3, AT-4: 50/51, 50/51N, 49 "V-4" AT-5, AT-6, AT-7, AT-8: "V-5", "V-6", "V-7", "V-10", "V-11", "V-12" E "V-13" DISPARADOS		RELEVADOR DE NIVEL, CON CONTACTO DE ALARMA				
	RESISTENCIA DETECTORA DE TEMPERATURA.		RELEVADOR DE SOBREPRESION, CON CONTACTOS DE ALARMA Y DISPARO.				
			VOLTIMETRO C.A. TIPO DIGITAL				
			SELECTOR MANUAL-FUERA-AUTOMATICO.				
			MONITOR DE CIRCUITOS (MC) - MEDICIONES (DIGITAL): M-1, AMPERIMETRO C.A., VOLTIMETRO C.A., WATTMETRO, WATHORIMETRO, VARIMETRO, FACTOR DE POTENCIA, FRECUENCIOMETRO, DEMANDA MAXIMA, NUMERO DE INTERRUPCIONES, MEMORIA 64 KB, EXPANDIBLE A 256 KB				

**TESIS EN FALLA DE TEN**

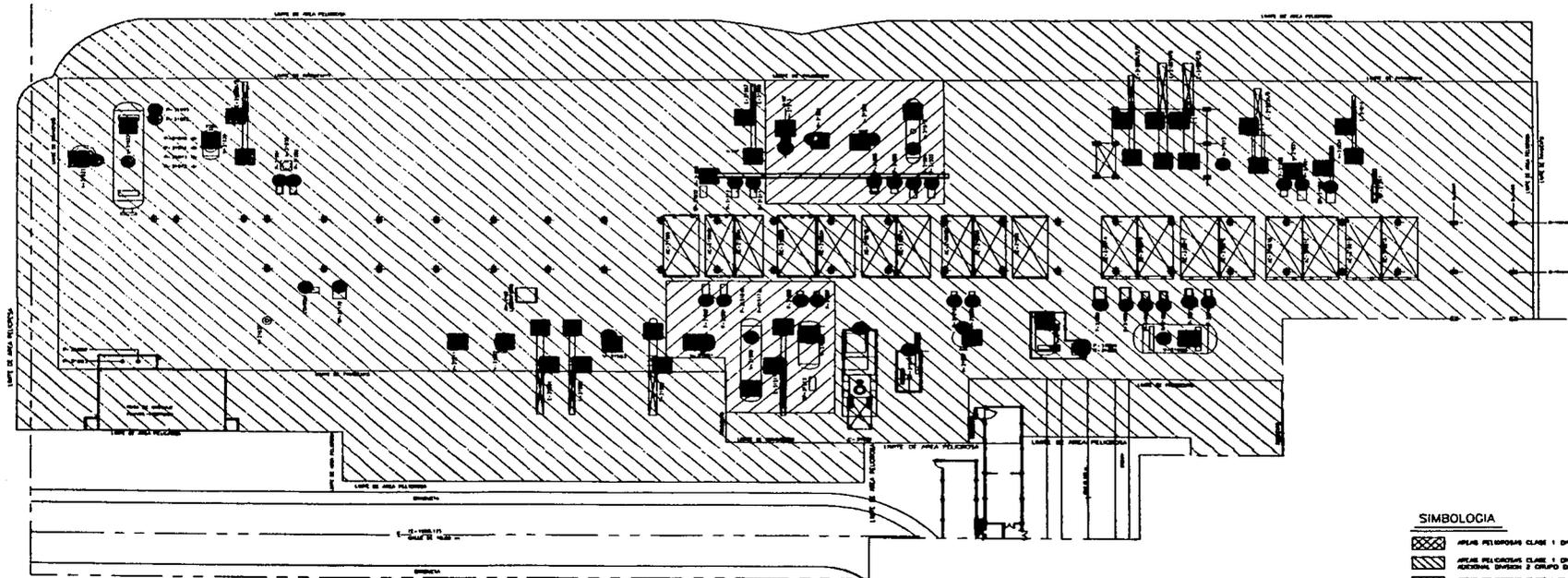
UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
SIMBOLOGIA GENERAL	
TESIS PROFESIONAL	PLANO No. ICS-E-03
FEDERICO CORTES SALCEDO	ESC. 5M ACOT. 5M

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



### NOTAS GENERALES:

- 1.- ESTA CLASIFICACION ESTA BASADA EN LAS NORMAS DE NFPA 704 (CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS Y LOCALIZACION DE EQUIPO ELECTRICO).
- 2.- COMO REFERENCIA DE EJEMPLO LAS NORMAS TECNICAS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS (NFPA 70E) PARA EL MANEJO ELECTRICO CON EL CUAL AGUAS DE BOMBEO Y EQUIPOS DE COMANDO Y CONTROL.
- 3.- EL EQUIPO Y MATERIAL LOCALIZADO EN LOS CUARTOS DE CONTROL ELECTRICO Y DE 0.5 MTS. DEBEN SER MARCADO CON UNO O MAS DE LOS SIGUO: SEÑALES PRE-ESTABLECIDAS.
- 4.- EL EQUIPO Y MATERIAL LOCALIZADO FUERA DE ESTA CLASIFICACION (CLASE 1 DIVISION 1 Y 2) Y QUE ESTEN A LA DISTANCIA DE 30 METROS DE LA LINEA DE BARRAS DEBEN SER MARCADO.
- 5.- PARA CLASIFICAR EL AREA DE DANGERO 2, SE CONSIDERAN 10 MTS. HORIZONTALMENTE Y 10 MTS. SOBRE EL NIVEL DE LA LINEA DE BARRAS.
- 6.- PARA CLASIFICAR EL AREA DE DANGERO 1 SE CONSIDERAN 10 MTS. HORIZONTALMENTE Y 10 MTS. SOBRE EL NIVEL DE LA LINEA DE BARRAS.
- 7.- LAS COORDENADAS INDICADAS ENTRE PARENTESIS SERAN EN METROS.
- 8.- LA TEMPERATURA MAXIMA DE OPERACION DEL EQUIPO ELECTRICO NO DEBERA EXCEDER EL NIVEL DE LA TEMPERATURA DE OPERACION DE LA TECNICA QUE SE APLICAN EN EL AREA.
- 9.- LAS TEMPERATURAS MAXIMAS DE OPERACION DE LAS SUBSTANCIAS DE TRANSFORMACION DE LA WPA EST EN SU ETIQUETA DE 1987.



### SIMBOLOGIA

- AREAS PELIGROSAS CLASE 1 DIVISION 1 GRUPO D.
- AREAS PELIGROSAS CLASE 1 DIVISION 2 GRUPO D.
- AREAS PELIGROSAS CLASE 1 DIVISION 2 GRUPO C.
- AREAS NO PELIGROSAS.
- VENTILADOR EN TUBO.
- COPA DE DERRAME.

### CLASIFICACION DE ATMOSFERA PELIGROSA

SUBSTANCIA	GRUPO	CLASE	TEMPERATURA (°C)	TEMPERATURA (°F)	GRUPO DE DANGERO
ACETANO	D	OH	200	-40	2.0
PROPANO	D	OH	150	-100	1.0
ACETENO	D	OH	200	-40	2.0
ACETENO	D	OH	200	-40	2.0
ACETENO	D	OH	200	-40	2.0
ACETENO	D	OH	200	-40	2.0



UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS.	PLANTA DE GASES
TESIS PROFESIONAL	PLANO No. FCS-1-04
FELIPE CORTES SALCEDO	1987

