

4  
20j.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
ARAGON

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA  
ELABORACION DE UN PROYECTO ELECTRICO  
EN BAJA TENSION

## TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICO

P R E S E N T A N :

MAURICIO BARRON FERNANDEZ  
MANUEL PEREZ ORTEGA

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



México, D. F.

1992



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## INTRODUCCION

Para el estudiante universitario siempre ha sido de alguna manera problemático el incorporarse a la vida profesional una vez concluidos sus estudios. La enorme diferencia que existe entre la teoría y la práctica, provoca que al término de la carrera se desarrollen actividades totalmente ajenas a lo que alguna vez imaginamos sería nuestra profesión.

Este tema se seleccionó como resultado de la inquietud de contar con una interfase entre nuestros estudios y lo que sería nuestra vida profesional, es decir, una guía (en este caso un manual) obtenida de una actividad concreta, y al que pudiéramos tener acceso como libro de consulta.

Concretamente este trabajo se dirige a los alumnos de la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica en el área de potencia, sin embargo, pensamos que puede ser de utilidad a estudiantes de cualquier otra área de la ingeniería (esto se puede observar en los comentarios que se verifican en el desarrollo de manual).

La finalidad específica será entonces, indicar a quien se muestre interesado cuales son los temas y actividades sobre las que debe prestar mayor atención en el desarrollo de su carrera, y que materias del módulo terminal le serían más útiles, para de una manera paulatina introducirse a la vida profesional.

El manual contiene cinco capítulos. En el primer captu-

Lo se muestran las relaciones empresa-cliente desde el punto de vista del ingeniero dedicado a las ventas y a las relaciones públicas, cabe aclarar que siempre que se mencione "la empresa", debemos entender que se trata de la empresa de proyectos eléctricos, y cuando hablemos del "cliente", debemos entender la empresa que requiere de algún servicio del tipo eléctrico. El segundo capítulo tratará de la estructura y de las actividades varias que puede desarrollar un ingeniero dentro de la misma. Para el tercer capítulo se mostrará el desarrollo de un proyecto eléctrico, tomando como ejemplo uno de los más completos y en el que de alguna manera participan los autores de este documento. El cuarto capítulo se enfocará a algunas consideraciones de instalaciones o más propiamente, a algunos detalles de instalación, así como a los trámites necesarios para la aprobación de nuestros proyectos eléctricos. El último capítulo contiene el resumen de las normas que consideramos como las más importantes del NTIE, así como algunas tablas a las que se hace referencia en el transcurso del manual.

## *CONTENIDO*

### *CAPITULO I COMERCIALIZACION Y SERVICIOS*

- 1.1 El ingeniero como vendedor*
- 1.2 La empresa y el cliente*
  - 1.2.1 Proyectos nuevos completos*
  - 1.2.2 Proyectos nuevos particulares*
  - 1.2.3 Levantamiento eléctrico -censo de cargas- e informe del estado actual del sistema eléctrico*
  - 1.2.4 Venta de equipo y materiales*
  - 1.2.5 Instalaciones eléctricas*

### *CAPITULO II LA EMPRESA DE COMERCIALIZACION, PROYECTOS E INSTALACIONES ELECTRICAS*

- 2.1 Organigrama (empresa y proyecto)*
- 2.2 El ingeniero de sistemas*
  - 2.2.1 Análisis de precios unitarios*
  - 2.2.2 Proyectos por computadora*
  - 2.2.3 Compras*
- 2.3 El ingeniero proyectista*

### *CAPITULO III EL PROYECTO ELECTRICO: "REHABILITACION DE LA INSTALACION ELECTRICA TIPICA DE UNOS LABORATORIOS FARMACEUTICOS"*

- 3.1 *Elaboración de un file o expediente*
- 3.2 *El levantamiento eléctrico*
- 3.3 *Alcances*
- 3.4 *La ingeniería básica*
- 3.5 *El sistema de alumbrado*
- 3.6 *El sistema de salidas especiales y contactos*
- 3.7 *El sistema de fuerza*
  - 3.7.1 *Cálculo del alimentador a motor*
  - 3.7.2 *Capacidad del interruptor derivado*
  - 3.7.3 *Selección del tablero de fuerza o centro de control de motores*
- 3.8 *El sistema de alimentaciones principales*
- 3.9 *El sistema de tierras*
- 3.10 *El cálculo de cortocircuito*
- 3.11 *La subestación eléctrica*
  - 3.11.1 *Conceptos generales*
- 3.12 *Memorias técnicas de cálculo*
- 3.13 *El proyecto definitivo*

#### *CAPITULO IV EL PROYECTO AUTORIZADO E INSTALACION DEL MISMO*

- 4.1 *Trámites ante SeCoFi*
- 4.2 *El volumen de obra y el catálogo de conceptos*
- 4.3 *Detalles típicos de instalación*

#### *CAPITULO V NORMAS TECNICAS Y TABLAS DE CONSULTA*

## **CAPITULO I**

### **COMERCIALIZACION Y SERVICIOS**

#### ***Introducción***

*Las actividades comerciales son tan antiguas como la historia de la humanidad, las encontramos en cualquier región y en cualquier civilización a través del tiempo. Así también observamos que se comercializa desde un avión hasta un sofisticado satélite artificial, pasando por los generadores nucleares de energía eléctrica. Por otro lado, los servicios son parte de la historia contemporánea y surgen en forma con la revolución industrial.*

*Actualmente los servicios que puede ofrecer una compañía de tipo eléctrico pueden ser entre otros; levantamiento eléctrico, proyectos eléctricos, cálculo de cortocircuito, venta y renta de equipo, rehabilitación e instalación eléctrica, censo de cargas, etc. Los que deben ser de óptima calidad y eficiencia.*

*Esto último resulta de suma importancia para un cliente que siempre buscará lo óptimo para resolver los problemas y necesidades dados en su caso.*

*La comercialización y servicios de una compañía se enfocan esencialmente a los costos, los que son base de referencia para establecer la política de ventas, al tenerse en cuenta los costos de producción y distribución, a fin de establecer las concesiones máximas de venta y también el procedimiento que determina los costos dados por la naturaleza de la in-*

ductancia y en el tiempo en que se obtendrán.

Citemos un ejemplo en el que, un cliente desea rentar una planta de emergencia para la ejecución de un evento internacional, el sugiere que la planta sea conectada en el plazo de una semana porque en ese tiempo deben de operar algunos equipos tales como; alumbrado, computadoras, tableros, amplificadores, los que son necesarios para llevar a cabo el mencionado evento. Menciona de alguna manera el cliente que el factor económico pasa a segundo término dado que para él es urgente un servicio de óptima calidad y en un tiempo corto. Por lo que respecta a la compañía, esta tendrá que mandar el personal necesario para atender este servicio; ingenieros, oficiales electricistas y ayudantes. El ingeniero solicitará a su vez los equipos y materiales necesarios para llevar a término el servicio. Por lo que se refiere a la instalación, esta no debe ofrecer ningún riesgo para los usuarios y debe ser diseñada de tal forma que se eviten los consumos innecesarios de energía, pudiendo desconectar equipos o secciones que no se utilicen. Si se cumple satisfactoriamente con los requerimientos del cliente se puede obtener una buena remuneración y una preferencia por sobre las demás compañías de competencia dentro del ramo. En caso de no cumplir con lo establecido, para el cliente puede significar pérdidas económicas e incluso con repercusiones de tipo político, lo que a su vez significaría que la compañía enfrentaría una demanda con todas sus implicaciones.

En este capítulo observamos un poco más a detalle como pueden desarrollarse un ingeniero en estas actividades.



### *1.1.- El ingeniero como vendedor.*

*Las ventas son la actividad más remunerativa dentro de este tipo de empresas y no es de ninguna manera denigrante o fácil el dedicarse a esta actividad como comunmente se cree. El vendedor de proyectos o equipos eléctricos deberá reunir las características tradicionales de un buen vendedor (personalidad, carisma, facilidad de palabra, tesón, etc.), pero además deberá conocer a fondo el producto que vende, lo que él logrará si cursó alguna carrera técnica como las que se enlistan a continuación;*

- a) Ingeniero o Técnico Mecánico Eléctrico*
- b) Ingeniero o Técnico Electrónico*
- c) Ingeniero en Computación*
- d) Ingeniero Industrial*
- e) Carreras afines*

*Para darnos una idea de lo complejo que puede resultar esta actividad, podemos mencionar que los que mejores resultados obtienen como vendedores son aquellos que dedican cierto tiempo a ejercer como ingenieros para convertirse en vendedores.*

*La actividad profesional del ingeniero vendedor comienza desde el primer semestre de la carrera, al conocer a la mayor cantidad de clientes potenciales, es decir, establecen un núcleo social lo más amplio posible, además de que debe comenzar a familiarizarse con las marcas y tipos diferentes de equipos que maneje o conozca en las actividades escolares.*

## *1.2.- La empresa y el cliente.*

*El vendedor es una de las partes más importantes de casi cualquier tipo de empresa, ya que para el cliente representa a la empresa misma, por lo que debe conocer los servicios que en su momento puede ofrecer e inclusive lo que ofrece el mercado competidor. A continuación se presentan algunas de las características que pensamos que este ingeniero debe reunir:*

- a) Círculo social amplio (cualquier persona puede ser cliente, ya sea directa o indirectamente)*
- b) Responsabilidad, subrayando la cuestión tiempo que en esta actividad es de suma importancia*
- c) Inclinación al trabajo, en esta área se trabaja todo el día todos los días del año*

*La rama de la Ingeniería Eléctrica es muy extensa, y en un país como México en pleno auge industrial (cuestión que se ve incrementada con la participación de México en el tratado de libre comercio) es aún mayor. En el siguiente listado mostraremos una secuencia de actividades que puede desarrollar el vendedor ante el cliente:*

- 1.- El vendedor concreta una cita con los responsables técnicos, en esta cita puede mostrarse el currículum de la empresa así como los alcances que en un momento dado se pueden ofrecer.*

- 2.- De esta cita puede resultar una venta o un cliente en potencia, es decir, no tienen ninguna necesidad de tipo eléctrico pero pudiese surgir en el futuro, por lo que el vendedor está obligado a realizar visitas periódicas.
- 3.- En el caso de efectuarse la venta, el ingeniero vendedor deberá realizar las cotizaciones necesarias, pedidos, ordenes de compra, facturas y demás trámites administrativos. También deberá supervisar de común acuerdo con el cliente la marcha de proyectos o fabricación de equipos en su caso, así como los avances y calidad de las instalaciones si procede.
- 4.- Deberá estar pendiente de los entregas y finiquitos hasta la total satisfacción del cliente.
- 5.- Una vez concluido el trato, procurará de alguna manera seguir proporcionando servicios al cliente.

#### **1.2.1. Proyectos nuevos completos.**

Cuando algún cliente pretende establecer una planta o edificio completamente nuevo, por lo general lo ofrece en concurso, es decir, invita a cierta cantidad (puede ser abierto) de compañías que se dediquen a esta actividad a proporcionar cotizaciones de acuerdo con una base. El ganador de este concurso se encargará del proyecto y la instalación en su caso.

Por otra parte, después de un buen proyecto se requiere

como consecuencia una correcta instalación. La instalación correcta será aquella que responda a las necesidades concretas de cada proyecto en particular.

Toda instalación debe ser ejecutada conforme a planos y cualquier modificación se debe registrar en estos para mantenerlos siempre vigentes, en caso contrario resultará cada vez más difícil localizar el origen de las faltas que pudieran presentarse. De hecho pudiera presentarse el caso que resulte necesario desechan por completo los planos de una instalación que halla sufrido modificaciones que no hallan sido registradas por escrito.

Es indudable que la vida de una instalación se alarga cuando cuenta con las protecciones adecuadas e inclusive contempla previsiones para posibles ampliaciones.

Los proyectos de ingeniería tienen que considerar casi siempre de manera prioritaria las implicaciones económicas, es decir, los costos. Entonces, el ingeniero frente a cualquier proyecto debe pensar en su realización con el menor costo posible. Hipóticamente hablando, la solución a cualquier problema es única, lo ideal, aunque en proyectos eléctricos esto implica invertir más horas hombre lo que incrementa el costo de nuestros proyectos. El ingeniero de proyectos debe desarrollar la habilidad suficiente para manejar sus recursos tratando de encontrar la solución ideal sin elevar demasiado los costos.

### 1.2.2.- Proyectos nuevos particulares.

En ocasiones las empresas ya establecidas requieren de alguna ampliación o cambio en sus instalaciones eléctricas, por lo general recurren a quien les ha proporcionado un buen servicio o a quien los ha atendido con regularidad para estos casos se elaboran proyectos pequeños, como pueden ser:

- a) Cambio de subestación
- b) Alumbrado de cierta área
- c) Cambio de alimentadores principales
- d) Cálculo de cortocircuito, etc.

Esto significa que este tipo de proyectos abarcan solo una área en particular de la planta o de la problemática del proyecto en cuestión.

### **1.2.3.- Levantamiento eléctrico -censo de cargas- e informe del estado actual del sistema eléctrico.**

Las empresas que cuentan con un programa de mantenimiento preventivo llegan a requerir en algún momento el conocer a detalle el estado de su instalación, para determinar en base a cálculos si cuentan con la capacidad adecuada a su carga instalada y por instalar (futura), para poder así saber que modificaciones requieren hacer. Este servicio se puede ofrecer a todas las empresas que tienen algunos años operando, y comienza este servicio con lo que se conoce como levantamiento eléctrico.

El levantamiento es una recopilación de todas y cada una

de las características del sistema eléctrico como pueden ser; máquinas, equipos, transformadores, tableros, interruptores, etc. Esto es, llevar a cabo una recopilación completa y segura de los datos de los equipos eléctricos de acuerdo con los requerimientos siguientes:

- Nombre del equipo
- Potencia
- Voltaje de operación
- Fases
- Corriente nominal de operación
- Corriente a plena carga
- Frecuencia
- Marca
- Tipo de conexión, etc.

Todos estos datos deben ser tomados en campo tal y como se encuentran en los datos de placa de cada equipo, teniendo en cuenta que debemos de seguir ciertas medidas de seguridad para evitar cualquier riesgo o percance físico, algunas de estas medidas son el uso de; casco, lentes, bata, guantes, zapatos de seguridad y utilizan la herramienta adecuada para abrir o destapar los equipos eléctricos.

Se sugiere que el levantamiento eléctrico lo coordine el ingeniero de proyectos encargado del proyecto ya que de alguna manera es la persona más viable para determinar los datos que se necesitan y cuales podemos en un momento dado ignorar.

Generalmente, uno de los parámetros más importantes a determinar es la carga instalada que nos servirá para el diseño de cada una de las partes de nuestros proyectos. Para determinar esta carga se requiere de ciertas consideraciones como veremos más adelante en el capítulo III, y no simplemente realizar la suma de las potencias de cada equipo involucrado en el proyecto. Mientras mayor sea la información que se tenga respecto al consumo y a la operación de todos los elementos que se conectarán al sistema, mayores serán las probabilidades de realizar el cálculo más apropiado y de alguna manera, optimizar el aspecto económico. Esta información resulta indispensable que aparezca en la etapa en que se verifica la ingeniería de detalle.

Es prácticamente imposible conocer con exactitud la carga de una instalación compleja. En la etapa del anteproyecto se realiza una estimación que permite realizar una evaluación aproximada sin embargo, se requiere realizar un cálculo con la información completa de todos los equipos que serán conectados y obtener un valor más preciso de la carga.

La determinación de la carga es una labor que requiere de técnica, pero también de criterio para poder así definir entre otras cosas las reservas que podrán utilizarse en el futuro, así como la influencia de los posibles ciclos de operación (factor de demanda). Una reserva excesiva representará una inversión que tal vez nunca se utilice, por el contrario el no contar con reservas puede provocar problemas ya bien, a corto plazo y desembolsos inesperados, por estas razones se

recomienda analizar cuidadosamente las opciones con que se cuente. En dicho análisis también deben contemplarse los efectos que las variaciones de carga en función del tiempo puedan tener sobre la regulación del voltaje y sobre el costo de la energía (en el caso de tarifas que tienen cargo por demanda máxima).

En el estado actual del sistema se realizan anotaciones detalladas de las condiciones reales en que se encuentran los equipos eléctricos con el fin de realizar las acciones de mantenimiento pertinentes, es decir, se trata de un informe veraz y detallado.

#### 1.2.4.- Venta de equipo y material.

En estas actividades es el departamento de ventas quien se encarga de aplicar las técnicas del cálculo del costo de la unidad producida tomando como base los factores del proceso productivo o de distribución. También analiza todos los factores que de manera indirecta producen el efecto de costo sobre los equipos o materiales, sin cuyo cálculo el empresario no tendría una idea completa de lo que significan sus costos contables en el sentido de costos incurridos o de inversión. Así, estaremos más preparados para manejar adecuadamente los precios de venta y los tiempos de entrega para poder competir en el mercado. En el capítulo IV se observa más a detalle este aspecto en el punto de catálogo de conceptos.



### *1.2.5.- Instalaciones eléctricas.*

*Finalmente, si el cliente tiene definidos sus proyectos y compra de equipos, se le puede ofrecer la instalación de estos incluyendo los equipos especiales o riesgosos entre los que podemos contar a; tableros, interruptores de alta capacidad, transformadores de potencia, bancos de capacitores, dispositivos sensores, dispositivos de control locales o remotos, cables de alta capacidad, etc.*

*Podemos ofrecer instalaciones de acuerdo a las necesidades y recursos del cliente, si los recursos son limitados, se pueden ofrecer materiales económicos sin que esto implique el disminuir la seguridad de la instalación. Si las necesidades del cliente son muy específicas (existen empresas que cuentan con normas propias de instalación, más rigurosa aún que las del NTIE), se les pueden ofrecer los dispositivos necesarios para cubrirlas. Es primordial establecer de cualquier manera como prioridad la seguridad y eficiencia al momento de realizar nuestras instalaciones.*

## *Conclusiones.*

*Con referencia a este capítulo podemos mencionar que los servicios y la comercialización están ligados siempre entre sí, de algún modo unos son parte de la otra, lo que implica que la persona idónea para realizar un servicio de tipo eléctrico podrá realizar labores de comercialización.*

*En este capítulo se mencionan algunas de las actividades que se pueden desarrollar dentro de este tipo de compañías, y cual debe ser el perfil de la persona que se requiere para desempeñar estas funciones.*

*Es importante mencionar que este capítulo muestra cuán importante son las relaciones humanas en el desempeño de algunas de estas actividades.*

## CAPITULO II

### LA EMPRESA DE COMERCIALIZACION, PROYECTOS E INSTALACIONES ELECTRICAS

#### *Introducción*

*Para coordinar los diversos factores que intervienen en la producción de algún bien, se requiere de cierta capacidad de organización y administración, de igual manera se requieren de estas características para comercializar estos bienes o servicios que se presten. Organizan, administran y venden como elementos de una industria, son bases auxiliares, en último análisis, una eficiente distribución de los productos o servicios.*

*En esta amplia infraestructura existen varios elementos esenciales que ofrecen cierto interés a una diversidad de personas como son: Banqueros, industriales, comerciantes, ingenieros, contadores, economistas, etc.*

*Al banquero, desde un punto de vista de otorgamiento de crédito, le interesa conocer la costeabilidad de la unidad productora como medida básica para fijar la capacidad de pago de la misma. Para el industrial no tan solo los costos totales le interesan, sino de preferencia los analíticos, por departamentos, por líneas de productos, servicios, etc., a fin de determinar que parte del negocio es productiva y que otra parte no lo es. Al comerciante le interesan en particular los costos de distribución, desde el instalador hasta el*

gerente de la compañía se requiere de calcular sus costos para poder hacer lo propio con la utilidad. El ingeniero tiene que hacer estimaciones del costo de producción y operación de diversos aspectos del equipo productivo, ya sea en un solo sector o abarcando el proceso completo. La selección del equipo y métodos de producción así como instalación dependen de la comparación que haga, por un lado el rendimiento que producen los métodos antiguos en operación y por el otro el rendimiento estimativo que deben producir los nuevos métodos. El contador de costos estará interesado en presentar información analítica del proceso de producción, a fin de localizar sus fallas y de precisar cual es la parte de la empresa que produce utilidades y cual no. Los costos interesan al economista desde el punto de vista de la empresa privada, pero su mayor y mejor aplicación la encuentra en el campo de la industria en general es decir, el conjunto de industrias dedicadas a una rama particular de la producción.

Una empresa de proyectos eléctricos no se debe formar solamente de un grupo de proyectistas, sino que requerirá de toda una estructura para su adecuada operación. En un país en pleno desarrollo industrial como lo es el nuestro, se requiere crear la infraestructura correspondiente a ese desarrollo, aquí es donde toman parte relevante los proyectos eléctricos.

La diversidad de industrias genera todo un universo en cuanto a necesidades de tipo eléctrico se refiere, por esto, la existencia de muchas empresas dedicadas a esta actividad.

## *2.1.- Organigrama.*

*Una empresa de proyectos eléctricos que desee un nivel competitivo requiere forzosamente de la estructura necesaria para satisfacer las necesidades del cliente en cuestión.*

*El siguiente organigrama muestra algunos de los niveles que pueden conformar la estructura de una empresa de proyectos (ver siguiente página).*

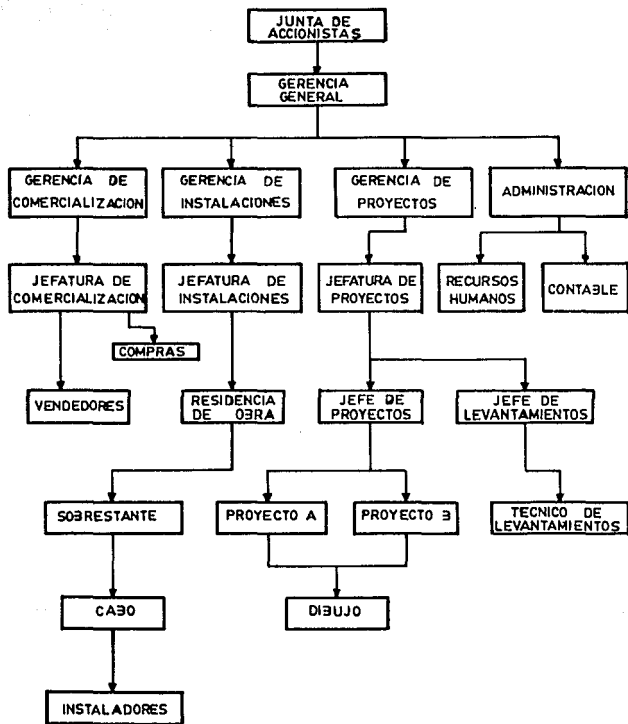
*A grandes rasgos podemos describir cada nivel de la siguiente manera:*

*Junta de accionistas:*

*Son los representantes de los accionistas o los mismos dueños, que proporcionan el capital y la iniciativa para la creación de la empresa y tienen la capacidad de tomar decisiones de trascendencia para la empresa.*

*Gerencia general....:*

*Armoniza las actividades de las diferentes áreas de la empresa, tiene la obligación de conocer todas las actividades desarrolladas en la misma, por lo que puede tomar decisiones al respecto en un momento dado. Es la máxima autoridad de la empresa.*



*Gerencia de*

*comercialización.....:*

*Se encarga directamente de ofrecer y prestar todos los servicios de la compañía y que pueden ser; venta y renta de equipo, material, suministro e instalación eléctrica, mano de obra, etc.*

*Administración.....:*

*Como en toda empresa es la parte medular, se encarga de mantener en operación a la empresa, es decir; administra los recursos con que cuenta la empresa para mantenerla como negocio rentable. En base a sus observaciones se puede crear un nuevo departamento, adquirir o no un nuevo equipo, etc.*

*Contable.....:*

*Analista por excelencia, es el que se encarga de aplicar la técnica del cálculo de la unidad producida tomando como base los elementos de la producción medibles en dinero. También analiza y aplica a la misma unidad los costos de distribución sin cuyo cálculo el empresario no tendría idea com-*

pleta de lo que significan sus costos contables en el sentido de costos incurridos o de inversión. De esta forma, aplicación de la contabilidad del costo viene a constituir un instrumento indispensable de control en la moderna empresa.

*Recursos humanos.....:*

*Este departamento debe mantener un ambiente agradable de trabajo, debe seleccionar el personal adecuado, así como satisfacer las necesidades del mismo.*

*Gerencia de proyectos.....:*

*Debe coordinar y supervisar todas las actividades que involucran al proyecto eléctrico, desde la venta hasta actividades de instalación inclusive.*

*Jefatura de proyectos:*

*Administra los recursos del departamento de proyectos, es el responsable del funcionamiento del departamento así como de cada proyecto en particular.*



*Jefe de proyecto.....:*

*Se encargará de coordinar un proyecto en particular, debe asegurar la veracidad y la fluidez de la información inherente al proyecto. El jefe de proyecto debe también verificar si cuenta con el personal suficiente y capaz para terminar el proyecto en el tiempo requerido y tendrá la capacidad para supervisar el proyecto en su totalidad.*

*Proyectista.....:*

*Existen varias categorías que dependen de la empresa en que se den pero por lo general el proyectista se dedica a desarrollar una parte del proyecto e inclusive todo, pero esto bajo la supervisión y dirección del jefe del proyecto. El proyectista requiere además de conocimientos técnico, conocimientos de dibujo.*

*Dibujante.....:*

*En ocasiones el mismo proyectista se encarga de delinear el dibujo definitivo del proyecto, aunque lo más adecuado es contar con gen-*

te especializada para tal fin.

Gerencia de

instalaciones.....:

Una vez finalizado el proyecto se requiere llevarlo a la práctica, la gerencia de instalaciones es la encargada de la coordinación de los trabajos de instalación para terminarlos con las características con que se requieren.

Jefatura de

instalaciones.....:

En empresas consideradas como grandes, se requiere crear un enlace entre la gerencia y los instaladores, en este caso es el jefe de instalaciones el que debe resolver esta cuestión.

Residencia de obra..:

Es el residente el encargado directo de llevar a cabo el proyecto que en ese momento pasa a ser obra. El residente o supervisor requerirá; herramientas, personal y materiales para la instalación. Debe poder interpretar planos e inclusive proyectar y resolver los problemas del personal a su cargo.

- Sobrestante.....:* *El sobrestante es un instalador especializado que realiza las funciones del residente en ausencia de este. En ocasiones será el responsable de la obra, por esto deberá tener ciento asendiente sobre los demás instaladores.*
- Cabo.....:* *Se encarga de instalar una parte del proyecto, pudiendo tener a su cargo algunos instaladores.*
- Instaladores.....:* *En esta clasificación se encuentran los oficiales y ayudantes de oficio, los que realizan la obra de acuerdo a las indicaciones que se les den.*

## *2.2.- El ingeniero de sistemas.*

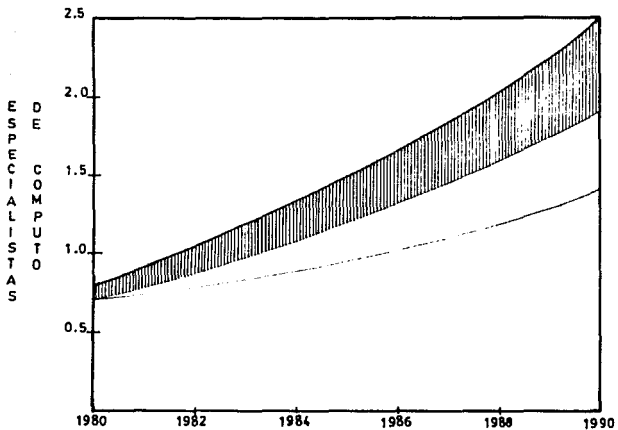
*A medida que se extiende el uso de las computadoras (en general, los microprocesadores se encuentran cada vez en mayor número de equipos) el problema de encontrar recursos humanos adecuados para diseñar, construir, seleccionar y mantener estos equipos se hace cada vez más agudo.*

*Lo manejado líneas arriba resulta en que el ingeniero de sistemas deba ser en parte programador, en parte analista en*

equipos y diseñador de programación. La demanda de este tipo de profesionales deberá ser en parte cubierta por profesionales con entrenamiento formal en otras ramas, quizá electrónica o matemáticas, que con la asistencia a cursos especializados y la práctica suplementen la formación formal en computación. Pero aún con estas improvisaciones, la demanda en la industria y en el sector público de especialistas en computación, excede a la oferta. Todavía agrava más este problema el hecho de que la programación en general, no es transportable de un sistema a otro, ya que gran parte del código está diseñado en lenguajes dependientes de máquina.

Este profesional deberá entender tanto el equipo como la programación con el objeto de diseñar, seleccionar o poder mantener estos sistemas. Lo anterior por lo que respecta a un ingeniero de sistemas "puro" podríamos decir, aunque en este caso deberá manejar los aspectos relativos a los proyectos eléctricos. La demanda de estos profesionales es altísima.

Las estimaciones que se tuvieron para la década de los ochentas mostraban que se requeriría el doble de ingenieros en computación que los que existían al inicio de la década. En la gráfica que se presenta en la siguiente página (28), se muestra que la demanda de personal de cómputo calificada crece a un ritmo acelerado, su número y productividad solo aumentan lentamente.



OFERTA Y DEMANDA DE PERSONAL  
CALIFICADO EN COMPUTACION.

*El ingeniero de sistemas tendrá que conocer el sistema con su equipo operativo y sus problemas de programación en un todo. Tendrá que llegar a familiarizarse con especificaciones electrónicas, técnicas de requerimientos y diseño de programación normas de codificación y control de calidad. Esto es, el ingeniero debe tener amplio panorama, abarcando su campo de acción desde la selección de microprocesadores hasta la concepción de grandes sistemas de cómputo. Como tiene que administrar proyectos de computación, tendrá que estar familiarizado con técnicas de administración e ingeniería industrial, con habilidad para organizar y estimar los recursos que se requieren para alcanzar un determinado objetivo. Para sus actividades de administración deberá tener conocimientos de estimaciones de costos, presupuestación y análisis de requerimientos. Para resolver problemas específicos, este ingeniero deberá poder manejar el análisis numérico, optimización, simulación, modelado, teoría de información y otras técnicas.*

*El ingeniero de sistemas deberá poder interaccionar con los especialistas de diseño y de equipo desde la fase inicial de desarrollo del sistema. Sus funciones no terminan con el diseño, continúan con el proceso de construcción del sistema. Durante esta fase pueden surgir problemas que requieran de interacción mutua entre los grupos de desarrollo de equipo de programación para resolverlos.*

*El grupo de análisis de sistemas encabezados por un especialista en el campo analítico del programa que se está desarrollando, tendrá a su cargo las actividades relacionadas*

*fundamentalmente con la definición de requerimientos y la elaboración de los planes de prueba. En particular las actividades de este grupo pueden ser :*

- Definir con el usuario los objetivos*
- Elaborar el reporte de análisis*
- Producir un documento de requerimientos de programas de computadoras*
- Organizar la revisión*
- Producir un plan de pruebas para la interacción de la programación al sistema*
- Analizar resultados de las pruebas de interacción del sistema*
- Editar el manual del usuario*
- Cálculo de alimentaciones por computadora*

*El perfil del ingeniero de sistemas mostrado en esta sección parecerá exagerado a simple vista, de alguna manera es el perfil de acuerdo a las necesidades concretas que para él existe en el campo de trabajo. Obviamente, para un profesionalista de estas características existirá un amplio campo de trabajo y una adecuada retribución económica. El ingeniero de sistemas descrito en esta sección encaja en la parte medular de cualquier compañía, organizando todos los departamentos en donde se requieren los servicios de la computación. Si solamente pretendemos desarrollarnos en una área particular de*

este universo, tendremos que tener en cuenta el contexto global.