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CIRCUITO No.	SERVICIO	DESDE	HASTA	KW/H.P.	K.V.A.	AMP.	VOLTS.	CONDUCTOR		No. TUBO	OBSERVACIONES	CIRCUITO No.	SERVICIO	DESDE	HASTA	KW/H.P.	K.V.A.	AMP.	VOLTS.	CONDUCTOR		No. TUBO	OBSERVACIONES				
								CALIBRE	LONG.Mts.											CALIBRE	LONG.Mts.			CALIBRE	LONG.Mts.		
CF-10	FUERZA	SUB ELECT. No. DE RETENCIÓN DE S.E. No. 1	TAB. "TDA-10" BUS "A"	---	5600	234.287	13.800	3-7/32" AWG	1800	3-152	600	CC-59G	CONTROL	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES EN 480 V. "CCM-10" BUS "B"	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3150B"	---	0.10	0.84	120	1/3-12AWG	115	---	---	JUNTO CON CF-470 EN TUBO No. 98G			
CC-10	CONTROL	ALARMA DE "AR-1" BUS "A" DEL TAB. "TDA-10"	GABINETE "TDR-1" DEL S.C.D. DE LA S.E. No. 1	---	---	---	---	7 BUS MS NO (POR MOTOR)	30	---	---	CF-51G	FUERZA	MOTOR DE BOMBA DE INTERFAZA DE AGUA BARRIO "P-3150B"	---	---	15.4	480	3-10AWG	338	25	74	730	A TRAVES DE "ZCP-40"			
CF-40	FUERZA	BUS "A" DEL TABLERO "TDA-10" DE S.E. No. 1	TRANSFORMADOR "TR-10" DE 1250/1400 KVA	---	1400	58.58	13.800	3-2/0 AWG	105	78	5	100	CC-43G	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3151B"	---	---	0.10	0.84	120	1/3-12AWG	113	---	---	JUNTO CON CF-51G EN TUBO No. 730.		
CC-130G	CONTROL	ALARMA DE "AR-5" BUS "A" DEL TAB. "TDA-10" DE S.E. No. 1	GABINETE "TDR-1" DEL S.C.D. DE LA S.E. No. 1	---	---	---	---	7 BUS MS NO (POR MOTOR)	30	---	---	---	CF-49G	FUERZA	MOTOR DE BOMBA DE INTERFAZA DEL COMPRESOR "P-3150A"	---	---	57.2	480	3-4 AWG	315	27	68	710	---		
CF-50	FUERZA	BUS "A" DEL TABLERO "TDA-10" DE S.E. No. 1	TRANSFORMADOR "TR-50" DE 1250/1400 KVA	---	1400	58.58	13.800	3-2/0 AWG	120	78	5	110	CC-41G	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3150A"	---	---	0.10	0.84	120	1/3-12AWG	80	---	---	JUNTO CON CF-49G EN TUBO No. 710.		
CC-140G	CONTROL	ALARMA DE "AR-8" BUS "A" DEL TAB. "TDA-10" DE S.E. No. 1	GABINETE "TDR-1" DEL S.C.D. DE LA S.E. No. 1	---	---	---	---	7 BUS MS NO (POR MOTOR)	30	---	---	---	CF-50G	FUERZA	MOTOR DE BOMBA DE REFILLO DE LA TURBOCOMPRESOR "P-3150A (RELL)"	---	---	57.2	480	3-4 AWG	338	27	64	720	A TRAVES DE "ZCP-30"		
CF-80	FUERZA	BUS "A" DEL TABLERO "TDA-10" DE S.E. No. 1	DISPONIBLE	---	---	---	---	---	---	---	---	---	CF-42G	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3150A"	---	---	0.10	0.84	120	1/3-12AWG	112	---	---	JUNTO CON CF-50G EN TUBO No. 720.		
CF-70	FUERZA	SUB ELECT. No. DE RETENCIÓN DE S.E. No. 1	TAB. "TDA-10" EN SUB ELECT. No. 1 BUS "B"	---	5800	234.287	13.800	3-7/32" AWG	1800	3-152	600	150.180	CC-44G	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3150A"	---	---	0.10	0.84	120	1/3-12AWG	133	---	---	A TRAVES DE "ZCP-50"		
CC-80	CONTROL	ALARMA DE "AR-2" BUS "B" DEL TAB. "TDA-10" DE S.E. No. 1	GABINETE "TDR-1" DEL S.C.D. DE LA S.E. No. 1	---	---	---	---	7 BUS MS NO (POR MOTOR)	30	---	---	---	CF-56G	FUERZA	DISPONIBLE	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
CF-100	FUERZA	BUS "B" DEL TABLERO "TDA-10" DE S.E. No. 1	TRANSFORMADOR DE 1250/1400 KVA "TR-10"	---	1400	58.58	13.800	3-2/0 AWG	148	78	5	230	CC-58G	CONTROL	DISPONIBLE	---	---	252	303.10	480	3-350 MCM	81	78	10	910	---	
CC-144G	CONTROL	ALARMA DE "AR-10" BUS "B" DEL TAB. "TDA-10" DE S.E. No. 1	GABINETE "TDR-1" DEL S.C.D. DE LA S.E. No. 1	---	---	---	---	7 BUS MS NO (POR MOTOR)	30	---	---	---	CF-69G	FUERZA	TRANSFORMADOR DE "TR-60" DE 225/252 KVA	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
CF-110	FUERZA	BUS "B" DEL TAB. "TDA-10" DE LA S.E. No. 1	TRANSFORMADOR DE 1200/1400 KVA "TR-40"	---	1400	58.58	13.800	3-2/0 AWG	84	78	5	240	CF-70G	FUERZA	DISPONIBLE	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
CC-145G	CONTROL	ALARMA DE "AR-11" BUS "B" DEL TAB. "TDA-10" DE S.E. No. 1	GABINETE "TDR-1" DEL S.C.D. DE LA S.E. No. 1	---	---	---	---	7 BUS MS NO (POR MOTOR)	30	---	---	---	CF-72G	FUERZA	TRANSFORMADOR DE "TR-30" DE 1250/1400 KVA	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES EN 480V "CCM-20" BUS "A"	1400	1683.94	480	15-500MCM	330	5-78	25	840.950	5	CONDUCTORES POR FASE.	
CF-120	FUERZA	BUS "B" DEL TAB. "TDA-10" DE LA S.E. No. 1	DISPONIBLE	---	---	---	---	---	---	---	---	---	CF-73G	FUERZA	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES EN 480 V. "CCM-20" BUS "A"	MOTOR DE BOMBA DE REFILLO DE LA TURBOCOMPRESOR "P-3150A"	0.2-1/2	---	105.6	480	3-1 AWG	428	35	97	98G	A TRAVES DE "ZCP-50"	
CF-130	FUERZA	TRANSFORMADOR DE 1250/1400 KVA "TR-10"	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES EN 480 V. "CCM-10" (BUS "A")	---	1400	1083.94	480	15-500MCM	330	5-78	25	270.280	CC-82G	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3100A"	MOTOR DE BOMBA DE REFILLO DE LA TURBOCOMPRESOR "P-3100A"	0-4/0	---	3.5	120	1/3-12AWG	142	25	97	99G	---	
CF-140	FUERZA	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES EN 480 V. "CCM-10" BUS "A"	MOTOR DE BOMBA DE NAFTA S.C.D. AL. "P-3100A"	82.89	---	136.4	480	3-2/0 AWG	308	41	82	310	CF-74G	FUERZA	MOTOR DE BOMBA DE NAFTA ESTABILIZADA "P-3100A (RELL)"	MOTOR DE BOMBA DE NAFTA ESTABILIZADA "P-3100A (RELL)"	33.1/8	---	57.2	480	3-3 AWG	482	27	108	100G	A TRAVES DE "ZCP-50"	
CC-120	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3151B"	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3151B"	0.4	---	0.30	2.5	120	1/3-12AWG	102	23	62	32G	CC-83G	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3100A"	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3100A"	0-4/0	---	0.10	0.84	120	1/3-12AWG	154	---	---	JUNTO CON CF-74G EN TUBO No. 100G
CC-130	FUERZA	RESISTENCIAS CALEFACTORAS EN MOTOR DE BOMBA "P-3151B"	MOTOR DE BOMBA DE ALIMENTACION "P-3150A"	41.44	---	71.5	480	3-3 AWG	300	27	77	330	CF-75G	FUERZA	MOTOR DE BOMBA DE AGUA AMBRIA DE LA TORRE FRIG. "P-3101A" (RELL)	MOTOR DE BOMBA DE AGUA AMBRIA DE LA TORRE FRIG. "P-3101A" (RELL)	41.44	---	71.5	480	3-2 AWG	474	35	112	102G	A TRAVES DE "ZCP-50"	
CF-150	FUERZA	BUS "B" DEL TAB. "TDA-10" DE LA S.E. No. 1	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3150A"	0.10	---	0.84	120	1/3-12AWG	110	---	---	---	CF-76G	FUERZA	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3101A"	MOTOR DE BOMBA DE COMANDADOS DEL OLEAMOTOR "P-3101A" (RELL)	4-1/4	---	8.36	480	3-10AWG	540	25	122	104G	A TRAVES DE REH-30, REH-40 Y REH-50	
CF-160	FUERZA	MOTOR DE BOMBA DE BARRIO "P-3100A"	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3150A"	24.6/10	---	44	480	3-6 AWG	375	25	81	340	CF-78G	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3101A"	MOTOR DE BOMBA DE ACEITE DE LAVADO "P-3101A"	41.44	---	71.5	480	3-2 AWG	474	35	113	105G	A TRAVES DE "ZCP-30"	
CC-150	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3150A"	MOTOR DE BOMBA DE INTERFAZA COMPRESOR "P-3150A"	33.1/8	---	57.2	480	3-4 AWG	312	27	63	30G	CC-86G	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-31050"	MOTOR DE BOMBA DE INTERFAZA COMPRESOR "P-3150A"	33.1/8	---	57.2	480	120	1/3-12AWG	158	---	---	JUNTO CON CF-77G EN TUBO No. 105G	
CF-160	FUERZA	MOTOR DE BOMBA DE INTERFAZA COMPRESOR "P-3150A"	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3150A"	0.10	---	0.84	120	1/3-12AWG	88	---	---	---	CF-79G	FUERZA	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-31050"	MOTOR DE BOMBA DE COMANDADOS DEL OLEAMOTOR "P-31050"	33.1/8	---	57.2	480	3-2 AWG	645	39	156	107G	A TRAVES DE REH-30, REH-40, REH-50 Y ZCP-10	
CC-170	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3150A"	MOTOR DE BOMBA DE REFILLO A DESGASIFICADOR "P-3150A"	33.1/8	---	57.2	480	3-4 AWG	345	27	66	37G	CF-80G	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-31060"	MOTOR DE BOMBA DE COMANDADOS DEL OLEAMOTOR "P-31060"	16.58	---	29.7	480	3-8 AWG	510	25	129	109G	A TRAVES DE REH-30, REH-40 Y REH-50	
CF-180	FUERZA	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3150A"	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3150A"	0.10	---	0.84	120	1/3-12AWG	111	---	---	---	CF-79G	FUERZA	MOTOR DE BOMBA DE OLEFINES DE AMBIBARRIO "P-3104A" (RELL)	MOTOR DE BOMBA DE OLEFINES DE AMBIBARRIO "P-3104A" (RELL)	16.58	---	29.7	480	3-8 AWG	510	25	129	109G	A TRAVES DE REH-30, REH-40 Y REH-50	
CC-180	CONTROL	MOTOR DE BOMBA DE INTERFAZA DE AGUA AMBRIA "P-3151B"	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3151B"	8-2/8	---	15.4	480	3-10 AWG	333	25	72	38G	CC-88G	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3104A"	MOTOR DE BOMBA DE OLEFINES DE AMBIBARRIO "P-3104A"	16.58	---	29.7	480	3-8 AWG	510	25	129	109G	A TRAVES DE REH-30, REH-40 Y REH-50	
CF-190	FUERZA	MOTOR DE BOMBA DE BARRIO "P-3100A"	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3151B"	0.10	---	0.84	120	1/3-12AWG	111	---	---	---	CF-80G	FUERZA	JUNTO CON CF-70G EN TUBO No. 38G A TRAVES DE REH-30 Y ZCP-40	MOTOR DE BOMBA SUMERGIBLE DE AGUA PLUMA "P-3105A" (RELL)	12.41	---	23.1	480	3-8 AWG	642	25	170	108G	A TRAVES DE REH-30, REH-40, REH-50 Y ZCP-10.	
CC-190	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3151B"	MOTOR DE BOMBA DE BARRIO "P-3100A"	0.10	---	0.84	120	1/3-12AWG	111	---	---	---	CF-80G	FUERZA	JUNTO CON CF-70G EN TUBO No. 38G A TRAVES DE REH-30 Y ZCP-40	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3106A"	12.41	---	23.1	480	3-8 AWG	642	25	170	108G	A TRAVES DE REH-30, REH-40, REH-50 Y ZCP-10.	
CF-210	FUERZA	MOTOR DE BOMBA DE BARRIO DE LIO DEL COMPRESOR "P-3151B"	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3151B"	16.85	---	29.7	480	3-6 AWG	399	25	78	39G	CC-89G	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3106A"	MOTOR DE BOMBA SUMERGIBLE DE AGUA PLUMA "P-3105A" (RELL)	16.85	---	29.7	480	3-6 AWG	399	25	78	39G	JUNTO CON CF-80G EN TUBO No. 108G.	
CC-200	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3151B"	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3151B"	0.10	---	0.84	120	1/3-12AWG	133	---	---	---	CF-81G	FUERZA	JUNTO CON CF-210 EN TUBO No. 39G A TRAVES DE ZCP-50	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3106A"	0.10	---	0.84	120	1/3-12AWG	115	---	---	---	---	
CF-340	FUERZA	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES EN 480V "CCM-10" BUS "A"	DISPONIBLE	---	---	---	---	---	---	---	---	---	CC-70G	CONTROL	DISPONIBLE	DISPONIBLE	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
CC-330	CONTROL	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES EN 480V "CCM-10" BUS "A"	DISPONIBLE	---	---	---	---	---	---	---	---	---	CF-83G	FUERZA	DISPONIBLE	DISPONIBLE	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
CF-370	FUERZA	TRANSFORMADOR "TR-50" DE 225/252 KVA	DISPONIBLE	---	252	303.11	480	3-350MCM	80	78	8	590	CC-72G	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3106A"	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3106A"	0.10	---	0.84	120	1/3-12AWG	105	---	---	---	JUNTO CON CF-83G EN TUBO No. 113G.	
CF-420	FUERZA	DISPONIBLE	DISPONIBLE	---	---	---	---	---	---	---	---	---	CF-81G	FUERZA	DISPONIBLE	DISPONIBLE	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
CF-440	FUERZA	TRANSFORMADOR DE 1250/1400 KVA "TR-20"	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES EN 480V "CCM-10" BUS "B"	---	1400	1083.98	480	15-500MCM	270	5-78	25	830.830	CC-84G	CONTROL	DISPONIBLE	DISPONIBLE	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
CF-450	FUERZA	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES EN 480 V. "CCM-10" BUS "B"	MOTOR DE BOMBA DE NAFTA S.C.D. AL. "P-3111"	82.89	---	136.4	480	3-2/0 AWG	294	41	80	68G	CC-84G	CONTROL	DISPONIBLE	DISPONIBLE	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
CC-360	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3151B"	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3151B"	0.4	---	0.30	2.5	120	1/3-12 AWG	81	25	80	67G	CF-87G	FUERZA	TRANSFORMADOR "TR-130"	TRANSFORMADOR "TR-130"	0.4	---	0.30	2.5	120	1/3-12AWG	105	---	---	JUNTO CON CF-87G EN TUBO No. 87G.
CF-370	FUERZA	RESISTENCIAS CALEFACTORAS EN MOTOR DE BOMBA "P-3151B"	MOTOR DE BOMBA DE ALIMENTACION A DESGASIFICADOR "P-3150A"	41.44	---	71.5	480	3-3 AWG	351	27	80	68G	CF-88G	FUERZA	DISPONIBLE	DISPONIBLE	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
CF-480	FUERZA	BUS "B" DEL TAB. "TDA-10" DE LA S.E. No. 1	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3150A"	0.10	---	0.84	120	1/3-12AWG	117	---	---	---	CF-89G	FUERZA	TRANSFORMADOR "TR-40" DE 1250/1400 KVA	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES EN 480V "CCM-20" BUS "B"	0.10	---	0.84	120	1/3-12AWG	191	---	---	---	JUNTO CON CF-81G EN TUBO No. 111G.	
CC-380	CONTROL	ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-3150A"	BOMBA DE BARRIO "P-3100A" (RELL)	24.6/10	---	44	480	3-6 AWG	345	25	80	68G	CF-89G	FUERZA	DISPONIBLE	DISPONIBLE	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	
CF-470	FUERZA	MOTOR DE BOMBA DE BARRIO "P-3100A" (RELL																									