Las empresas de proyectos eléctricos no son la excepción al respecto, en todas sus áreas o departamentos se requiere utilizar este tipo de profesionales pudiendo ser ingenieros de cualquier área como son; Eléctricos, Mecánicos, Electrónicos, Industriales, etc.

La siguiente relación muestra algunas de las actividades que pueden realizar estos profesionistas en este tipo de empresas:

- 1.- Análisis de precios unitarios
- 2.- Compras
- 3.- Proyectos por computadora (cálculos)

Como colofón a este apartado podemos recomendar al alumno poner énfasis a todas sus materias de computación y subrayar el hecho de que en estos momentos la E.N.E.P. comienza a implantar el uso de las "micros" en algunos laboratorios del área eléctrica.

### 2.2.1.- Análisis de precios unitarios.

El análisis de precios unitarios es una de las funciones más importantes dentro de las empresas de este tipo. El analista de precios unitarios se encarga como su nombre lo indica de analizar los costos y precios de venta de manera unita-



ria. Este análisis lo realiza sobre equipos, materiales, proyectos y servicios que sean requeridos por el cliente. Para poder realizar un análisis correcto se debe estar actualizado en cuanto a mercadeo y competencia se refiere, es en este punto en donde la computación adquiere relevante importancia dentro de esta actividad.

Existen diversos procedimientos para realizar un análisis de precios unitarios, a continuación se muestra un ejemplo en donde se aplican algunos de estos principios.

*Ejemplo.* - Se sabe que el costo de una caja de conexiones condulet del tipo LB de 25 mm de diámetro con tapa y empaque, de la marca Crouse Hinds Nomex, con el proveedor acostumbrado es de \$ 15 000 <sup>22</sup>. Se requiere conocer el precio de venta unitario del suministro e instalación de este material.

*Solución:* Para obtener el precio unitario (P.U.) se requiere conocer el rendimiento del personal respecto a la instalación y por ende el costo de la mano de obra, suponiendo que una cuadrilla (oficial y ayudante) tenga un costo de \$ 80 000 <sup>22</sup> por jornada y tenga un rendimiento de 0.05 por jornada para el caso de este material, entonces tendríamos:

$$C.M.O. = (C.I/C.) (\text{Rendimiento})$$

$$C.M.O. = (\$ 80 000 \text{ } ^{22}) (0.05)$$

$$C.M.O. = \$ 4 000 \text{ } ^{22}$$

donde: C.A.O.: Costo directo de mano de obra  
C.G./C.: Costo de jornada por cuadrilla

El análisis quedaría:

Material	8 000	8 000
Mano de obra	4 000	12 000
Herramienta (10 %)	1 200	13 000
Mando indirecto (5 %)	660	13 860
Utilidad (10 %)	1 386	15 246
Indirecto (5 %)	762	16 008

P.U. = 16 008

Entonces el cliente tendría que pagar \$ 16 008 <sup>22</sup> por el suministro y la instalación de este material. A simple vista este análisis es muy simple, aunque es pertinente aclarar que los costos indirectos no son tan sencillos de determinar, en ocasiones requieren de un análisis minucioso y se llegan a incrementar muy por sobre el porcentaje del ejemplo y también se requiere desglosarlos en dos o más conceptos.

Las cantidades y porcentajes pueden variar, pero el analista debe tratar de tomar en cuenta todos los factores que afecten al costo, para que de esta manera se vean reflejados en el Precio Unitario y así estará seguro de que instalar este material representa un negocio para la empresa.

Dependiendo de las circunstancias, en ocasiones, el ana-

*Lista de P.U. deberá realizar su labor en conjunto con el cliente como por ejemplo en las siguientes circunstancias:*

- a) Mano de obra: Si la instalación o suministro es fuera del lugar de residencia de la empresa, se deben tomar en cuenta algunos factores tales como; salario mínimo en ese lugar, transportación, hospedaje, etc.*
  
- b) Herramienta: En ocasiones para instalar el mismo equipo se requiere herramienta muy sofisticada debido a la naturaleza de los equipos, al medio ambiente o al lugar de la instalación, etc.*

*Los analistas de precios unitarios no son profesionistas egresados de las universidades como tales, sino que son egresados de otras áreas y desarrollan en la práctica sobre esta disciplina, por esta razón y debido a las escases de estos especialistas es que son muy bien retribuidos económicamente hablando, por lo que mencionamos como interesante a desarrollar por los alumnos que deseen trabajar en este campo.*

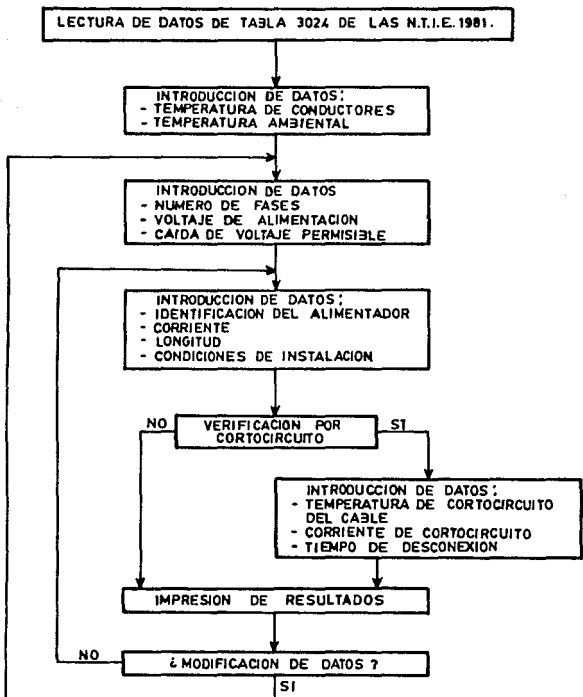
#### **2.2.2.- Proyectos por computadora.**

*El área de proyectos eléctricos no ha sido dominada del todo por la computadora, aunque existen ya en el mercado po-*

denosos programas auxiliares en lo que corresponde al área de dibujo, aunque por el momento se enfocan más al área de la construcción (ingeniería civil ó arquitectura). Por lo que respecta al área de los cálculos en el diseño eléctrico, no existe límite en la aplicación de la computación, es decir, que se puede aplicar hasta donde el ingenio del ingeniero proyectista lo permita, como ejemplo mencionamos los cálculos de cortocircuito y los cálculos de iluminación, aunque repetimos no existen en el mercado comercial programas con este tipo de cálculos.

Debido a la cantidad de cálculos repetitivos resulta conveniente utilizar la computadora para lograr la obtención de la sección de cobre de los alimentadores principales e inclusive los derivados. Para tal efecto mostramos en la siguiente página los pasos (diagrama de flujo) de un programa por computadora en lenguaje BASIC incluyendo los principales criterios.

El programa puede resolver circuitos monofásicos, bifásicos y trifásicos. Para el cálculo de la conducción de corriente, se debe proporcionar la temperatura máxima del conductor y la temperatura ambiente. Para el criterio de la caída de tensión, debe especificarse la caída máxima deseada. También puede hacerse la revisión por cortocircuito.



### **2.2.3.- Compras.**

*El departamento de compras requiere como responsable a una persona que conozca todo tipo de materiales eléctricos (al menos por catálogo) y a los proveedores que un momento dado los pueden suministrar. Debido a la infinidad de materiales ofrecidos en el mercado, a la diversidad de proveedores y a la constante variación que sufren los precios debido a la situación económica del país, se hace indispensable el manejo de esta información por medio de una computadora. En algunas empresas se maneja también un almacén propio en el que la computadora nos ofrece un atractivo más en el manejo de almacenes e inventarios. Esta actividad requiere también de la persona que se dedique a ella el que se tengan ciertas relaciones con diversos tipos de personas, desde el proveedor de papelería, hasta el proveedor de transformadores de potencia y subestaciones, por lo que es interesante tomar en cuenta este perfil en el momento de decidir el desarrollo de esta actividad.*

*Definitivamente, esta actividad requiere de muchos años de experiencia por lo que estos especialistas son muy escasos y su remuneración acorde con esta escasez.*

*La elección de esta actividad normalmente se realiza después de laborar por algunos años dentro de alguna empresa, aunque se sugiere la recolección de todo tipo de catálogos.*

### **2.3.- El ingeniero proyectista.**

*Tal vez el perfil más interesante lo sea el del ingenie-*

no de proyectos eléctricos ó ingeniero proyectista. Antes de ingresar a la escuela superior, nuestras inquietudes (sentíendase por nosotros a los que elegimos estudiar la carrera de Ingeniería Mecánica Eléctrica) eran por lo general relativas a la generación de energía eléctrica, la transmisión de la misma, la transformación de voltaje, los sistemas de iluminación y protección, generalidades que el ingeniero de proyectos está obligado a conocer. El ingeniero proyectista deberá ser una persona con mucha imaginación e ingenio (de hecho cualquier ingeniero requiere de cierta dosis de estos elementos) ya que debe poder así plantear soluciones en su imaginación para plasmarlas en el papel y finalmente llevarlas a la práctica en las instalaciones. Este ingeniero debe ser capaz de proporcionar la mejor ubicación al equipo eléctrico, proporcionando el espacio suficiente para su manejo, mantenimiento y servicio.

La estética es un elemento presente en cada elemento de sus diseños, por lo que las trayectorias de sus alimentadores buscan que estos pasen desapercibidos (como en el caso de las líneas de distribución en la zona centro de la ciudad de México).

Tenemos entonces que el ingeniero de proyectos debe conocer todo tipo de equipos eléctricos, así como su funcionamiento para poder proyectar de manera funcional y estética, pero algo muy importante también es que debe tomar en cuenta siempre las normas técnicas eléctricas del reglamento de construcción que rige en nuestro país (por medio del NTIE).

*El cumplimiento de estas normas garantizan un mínimo de seguridad que requiere una obra eléctrica, por lo que todo proyecto o instalación que se pretenda manejar de manera oficial deberá cumplir de manera obligatoria en su caso con estas normas, so pena de recibir sanciones que van desde lo económico hasta la suspensión del suministro de energía eléctrica.*

*Por lo anterior es quizá el ingeniero de proyectos eléctricos el que más se aproxima a la concepción que de un ingeniero eléctrico tenemos al iniciar nuestra carrera (exceptuando las actividades de investigación que están destinadas a un número muy reducido de profesionistas de este tipo). En el capítulo posterior se abordará con más detalle las actividades que este profesional desarrolla.*



## *Conclusiones.*

*Este capítulo presenta a nuestra manera de ver, la particularidad de esbozar los perfiles que se requieren para poder dedicarse a este tipo de actividades. Es interesante observar a detalle y de manera desglosada las actividades que se desarrollaran en caso de que el alumno desee ingresar a esta área de la industria eléctrica. En esta parte del texto se observó que la Ingeniería requiere de forma bastante importante de la Economía para poder desarrollarse dentro de este tipo de actividades. Finalmente podemos resaltar la importancia de la computación dentro de esta y de las demás ramas de la industria.*

**CAPITULO III**  
**EL PROYECTO ELECTRICO TIPICO**  
**REHABILITACION DE LA INSTALACION ELECTRICA DE UN**  
**LABORATORIO FARMACEUTICO**

**Introducción.**

Hablar de proyectos eléctricos, es abordar un tema inmenso. Para los fines que nos ocupan se trató de seleccionar un proyecto que involucrase la mayoría de los elementos que puede abarcar un proyecto eléctrico, obviamente debido a su diversidad, en este documento únicamente se pretende mostrar a grandes rasgos el tema ya que cada apartado por sí solo podría ser tema de tesis. Cada punto se tratará brevemente y se buscará dar mayor énfasis a los temas que se consideren de mayor importancia.

**3.1.- Elaboración de un file o expediente.**

Para cada proyecto se deben elaborar los expedientes que se consideren necesarios. El primero de ellos lo debe elaborar el departamento de comercialización con los datos que proporcione el cliente como pueden ser las cotizaciones, manuales etc. Es importante respetar el orden cronológico de este expediente. El segundo expediente lo elaboraría el departamento de levantamientos con toda la información técnica recabada así como los avances, contratiempos, etc. Finalmente, el último expediente corre a cargo del departamento de proyectos, quien de igual manera realiza programas de avance, registra

la información recibida, cambios, revisiones, etc.

Entre otras cosas, el expediente adquiere importancia en cuanto a que no es conveniente dejar nada al azar ni tratar ningún asunto de manera informal. Se debe procurar que cualquier documento sea de carácter oficial, ya sea por parte de la empresa o por parte del cliente.

### 3.2.- El levantamiento eléctrico.

Esta actividad varía de una empresa a otra y de un proyecto a otro, y varía según la importancia que las empresas le den y según las particularidades que el proyecto presente. Definitivamente, la persona que se designe como responsable del levantamiento deberá ser el ingeniero jefe del proyecto en cuestión. El levantamiento por sí mismo es muy importante, pero no adquiere mayor importancia si el proyecto trata de la rehabilitación de alguna instalación eléctrica.

Como se había mencionado en el capítulo anterior, se debe designar un jefe de levantamientos (de preferencia ingeniero) con conocimientos amplios acerca de todo lo relacionado con la cuestión eléctrica. Es en esta actividad en donde pensamos que el ingeniero recién egresado tiene mayor oportunidad de desarrollarse.

A continuación enumeramos algunos de los aspectos que consideramos de importancia y que se pueden observar durante el desarrollo de esta actividad:

- 1) Se familiarizará con todo tipo de máquinas eléctricas

de las que en la escuela solo escuchamos mencionar.

- 2) También conocerá y en ocasiones manipulará equipos de control y distribución eléctrica tales como subestaciones, tableros de distribución, centros de control de motores, etc.
- 3) Ampliará sus conocimientos y manejo de los instrumentos de medición.
- 4) Aplicará sus conocimientos de dibujo.
- 5) Finalmente y quizá la parte más importante es el elemento humano, ya que será el responsable de la integridad física de sus subordinados teniendo en cuenta que la mayoría de las ocasiones se trabajará con equipos energizados.

Ahora bien, hasta este momento hemos hablado acerca del levantamiento eléctrico, pero, ¿que es un levantamiento eléctrico?. El levantamiento eléctrico consiste en recabar en campo toda la información que se considere útil para la realización del proyecto. Se pueden considerar dos tipos de levantamiento que serían:

**Proyecto nuevo.** - Se recabará la información relativa al inmueble considerando al menos cinco puntos que son:

- a) Vista planta conjunto con croquis de localización.
- b) Vista planta de todas las demás áreas.
- c) Vista elevación del (los) cuantos eléctricos.
- d) Observaciones del tipo de suelo e inclusive un estudio del mismo.
- e) Observaciones generales.

**Rehabilitación.**- Se recabará la información de la manera anterior, aunando los siguientes puntos:

- f) Localización de todas y cada una de las salidas de alumbrado; especificando tipo, capacidad y estado físico.
- g) Localización y especificación de todos y cada uno de los contactos normales (para equipos con clavija y de 180 watts o menos) y salidas especiales (para equipos de más de 180 watts con clavija).
- h) Localización y especificación de todas las máquinas eléctricas, así como sus dispositivos de protección y control.

i) Localización, especificación, vista planta y elevación del equipo de distribución a partir de la acometida.

El levantamiento eléctrico para un proyecto de rehabilitación encuentra siempre múltiples problemas, ya que se requiere realizar este en medio de la actividad fabril. El recabar esta información se puede tornar lento y en ocasiones incluso desesperante, por lo que la mayoría de las ocasiones se decide realizarlo de noche o en días en que la planta no opere. Un punto también de importancia lo es el tipo de empresa en cuestión, así, no será igual realizar un levantamiento en una planta procesadora de maíz que en un laboratorio farmacéutico como es el caso que nos ocupa.

Como colofón a este apartado, proponemos que todos los reportes se elaboren en formatos preestablecidos con copia y conteniendo la mayor información posible, comenzando por el nombre de la persona que lo elabora. La estructura y contenido de estos formatos dependerá de las personas encargadas de elaborarlos así como de los responsables del departamento de proyectos, además de tener en cuenta la política de la empresa. La elaboración de estos formatos formarán parte de la memoria de cálculo como se verá en el siguiente capítulo.

### 3.3.- Alcances.

Es en el momento de elaborar los alcances cuando se define por primera vez la estructura del proyecto. De común acue

do con el cliente se establecen todos los aspectos que se contemplarán en el proyecto, no se debe dejar al azar ningún aspecto, los alcances deberán ser claros y concisos. Estos son un compromiso de responsabilidad que asumirá la empresa una vez que se signe el contrato.

Normalmente en alguna entrevista previa, el promotor de ventas presenta al cliente unos alcances preliminares, es decir los servicios que de alguna manera se le pueden ofrecer. Si estos servicios son aceptados, estos alcances son establecidos como parte del contrato a firmar.

A continuación presentamos parte de los alcances de este proyecto:

**Nombre:** Proyecto de rehabilitación.

**Contenido:**

- 1) Levantamiento.
- 2) Listado de planos.
- 3) Programa de entrega.

**Levantamiento:** Se efectuará el levantamiento de todos los equipos, máquinas, controles, alimentadores y canalizaciones de toda la instalación eléctrica a partir del punto de acometida de energía eléctrica. Se entregará un informe y planos de la instalación actual, adjunto se elaborará un manual conteniendo todas las modificaciones que se requieren para rehabilitar las instalaciones y que estas cumplan con el reglamento actual de instalacio

nes eléctricas.

*Listado de planos: Se pone a consideración el siguiente listado de planos que se elaboran como proyecto nuevo para su autorización ante SECOFI.*

- 1) Subestación compacta de servicio interior de 800 KVA 220/127 V., 60 Hz.
- 2) Idem al anterior.
- 3) Planta eléctrica de emergencia de 150 KW., 3 F, 4 hilos, 220/127 V., 60 Hz.
- 4) Diagrama unifilar general y memoria de cálculo.
- 5) Diagrama unifilar de fuerza.
- 6) Idem al anterior.
- 7) Diagrama unifilar de alumbrado.
- 8) Cuadro de cargas de fuerza.
- 9) Idem al anterior.
- 10) Idem al anterior.
- 11) Cuadro de cargas de alumbrado.
- 12) Idem al anterior.
- 13) Planta conjunto, alimentadores principales y alumbrado exterior.
- 14) Sistema de la red de tierras.
- 15) Instalación eléctrica de alumbrado (producción planta baja).
- 16) Instalación eléctrica de alumbrado (producción planta alta).
- 17) Instalación eléctrica de fuerza y contactos (pro-



*ducción planta baja).*

*18) Instalación eléctrica de fuerza y contactos (producción planta baja).*

*19) Instalación eléctrica de alumbrado, fuerza y contactos (planta azotea).*

*1a) Notas adicionales y simbología.*

*2a) Idem al anterior.*

*3a) Idem al anterior.*

*Por lo general el número real de planos supera el número estimado, ya sea porque el cliente desea observar más a detalle algún aspecto o simplemente porque el volumen de trabajo se amplía.*

*Programa de entrega: Todo proyecto eléctrico o instalación obedece a necesidades concretas, las que deben solucionarse en un tiempo también concreto. La empresa debe ofrecer un tiempo de entrega máximo, una relación del personal involucrado en el proyecto y de las actividades inherentes al mismo. Lo anterior conduce a presentar diferentes opciones, diferentes tiempos y lo que es más importante; diferentes costos, por lo que deben examinarse cuidadosamente estas opciones o alternativas, se puede elaborar un programa de ruta crítica o similar.*

### *3.4.- La ingeniería básica.*

*A la ingeniería básica se le conoce de muchas maneras aun-*

que finalmente el concepto es el mismo. De hecho la ingeniería básica es para nosotros la distribución de planta más las características del equipo eléctrico. Corresponde al ingeniero industrial o de procesos (incluso al diseñador industrial) su elaboración, para el ingeniero de proyectos esta ingeniería es como su nombre lo indica; básica, aunque su elaboración incluye aspectos como los que se mencionan a continuación:

**Accesos:** Se deben diseñar las puertas, rampas, pasillos, elevadores, escaleras, etc., para introducir retinar o dar mantenimiento a los equipos eléctricos.

**Soportes:** Es necesario que la estructura del edificio se encuentre diseñada habiendo tomado en cuenta todas las cargas que suponen los equipos, además de que estos deben de contar con una correcta fijación ya sea a pared, techo o piso.

**Secuencia:** En el diseño de una línea de producción se debe seguir una secuencia lógica que va desde la recepción de materia prima hasta la entrega del producto terminado de igual manera, en el proceso de consumo de energía eléctrica (por así decirlo) también se requiere de una secuencia que va de la acometida hasta la última toma de corriente.

Una vez que se ha elaborado esta información se debe respetar, o al menos tratar de que los cambios se efectúen de acuerdo con la persona indicada. Así por ejemplo vemos que no respetar esta ingeniería nos lleva a tener problemas tales como el no encontrar accesos para nuestros equipos, no tener espacios adecuados para instalar estos, que no podamos darles el mantenimiento adecuado, que el edificio no soporte la carga (ya sea estática o dinámica) etc.

### 3.5.- El sistema de alumbrado.

El proyecto de alumbrado resuelve numerosas necesidades que van de lo simple a lo complejo, desde un alumbrado de señalización hasta la iluminación de una actividad con alto grado de dificultad visual, pasando por la iluminación arquitectónica o decorativa. La mayoría de las ocasiones no se le da la importancia debida, supeditando este sistema a limitantes económicas.

Aunado al nivel de iluminación se debe tener en cuenta la calidad de la iluminación, para lo que se debe considerar factores tales como el deslumbramiento, las relaciones de brillo y el color.

Existen muchas maneras de clasificar los diferentes tipos de alumbrado que existen, para el caso que nos ocupa, proponemos de manera general la siguiente:

#### 1.- Alumbrado general.

2.- Aluminado general Localizado.

3.- Aluminado suplementario.

Para ilustrar lo anterior, presentamos las figuras que se pueden observar en las siguientes tres páginas.

Se pueden clasificar las luminarias que se utilizan en dichos sistemas de acuerdo a la forma de emisión de luz de la siguiente manera:

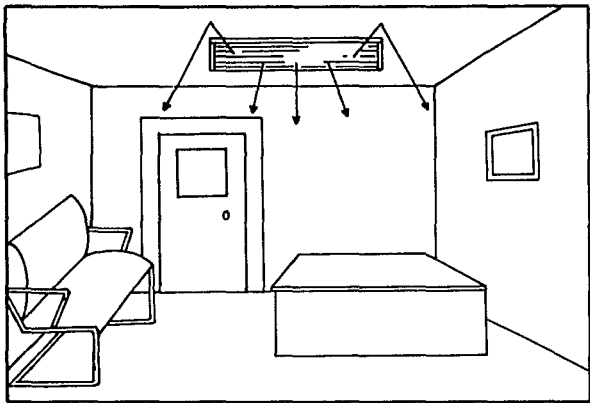
a) Indirecta. El 90% de la intensidad de la emisión se dirige hacia el techo.

b) Semi-indirecta. Del 60 al 90% de la intensidad de la emisión se dirige hacia el techo en ángulos por encima de la horizontal.

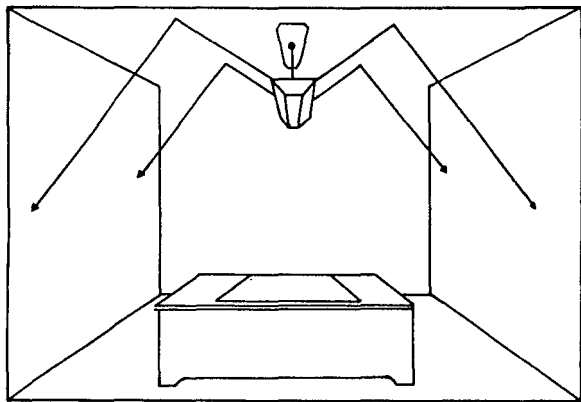
c) General difusa o directa-indirecta. Del 40 al 60% de la emisión se dirige hacia abajo en ángulos por debajo de la horizontal.

d) Semi-indirecta. Del 60 al 90% de la emisión de la luz se dirige hacia abajo.

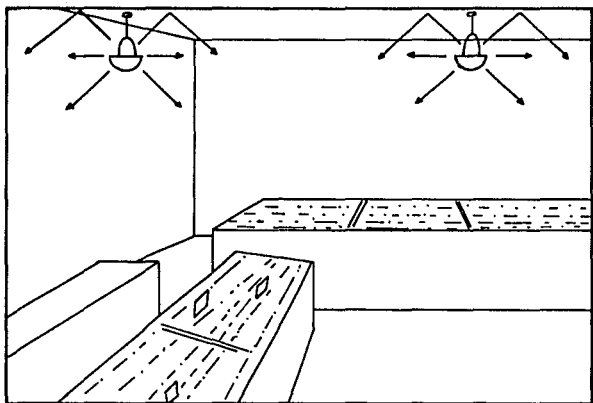
e) Directa. Entre el 90 y el 100% de la luz se dirige hacia abajo.



*ILUMINACION SEMI-INDIRECTA.*



*ILUMINACION INDIRECTA.*



*ILUMINACION GENERAL DIFUSA.*

Hasta aquí hemos hablado de niveles de iluminación y de la calidad de las emisiones luminosas, pero, ¿que es un nivel luminoso?. De manera general podemos definir el nivel luminoso como el nivel de energía luminosa que incide sobre una determinada área de trabajo plano. Para definir el nivel luminoso necesario en cada actividad se han realizado numerosas investigaciones, aunque las más fructíferas se realizan a partir de 1958. En México también se realizaron estudios al respecto, en el capítulo último se reproducen algunos de los niveles de iluminación que recomienda la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación.

*El proyecto de alumbrado.*— Hemos avanzado en este capítulo, pero todo ha sido hasta el momento conceptos básicos y consideraciones. El proyecto de alumbrado como tal principia al momento de seleccionar las luminarias a instalar en base a aspectos técnicos y económicos, una predeterminación de los niveles de iluminación para así determinar la cantidad y localización adecuada de las luminarias elegidas.

*El método de lúmenes.*— Existen diferentes métodos para realizar las selecciones antes mencionadas, aquí presentaremos los principios del método de lúmen. Conociendo como dato del fabricante la emisión luminosa de nuestras luminarias, determinando nosotros el nivel luminoso necesario de acuerdo a tablas y acotando el área a iluminar, podemos pasar a calcular el número de luminarias de acuerdo con la siguiente fórmula:



$$\text{Nivel en lux} = \frac{\text{(lámparas por luminaria)} \text{(lúmenes)} \text{(Luminarias)} \text{(coef. de utilización)} \text{(factor de conservación)}}{\text{(área por iluminar)}}$$

Para utilizar correctamente esta fórmula, se debe determinar el coeficiente luminoso de común acuerdo con el cliente de las tablas mencionadas en líneas anteriores y que se reproducen en el último capítulo. En esta fórmula aparece un término no mencionado hasta el momento; el coeficiente de utilización. Este coeficiente es la relación entre los lúmenes que alcanzan el plano de trabajo y los lúmenes totales generados por la lámpara, esta condición se ve afectada por las reflexiones de techos y paredes y por las dimensiones del local o propiamente dicho por las relaciones de cavidad, que pueden calcularse como sigue:

$$RLC = \frac{(5H) \text{(Longitud + anchura)}}{\text{(Longitud)} \text{(anchura)}}$$

donde...

RLC : Relación de cavidad  
H : Altura de cavidad

Una vez determinadas las reflectancias y las relaciones de cavidad, se determina el coeficiente de utilización mediante las tablas correspondientes (ver capítulo quinto).

**Determinación del factor de conservación.**— Este factor va ligado directamente con el mantenimiento que se proporcione a las luminarias incluyendo la limpieza, cambio de lámparas y balastras, etc.

Una vez determinados estos aspectos, procedemos a realizar lo propio con el número de luminarias mediante las siguientes fórmulas:

$$\text{Número de lámparas} = \frac{\text{(nivel luminoso (en lux))}}{\text{(área)}} \frac{\text{(lúmenes por área)}}{\text{(coef. de utilización)}} \frac{\text{(factor de mantenimiento)}}$$

$$\text{Número de luminarias} = \frac{\text{(Número de lámparas)}}{\text{(lámparas por luminaria)}}$$

**Diseño del tablero de alumbrado.**— Una vez definida la cuestión de los niveles luminosos y la selección de luminarias, se procede a seleccionar los alimentadores e interruptores derivados y principales para los circuitos de las luminarias.

rias. El conjunto de alimentadores e interruptores será para nosotros el tablero de alumbrado.

*Cálculo del conductor del circuito derivado.* - Por principio se procede a calcular la corriente por medio de las siguientes fórmulas:

$$\text{Monofásico...} \quad I = \frac{P}{(E)(F.P.)}$$

$$\text{Trifásico...} \quad I = \frac{P}{(1.73)(E)(F.P.)}$$

donde...

E : Voltaje

F.P. : Factor de potencia

Posteriormente se procede a determinar los factores de temperatura y agrupamiento de acuerdo con los artículos 302.4, 311.10 y la tabla 302.4 del NTIE. Estos factores traenán como consecuencia que nuestros conductores degraden su capacidad de conducción como se observa en el siguiente procedimiento:

$$I_{nc} = (A.T.) (F.T.) (F.A.)$$

donde...

*A.T.* : *Amperes en tabla 302.4*

*F.T.* : *Factor de temperatura*

*F.A.* : *Factor agrupamiento*

*Inc* : *Coeficiente real de conducción*

*También se debe seleccionar el alimentador por sección del conductor, para lo que se aplica la siguiente fórmula:*

$$S = \frac{4 I L}{(E_n) (e\%)}$$

donde...