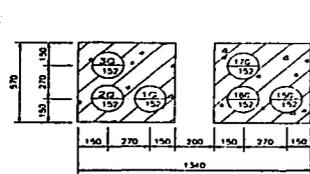
# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CIRCUITO No.	SERVICIO	DESDE	HASTA	KVA	AMP	VOLTS	CONDUCTOR		CONDUIT		No. TUBO	OBSERVACIONES	CIRCUITO No.	SERVICIO	DESDE	HASTA	KW/H.P.	K. V. A.	AMP	VOLTS	CONDUCTOR		CONDUIT		No. TUBO	OBSERVACIONES		
							CALIBRE	LONG.Mts	DIAM.mm	LONG.Mts											CALIBRE	LONG.Mts	DIAM.mm	LONG.Mts				
CF-1000	FUERZA	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES EN ABON "CCM-30" BUS "B"	MOTOR DE BOMBA PERILOGO DE TRIPULACION "P-31051" JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-31052"	0.75	109.6	480	3-1AWG	420	35	101	134G	A TRAVES DE ZCP-50	CCM-10	CONTROL	TABLERO DE DISTRIB. EN B.T. DE 220/127V "TDB-10" BUS "A"	FOTOCELDA PARA ALUMBRADO C.I.D. DE CORRIENTE ELECT. (SE No.1)				120	113-12AWG	60	18	20	186G			
CC-890	CONTROL			0.36	7.5	120	113-12AWG	140	25	101	135G		CF-1530	FUERZA	TABLERO DE DISTRIB. EN B.T. DE 220/127V "TDB-10" BUS "A"	DISPONIBLE												
CC-870	CONTROL		REPARTIDORES CALEFACTORES EN MOTOR DE BOMBA "P-31051"	0.4	3.4	120	2-10AWG	280					CF-1180	CONTROL	REL. "26T" DEL "TR-10"	GABINETE "LTR-11" DEL S.C.D. DE LA S.E. No. 1				125 CD	10R INSTALAM	18	25	5	290G			
CF-1010	FUERZA		MOTOR DE BOMBA DE MANTENIMIENTO ESTABILIZ. "P-31053"	33.10	57.2	480	3-4 AWG	444	27	104	136G	A TRAVES DE "ZCP-30"	CF-1210		REL. "63P" DEL "TR-10"	INT. "TV-6" DEL TABLERO "TDA-10" DE LA S.E. No. 1												
CC-880	CONTROL		ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-31053"	0.10	0.84	120	113-12AWG	148				JUNTO CON CF-1016 TUBO No. 136G	CF-1220		REL. "26T" DEL "TR-20"	GABINETE "LTR-11" DEL S.C.D. DE LA S.E. No. 1												
CF-1020	FUERZA		MOTOR DE BOMBA DE AGUA AMARCA DE BOMBA "P-31051"	41.44	71.5	480	3-3 AWG	458	27	110	136G	A TRAVES DE "ZCP-30"	CF-1240		REL. "63P" DEL "TR-20"	INT. "TV-11" DEL TABLERO "TDA-10" DE LA S.E. No. 1												
CC-880	CONTROL		ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-31051"	0.10	0.84	120	113-12AWG	152				JUNTO CON CF-1020 TUBO No. 136G	CF-1250		REL. "26T" DEL "TR-30"	GABINETE "LTR-11" DEL S.C.D. DE LA S.E. No. 1												
CF-1030	FUERZA		MOTOR DE BOMBA DE ACEITE DE LAVADO "P-31051" (E1)	41.44	71.5	480	3-2 AWG	474	35	118	140G	A TRAVES DE "ZCP-30"	CF-1260		REL. "63L" DEL "TR-30"													
CC-880	CONTROL		ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-31051"	0.10	0.84	120	113-12AWG	158				JUNTO CON CF-1030 TUBO No. 140G	CF-1270		REL. "63P" DEL "TR-30"	INT. "TV-8" DEL TABLERO "TDA-10" DE LA S.E. No. 1												
CF-1040	FUERZA		MOTOR DE BOMBA DE CUMPLIMIENTOS "P-31051" (E1)	33.10	57.2	480	3-2 AWG	630	35	152	142G	A TRAVES DE REH-30, REH-40, REH-50 Y ZCP-10	CF-1300		REL. "63P" DEL "TR-40"	INT. "TV-12" DEL TABLERO "TDA-10" DE LA S.E. No. 1												
CC-870	CONTROL		ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-31051"	0.10	0.84	120	113-12AWG	210				JUNTO CON CF-1040 TUBO No. 142G	CF-1330		REL. "63P" DEL "TR-50"	GABINETE "LTR-11" DEL S.C.D. DE LA S.E. No. 1												
CF-1050	FUERZA		MOTOR DE BOMBA DE DRENES MANTENIMIENTO "P-31052"	18.50	29.7	480	3-4 AWG	558	27	131	144G	A TRAVES DE REH-30, REH-40 Y REH-50	CF-1360		REL. "63P" DEL "TR-60"	GABINETE "LTR-11" DEL S.C.D. DE LA S.E. No. 1												
CC-870	CONTROL		ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-31052"	0.10	0.84	120	113-12AWG	188				JUNTO CON CF-1050 TUBO No. 144G	CF-1410-1	FUERZA	TABLERO DE DISTRIBUCION 220 VAC TF-10	UNIDAD DE ENERGIA MANEJADORA UPS-10				15	38.4	220	4-4 AWG	4 x 15	38	3	511G	(X 4 1)
CF-1060	FUERZA		MOTOR DE BOMBA MANEJO DE AGUA PLUVIAL "P-31052"	12.43	23.1	480	3-6 AWG	642	25	170	143G	A TRAVES DE REH-30, REH-40, REH-50 Y ZCP-10	CF-1420-1	FUERZA	TABLERO DE DISTRIBUCION 120 VAC TF-20	TRANS. ASLAMIENTO TR-15				20	186.6	120	3-250	3 x 8	63	3	515G	
CC-870	CONTROL		ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-31052"	0.10	0.84	120	113-12AWG	214				JUNTO CON CF-1060 TUBO No. 143G	CF-1900	FUERZA	TAB. DE DISTRIBUCION EN BT DE 220/127V "TDB-10" BUS	TABLERO DE DISTRIBUCION DE 220 VAC TF-10				50	138	220	4-350	4 x 180	78	150	519G	
CF-1070	FUERZA		MOTOR DE BOMBA DE AGUA AMARCA DE PUEBLOS DE UNO "P-31051" (E1)	41.4	8.36	480	3-10 AWG	540	25	125	148G	A TRAVES DE REH-30, REH-40 Y REH-50																
CC-840	CONTROL		ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-31051"	0.10	0.84	120	113-12AWG	180				JUNTO CON CF-1070 TUBO No. 148G																
CF-1080	FUERZA																											
CC-850	CONTROL																											
CF-1100	FUERZA		MOTOR DE BOMBA DE CONDENSADOS DEL QUEMADOR "P-31051"	4.14	8.36	480	3-10AWG	543	25	125	148G	A TRAVES DE REH-30, REH-40 Y REH-50																
CC-870	CONTROL		ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-31051"	0.10	0.84	120	113-12AWG	181				JUNTO CON CF-1100 EN TUBO No. 148G																
CF-1260	FUERZA	TRANSFORMADOR "TR-50" DE 220/252 KVA.	TABLERO DE DISTRIB. EN B.T. DE 220/127V "TDB-10" BUS "A"	252	861.41	220	8-500CMCHD 2-350CMCHD	187 54	2-107	16	185G	3 CONDUCTORES POR FASE 2 CONDUCTORES PARA NEUTRO																
CF-1290	FUERZA	TABLERO DE DISTRIB. EN B.T. DE 220/127V "TDB-10" BUS "A"	MOTOR DE BOMBA DOSIFICADORA DE POLISULF. "P-31058"	0.83	8.4	120	3-10 AWG	518	25	104	189G	A TRAVES DE ZCP-50 Y ZCP-60																
CC-1130	CONTROL		ESTACION DE BOTONES JUNTO A MOTOR DE BOMBA "P-31058"	0.10	0.84	120	113-12AWG	172				JUNTO CON CF-1290 EN TUBO No. 166																
CF-1310	FUERZA		TABLERO DE ALUMBRADO "TA-AC" EN C.I.D. DE CONTROL ELECT. (SE No.1)	1.8	48.43	220	4-2 AWG	80	35	30	197G																	
CF-1360	FUERZA		CARGADOR DE BANCOS DE MATERIAS "CB-10"	5.00	25.25	220	2-10 AWG	52	25	20	175G																	
CF-1420	FUERZA		DISPONIBLE																									
CF-1440	FUERZA	TRANSFORMADOR "TR-60" DE 225/252 KVA.	TABLERO DE DISTRIBUCION EN B.T. DE 220/127V "TDB-10" BUS "B"	252	881.41	220	8-500CMCHD 2-350CMCHD	114 34	2-102	18	178G	2 CONDUCTORES POR FASE 2 CONDUCTORES PARA NEUTRO																
CC-1170	CONTROL		MOTOR DE BOMBA DE DOSIF. DE POLISULF. "P-31058"	0.83	8.4	120	3-10 AWG	518	25	104	182G	A TRAVES DE ZCP-50 Y ZCP-60																
CF-1580	FUERZA	TABLERO DE DISTR. EN BAJA TENSION DE 220/127V "TDB-10" BUS "B"	INVERSOR "INV-0010"	5.00	3.00	116.4	220	2-10 AWG	12	25	40	188G																
CF-1600	FUERZA	CARGADOR Y BANCO DE BATERIAS "CB-08-10"	TABLERO DE CORRIENTE DIRECTA "CD-10"	5.00	40	125	CD	5	25	2	189G																	
CF-1680	FUERZA	TABLERO DE CORRIENTE DIRECTA "CD-10"	INVERSOR "INV-0010"	3.00	24	125	CD	5	25	2	190G																	
CF-1700	FUERZA		DISPONIBLE																									
CF-1880	FUERZA	INVERSOR "INV-0010"	TABLERO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA "TA-E-2"	0.9	3.00	2.82	220	3-10 AWG	14	25	3	184C																
CAE-30	ALUMBRADO	TABLERO DE DISTRIB. EN B.T. DE 220/127V "TDB-10" BUS "A"	DISPONIBLE																									
CAE-40	FUERZA		ALUMB. EXT. S.E. 1	0.875	2.56	220	2-10 AWG	80	25	30	188G																	

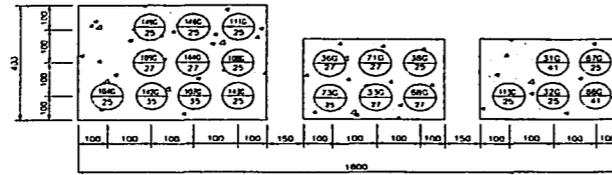
NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA
FCS-E-01	PLANO DE LOCALIZACION GENERAL (P.L.G.), PLANTA DE GAS
FCS-E-02	DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL, PLANTA DE GAS
FCS-E-03	CEDULA DE CABLES DE FUERZA Y CONTROL (1), PLANTA DE GAS
FCS-E-04	CORTES DE DUCTOS ELECTRICOS (1), PLANTA DE GAS
FCS-E-05	CORTES DE DUCTOS ELECTRICOS (2), PLANTA DE GAS
FCS-E-06	CORTES DE DUCTOS ELECTRICOS (3), PLANTA DE GAS
FCS-E-07	ARREGLO DE EQUIPO ELECTRICO EN SUBESTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA BAJA
FCS-E-08	ARREGLO DE EQUIPO ELECTRICO EN SUBESTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA ALTA
FCS-E-09	SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL, PLANTA DE GAS

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
"PLANTA DE GAS"	
CEDULA DE CABLES DE FUERZA Y CONTROL (2)	
TESIS PROFESIONAL	PLANO No. FCS-E-07
FEDERICO CORTES SALCEDO	FSC SIN ACD SIN

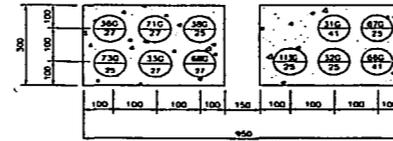
**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**



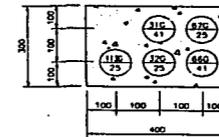
CORTE 1P



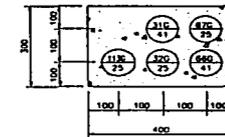
CORTE 5G



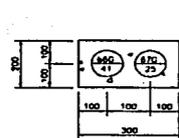
CORTE 6G



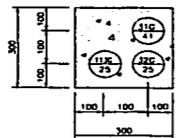
CORTE 6oG



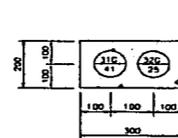
CORTE 7aG



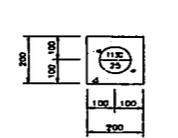
CORTE 7G



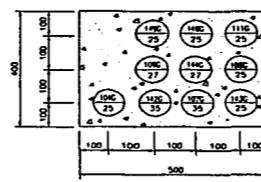
CORTE 7bG



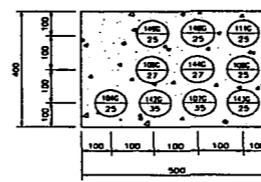
CORTE 8G



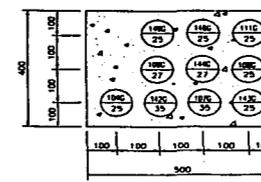
CORTE 8aG



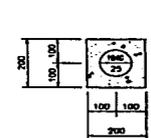
CORTE 9G



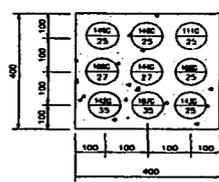
CORTE 11G



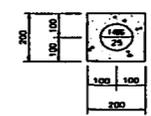
CORTE 12G



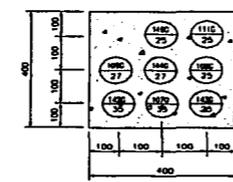
CORTE 13G



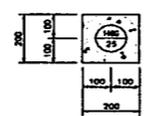
CORTE 14G



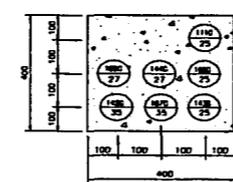
CORTE 15G



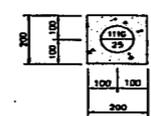
CORTE 16G



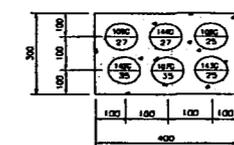
CORTE 17G



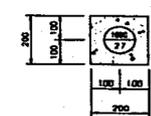
CORTE 18G



CORTE 19G



CORTE 20G



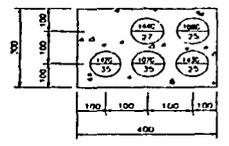
CORTE 21G

NOTAS:

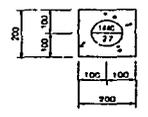
1.- PARA NOTAS GENERALES Y SIMBOLOGIA VER PLANO No. FCS-E-10

NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA	UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
FCS-E-05	DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL, PLANTA DE GAS		
FCS-E-06	CELDA DE CABLES DE FUERZA Y CONTROL (1), PLANTA DE GAS		
FCS-E-07	CELDA DE CABLES DE FUERZA Y CONTROL (2), PLANTA DE GAS		
FCS-E-08	CORTES DE DUCTOS ELECTRICOS (2), PLANTA DE GAS		
FCS-E-10	CORTES DE DUCTOS ELECTRICOS (3), PLANTA DE GAS		
FCS-E-18	SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL, PLANTA DE GAS		
		TESIS PROFESIONAL	PLANO No. FCS-E-08
		FEDERICO CORTES SALCEDO	ESC. SM ACOT. MM.

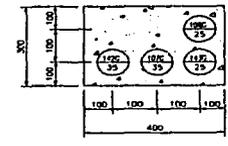
**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**



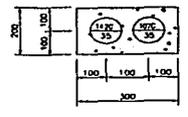
CORTE 22G



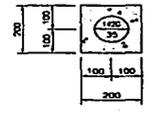
CORTE 23G



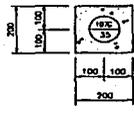
CORTE 24G



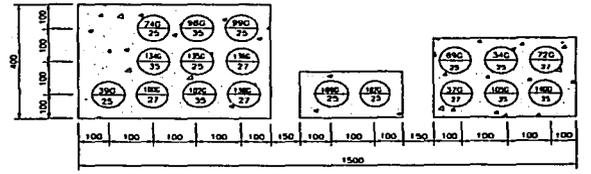
CORTE 25G



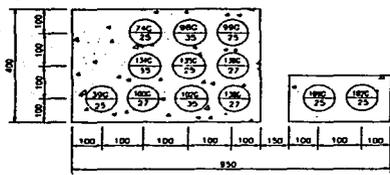
CORTE 26G



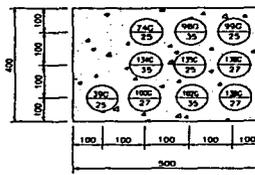
CORTE 27G



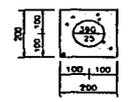
CORTE 31G



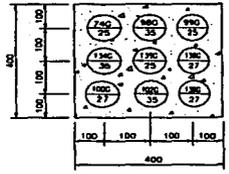
CORTE 33G



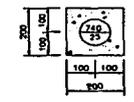
CORTE 34G



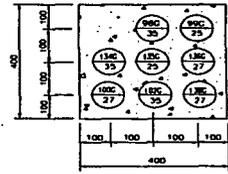
CORTE 35G



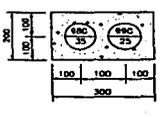
CORTE 36G



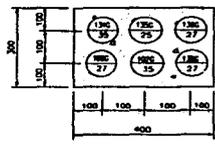
CORTE 37G



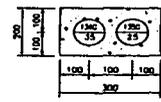
CORTE 40G



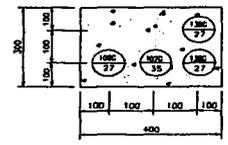
CORTE 41G



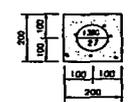
CORTE 42G



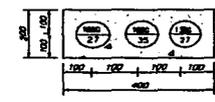
CORTE 43G



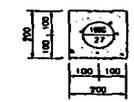
CORTE 44G



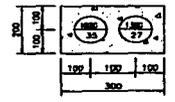
CORTE 45G



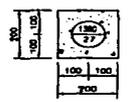
CORTE 46G



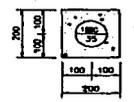
CORTE 47G



CORTE 48G



CORTE 49G



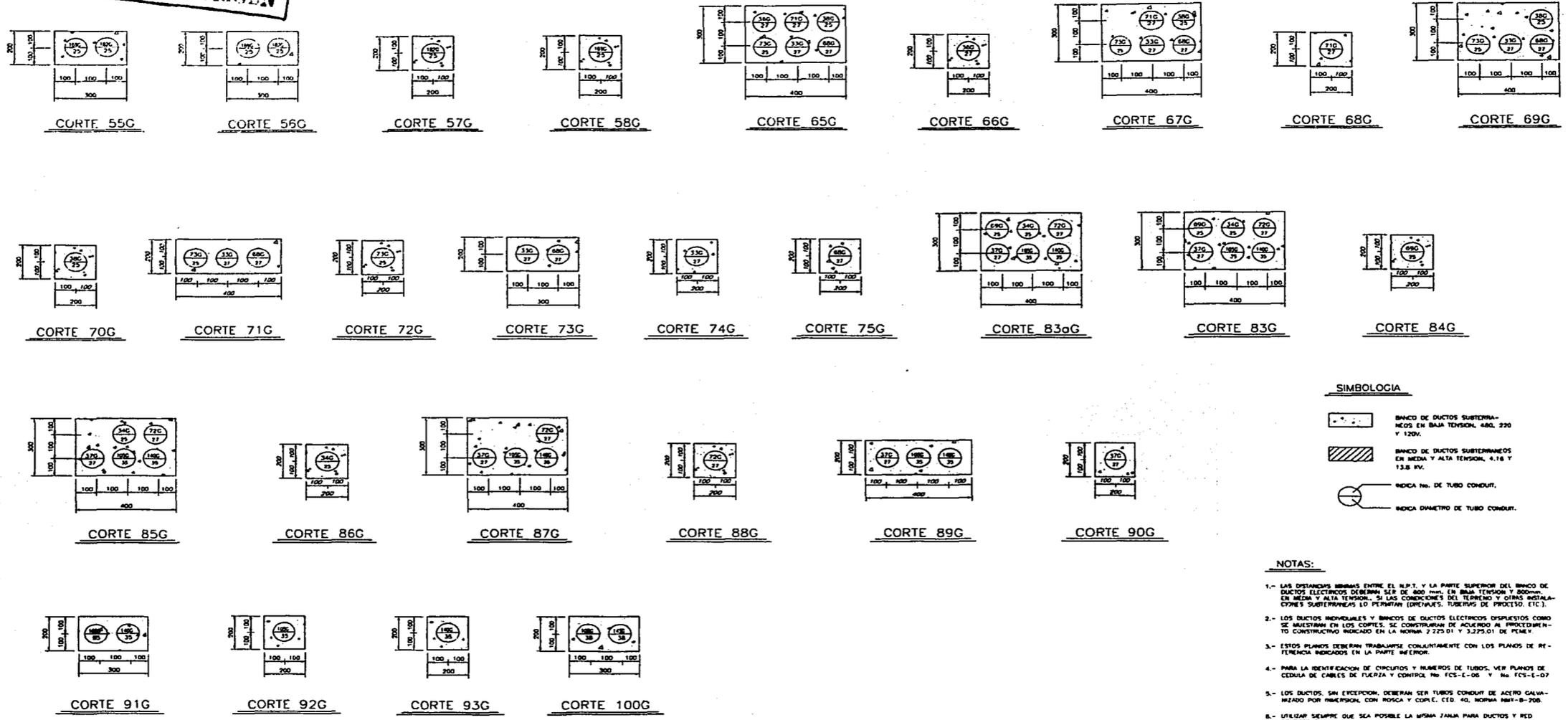
CORTE 50G

NOTAS:

1.- PARA NOTAS GENERALES Y SIMBOLOGIA VER PLANO No. FCS-E-10

NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA	UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
FCS-E-03	DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL, PLANTA DE GAS	CORTES DE DUCTOS ELECTRICOS (2), PLANTA DE GAS	
FCS-E-08	CECULA DE CABLES DE FUERZA Y CONTROL (1), PLANTA DE GAS		
FCS-E-07	CECULA DE CABLES DE FUERZA Y CONTROL (2), PLANTA DE GAS		
FCS-E-09	CORTES DE DUCTOS ELECTRICOS (1), PLANTA DE GAS		
FCS-E-10	CORTES DE DUCTOS ELECTRICOS (3), PLANTA DE GAS		
FCS-E-18	SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL, PLANTA DE GAS	TESIS PROFESIONAL	PLANO No FCS-E-09
		FEDERICO CORTES SALCEDO	ESC. SIN ACOT. MM

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**



**SIMBOLOGIA**

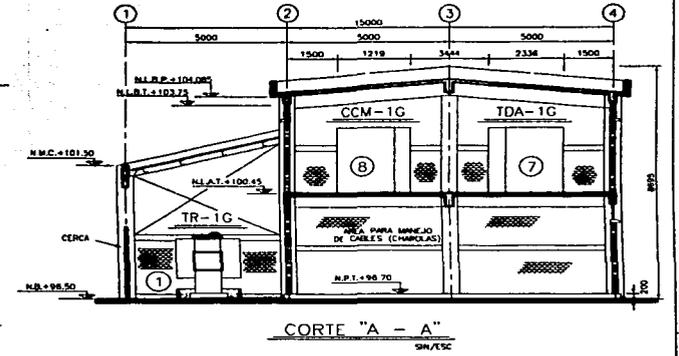
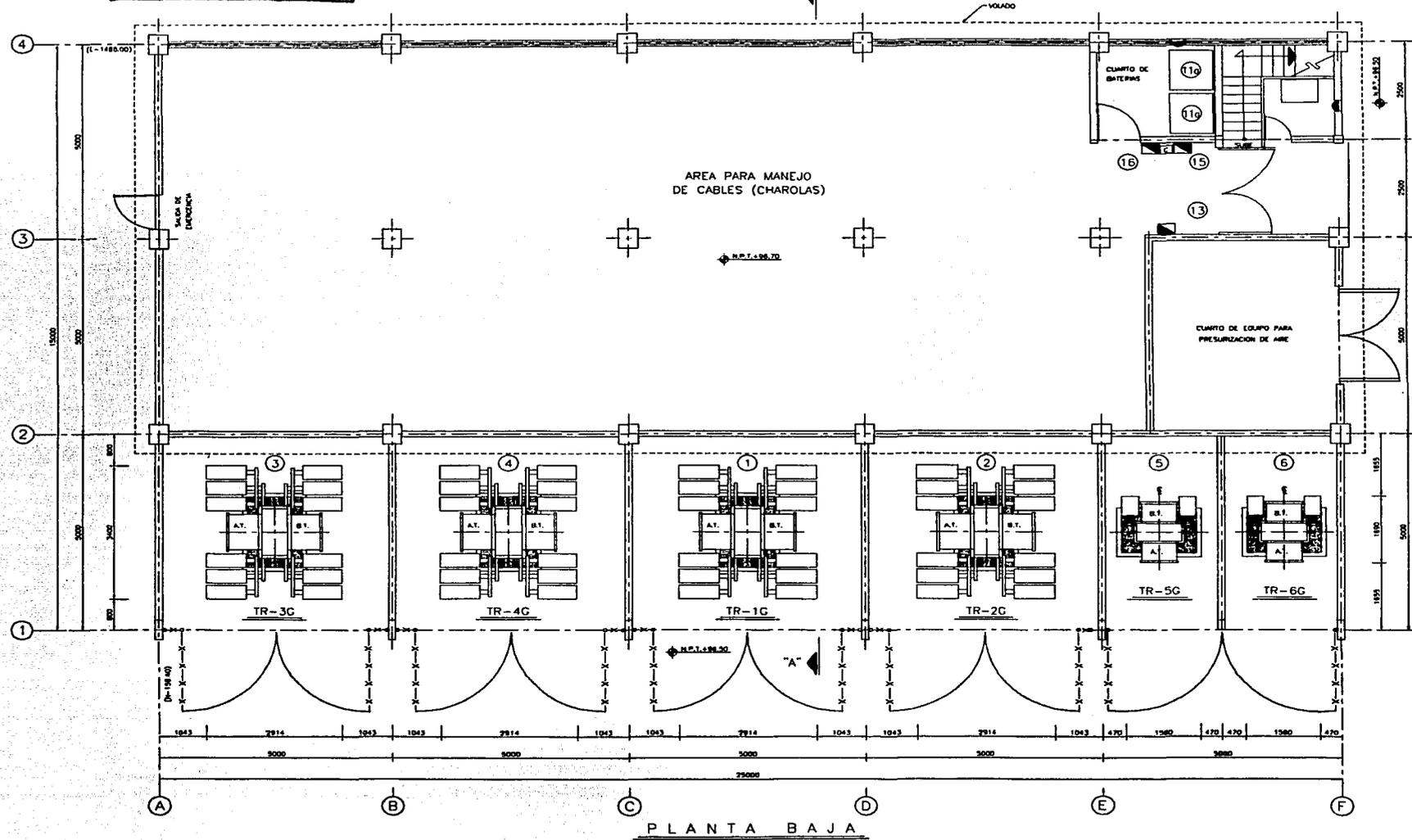
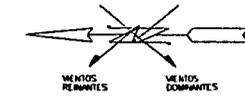
- BANCO DE DUCTOS SUBTERRANEOS EN BAJA TENSION, 480, 270 Y 120V.
- BANCO DE DUCTOS SUBTERRANEOS EN MEDIA Y ALTA TENSION, 4.16 Y 13.8 KV.
- INDICA NO. DE TUBO CONDUIT.
- INDICA DIAMETRO DE TUBO CONDUIT.

**NOTAS:**

- 1.- LAS DISTANCIAS MIMINAS ENTRE EL N.P.T. Y LA PARTE SUPERIOR DEL BANCO DE DUCTOS ELECTRICOS DEBERAN SER DE 400 mm. EN BAJA TENSION Y 800mm. EN MEDIA Y ALTA TENSION. SI LAS CONEXIONES DEL TIERRADO Y OTRAS INSTALACIONES SUPERESTRUCURAS LO PERMITAN (CABLES, TUBERIAS DE PROTECCION, ETC.).
- 2.- LOS DUCTOS INDIVIDUALES Y BANCOS DE DUCTOS ELECTRICOS DISPUESTOS COMO SE MUESTRA EN LOS CORTE, SE CONSTRUIRAN DE ACUERDO AL PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO INDICADO EN LA NORMA 2725-01 Y 3.275.01 DE PEMEX.
- 3.- ESTOS PLANOS DEBERAN TRABAJARSE CONJUNTAMENTE CON LOS PLANOS DE REFERENCIA INDICADOS EN LA PARTE INFERIOR.
- 4.- PARA LA IDENTIFICACION DE CIRCUITOS Y NUMEROS DE TUBOS, VER PLANOS DE CEDULA DE CABLES DE FUERZA Y CONTROL No. FCS-E-06 Y No. FCS-E-07.
- 5.- LOS DUCTOS, SIN EXCEPCION, DEBERAN SER TUBOS CONDUIT DE ACERO GALVANIZADO POR INMERSION CON ROSCA Y COMPLE. CTD. 40, NORMA NMT-B-706.
- 6.- UTILIZAR SIEMPRE QUE SEA POSIBLE LA MISMA JANIA PARA DUCTOS Y RED DE TIERRAS.