*S* : *Sección del conductor*

*I* : *Corriente nominal*

*L* : *Longitud desde la luminaria hasta el tablero de alumbrado*

*E<sub>n</sub>* : *Voltaje al neutro*

*e%* : *Caida de potencial a considerar (máx. 5%)*

*Lo que nos dará la sección correspondiente a cierto calibre de conductor. Finalmente el conductor adecuado será el de calibre mayor resultante de estas dos selecciones.*

*Selección del interruptor del circuito derivado.- Con la corriente calculada en el punto anterior, la capacidad del interruptor se calcula de la siguiente manera:*

$$C.I. = (1.25) (I)$$

*donde...*

*C.I. : Capacidad del interruptor*

*I : Corriente calculada en el punto anterior*

*Cálculo del alimentador principal al tablero de alumbrado. Para este cálculo se requieren datos como son; la corriente nominal, la potencia total, el voltaje de alimentación, longitud y temperatura ambiente. Posteriormente se selecciona el tipo de aislamiento y canalización, de donde obtendremos los factores de agrupamiento y temperatura con la corriente como dato y entrando al artículo 203.2 del NTIE. Con los datos obtenidos hasta el momento, se calculan el calibre y el número de conductores necesarios para nuestro tablero. Paralelamente a este cálculo, con la corriente y los factores decrementales se aplica la siguiente fórmula:*

$$\text{Amp.} = \frac{I_{nd}}{(F.A) (F.T.)}$$

donde...

*Ind* : Corriente nominal de diseño

*F.A.* : Factor agrupamiento

*F.T.* : Factor temperatura

Con esta corriente y la tabla 302.4 del NTIE se calcula el calibre y el número de conductores, finalmente por sección y caída de tensión con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{(2) (L) (I)}{(E\%) (e\%)}$$

donde... *S* : Sección del conductor

*L* : Longitud del circuito

*I* : Corriente calculada

Con la sección del cable como dato entramos a la tabla 1.4 del MTC (manual técnico de cables, editado por Condomex) para seleccionar el calibre y el número de alimentadores por fase a utilizarse en nuestra instalación.

Ejemplo: Si por una parte se habla determinado no modificar el sistema de iluminación, ya era necesario realizar mantenimiento conectivo, por lo que se decidió verificar el cálculo adecuado para cada una de las secciones

de alumbrado, a continuación presentamos el cálculo de uno de los tableros de alumbrado.

Por principio procedemos a identificarlo, siendo este el tablero A-1 del área de pasillos y se encontraba alimentado desde el tablero de distribución TD-1. Se consideró una reserva trifásica de 1 200 watts (3.7 amperes por fase) y una carga instalada de 8 357 watts (24.85 amperes por fase), lo anterior nos lleva a la suma de 9 557 watts totales a considerar para el diseño del alimentador del tablero. Como datos se tenía también que el voltaje de alimentación era de 220 volts, la longitud del tablero TD-1 al tablero A-1 es de 20 metros y la temperatura de diseño se consideró como 28°C.

Se determinó seleccionar un conductor del tipo monopolan con aislamiento THW (a prueba de temperatura y humedad altas), con una temperatura máxima en el conductor de 75°C. Posteriormente se seleccionó la canalización la que correspondió ser al tipo conduit metálico.

De acuerdo con el artículo 302.4 del NTE-81 se encontró que el factor temperatura correspondía a la unidad, y por la cantidad de conductores preseleccionados el factor de agrupamiento fue de 0.7. Con los datos obtenidos se determinó que la  $I_{nd}$  era de 28.55 amperes. Con este dato y acudiendo a la tabla 302.4 se tiene que se requiere de un conductor por fase del calibre 10 AWG. A este dato se le aplicó posteriormente los factores decrementales (F.A. y F.T.), con lo que se obtiene una co--

riente nominal como se observa en el siguiente cálculo:

$$A = \frac{28.55}{(0.7) (1)}$$

$$A = 40.79 \text{ Amps.}$$

Con este dato entramos a la tabla 302.4 y obtenemos que se requiere un conductor por fase del calibre 8 AWG.

Por otro lado considerando la caída de tensión se tiene que para el caso trifásico contamos con la ecuación:

$$S = \frac{(2) (1.73) (L) (I)}{(E) (\%)}$$

sustituyendo

$$S = \frac{(2) (1.73) (20) (28.55)}{(220) (2)}$$
$$= 4.49 \text{ mm}^2$$

Con el dato anterior entrando a la tabla 1.4 del NTC tenemos que se requiere de un conductor por fase del calibre 10



AWG. Comparando los dos calibres seleccionados encontramos que el mayor de los dos es el 8 AWG, por lo que es el que finalmente consideramos.

Posteriormente determinamos la corriente real de conducción (Inc), mediante la siguiente fórmula:

$$Inc = (I_{cond.}) (F.T.) (F.A.)$$

sustituyendo

$$Inc = (45) (1) (0.7)$$

$$= 31.5 \text{ Amps.}$$

Por lo que respecta a la capacidad del interruptor, con los datos obtenidos y de acuerdo con el artículo 205.4 del NIE se tiene que;  $CIP = 40$  Amps. Verificando tenemos que el cociente de CIP entre Inc debe ser menor o igual a 1.25 como se habla determinado en la sección correspondiente, sustituyendo tenemos:

$$1.2 = \frac{40}{31.5}$$

Con lo que se cumple nuestra condición y confirmamos nuestro interruptor como del ajuste adecuado.

La caída real de tensión en el conductor se calcula de la siguiente manera:

$$e\% = \frac{(2) (1.73) (L) (I_n)}{(E_f) (S)}$$

sustituyendo

$$e\% = \frac{(2) (1.73) (20) (28.55)}{(220) (8.37)}$$

$$= 1.07 \text{ Volta}$$

Con lo que seguimos obteniendo datos dentro de normas, para el calibre de puesta a tierra de nuestro tablero, tomamos como dato el ajuste de nuestro interruptor y entramos a la tabla 206.58 obteniendo que se requiere un conductor de cobre desnudo de calibre 10 AWG. Para determinar el diámetro del tubo conduit, determinamos primero la sección total de nuestros conductores y lo dividimos entre el complemento a uno del factor de relleno, como se observa a continuación:

$$A_{total} = \frac{(4) (36.6) + (16.8)}{0.40}$$

$$= 408 \text{ mm}^2$$

Lo que corresponde a un tubo conduit de 25 mm de diámetro o equivalente en diámetro interior.

Lo que nos resta es considerar los interruptores derivados que fueron en este caso 12 de 15 amperes y 4 también de 15 amperes como reserva, dejando además 4 espacios ya que el tablero contaba con 20.

Como comentarios a este ejemplo podemos mencionar algunos aspectos interesantes como lo son por ejemplo el hecho de tener que diseñar el sistema de alumbrado a veces en contra de los mismos deseos del cliente, esto significa que el cliente en ocasiones tiene ideas muy concretas de lo que debe ser su sistema de alumbrado, aunque la mayoría de las veces esta concepción es equivocada. Lo anterior provoca que una vez terminado nuestro diseño o instalación se tengan que realizar modificaciones.

*Ejemplo:* Se tenía una zona cerrada dedicada a la tarea de empaque, sus dimensiones son de 15 por 10 metros con una altura de 2.5 metros. Se consideró una reflectancia del 90% para el techo y del 80% para las paredes (el local se encontraba pintada de color blanco sin mácula). Las luminarias se colocaban a ras del plafón (con lo que no se consideró cavidad para el techo). Se tomó como

altura del plano de trabajo la altura real que corresponde a 80 cm. del suelo, aplicando las fórmulas indicadas en la sección correspondiente, encontramos que la cavidad del local era de 1.7 metros.

Acudiendo a las tablas de niveles luminosos encontramos que se recomiendan 500 luxes para el empaque a mano, con estos datos sustituimos en la fórmula de relación de cavidad y encontramos que esta es de 1.4.

Con lo hasta aquí obtenido, determinamos la reflectancia efectiva del 80%, entrando a las tablas de coeficientes de utilización con una relación de cavidad de 2 y 80% de reflectancia real de techo y 50% de pared, le corresponde un coeficiente de utilización de 0.5 (este dato se puede obtener de las tablas que se reproducen en el capítulo quinto o de preferencia obteniendo como dato del fabricante al adquirir nuestras luminarias y lámparas).

Para determinar el factor de mantenimiento se tomó como 0.95 el rendimiento de la balastra (se consideraron balastras de alto rendimiento), a 1.0 el factor de tensión, variaciones de reflectancia de 0.95, degradación de la emisión luminosa (dato del fabricante) de 0.85 y un factor de suciedad de 0.85. Todos los factores anteriores nos llevan al sustituir en la fórmula correspondiente al valor de 0,722 como factor de mantenimiento.

Finalmente se tiene que la emisión de la lámpara seleccionada es de 6 300 lúmenes (dato también del fabri-

cante).

Sustituyendo estos datos en la ecuación del número de lám para se obtiene un valor de 32.8 (33), pero como las luminarias se seleccionaron con dos lámparas cada una, se determinan 34 lo que nos lleva a un número de 17 luminarias, optando por 18 luminarias (número par).

Para la cuestión de la ubicación, se dispuso colocar tres hileras con seis luminarias cada una, con una separación de dos metros con respecto a la horizontal entre sí y un metro respecto a la pared, transversalmente la separación es de un metro con ochenta centímetros entre sí y noventa centímetros a la pared.

El proyecto de iluminación se realizó del todo a pesar de que desde un inicio el cliente había determinado que este no se modificaría debido al presupuesto con que se contaba.

### 3.6.- El sistema de salidas especiales y contactos.

El sistema de tomas de energía para equipos con clavija se conoce también como el sistema de contactos. Esto se puede considerar en dos bloques; uno para equipos de 180 watts o me nos y otro para equipos mayores de 180 watts (salidas especia les).

Uno de los principales problemas que presenta en campo es te sistema es la conexión de equipos en contactos de menor ca pacidad que la del equipo, provocando que se accione el equi-

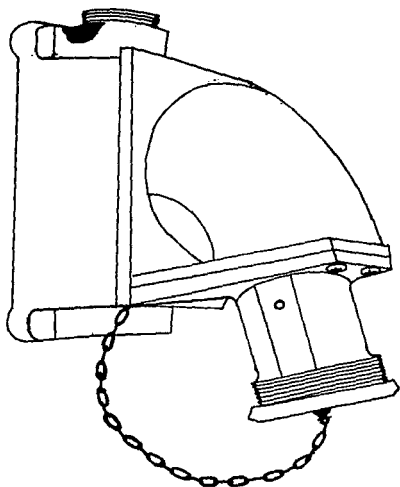
po de protección del contacto en cuestión. Corresponde al proyectista diseñar una instalación en donde la conexión sea unívoca (la conexión de los equipos en cuestión), por ejemplo, seleccionando contactos especiales que solo son utilizables por su correspondiente clavija especial. También se pueden utilizar códigos de colores o anuncios con las características de las tomas de corriente.

Siempre que se diseñe un sistema del tipo que este sea, se debe pensar en los usuarios, en la mayoría de los casos las personas que los utilizan están poco o nada familiarizadas con estas particularidades, por lo que debemos ofrecer seguridad y eliminar al 100% los riesgos.

Como parte del proyecto se debe presentar una relación detallada de todas las salidas especiales, y un plano indicando su ubicación. A continuación presentamos un ejemplo que en este proyecto se consideró como salida especial:

<u>EQUIPO</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>POTENCIA</u>	<u>VOLTAGE</u>	<u>CORRIENTE</u>
1	Fuente de líquidos	280 W	127 V	5 Amps.
2	Selladora de bolsas	500 W	127 V	10 Amps.
3	Aspiradora	200 W	127 V	3 Amps.
4	Aire acond.	700 W	220 V	12 Amps.

A continuación mostramos la figura correspondiente a una toma de corriente del tipo antes mencionado.



*En esta figura se observa una toma de corriente para lo que se conoce como una salida especial, como se ve, la clavija del equipo que se conecte en ella deberá ser de alguna manera también especial.*

### 3.7.- El sistema de fuerza.

Este sistema es considerado el de mayor importancia entre todos los demás, quizá aun más que el de la subestación. Es por ello que el proyectista dedica más atención a este que al resto del proyecto.

Su importancia es a la par con su complejidad, son múltiples los aspectos que intervienen en su elaboración, tanto es así que generalmente se separa el proyecto de fuerza del proyecto global.

Se mencionaba en el apartado de ingeniería básica que allí se determinaban las características de los motores, así como su ubicación, sin estos datos es imposible iniciar el proyecto de fuerza.

Consideramos sistema de fuerza al conjunto de equipos de motor de cierta capacidad, equipos con bancos de resistencias o magnéticos de regular potencia y que por su costo, operación o capacidad requieran protección especial de sobrecarga o cortocircuito. En esta parte del proyecto se incluyen los tableros y sus protecciones.

Un hecho interesante y que consideramos se debe remarcar, es la recomendación del no uso de lo que se conoce como tableros mixtos, sugerimos utilizar tableros de contactos alumbrado y fuerza por separado. En algunas ocasiones es necesario desconectar un tablero de fuerza o contactos y resulta conveniente tener energizado alguno de alumbrado.



### 3.7.1.- Cálculo del alimentador a motor.

Para el cálculo del alimentador a motor, se necesita primero determinar la corriente nominal para lo que nos encontramos con tres casos a saber:

1) Si la potencia está dada en H.P., la corriente nominal se toma de la tabla 403.95 del NTIE.

2) Si la potencia está dada en Kw, la corriente se determina por la siguiente fórmula:

$$\text{Monofásico... } I_n = \frac{(1\ 000) (Kw)}{(E_n) (F.P.) (N)}$$

$$\text{Trifásico... } I_n = \frac{(1\ 000) (Kw)}{(1.73)(E_f)(F.P.)(N)}$$

donde...  
Kw : Potencia en kilowatts  
E<sub>n</sub> : Voltaje de fase a neutro  
F.P. : Factor de potencia  
N : Eficiencia  
E<sub>f</sub> : Voltaje entre fases

3) Que sea dato de placa.

Selección del conductor. - Esta selección se realiza de acuerdo con las diferentes condiciones de trabajo. Se selección

nan el número de polos, el tipo de aislamiento y la temperatura de trabajo u operación.

Selección de la canalización. - La selección de la canalización depende también de las características del local en que se realizará la instalación, las opciones pueden ser; al aire, conduit galvanizado o PVC, chanola o ductos.

Con los datos de esta selección y de acuerdo con los artículos 302.4, 311.9, y 311.10 del NITE determinamos en la tabla 302.4b el factor temperatura y de la tabla 302.4a el factor de agrupamiento. Si consideramos la corriente obtenida ( $I_n$ ) y de acuerdo con el artículo 403.14 se tiene que:

$$I_{cond.} = (I_n) (1.25)$$

Con este valor y la tabla 302.4 se determina el número de conductores por fase, así como su calibre de acuerdo con la capacidad de conducción de corriente ( $I_t$ ).

Si consideramos por otra parte solo la caída de tensión, se tiene de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$D_{vu} = \frac{(10) (E_n) (e\%)}{(L) (I_n / Ncf)} \quad (mV/Amp.m)$$

o bien

$$D_{vu} = \frac{(10) (E_f) (e\%)}{(L) (Ln/Ncf)} \quad (\text{mV/Amp.m})$$

donde...

$D_{vu}$  : Caída de tensión unitaria

$L$  : Longitud del circuito

$Ncf$  : Número de conductores por fase

Obteniendo este dato entramos a la tabla 302.4 en donde observamos el calibre y la corriente que conduce el conductor a seleccionar.

Capacidad real del conductor.- Aplicando los factores F.A. y F.T. al calibre mayor de los obtenidos por corriente y tensión, se tiene:

$$I_{rc} = (It) (F.T.) (F.A.)$$

Teniendo que cumplir este valor con que  $I_{rc}$  sea mayor o igual que  $I_{cond}$ . Si  $I_{cond}$  resultara mayor, se seleccionará el calibre inmediato superior y se determina una nueva  $I_{rc}$  que si cumpla con la condición mencionada.