UNAM		FACULTAD DE INGENIERIA															
<table border="1"> <tr><td>NUM.</td><td>DIBUJOS DE REFERENCIA</td></tr> <tr><td>FCS-E-05</td><td>DIAGRAMA UNIFICAR GENERAL PLANTA DE GAS</td></tr> <tr><td>FCS-E-06</td><td>CECULA DE CABLES DE FUERZA Y CONTROL (1). PLANTA DE GAS</td></tr> <tr><td>FCS-E-07</td><td>CECULA DE CABLES DE FUERZA Y CONTROL (2). PLANTA DE GAS</td></tr> <tr><td>FCS-E-08</td><td>CORTES DE DUCTOS ELECTRICOS (1). PLANTA DE GAS</td></tr> <tr><td>FCS-E-09</td><td>CORTES DE DUCTOS ELECTRICOS (2). PLANTA DE GAS</td></tr> <tr><td>FCS-E-10</td><td>SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL. PLANTA DE GAS</td></tr> </table>		NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA	FCS-E-05	DIAGRAMA UNIFICAR GENERAL PLANTA DE GAS	FCS-E-06	CECULA DE CABLES DE FUERZA Y CONTROL (1). PLANTA DE GAS	FCS-E-07	CECULA DE CABLES DE FUERZA Y CONTROL (2). PLANTA DE GAS	FCS-E-08	CORTES DE DUCTOS ELECTRICOS (1). PLANTA DE GAS	FCS-E-09	CORTES DE DUCTOS ELECTRICOS (2). PLANTA DE GAS	FCS-E-10	SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL. PLANTA DE GAS	<b>CORTES DE DUCTOS ELECTRICOS (3). PLANTA DE GAS</b>	
NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA																
FCS-E-05	DIAGRAMA UNIFICAR GENERAL PLANTA DE GAS																
FCS-E-06	CECULA DE CABLES DE FUERZA Y CONTROL (1). PLANTA DE GAS																
FCS-E-07	CECULA DE CABLES DE FUERZA Y CONTROL (2). PLANTA DE GAS																
FCS-E-08	CORTES DE DUCTOS ELECTRICOS (1). PLANTA DE GAS																
FCS-E-09	CORTES DE DUCTOS ELECTRICOS (2). PLANTA DE GAS																
FCS-E-10	SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL. PLANTA DE GAS																
TESIS PROFESIONAL		PLANO No. FCS-E-10															
FEDERICO CORTES SALCEDO		ESC.	SIN ACOT. MM														

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**



**NOTAS:**

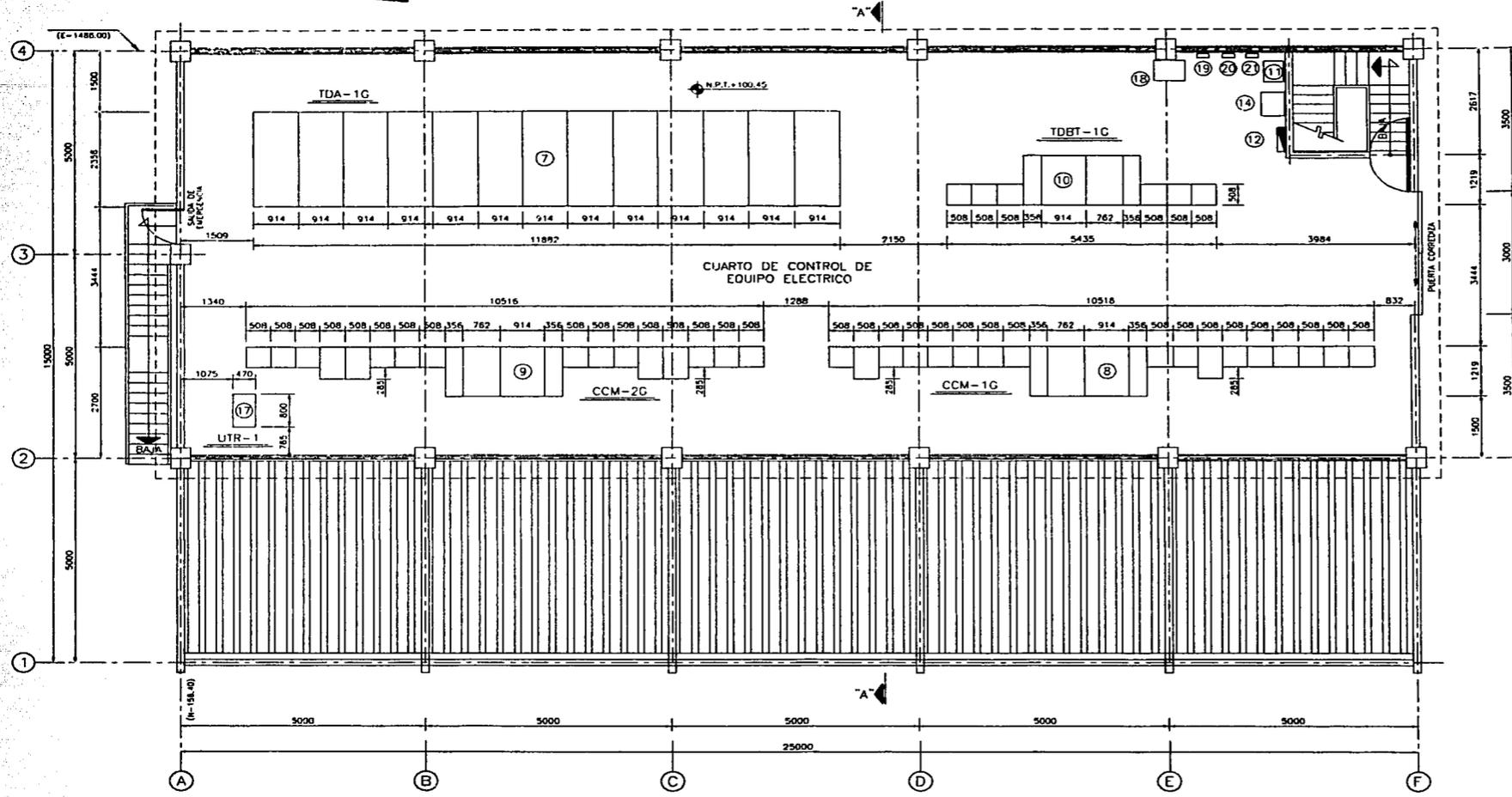
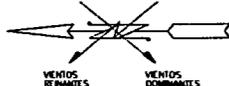
- 1.- COORDINACIONES EN MILIMETROS, NIVELES Y COORDENADAS EN METROS.
- 2.- EL DISEÑO DEL CUARTO DE CONTROL ELECTRICO (SUB. PRINCIPAL No. 1) ESTA BASADO EN LOS REQUISITOS QUE EXIGEN LAS NORMAS CS-1001 REV. 2, PEMEX No. 2.348.01 Y 2.253.01.
- 3.- EL CUARTO DE CONTROL ELECTRICO TENDRA AMBOS DE PELIGRO Y CERRADURA EN LAS PUERTAS PARA QUE SOLO PERSONAS AUTORIZADAS PUEDAN ENTRAR EN ELA.
- 4.- LAS DIMENSIONES Y ARRIBLOS DE LOS EQUIPOS ELECTRICOS SE AJUSTARAN DE ACUERDO A LOS PLANOS CERTIFICADOS DE LOS FABRICANTES.
- 5.- EL NIVEL DE BANQUETA (96.50) SE CONSIDERA NIVEL = 0.00.
- 6.- EL NIVEL DE PISO TERMINADO EN EL INTERIOR DE LA SUBESTACION (97.00) SE CONSIDERA EL NIVEL = 0.00.
- 7.- VER LISTA DE EQUIPO EN PLANO No. FCS-E-12

**PLANTA BAJA**

NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA
FCS-E-01	PLANO DE LOCALIZACION GENERAL (PLG), PLANTA DE GAS
FCS-E-12	ARRIBLO DE EQUIPO ELECTRICO EN SUBESTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA ALTA
FCS-E-16	SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL, PLANTA DE GAS

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	
ARRREGLO DE EQUIPO ELECTRICO EN SUBESTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA BAJA		
TESIS PROFESIONAL	PLANO No.	FCS-E-11
FEDERICO CORTES SALCEDO	ESC.	1:50 ACDI. MM

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

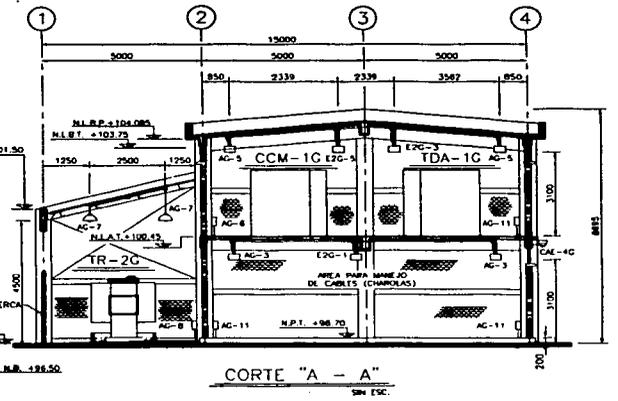
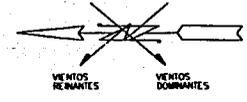
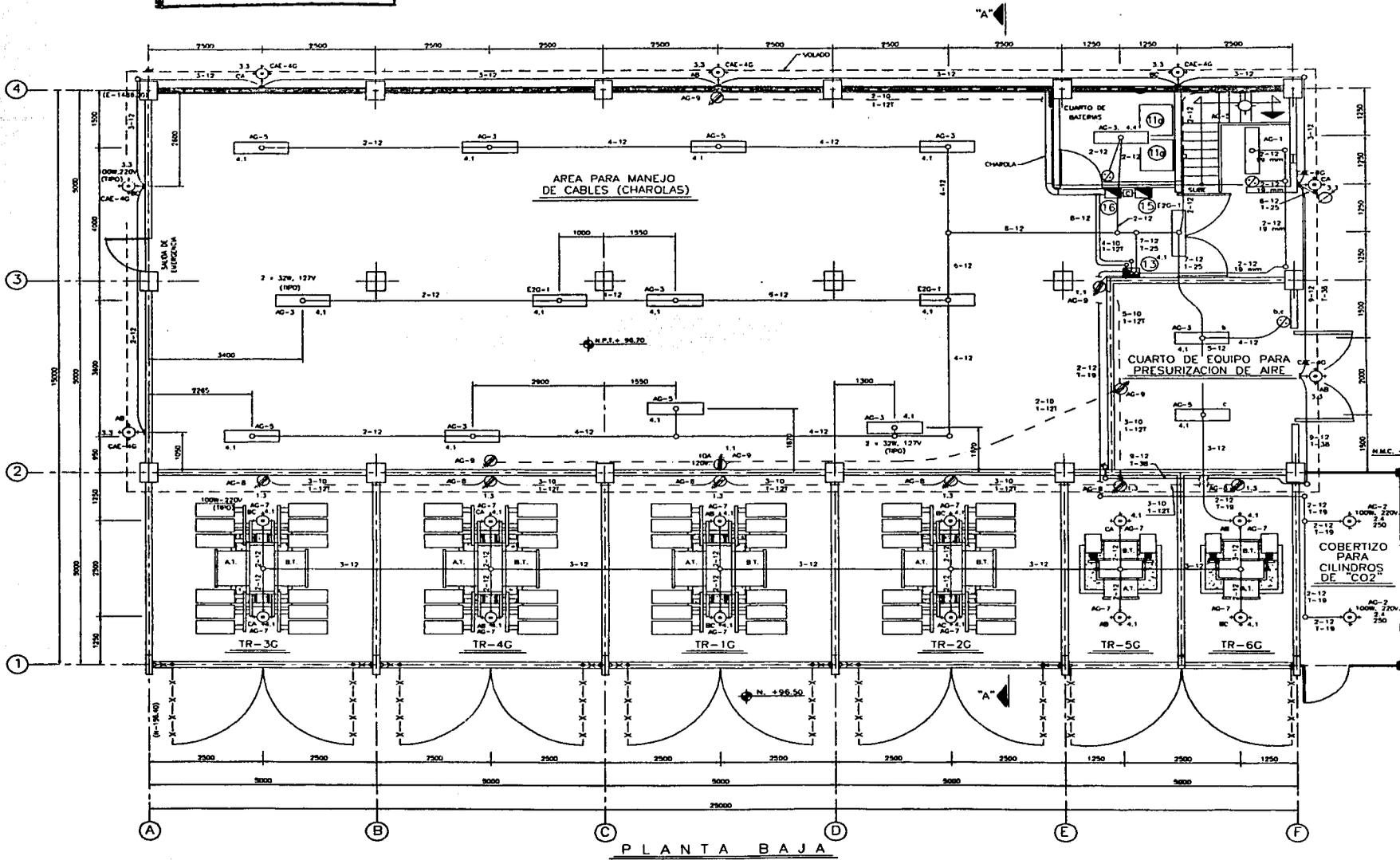


LISTA DE EQUIPO		
No.	CLAVE	DESCRIPCION
①	TR-1G	TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFASICO, 1250/1400 KVA, 13.8/D.480 KV "DA", 55/65°C, Z=7.5%, CONEXION DELTA-DELTA
②	TR-2G	TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFASICO, 1250/1400 KVA, 13.8/D.480 KV "DA", 55/65°C, Z=7.5%, CONEXION DELTA-DELTA
③	TR-3G	TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFASICO, 1250/1400 KVA, 13.8/D.480 KV "DA", 55/65°C, Z=7.5%, CONEXION DELTA-DELTA
④	TR-4G	TRANSFORMADOR DE POTENCIA TRIFASICO, 1250/1400 KVA, 13.8/D.480 KV "DA", 55/65°C, Z=7.5%, CONEXION DELTA-DELTA
⑤	TR-5G	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION TRIFASICO, 225/252 KVA, 0.480/D.220-0.127 KV, "DA", 55/65°C, Z=4.5% CONEXION DELTA-ESTRELLA
⑥	TR-6G	TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCION TRIFASICO, 225/252 KVA, 0.480/D.220-0.127 KV, "DA", 55/65°C, Z=4.5% CONEXION DELTA-ESTRELLA
⑦	TDA-1G	TABLERO DE CONTROL EN ALTA TENSION No.1, 13.8 KV, 3F., 3M., 60 HZ, 1200 AMP., C.I. = 750 MVA, USO INTERIOR, NEMA 1.
⑧	CCM-1G	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES No.1, 480 V., 3F., 3M., 2000 AMPS, C.I. = 20,000 A, SIM, USO INTERIOR, NEMA 1.
⑨	CCM-2G	CENTRO DE CONTROL DE MOTORES No.2, 480 V., 3F., 3M., 2000 AMPS, SIM, USO INTERIOR, NEMA 1.
⑩	TDBT-1G	TABLERO DE DISTRIBUCION EN BAJA TENSION No.1, 220-127 V., 3F., 4M., 60HZ., 1000 AMPS, C.I. = 18,000 A, SIM, USO INTERIOR, NEMA 1.
⑪	CB-1G	CARGADOR DE BATERIAS No.1, 2F., 2M., 220 V.C.A., 60 HZ., DE ENTRADA, 125 V.C.D., DE SALIDA, USO INTERIOR, NEMA 1.
⑫	BB-1G	BANCO DE BATERIAS NIOUEL-CADMO, 135A/H., 125 VCD USO INTERIOR NEMA 1
⑬	TCD-1G	TABLERO DE DISTRIBUCION DE CORRIENTE DIRECTA No.1, 1F., 2M., 60 HZ., 125, 100 AMPS, VCD, C.I. = 10,000 A, SIM, USO INTERIOR, NEMA 1.
⑭	TA-AC	TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS, 3F., 4M., 220-127V, VCA, 60 HZ., C.I. = 10,000A, SIM, USO INTERIOR, NEMA 1.
⑮	INV-001G	GABINETE DE INVERSOR ESTADICO, 1F., 2M., 60HZ., 125 V.C.D. DE ENTRADA Y 3F., 4M., 60 HZ., 220/127 V.C.A. DE SALIDA, USO INTERIOR, NEMA 1.
⑯	CAE-4G	TABLERO DE ALUMBRADO EXTERIOR, 3F., 4M., 60 HZ., 220/127 V., C.I. = 10,000 A, SIM., USO INTERIOR, NEMA 1.
⑰	TAE-2G	TABLERO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA INTERIOR, 3F., 4M., 60 HZ., 220/127 V., C.I. = 10,000 A, SIM., USO INTERIOR, NEMA 1.
⑱	UTR-1	UNIDAD TERMINAL REMOTA No. 1
⑲	UPS-1C	UNIDAD DE FUERZA ININTERRUMPIBLE DE 15 KVA, 120 VCA, 1F., 60 HZ DE ENTRADA Y 120 VCA, 1F., 60 HZ DE SALIDA
⑲	TF-1G	TABLERO DE UNIDAD DE FUERZA ININTERRUMPIBLE DE 15 KVA, UPS-1C
⑲	TF-2G	TABLERO DE UNIDAD DE FUERZA ININTERRUMPIBLE DE 15 KVA, UPS-1C
⑲	TDI-1G	TABLERO DE DISTRIBUCION A INSTRUMENTOS

**NOTAS:**  
 1.- ACOTACIONES EN MILIMETROS, NIVELES Y COORDENADAS EN METROS.  
 2.- PARA NOTAS GENERALES, VER PLANO No. FCS-E-11  
 3.- PARA VER CORTE 'A - A', VER PLANO No. FCS-E-11

<table border="1"> <tr> <th>NUM.</th> <th>DIBUJOS DE REFERENCIA</th> </tr> <tr> <td>FCS-E-01</td> <td>PLANO DE LOCALIZACION GENERAL (PLC), PLANTA DE GAS</td> </tr> <tr> <td>FCS-E-11</td> <td>ARREGLO DE EQUIPO ELECTICO EN SUBSTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA BAJA</td> </tr> <tr> <td>FCS-E-16</td> <td>SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL, PLANTA DE GAS</td> </tr> </table>	NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA	FCS-E-01	PLANO DE LOCALIZACION GENERAL (PLC), PLANTA DE GAS	FCS-E-11	ARREGLO DE EQUIPO ELECTICO EN SUBSTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA BAJA	FCS-E-16	SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL, PLANTA DE GAS	<table border="1"> <tr> <td>UNAM</td> <td>FACULTAD DE INGENIERIA</td> </tr> <tr> <td colspan="2">ARREGLO DE EQUIPO ELECTICO EN SUBSTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA ALTA</td> </tr> <tr> <td>TESIS PROFESIONAL</td> <td>PLANO No. FCS-E-12</td> </tr> <tr> <td>FEDERICO CORTES SALCEDO</td> <td>LSC 1:50 ACOI. MW.</td> </tr> </table>	UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	ARREGLO DE EQUIPO ELECTICO EN SUBSTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA ALTA		TESIS PROFESIONAL	PLANO No. FCS-E-12	FEDERICO CORTES SALCEDO	LSC 1:50 ACOI. MW.
NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA																
FCS-E-01	PLANO DE LOCALIZACION GENERAL (PLC), PLANTA DE GAS																
FCS-E-11	ARREGLO DE EQUIPO ELECTICO EN SUBSTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA BAJA																
FCS-E-16	SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL, PLANTA DE GAS																
UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA																
ARREGLO DE EQUIPO ELECTICO EN SUBSTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA ALTA																	
TESIS PROFESIONAL	PLANO No. FCS-E-12																
FEDERICO CORTES SALCEDO	LSC 1:50 ACOI. MW.																

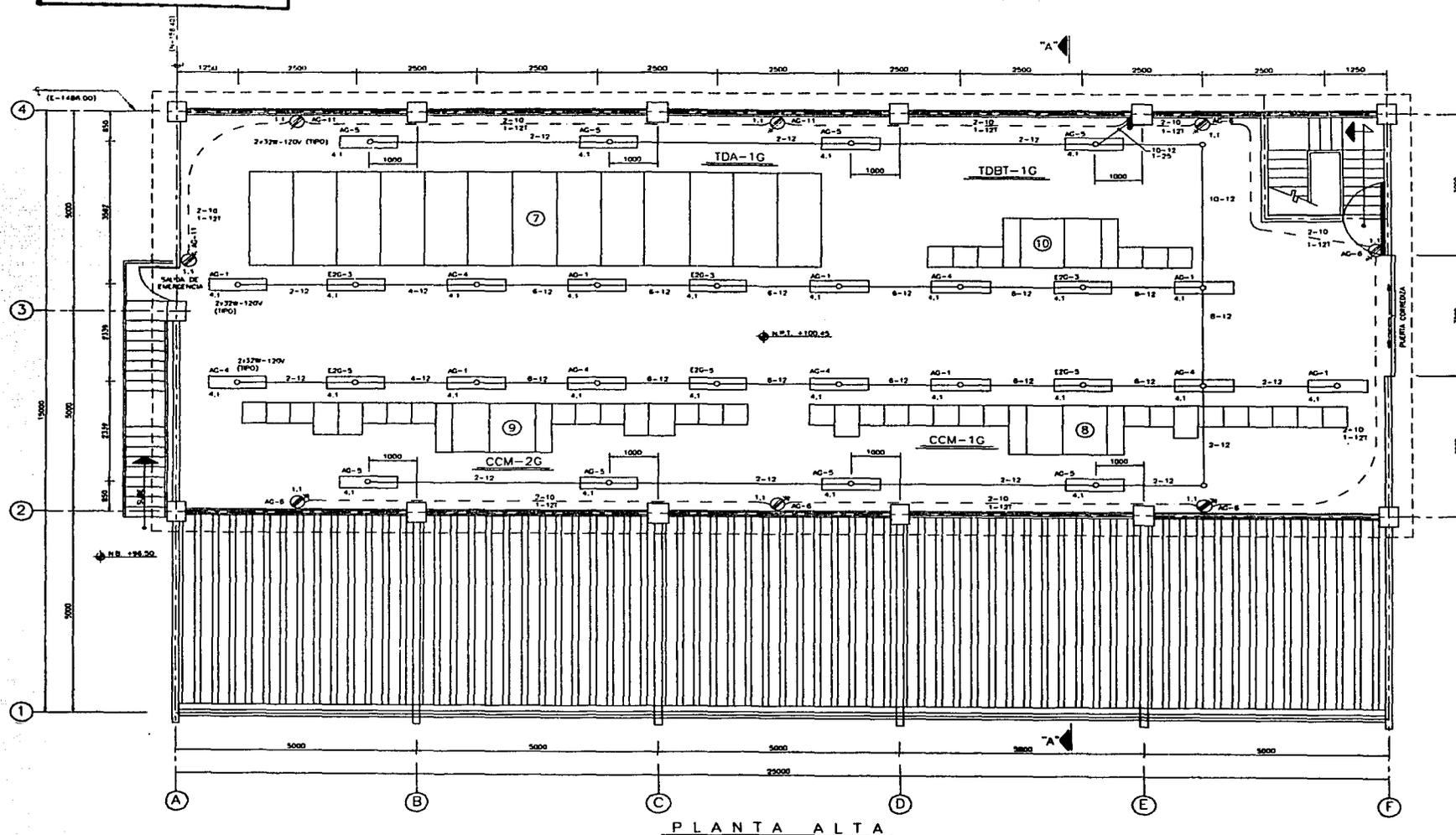
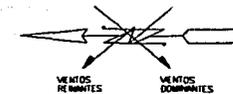
# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



- NOTAS:**
- 1.- COTACIONES EN MILIMETROS, MMES Y COORDENADAS EN METROS.
  - 2.- PARA NOTAS GENERALES, VER PLANO No. FCS-E-14
  - 3.- VER LISTA DE EQUIPOS EN PLANO No. FCS-E-12
  - 4.- VER SIMBOLOGIA EN PLANO No. FCS-E-13

NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA	UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA	
FCS-E-01	PLANO DE LOCALIZACION GENERAL (P.O.), PLANTA DE GAS	SISTEMA DE ILUMINACION EN SUBESTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA BAJA		
FCS-E-03	SIMBOLOGIA GENERAL	TESIS PROFESIONAL		
FCS-E-11	ARRANQUE DE EQUIPO ELECTRICO EN SUBESTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA BAJA	FEDERICO CORTES SALCEDO	PLANO No.	FCS-E-13
FCS-E-12	ARRANQUE DE EQUIPO ELECTRICO EN SUBESTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA ALTA		Esc.	1:50
FCS-E-14	SISTEMA DE ILUMINACION EN SUBESTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA ALTA			ACOT. MM
FCS-E-15	CUARTO DE CARGAS DEL SISTEMA DE ILUMINACION EN SUBESTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1			
FCS-E-16	SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL, PLANTA DE GAS			

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN



### NOTAS:

- 1.- TODA LA TUBERIA CONDUIT CON DIAMETRO NO INDICADO ESPECIFICA SERA DE 16 mm. DE DIAMETRO.
- 2.- PARA SIMBOLOGIA VER PLANO No. FCS-E-15 Y NORMA PECVY 2.201.01.
- 3.- EL ALUMBRADO EXTERIOR SERA CONTROLADO POR MEDIO DE FOTOCELDA LA CUAL ESTARA LOCALIZADA EN EL EXTERIOR DEL CUARTO (VER DIAGRAMA DE CONEXIONES EN ESTE PLANO).
- 4.- ESTOS PLANOS SE COMPLEMENTAN CON LOS REQUISITOS QUE ENDE LA ESPECIFICACION CS-ED01, REV.2 (PEMEX RETRACCION).
- 5.- LA ALTURA DE MONTAJE DE LAS LAMPAHAS DE 2 x 32W TIPO SUSPENDER, SERA DE 3.0 m. DEL N.P.T.
- 6.- LA ALTURA DE MONTAJE DE LOS CONTACTOS SERA DE 0.30 m. DEL N.P.T.
- 7.- LA ALTURA DE MONTAJE DEL TABLERO TA-AG SERA DE 1.80 m. DEL N.P.T.
- 8.- LA ALIMENTACION ELECTRICA AL TABLERO TA-AG, SERA 3F, 4W, 220/127V, 60 Hz, CIRCUITO EF-1310 DEL TABLERO TDBT-1G, 4 CONDUCTORES DE CAL. 2 AMG TIPO IMHA A TOMAS DE CHAMOLAS.
- 9.- EL ALUMBRADO DEL CUARTO DE BATERIAS SERA 2 x 32W, TIPO SUSPENDER, A PRESION DE VAPOR.
- 10.- LA ALIMENTACION DE ALUMBRADO EXTERIOR SERA DEL TABLERO TDBT-1G CIRCUITO "CAE-AG", 3 CONDUCTORES CAL. No.12 AMG, JUNTO CON ALIMENTACION A FOTOCELDA LA TRAYECTORIA EN EL INTERIOR SERA POR CHAMOLAS Y LA EXTERIOR COMO SE MUESTRA EN PLANTA SERA POR TUBERIA DE 38 mm. DE DIAMETRO, LAS DOS FOTOCELDAS SE UBICARAN EN EL MISMO LUGAR EN LA AZOTEA DE LA SUBESTACION.
- 11.- ACOTACIONES EN MILIMETROS, NIVELES Y COORDENADAS EN METROS.
- 12.- VER LISTA DE EQUIPOS EN PLANO No. FCS-E-12
- 13.- VER CORTE "A-A" EN PLANO No. FCS-E-13
- 14.- VER SIMBOLOGIA EN PLANO No. FCS-E-15

PLANTA ALTA

DIBUJOS DE REFERENCIA	
FCS-E-01	PLANO DE LOCALIZACION GENERAL (P.L.G.), PLANTA DE GAS
FCS-E-03	SIMBOLOGIA GENERAL
FCS-E-11	ARMILLO DE EQUIPO ELECTRICO EN SUBESTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA BAJA
FCS-E-12	ARMILLO DE EQUIPO ELECTRICO EN SUBESTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA ALTA
FCS-E-13	SISTEMA DE ALUMBRACION EN SUBESTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA BAJA
FCS-E-15	CUADRO DE CARGAS DEL SISTEMA DE ALUMBRACION EN SUBESTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1
FCS-E-16	SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL, PLANTA DE GAS

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
SISTEMA DE ILUMINACION EN SUBESTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA ALTA	
TESIS PROFESIONAL	PLANO No. FCS-E-14
FEDERICO CORTES SALCEDO	ESC. 150 ACOT. MM.