### 3.7.2.- Capacidad del interruptor derivado.

La capacidad o ajuste del dispositivo de protección se obtiene de acuerdo con el artículo 403.35 teniendo que cumplir con la siguiente condición:

$Cid/In \dots$  menor o igual a ... 4, 2.25, 13

Finalmente se obtienen otros parámetros como son el calibre del conductor de puesta a tierra (de acuerdo con el artículo 206.58), calda real de tensión en el conductor seleccionado de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$e\% = \frac{(Dvu) (L) (In/Nfc)}{(10) (E)}$$

También se calcula el diámetro de la tubería de acuerdo con la tabla 1.3 del NTIE o de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Area } T_c = \frac{\text{Áreas (mm) de los conductores}}{\text{Factor de relleno}}$$

En esta fórmula estamos presentando lo que se conoce como el factor de relleno, este se selecciona del artículo 304.14 del NTIE.

### 3.7.3.- Selección del tablero de fuerza o centro de control de motores.

Los tableros de fuerza convencionales han sido sustituidos por CCMs. La diferencia es que el CCM (centro de control de motores) proporciona en un solo gabinete; protección contra cortocircuito, protección contra sobrecarga, señalización y control. Las bases de diseño para los alimentadores e interruptores son las mismas en ambos casos. A diferencia del motor, en este caso se requiere calcular una corriente de diseño, los demás cálculos son similares a los verificados para el caso de los motores.

Cálculo de corrientes. - Al igual que en los demás apartados, en este nos regimos por las normas del NTIE, concretamente, los artículos 203.2 y 403.16 cuando sean aplicables. Primero se determinan las corrientes del motor mayor, la suma de todos los motores excepto el mayor y la suma de las cargas que no sean motores, entonces tendríamos:

$I_{pc 1}$  :  $I_{pc}$  del motor mayor

$I_{pc 2}$  : Suma de los otros motores

$I_{pc 3}$  : Demás cargas

La corriente de diseño se determinará por la siguiente fórmula:

$$Ind = (1.25)(Ipc 1) + (F.D.)(Ipc 2) + (Ipc 3)$$

donde...

*Ind* ; Corriente nominal de diseño

Posteriormente se calculan *F.D.* y *F.T.* de acuerdo al punto 3.7.1, después, con el valor de *Ind* y el artículo 302.4 determinamos el calibre y número de conductores por fase que requiere como alimentadores nuestro tablero. Posteriormente comprobamos por corriente y por carga de tensión nuestra elección de conductor de la misma manera a como se realizó en el punto 3.7.1, para determinar la capacidad real del conductor con la fórmula:

$$Inc = (It) (F.T.) (F.A.)$$

donde...

*It* : Corriente de conducción (de tablas)

*Inc* : Corriente (capacidad) real del conductor

En caso de no ser así, se seleccionará el conductor de ca libras inmediato superior.

Capacidad del interruptor principal.- De acuerdo con los artículos 205.4 y 403.4b del NTIE, se tiene que si la corrien

te real del conductor es menor a 800 amperes, entonces la capacidad del interruptor principal puede ser mayor a Inc si se cumple que el cociente de CIP (capacidad del interruptor principal) entre Inc sea menor o igual que 1.25. En el caso de que Inc sea mayor a 800 amperes, entonces se debe cumplir que Inc sea mayor o igual a CIP y que este a su vez sea mayor que Ind. Con los datos hasta el momento obtenidos podemos acudir a cualquier catálogo de interruptores como pueden ser; FPE, SOD, SIEMENS, etc, y seleccionar el interruptor adecuado.

*Ejemplo:* A continuación presentamos a manera de ejemplo el cálculo del alimentador al tablero TN-1 (recondemos que se trata del tablero de distribución que alimentaba el tablero de alumbrado del ejemplo anterior).

Iniciamos identificando al tablero como TN-1, ubicado en la planta baja y que se encuentra alimentado por el tablero TPN. Como datos tenemos que su carga total conectada es de 51.076 Kw, con un amperaje de 162.03 amperes, un voltaje de alimentación de 220 volts, factor de demanda del 100%, longitud de 66 metros, temperatura de diseño de 28°C, y una caída máxima permisible de tensión del 3%.

El cálculo lo iniciamos con la Ipc (corriente a plena carga), que se tomó como dato de placa teniendo:

$$I_{pc} = 10 \text{ amperes}$$

$$I_{pc} 2 = 14.2 \text{ amperes}$$

$$I_{pc} 3 = 137.83 \text{ amperes}$$

Posteriormente con los datos obtenidos y sustituyendo en la ecuación de la Ind (corriente nominal de diseño), se tiene lo siguiente:

$$\begin{aligned} Ind &= (1.25)(I_{pc1}) + (I_{pc2})(F.D.) + (I_{pc3}) \\ &= 164.53 \text{ amperes} \end{aligned}$$

El tipo de conductor que se seleccionó fue del tipo monopolar con aislamiento THWN de 75°C, la canalización fue charola en un tramo y conduit galvanizado en el resto.

De acuerdo con el artículo 302.4 se determinó que los factores de temperatura y agrupamiento fueren 1 y 0.7 respectivamente. Posteriormente se procedió a calcular el calibre del conductor por corriente, con los datos obtenidos y el artículo 203.2 se tiene que:

$$Ind = 164.53 \text{ amperes}$$

Con este valor entramos a la tabla 302.4 del NIE, determinando que se requiere un conductor por fase del calibre 2 AWG. Por carga de tensión tenemos al sustituir



en la ecuación indicada:

$$D_{vu} = \frac{(10)(220)(.3)}{(66)(164.53)}$$
$$= 0.6 \text{ mV/Amps-metro}$$

Con este dato entramos a las tablas y se tiene que se requiere de un conductor del calibre 2/0 AWG por fase. De los valores obtenidos, se selecciona el mayor (mayor calibre), y con sus valores respectivos se sustituye en la ecuación de corriente real de conducción (Inc), con lo que se tiene:

$$Inc = (310)(1.0)(0.7)$$
$$= 217 \text{ amperes}$$

Para comprobar que nuestros cálculos están dentro de normas, sabemos que nuestra Inc debe ser mayor o igual a Ind, esto por inspección podemos comprobar que se cumple (tenemos 217 contra 163.42 respectivamente). La caída real de tensión en el conductor seleccionado se calcula al sustituir los datos obtenidos en la fórmula indicada como se muestra a continuación:

$$\%e_a = \frac{(0.48) (66) (163.42)}{(10) (220)}$$

$$= 2.35 \text{ volts}$$

Para la capacidad del interruptor principal (CIP), se tiene con lo obtenido y de acuerdo a los artículos 205.4 y 403.44b que CIP puede ser mayor que Inc si se cumple con la desigualdad de que el cociente de CIP entre Inc sea menor o igual a 1.25, y esto por inspección se cumple si damos a CIP un ajuste de 200 amperes. En este caso se seleccionó un interruptor con un ajuste de 225 amperes del tipo termomagnético, y después del cálculo de cortocircuito se le determinó un marco de 22 000 amperes (NFPA).

El conductor de puesta a tierra se seleccionó de acuerdo al ajuste del interruptor, y este resultó ser un cable de cobre desnudo del calibre 6 AWG.

Finalmente se seleccionó el diámetro del tubo conduit a instalarse, con la suma de los diámetros de los conductores a canalizarse tomados de la tabla 1.3 del NTIE y el factor de relleno correspondiente a cuatro conductores se tiene:

$$\text{Diámetro} = \frac{(1) (176.7) (4) + (34.2)}{0.40}$$

$$\text{Diámetro} = 1\ 852.5\ \text{mm}^2$$

Esta área corresponde a un tubo conduit de 51 mm de diámetro (2 pulgadas) que es el que finalmente se seleccionó.

En los ejemplos presentados hasta el momento, el lector podrá apreciar algunas omisiones o abreviaturas en cuyo caso será necesario que se remita al apartado correspondiente para mayor información. El cálculo de cortocircuito se presenta de forma casi íntegra a como se maneja durante el proyecto dada la importancia que se consideró tiene dicho cálculo.

### 3.8.- El sistema de alimentadores principales.

Conforme el proyecto avanza, el ingeniero de diseño va delineando este sistema. Los alimentadores principales se consideran generalmente desde la acometida hasta los circuitos derivados de los tableros de distribución, es decir, los alimentadores de:

- a) Subestación receptora (en su caso).
- b) Subestación transformadora.
- c) Tableros de distribución.

d) Tableros principales de fuerza y alumbrado.

e) Transformadores de potencia.

El sistema de alimentadores principales la mayoría de las ocasiones se incluye en el diagrama unifilar, subestación tableros, etc, aunque se puede elaborar como sección independiente.

### 3.9.- El sistema de tierras.

Como protección para el usuario y para la instalación misma, se debe diseñar un sistema o red de tierras. Este sistema se proyecta con el fin de proporcionar un camino a las corrientes de cortocircuito que puedan presentarse en cualquier punto eléctrico en la instalación a proteger, es decir, proporcionar un medio de disipación para la gran cantidad de energía que se presenta durante un cortocircuito.

Existen diferentes tipos de fallas, aunque de manera general podemos manejar la siguiente clasificación:

1) Fase a tierra.

2) Fase a fase.

3) Trifásica (que es la más severa).

Además de las fallas que se puedan presentar en el siste

ma de alimentación, en ocasiones se producen descargas atmosféricas sobre las líneas de distribución o sobre las estructuras, por lo que es interesante incluir los pararrayos y apantarrayos en este apartado.

El proyecto del sistema de tierras tiene como objetivo principal (técnicamente hablando), el determinar el calibre del conductor (cable desnudo en este caso) y el número de varillas para formar la malla o red de tierras.

La secuencia del proyecto de tierras se muestra en pequeños apartados que se desarrollan en las líneas que siguen a continuación.

**Resistividad del terreno.**- En este caso se procedió a realizar un estudio geoelectrico a una profundidad de 60 centímetros como se indica en las normas. El resultado de este estudio fueron de 6 ohms en cada metro.

**Cálculo de máxima corriente de falla a tierra.**- Para este punto se tomó en cuenta la potencia de cortocircuito, en este caso el dato es la energía máxima que puede aportar el sistema de distribución de la compañía suministradora en caso de cortocircuito.

La compañía suministradora realiza estudios y dependiendo de la zona elabora una relación con esta información y la distribuye entre los interesados. La potencia de cortocircuito en la zona en cuestión es de 700 000 Kva y la corriente la calculamos de la siguiente manera:

$$I_{cc \max} = \frac{700\,000 \text{ Kva}}{(1.7372) (23 \text{ Kv})}$$

$$= 17\,571.53 \text{ amperes}$$

El tiempo máximo de duración de la falla es de 15 ciclos (dato también de la compañía suministradora) que a una frecuencia de 60 Hz nos da un tiempo de 0.25 segundos.

**Diseño preliminar del sistema.** - Para determinar algunos parámetros se propuso el diseño preliminar que se puede apreciar en la siguiente página. Los cálculos inherentes a tal diseño se podrán apreciar más adelante.

**Cálculo de la sección mínima del conductor.** - De la fórmula de Ondendok de la norma I-EEE de 1976 se tiene que:

$$A = \frac{I}{(\log(((T_m - T_a)/(234 + T_a)) + 1))^{1/2}}$$

donde...

A : Sección del conductor en Circular Mills

I : Corriente conegida de falla a tierra

T<sub>m</sub> : Temperatura máxima permisible en los conectores

T<sub>a</sub> : Temperatura ambiente

*S : Tiempo máximo de duración de la falla*

*sustituyendo*

$$A = \frac{19\ 328.68}{(\log((250-30)/(234+30))+1)}^{1/2}$$

*El resultado de esta sustitución corresponde el propuesto en el anteproyecto que en este caso fue de 2/0 AWG, la temperatura de los conectores es la temperatura máxima que soportan los mecanismos de unión y estos pueden ser inclusive del tipo soldable, este dato corre a cuenta del fabricante de los mismos.*

$$A = 108\ 206.17\ CM$$

*Cálculo de la longitud mínima del cable enterrado.- Para este cálculo se tiene la fórmula de la página 20 de la norma I-EEE-80 de 1 976.*

$$L = \frac{(K_m) (K_L) (R) (I) (t)}{116 + 0.17(R_A)}^{1/2}$$

*donde...*

*L : Longitud mínima del cable enterrado*

$K_m$  : Coeficiente que toma en cuenta al número  $n$ , el espaciamiento ( $D$ ), el diámetro ( $d$ ) y profundidad ( $h$ ) de la red

$K_i$  : Factor de conexión por irregularidad de la malla para tomar en cuenta el flujo de la corriente no uniforme de diferentes partes de la red

$R$  : Resistividad del terreno

$I$  : Corriente máxima de falla a tierra

$t$  : Tiempo máximo de duración de la falla

$R_a$  : Resistividad del terreno inmediato bajo los pies en ohms/metro (6 000 en este caso)

En la fórmula anterior aparecen varios parámetros desconocidos hasta este punto, por lo que procederemos a calcularlos antes de seguir adelante.

**Determinación del coeficiente  $K_m$ .** - Se procede de acuerdo con la siguiente fórmula para determinarlo:

$$K_m \left( \frac{1}{(2) (3.1416)} \right) \left( \ln(D^2/16hd) \right)$$

donde...

$D$  : Separación entre conductores de la red



*h* : Profundidad de enterramiento de la malla  
*d* : Diámetro del conductor en metros (0.01341)

sustituyendo

$$K_m = \left( \frac{1}{2} \right) \left( \ln(8^2) / 16(0.6)(0.01341) \right)$$

$$K_m = 0.878$$

La separación entre los conductores desnudos de la malla se da de hecho al realizar el prediseño y es de acuerdo a la experiencia del proyectista. La profundidad de enterramiento es de acuerdo con las normas técnicas y es de 60 centímetros debajo del nivel de piso, el diámetro del conductor es según cálculos y fue de acuerdo con el calibre prediseñado (2/0).

**Determinación del coeficiente  $K_i$ .** - De acuerdo a la norma I-EEE-80 de 1976, se tiene lo siguiente:

$$K_i = 0.65 + (0.72)(n)$$

si  $n = 1.7$ , entonces:

$$K_i = 0.944$$

Sustituyendo  $K_m$  y  $K_i$  en la ecuación de la malla, se tiene

el siguiente valor:

$$L = 44.55$$

Al realizarse estos cálculos de manera regresiva se complementan algunas de las ecuaciones que se presentaron en las líneas anteriores y que de alguna manera aparecían como incompletas.

**Determinación de la resistencia de la malla de tierras.-**  
Esta se determina mediante la fórmula que se presenta a continuación:

$$R = \frac{C}{(4)(v)} + \frac{e}{L}$$

donde

R : Resistencia de la malla

L: Longitud de la malla

b : Diámetro de la varilla en metros

e : Resistividad del terreno

h : Número de varillas

sustituyendo

$$R = 0.599$$

De todos los parámetros inherentes al cálculo de la malla de tierras es este último quizá el más interesante. Manejábamos al inicio de este apartado que la malla debenta de proporcionar un camino con una resistencia (entiéndase impedancia) menor a la que puedan ofrecer los equipos o los usuarios en su caso.

*Determinación del número de varillas requerido.* - Este número se calcula con el siguiente procedimiento:

$$n = \frac{(R-1) (2) (3.1416) (L)}{\ln (4L/b)}$$

Todos los parámetros involucrados en esta fórmula han sido determinado con anterioridad, por lo que se procede a sustituir quedando de la siguiente manera:

$$n = \frac{122.4432}{559.0843}$$

$$n = 0.22$$

Con lo que determinamos al hacer una comparación entre los cálculos prácticos y el prediseño, que este último no se encontraba lejos de los valores adecuados.

*Cálculo de la máxima elevación del potencial de la red.-*

*Este parámetro significa para nosotros el límite que puede alcanzar el voltaje de alimentación en caso de ocurrir una falla y se hace el cálculo de acuerdo con el siguiente procedimiento:*

$$E = IR \quad (\text{Ley de Ohm})$$

*donde...*

*E : Máxima elevación del potencial de la red*

*R : Resistencia de la malla*

*I : Corriente máxima de falla a tierra*

*sustituyendo*

$$E = (0.599) (19\ 328.68)$$

$$E = 11\ 577.88 \quad \text{volts}$$

*Este parámetro resulta de importancia al referirlo a los sistemas que tendrán que soportarlo en un momento dado.*

*Cálculo de la tensión de la malla.- Teniendo la siguiente fórmula:*

$$E_{\text{malla}} = (R_m) (R_i) (\varnothing) (I/L)$$

sustituyendo

$$E_{\text{malla}} = 2181.31 \text{ volts}$$

*Cálculo de las tensiones de paso y toque.- De acuerdo a la norma I-EEE-80 se tiene el siguiente juego de ecuaciones para determinar estos parámetros:*

$$E_{\text{paso (tierra)}} = (116 + 7)/(t)^{1/2}$$
$$= 204.4 \text{ volts}$$

$$E_{\text{paso (concreto)}} = \frac{(116 + 0.7)}{t^{1/2}}$$
$$= 8.632 \text{ volts}$$

$$E_{\text{contacto (tierra)}} = (116 + 0.7C)/(t)^{1/2}$$
$$= 234.04 \text{ volts}$$

$$E_{\text{contacto (concreto)}} = (116 + 0.7C)/(t)^{1/2}$$
$$= 2.272 \text{ volts}$$

donde

⊙ : Resistividad del terreno a nivel piso en concreto (60 000 ohms/metro)

El cálculo de estas dos tensiones tiene como finalidad el conocer las tensiones que se presentan entre dos piernas abiertas de un adulto promedio (paso) y entre dos brazos extendidos (toque) teniendo en cuenta que tendremos tensiones a partir del punto en que baja la energía a tierra en forma de niveles concéntricos de más a menos hasta llegar a cero. Lo anterior se realiza para el caso de que en el momento de un cortocircuito alguna persona este en contacto con una superficie que en ese momento conduzca la corriente a tierra, y poder prever las consecuencias que esta circunstancia pudiera provocar sobre el individuo y asimismo diseñar el correcto equipo de protección.

Tensión de paso en la periferia.- Este es el último parámetro, y se realiza mediante el siguiente procedimiento:

$$E_{\text{paso}} = (K_s) (K_t) (\odot) (I/L)$$

donde...

$K_s$  : Coeficiente que toma en cuenta el efecto del número  $n$  de la malla, el espaciamiento ( $D$ ) y la profundidad de enterramiento ( $h$ ) de los mis

moa

y  $K_a$  se calcula

$$K_a = \left( \frac{l}{3.1416} \right) \left( \frac{l}{2h} \right) \left( \frac{l}{(D+h)} \right)$$

sustituyendo

$$K_a = 2.72$$

Con este valor se sustituye en la ecuación de voltaje de paso, obteniendo que:

$$E_{\text{paso en periferia}} = 70.65 \text{ volts}$$

Los voltajes calculados son los voltajes máximos que se pueden presentar si se verifica una descarga ya sea en tierra o en concreto. Los valores encontrados sirven para modificar convenientemente el diseño preliminar que se propuso al inicio de esta sección.

### 3.10.- El cálculo de cortocircuito.

En el punto anterior mencionábamos que es indispensable proporcionar un camino a tierra para que las fallas de cortocircuito puedan disiparse pero, ¿que efectos tiene esta co--

aniente sobre el sistema durante su camino a tierra?. Veamos, todos los equipos son sometidos a pruebas de control de calidad del tipo destructivo de diversa índole (entiendase equipos eléctricos), esto con el fin de determinar el rango máximo que puede soportar el equipo en condiciones extremas de operación. Una de estas pruebas es precisamente someterlos a e levadas corrientes, de hecho los equipos más susceptibles a fallar por este concepto son los interruptores y su característica relativa a esta cuestión es lo que se ha denominado como marco.

Lo trascendental en este apartado es determinar la corriente de cortocircuito que se pueda presentar en un momento dado en uno o varios puntos del sistema. Si consideramos dos casos por separado será debido a que se contaba con dos transformaciones de potencia (cada uno de ellos aísla los efectos que se puedan presentar), también se contaba con dos tableros de distribución. Para reafirmar el concepto de aislamiento, debemos recordar que un transformador con conexión en estrella aterrizada aísla nuestro sistema a partir del devanado secundario.

Para los cálculos se tomaron las siguientes consideraciones:

- 1) No se consideraron las impedancias de las barras de los tableros ni de los fusibles limitadores de corriente con el fin de asegurar que el resultado fuese más



crítico (a menor impedancia, mayor corriente).

2) La reactiva para los motores se consideró de un 25% (de otra manera se debió considerar de manera individual los datos de placa de cada uno de ellos).

3) El cálculo se realizó en por unidad y los valores base que se tomaron fueron los siguientes:

$$P = 300 \text{ Kva}$$

$$V = 0.22 \text{ Kv}$$

$$I = 787.29 \text{ Ampa}$$

4) Las ecuaciones que se utilizaron en estos cálculos fueron las que se enlistan a continuación:

$$1... \quad Z_{red} = \frac{Kva_t}{(Mva_{cc}) (10)}$$

$$2... \quad Z_t = \delta_t \quad (\text{dato de placa en por ciento})$$

$$3... \quad Z_c = \frac{(Z) (\sim) (Kva_t)}{(Kva)^2 (10)}$$

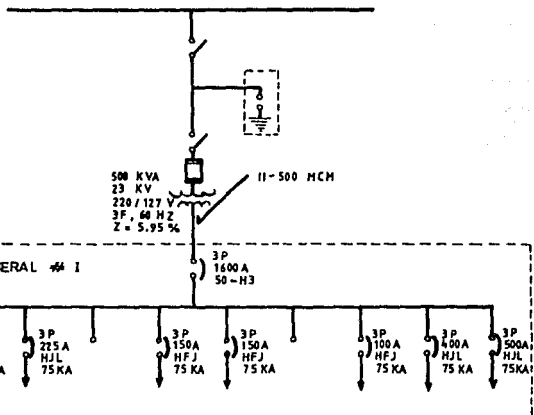
$$4... \quad Z = \frac{(Kva_t) (25)}{(C.P) (0.975)}$$

$$5... \quad I = \frac{(Kva_t) (100)}{(1.732) (Kv) (Z_{eq})}$$

A cada uno de los diagramas unifilares le corresponde un diagrama de impedancias, a continuación se ilustran dichos diagramas (en lo que resta de la sección trabajaremos con términos que nos son comunes de nuestros cursos de circuitos I y II, y de circuitos eléctricos de potencia).

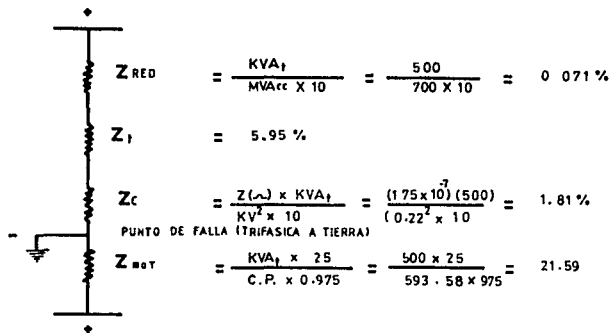
DIAGRAMA UNIFILAR, SECCION TRANSFORMADOR # 1

$P_{CC} = 700 \text{ MVA}, 23 \text{ KV}$

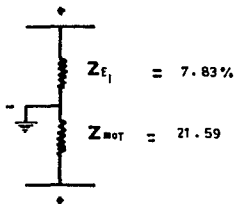


CARGA TOTAL (FZA) 593.58 C.P.

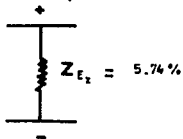
## DIAGRAMA DE IMPEDANCIAS



1ª REDUCCION ( $Z_{RED} + Z_f + Z_c$ )



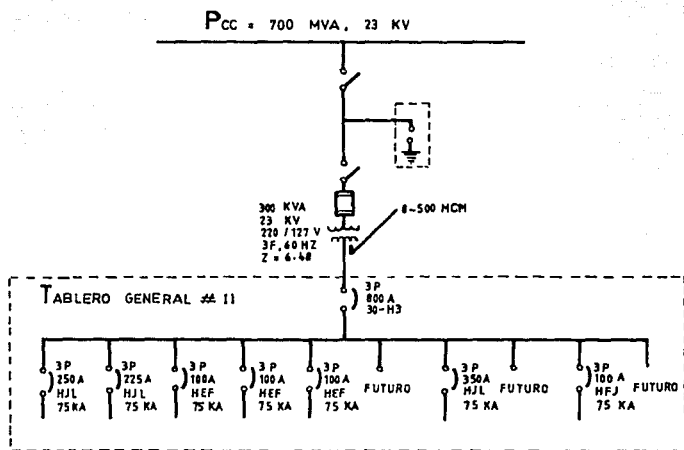
2ª REDUCCION ( $Z_{E1}$  EN PARALELO CON  $Z_{MOT}$ )



FINALMENTE

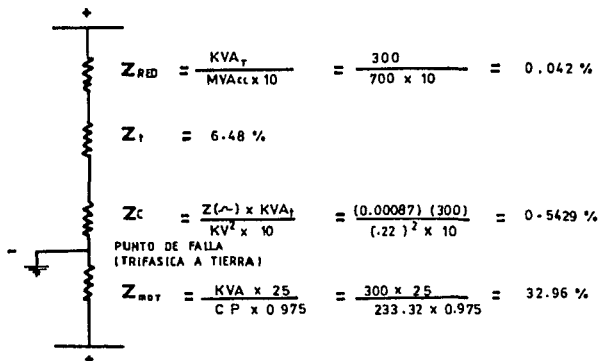
$$\begin{aligned}
 I_{CC} &= \frac{KVA \times 100}{3 \times KV \times Z_{E2}} \\
 &= \frac{500 \times 100}{3 \times 0.22 \times 5.74} \\
 I_{CC} &= 22\,859.9 \text{ AMPS}
 \end{aligned}$$

DIAGRAMA UNIFILAR, SECCION TRANSFORMADOR # 11

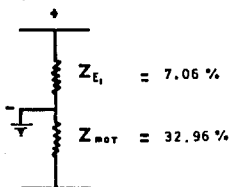


CARGA TOTAL DEL TABLERO (FZA) 233.32 C.P.

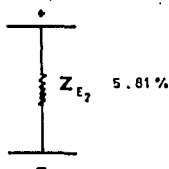
## DIAGRAMA DE IMPEDANCIAS



1ª REDUCCION (  $Z_{RED} + Z_T + Z_C$  )



2ª REDUCCION (  $Z_{E1}$  EN PARALELO CON  $Z_{MOT}$  )



FINALMENTE

$$I_{CC} = \frac{KVA \times 100}{3 \times KV \times Z_{E2}}$$

$$= \frac{300 \times 100}{3 \times (0.22)(5.81)}$$

$$CC = 13\ 550.74 \text{ AMPS}$$

### *3.11.- La subestación eléctrica.*

*El tema de las subestaciones eléctricas es demasiado extenso como para pretender abarcarlo todo en un solo apartado, En este solo se tratarán las subestaciones propias de una empresa mediana que es el caso que nos ocupa (23 Kv). De hecho se mencionarán algunos elementos de diseño generales y se presentarán los planos de la subestación que se seleccionó, en los que se hace referencia a estos elementos de diseño.*

### *3.12.1.- Conceptos generales.*

*Existen basicamente tres aspectos relativos a la operación de cualquier sistema eléctrico, los que pueden ser resumidos de la siguiente manera:*

- a) Operación normal del sistema, es decir, sin interrupción ni fallas.*
- b) La prevención de las fallas.*
- c) Reducción de los efectos de las fallas.*

*En los tres puntos toma relevante importancia la subestación eléctrica. En general para el diseño de cualquier subestación se deben tomar en cuenta ciertos elementos de diseño, a saber:*

- 1) El nivel de aislamiento del sistema debe ser suficiente y confiable.
- 2) Deberá soportar los esfuerzos mecánicos que se presenten debido a los cortocircuitos, tensión mecánica de la línea o por el montaje mismo del sistema.
- 3) Blindaje o protección física.
- 4) Minimización de los daños por fallas.
- 5) Efectos mecánicos y de calentamiento (resistencia).

Dependiendo del alcance y presupuesto económico del proyecto, cada uno de los puntos mencionados se pueden desarrollar hasta alcanzar grandes proporciones (nos referimos al proyecto, existen grandes volúmenes de información al respecto).

Clasificación de las subestaciones eléctricas. - Se entiende por definición de subestación eléctrica al conjunto de máquinas, aparatos y circuitos que tienen la función de modificar los parámetros de la potencia eléctrica (tensión, corriente, frecuencia, etc...) y de proveer un medio de interconexión y distribución entre las diferentes líneas de un sistema o en el punto final del suministro eléctrico y se puede hacer de ella la siguiente clasificación:



a) Subestación en las plantas de generación.

b) " receptora primaria.

c) " receptora secundaria.

d) " tipo intemperie.

e) " tipo interior.

f) " tipo blindado o compacta.

La subestación más usual en estos momentos en este tipo de proyectos es la del tipo compacta. Algunos de los elementos comunes de este tipo de subestaciones son:

1.- Cuchillas desconectoras.

2.- Interruptor.

3.- Transformador de corriente.

4.- Transformador de potencial.

5.- Cuchillas desconectoras para el sistema de medición.

6.- Cuchillas desconectoras para los transformadores de

potencia.

7.- Transformador de potencia.

8.- Barras de conexión.

9.- Aisladores soportes.

10.- Conexión a tierra.

11.- Tablero de control y medición.

12.- Barras de tablero.

13.- Sujeción del tablero.

En los planos de referencia de este apartado y que se muestran en las páginas siguientes, se pueden observar algunos de estos elementos y otros varios como son; extinguidores, lámparas, etc, los que son requeridos por la SECOFI para poder dar la autorización a dichos planos (en el último capítulo se presentan una serie de normas que deben cumplir las instalaciones de las subestaciones).

### 3.12.- Memorias técnicas de cálculo.

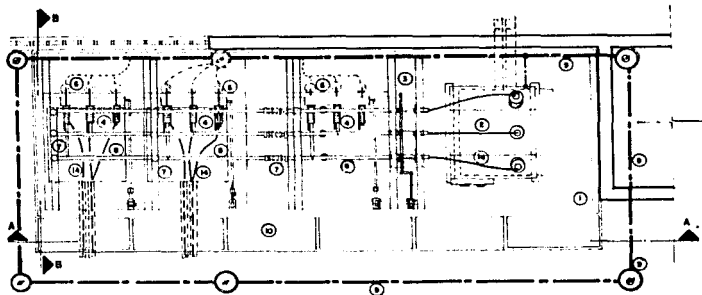
Al término del proyecto como tal, el responsable se debe encargar de recopilar los cálculos de cada uno de los diseños por separado para elaborar una memoria técnica de cálculo, es decir una garantía técnica para el cliente del proyecto que se le entrega y una base, para dado el caso verificar los casos que interesen a la supervisión. En estas memorias se deben incluir también las bases de diseño que en su caso procedan (al menos una referencia como se presentó en el presente documento, la forma de presentarlo se deja a libre elección). Sería imposible reseñar el proyecto completo por lo que se de be entender que estas memorias son un breve resumen.