**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

**TABLERO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS "TA-AG", 3F, 4H, 240/120 V. 60 Hz, 100 A, NOM. INT. PRINCIPAL 3Px100A, (S.E. PPAL. No.1)**

DIAGRAMA DE CONEXIONES	CUADRO DE CARGAS										
	No. DE CLAV.	No. DE POLOS	CAP. INT. T.M.	2-327W 100 W	1-120W 120 W	1500 W	160 W	FASES			TOTAL DE WATTS
								A	B	C	
AG-1	1	15	8					800			800
AG-2	1	15	8					250			250
AG-3	1	15	8						800		800
AG-4	1	15	8					600			600
AG-5	1	15	13							1300	1300
AG-6	1	15	13							900	900
AG-7	3	15	12					500	500	500	1500
AG-8	2	20	8					3000	3000	3000	9000
AG-9	1	15						900			900
AG-10											
AG-11	1	15								340	340
AG-12											
AG-13											
AG-14											
AG-15											
AG-16											
AG-17											
AG-18											
AG-19											
AG-20											
<b>TOTALES</b>	<b>35</b>	<b>14</b>	<b>6</b>	<b>13</b>				<b>5450</b>	<b>5440</b>	<b>5700</b>	<b>16,590</b>

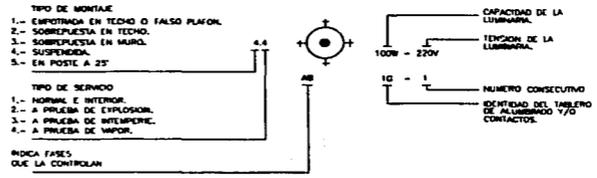
**TABLERO DE ALUMBRADO EXTERIOR "CAE-4G", 3F, 4H, 240/120 V. 60 Hz, 100 A, NOM. INT. PRINCIPAL 3Px100A, (S.E. PPAL. No.1)**

DIAGRAMA DE CONEXIONES	CUADRO DE CARGAS										
	No. DE CLAV.	No. DE POLOS	CAP. INT. T.M.	1-120W 120 W	1500 W	160 W	FASES			TOTAL DE WATTS	
							A	B	C		
CAE-3G	3	15	7								
CAE-4G	3	15	7								
<b>TOTALES</b>	<b>7</b>							<b>291.66</b>	<b>291.66</b>	<b>291.66</b>	<b>875</b>

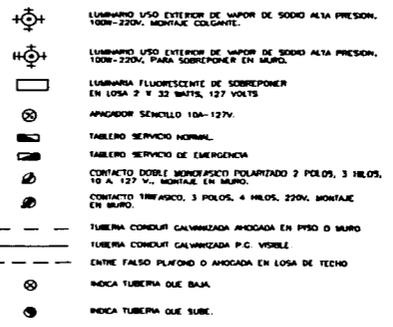
**TABLERO DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA "TAE-2G", 3F, 4H, 240/120 V. VCA., 100 A, NOM. INT. PRINCIPAL 3Px70A, (S.E. PPAL. No.1)**

DIAGRAMA DE CONEXIONES	CUADRO DE CARGAS										
	No. DE CLAV.	No. DE POLOS	CAP. INT. T.M.	2-327W 100 W	1-120W 120 W	1500 W	160 W	FASES			TOTAL DE WATTS
								A	B	C	
E2G-1	1	15	3					300			300
E2G-2	1	15	3							300	300
E2G-3	1	15	3							300	300
E2G-4	1	15	3							300	300
E2G-5	1	15	3							300	300
E2G-6											
E2G-7											
E2G-8											
E2G-9											
E2G-10											
E2G-11											
E2G-12											
E2G-13											
E2G-14											
<b>TOTALES</b>	<b>9</b>							<b>300</b>	<b>300</b>	<b>300</b>	<b>900</b>

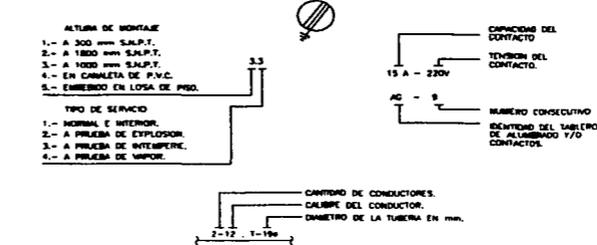
**NOMENCLATURA DE ALUMBRADO**



**SIMBOLOGIA**



**NOMENCLATURA DE CONTACTOS**

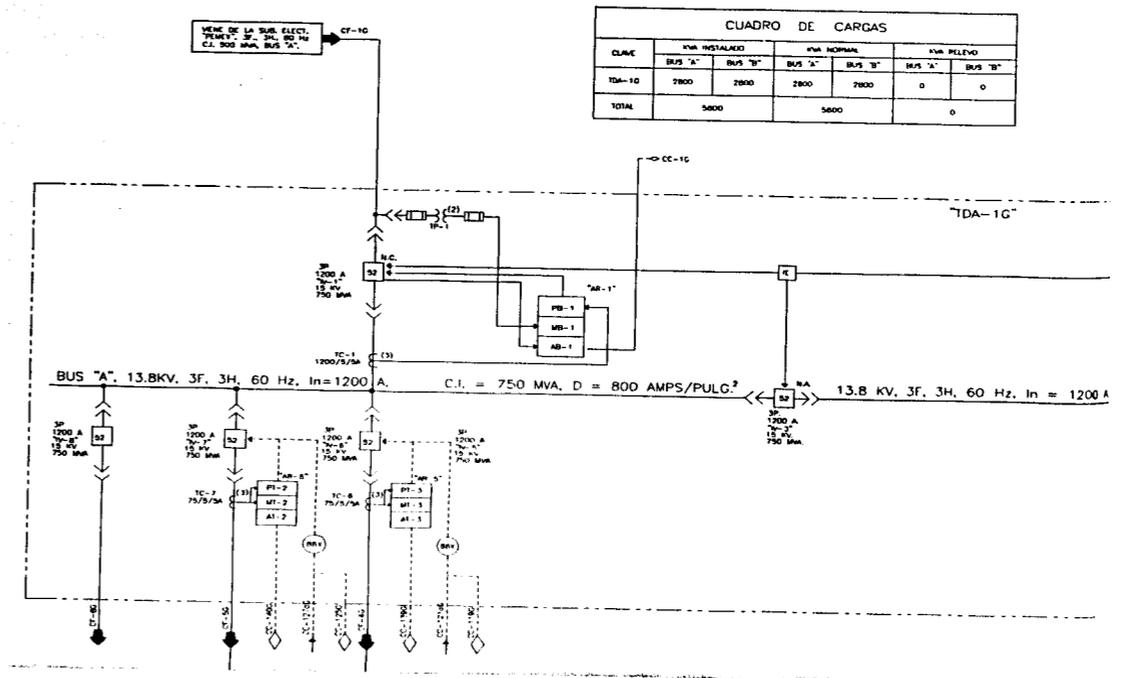


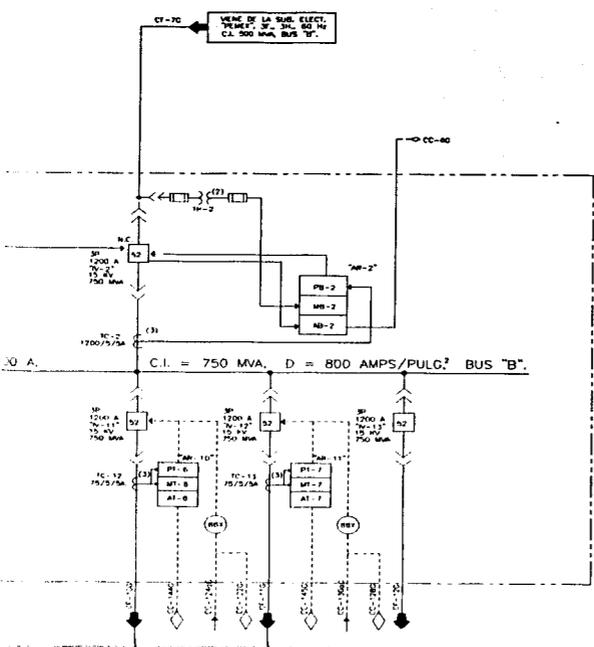
NOTA:  
DESBALANCED MAXIMO ENTRE FASES EN % = [(FASE MAYOR - FASE MENOR) / (FASE MAYOR)] x 100  
DEBE SER MENOR AL 5 %

UNAM	FACULTAD DE INGENIERIA
CUADRO DE CARGAS DEL SISTEMA DE ILUMINACION EN SUBSTACION ELECTRICA PRINCIPAL No. 1	
TESIS PROFESIONAL	PLANO No FCS-E-15
FEDERICO CORTES SALCEDO	FCS SIN ACOT. SIN



166





NOTAS:

- 1.- PARA SIMBOLOGIA VER PLANO DE SIMBOLOGIA GENERAL No. FCS-E-03
- 2.- (M) LOCALIZADO DENTRO DEL MOTOR.
- 3.- (CM) LOCALIZADO CERCA DEL MOTOR.
- 4.- (CR) LOCALIZADO EN COLUMNA DEL RACK DE TUBERIAS.
- 5.- FILOSOFIA DE OPERACION PARA SISTEMA DE TRANSFERENCIA MANUAL-AUTOMATICA.
  - 5.1.- LA OPERACION DE ESTE SISTEMA PODRA HACERSE EN FORMA MANUAL O AUTOMATICA.
  - 5.2.- ESTANDO LOS DOS ALIMENTADORES ENERGIZADOS NORMALMENTE, EL INTERRUPTOR DE ENLACE PERMANECERA ABIERTO Y LOS DOS INTERRUPTORES PRINCIPALES CERRADOS.
  - 5.3.- CON EL SELECTOR DE OPERACION DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA EN POSICION "AUTO":
    - a) NO DEBERAN PERMANECER CERRADOS EN FORMA SIMULTANEA LOS 3 INTERRUPTORES.
    - b) AL OCURRIR UNA FALLA POR BAJA TENSION EN UNO DE LOS ALIMENTADORES Y DESPUES DE TRANSCURRIDO UN TIEMPO DETERMINADO, CERRARA EL INTERRUPTOR DE ENLACE Y SE ABRIERA EL INTERRUPTOR DEL BUS FALLADO.
    - c) EL INTERRUPTOR DE ENLACE NO DEBERA CERRAR SI LA FALLA DE UNO DE LOS ALIMENTADORES ES POR SOBRECORRIENTE O CORTO CIRCUITO.
    - d) EL SISTEMA NO SE RESTABLECERA EN FORMA AUTOMATICA AL ENERGIZARSE NUEVAMENTE EL ALIMENTADOR FALLADO.
    - e) ESTANDO EL INTERRUPTOR DE ENLACE CERRADO Y UN SOLO INTERRUPTOR PRINCIPAL CERRADO NO OPERARA LA PROTECCION POR BAJA TENSION SOBRE ESTE INTERRUPTOR PRINCIPAL, AUNQUE SI PODRA ABRISE POR LA OPERACION DE LA PROTECCION POR SOBRECORRIENTE O CORTO CIRCUITO.
  - 5.4.- CON EL SELECTOR DE OPERACION DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMATICA EN POSICION "MANUAL":
    - a) AL RESTABLECERSE LA ENERGIA EN EL ALIMENTADOR FALLADO, SOLO PODRA NORMALIZARSE EL SISTEMA CAMBIANDO EL SELECTOR A POSICION "MANUAL" Y CERRAR PRIMERAMENTE EL INTERRUPTOR PRINCIPAL DEL ALIMENTADOR FALLADO Y POSTERIORMENTE ABRIR EL INTERRUPTOR DE ENLACE. ESTO PARA NO SACAR NUEVAMENTE DE OPERACION LOS EQUIPOS CONECTADOS A ESTE BUS.
    - b) A FIN DE PODER EFECTUAR LIBRANZA PARA REVISION Y MANTENIMIENTO EN

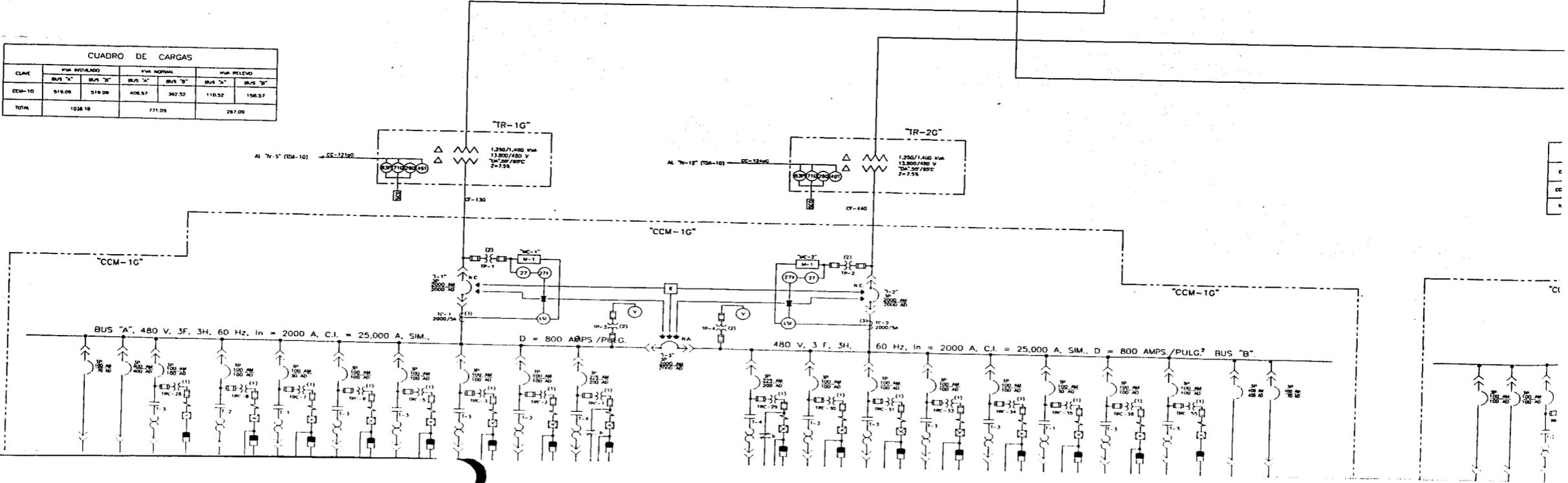
- 6.- TODAS LAS SEÑALES DE ALARMAS Y DISPARO DE LOS TABLEROS ELECTRICOS TALES COMO: "TDA-1G" Y LAS SEÑALES DE ALARMA DE LOS TRANSFORMADORES "TR-1G", "TR-2G", "TR-3G", "TR-4G", "TR-5G" Y "TR-6G", ASI COMO EL ESTADO DE LOS MOTORES QUE DEBEN SER MONITOREADOS POR EL SISTEMA DE CONTROL DISTRIBUIDO (S.C.D.) LLEGARAN A UNA UNIDAD TERMINAL REMOTA (U.T.R.), LOCALIZADA DENTRO DE LA MISMA SUBESTACION ELECTRICA PRINCIPAL Fig.1. LA CUAL RECIBE ESTAS SEÑALES, LAS ACONDICIONA Y LAS ENVIAN POR BUS DE COMUNICACION REDUNDANTE AL CUARTO DE CONTROL SATELITE.
- 7.- POR RAZONES DE CLARIDAD EN EL "TDA-1G", SE OMITEN LAS INDICACIONES DE LAS RESISTENCIAS CALEFACTORAS, ESTAS DEBERAN IR UNA EN CADA SECCION VERTICAL DEL "TDA-1G", CONTROLADAS POR TERMOSTATOS.
- 8.- LOS INTERRUPTORES DE POTENCIA LLEVARAN SU RESPECTIVO TRANSFORMADOR DE POTENCIAL CON RELACION 13,800/120 V.
- 9.- LAS PROTECCIONES PARA ALIMENTADORES DERIVADOS SERAN DEL TIPO ESTADO SOLIDO Y MEDICION DEL TIPO DIGITAL, DE ACUERDO A LO INDICADO EN SIMBOLOGIA (EN ESTE PLANO) PARA PROTECCION A BUSES "A" Y "B" PB-1 Y PB-2 PARA PROTECCION A MOTORES PM-1 Y PM-2 Y PARA PROTECCION A TRANSFORMADORES PT-1, PT-2, PT-3 PT-4, PT-5, PT-6, PT-7 Y PT-8, TIPO SEPAM 1000 O SIMILAR.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

168

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CLAVE	KVA INSTALADO		KVA NORMAL		KVA PLENO	
	BUS "A"	BUS "B"	BUS "A"	BUS "B"	BUS "A"	BUS "B"
CCM-10	519.09	519.09	408.57	347.57	110.52	156.57
TOTAL	1038.18		771.09		267.09	



DISPONIBLE

AMBIENTE A TEMPERATURA DE 125°C/100 mm

A B C

C

ALIMENTADOR A TRANSFORMADOR  
DUEÑO DE 1500/100 KVA  
TR-3C

ALIMENTADOR A TRANSFORMADOR  
DUEÑO DE 1500/100 KVA  
TR-4C

DISPOSITIVO

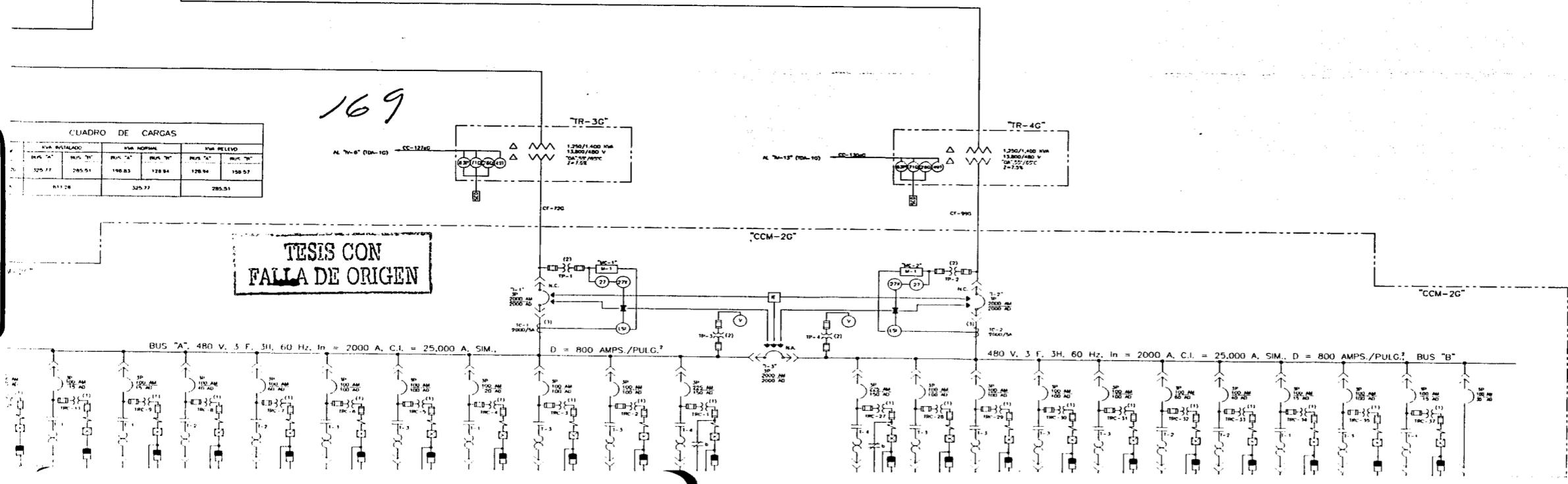
CUALQUIERA DE LOS INTERRUPTORES PRINCIPALES, DEBE CUMPLIRSE LA SIGUIENTE SECUENCIA:  
1.- CERRAR EL INTERRUPTOR DE ENLACE SIN QUE SE DISPARE NINGUN INTERRUPTOR PRINCIPAL.  
2.- ABRIR CUALQUIERA DE LOS INTERRUPTORES PRINCIPALES PARA SU REVISION.  
c) DEBERAN ABRIRSE CUALQUIERA DE LOS INTERRUPTORES PRINCIPALES, SI OPERA LA PROTECCION POR SOBRECORRIENTE O CORTO CIRCUITO.

169

CUADRO DE CARGAS

CARGA	KVA INSTALADO		KVA NORMAL		KVA RELEVO	
	BUS "A"	BUS "B"	BUS "A"	BUS "B"	BUS "A"	BUS "B"
1	325.77	285.51	190.83	128.94	128.94	190.57
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						
51						
52						
53						
54						
55						
56						
57						
58						
59						
60						
61						
62						
63						
64						
65						
66						
67						
68						
69						
70						
71						
72						
73						
74						
75						
76						
77						
78						
79						
80						
81						
82						
83						
84						
85						
86						
87						
88						
89						
90						
91						
92						
93						
94						
95						
96						
97						
98						
99						
100						

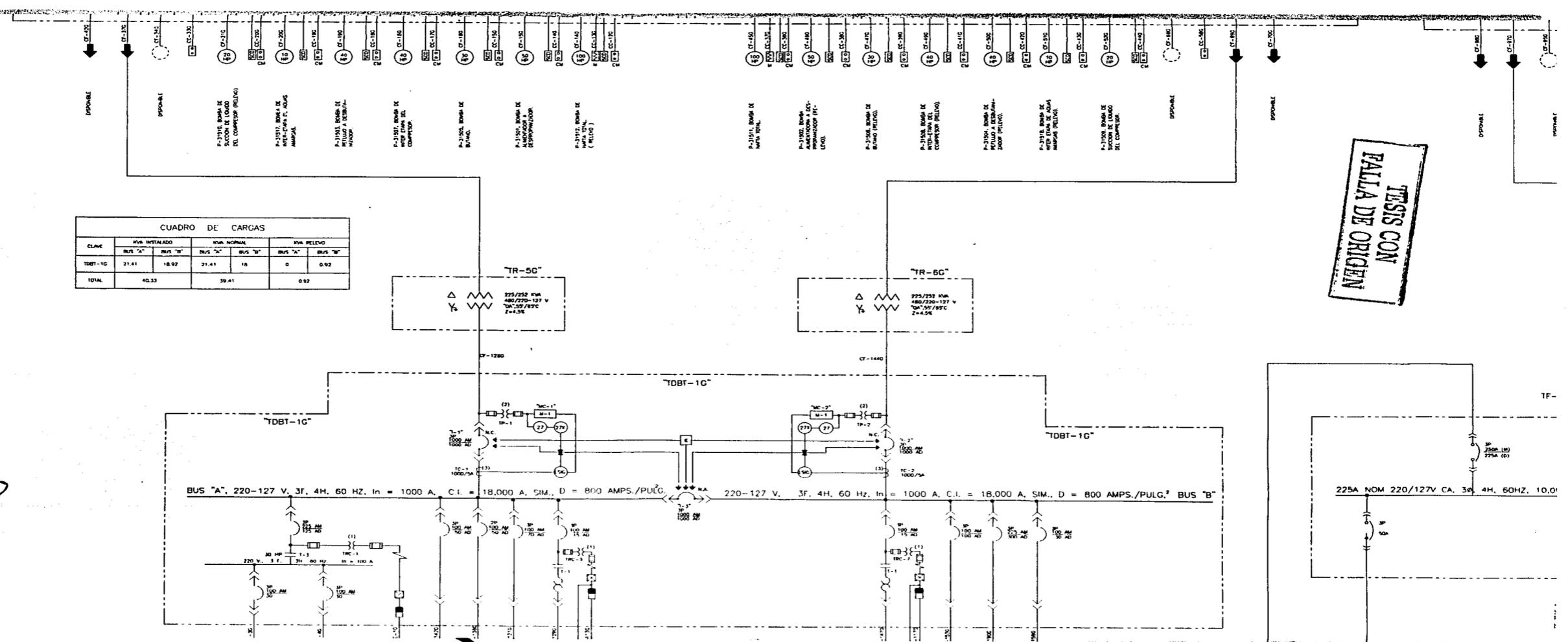
TESIS CON FALLA DE ORIGEN



170

CUADRO DE CARGAS

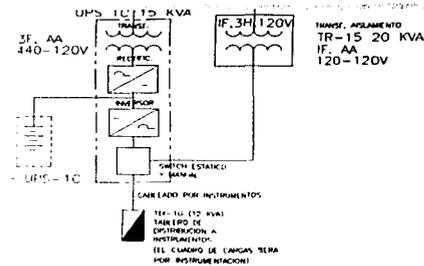
CLAVE	KVA INSTALADO		KVA NORMAL		KVA RELIEVO	
	BUS "A"	BUS "B"	BUS "A"	BUS "B"	BUS "A"	BUS "B"
TDBT-1C	21.41	18.92	21.41	18	0	0.92
TOTAL	40.33	39.41				0.92



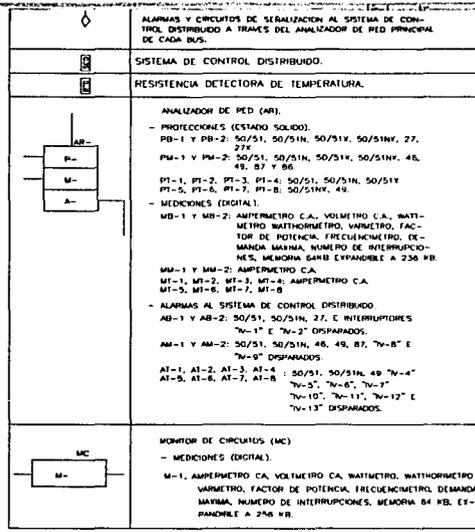
TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN







173



<input type="checkbox"/>	RELEVADOR DE NIVEL, CON CONTACTO DE ALARMA.
<input type="checkbox"/>	RELEVADOR DE SOBREPRESIÓN, CON CONTACTOS DE ALARMA Y DISPARO.
<input type="checkbox"/>	VOLTIMETRO C.A. TIPO DIGITAL.
<input type="checkbox"/>	AMPERIMETRO C.A. TIPO DIGITAL.
<input checked="" type="checkbox"/>	SELECTOR MANUAL-FUERA-AUTOMÁTICO.

TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA
FCS-E-01	PLANO DE LOCALIZACIÓN GENERAL (PLG), PLANTA DE GAS
FCS-E-03	SIMBOLOGÍA GENERAL
FCS-E-06	CEDULA DE CABLES DE FUERZA Y CONTROL (1), PLANTA DE GAS
FCS-E-07	CEDULA DE CABLES DE FUERZA Y CONTROL (2), PLANTA DE GAS
FCS-E-11	ARREGLO DE EQUIPO ELÉCTRICO EN SUBESTACIÓN ELÉCTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA BAJA
FCS-E-12	ARREGLO DE EQUIPO ELÉCTRICO EN SUBESTACIÓN ELÉCTRICA PRINCIPAL No. 1, PLANTA ALTA
FCS-E-16	SISTEMA DE FUERZA Y CONTROL, PLANTA DE GAS

UNAM	FACULTAD DE INGENIERÍA
DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL, PLANTA DE GAS	
TESIS PROFESIONAL	PLANO No. FCS-E-05
FEDERICO CORTES SALCEDO	ESC. SIN ACOT. SIN