### 3.13.- El proyecto definitivo.

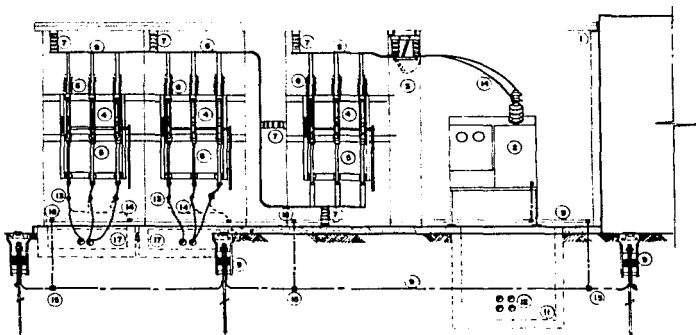
Hasta este momento nada de lo que se ha determinado tiene carácter de definitivo, es decir, está sujeto a posibles modi ficaciones. El cliente podrá todavía en este momento efectuar modificaciones, por ejemplo en la ingeniería básica, o modifi car cargas. El responsable del proyecto por parte del cliente está obligado a realizar revisiones periódicas o al final del proyecto, para en este momento con su anuencia plasmar el pro yecto de manera definitiva, pudiendo inclusive no realizar mo dificación alguna.

Una vez que se considera el proyecto como definitivo, el ingeniero de proyectos realiza las revisiones que considere pertinentes, para así optimizar la calidad en cuanto a detalles se refiere del proyecto. Los planos que de estas verifi-

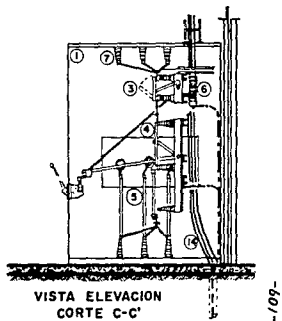
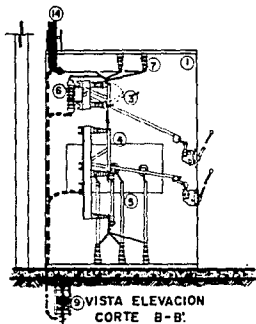
*caciones resulten según los que se presenten ante la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial en la Dirección General Eléctrica en el Departamento de Aprobaciones para su revisión y en su caso su aprobación.*



VISTA PLANTA.



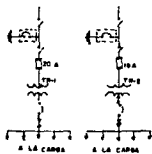
VISTA ELEVACION CORTE A-A.



-109-

DIAGRAMA UNIFILAR.

A SUBESTACION RECEPTORA

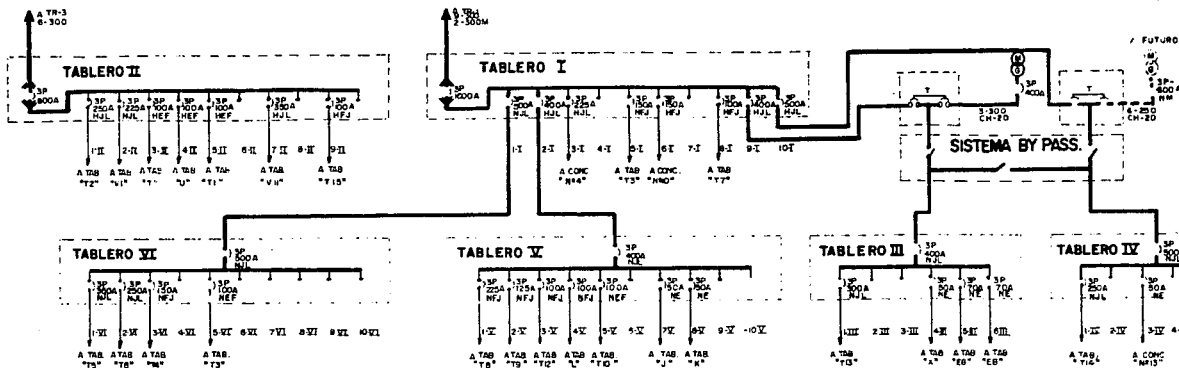


Nº-	DESCRIPCION.	MARCA	D.G.E.
1	SUBESTACION COMPACTA SERVICIO EXTERIOR, OPERACION A 22 KV, IBSA, 80 M <sub>2</sub> , 2400 M S. N. M. NIVEL DE AISLAMIENTO AL IMPULSO DE 125 KV, FORMADA POR LOS SIGUIENTES MODULOS: A) EQUIPO DE MEDICION (ACOMETIDA) Y CUCHELLA DE PASO. M1) INTERRUPTOR, FUSIBLES Y APARTARRAYOS. C) CAMBIO DE BARRAS. M2) INTERRUPTOR, FUSIBLES Y PARARRAYOS M3) INTERRUPTOR, FUSIBLES Y PARARRAYOS GABINETES METALICOS BLINDADOS Y AUTOSOPORTADOS CON PUERTAS EMBAZAPADAS, CONSTRUIDAS EN LAMINA DE HIERRO ROLADO EN FRIO CAL 10 PIS AWS, PREVIO PROCESO DE DESOXIDACION Y BORDERIZADO, ACABADO ANTICORROSIVO Y 2 CAPAS DE ESMALTE.	SIEMENS	617 7
2	EQUIPO DE MEDICION DE LA CIA. SUMINISTRADORA.		
3	CUCHELLA DE SECCIONADORA OPERACION MANUAL SIN CARGA TIPO BENCILLO, 2 POLOS, 22 KV, 400 AMPS CONTINUO SERVICIO EXTERIOR. PROVISTA DE MECANISMO PARA OPERAR DESDE EL FRENTE POR MEDIO DE PALANCA.	DYWSA	5107
4	SECCIONADOR BAJO CARGA 2 POLOS, TIPO MHSI-S-20/NSD, PARA 22 KV, SERVICIO INTERIOR, 250 AMPS, 80/80 C P S., PRODUCTO DE PORTA FUSIBLES Y 2 FUSIBLES LIMITADORES DE CORRIENTE EQUIPADO CON DISPOSITIVO DE DISPARO MECANICO SIMULTANEO OPERADO POR LA FUSION DE LOS FUSIBLES.	SIEMENS	614 1
5	FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE, CAPACIDAD INDICADA Y 1000 MVA DE CAPACIDAD INTERRUPTIVA.	SIEMENS	614 1
6	APARTARRAYOS AUTOMVULVULARES CLASE DISTRIBUCION, 1 - POLO, 80 M <sub>2</sub> , PARA SISTEMA CON NEUTRO SOLIDAMENTE CONECTADO A TIERRA PARA 22 KV.	SIEMENS	613 5
7	AISLADORES TIPO SOPORTE DE REBLOC SERVICIO INTERIOR N.A.1 DE 125 KV, CATALOGO RB-24.	BALTEAU	42 13
8	LINEAS DE ALIMENTACION (BUSES Y CONEXIONES) FORMADAS POR BARRAS DE C <sub>2</sub> DE 6.25 x 22 MM CON CAPACIDAD DE 400 AMP. CONTINUOS.	ALCAN. AI	
9	SISTEMA RED DE TIERRAS DE LA SUBESTACION FORMADO POR BARRAS DE C <sub>2</sub> DE 476 x 25.4 mm, INSTALADO A LO LARGO DE LOS GABINETES, CONECTADA EFECTIVAMENTE A SUS PARTES NO ENERGIZADAS, CABLES DE C <sub>2</sub> DE BRUNDO SEMIDURO CAL. 40 AWS Y 4 VARILLAS DE C <sub>2</sub> TIPO COPPERWELD DE 208 x 16 mm. S CON CONECTOR DE BRONCE.	I.A.S.A.	5105
10	TARIMA AISLANTE DE PIEDRA DE VIDRIO CON PISO ESTRIADO ANTIDERRAPANTE Y AISLADA PARA 22 KV.		
11	REGISTRO DE CONCRETO DE 110 x 100 x 100 CMS. PARA ACOMETIDA DE LA CIA. SUMINISTRADORA.		
12	4 TUBOS DE ARBES TO CEMENTO DE 101 mm. DE DIAMETRO PARA ACOMETIDA DE LA CIA. SUMINISTRADORA.		
13	CONOS DE ALIVIO PARA 22 KV TIPO CAP.	INDAEL	5145
14	CABLE DE POTENCIA TIPO VULCALAT KLP (CABLE DE COBRE, PARTALLA SEMICONDUCTORA, PANTALLA ELECTROSTATICA Y CUBIERTA DE P.V.C. PARA 22 KV.	LATIN-CASA.	2289
15	CONECTOR SOLDABLE TIPO "T"	CADWELD.	
17	CONECTOR SOLDABLE TIPO "SA".	CADWELD.	
18	REGISTRO DE CONCRETO DE 40 x 90 x 90 CMS. Y 2 TUBOS DE ARBES TO DE 101 mm. S PARA ALIMENTACION A LA SUBESTACION A LA SUBESTACION TRANSFORMADORA.		

MATERIAL Y EQUIPO UTILIZADO.







**RESUMEN DE CARGAS DEL TABLERO I.**

CIRCUITO NUMERO	TABLERO NUMERO	TOTAL W/275 V	F A	F B	F C	F S	F E	F S
1-1	A TAB "VI"	35057	8500	8500	8500	8500	8500	8500
2-2	A TAB "VI"	15044	3710	3710	3710	3710	3710	3710
3-3	A CONC "M4"	24809	18202	18203	18204			
4-2	ESPACIO							
5-1	A TAB "VI"	38848	11978	12578	12091			
6-1	A CONC "M4"	38710	13303	13338	12070			
7-2	ESPACIO							
8-1	A TAB "VI"	18053	6713	6149	6192			
9-2	A TAB "VI"	182587	50013	50868	49718			
10-1	A TAB "VI"	122502	40673	39677	41953			
TOTALES		831110	278350	278028	278748			

**RESUMEN DE CARGAS DEL TABLERO II.**

CIRCUITO NUMERO	TABLERO NUMERO	TOTAL W/275 V	F A	F B	F C	F S	F E	F S
1-1	A TAB "VI"	117242	28280	33444	30623			
2-1	A TAB "VI"	17614	42708	42500	42500			
3-1	A TAB "VI"	18083	4683	6058	8022			
4-1	A TAB "VI"	2401	8793	7792	7677			
5-1	A TAB "VI"	59487	12600	12621	12188			
6-1	ESPACIO							
7-1	A TAB "VI"	120908	40104	40558	40288			
8-1	ESPACIO							
9-1	A TAB "VI"	33084	11051	11051	10882			
10-1	ESPACIO							
TOTALES		477487	168551	168728	168101			

MEMORIA DE CALCULO TECNICO DESCRIPTIVO DE LOS CONDUCTORES ALIMENTADORES.

CIRCUITO NUMERO	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15
RESERVA	10.00 KW	0.00 KW	3.00 KW	0.00 KW	0.00 KW	10.00 KW	10.00 KW	10.00 KW	10.00 KW	10.00 KW	0.00 KW	0.00 KW	0.00 KW	0.00 KW	0.00 KW
CARGA INSTALADA	39.587 KW	117.87 KW	38.18 KW	33.778 KW	103.268 KW	70.093 KW	19.053 KW	36.049 KW	24.261 KW	3.909 KW	60.677 KW	16.199 KW	189.797 KW	80.57 KW	32.048 KW
INTENSIDAD NOMINAL	144.8 AMPS	396.50 AMP	150.72 AMP	136.2 AMP	321.26 AMPS	274.7 AMPS	73.19 AMPS	151.6 AMPS	102.4 AMPS	42.88 AMPS	233.85 AMPS	70.3 AMPS	777.44 AMPS	316.8 AMPS	118.0 AMPS
CAPACIDAD DEL MOTOR	3.2 KVA	900.0 CP	8.0 CP	8.0 CP	50 CP	50 CP	50 CP	15.0 CP	18.0 CP	3.0 CP	50 CP	3.0 CP	18.0 CP	8.0 CP	18.0 CP
I.B. DEL MOTOR MAYOR	9.0 AMP	1260 AMP	3.0 AMP	14.4 AMP	15.4 AMP	14.3 AMP	14.3 AMP	4.3 AMP	5.0 AMP	0.8 AMP	15.0 AMP	0.8 AMP	8.4 AMP	7.0 AMP	4.0 AMP
INTENSIDAD MAXIMA (3 CARGA)	8.25 AMP	36 AMP	0.8 AMP	3.8 AMP	3.85 AMP	3.58 AMP	3.57 AMP	91 AMP	118.8 AMP	2.33 AMP	3.76 AMP	2.46 AMP	18 AMP	18.36 AMP	10.0 AMP
INTENSIDAD TOTAL	147.30 AMP	400.48 AMP	150.82 AMP	150.87 AMP	320.09 AMP	278.28 AMP	73.70 AMP	151.81 AMP	102.4 AMP	43.85 AMP	236.00 AMP	70.3 AMP	777.44 AMP	316.8 AMP	118.0 AMP
FACTOR DE DEMANDA	0.80 %	80 %	80 %	80 %	80 %	80 %	70 %	80 %	80 %	100 %	80 %	80 %	80 %	80 %	80 %
INTENSIDAD EN EL CONDUCTOR	98.41 AMP	228.38 AMP	65.77 AMP	83.92 AMP	199.08 AMP	130.99 AMP	67.98 AMP	102.4 AMP	69.34 AMP	48.33 AMP	183.70 AMP	68.2 AMP	896.06 AMP	198.46 AMP	70.0 AMP
FACTOR ARRANQUE	1.0	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45	1.45
INTENSIDAD EFECTIVA	110.31 A	280 MCM	94.85 A	120.0 A	275.92 A	187.28 A	80.7 A	104.0 A	69.88 A	69.08 A	178.7 A	63.82 A	370.08 A	239.81 A	108.8 A
CALIBRE DEL CONDUCTOR	2 AWG	250 MCM	2 AWG	170 AWG	350 MCM	250 AWG	2 AWG	2 AWG	2 AWG	2 AWG	350 AWG	2 AWG	370.08 A	250 MCM	2 AWG
TIPO DE ATILAMIENTO	118 AMP	258 AMP	118 AMP	180 AMP	283 AMP	180 AMP	118 AMP	118 AMP	118 AMP	118 AMP	200 AMP	118 AMP	280 AMP	280 AMP	118 AMP
CAPACIDAD DEL INTERRUPTOR	34100 A	34200 A	34100 A	31200 A	31200 A	31200 A	31000 A	31000 A	31250 A	31000 A	31250 A	31000 A	34100 A	34000 A	34100 A
TIPO DEL INTERRUPTOR	TERMOANAL	TERMOANAL	TERMOANAL	TERMOANAL	TERMOANAL	TERMOANAL	TERMOANAL	TERMOANAL	TERMOANAL	TERMOANAL	TERMOANAL	TERMOANAL	TERMOANAL	TERMOANAL	TERMOANAL
TORNILLO DEL CONDUCTOR	15 MTS	20 VOLS	20 VOLS	20 VOLS	20 VOLS	20 VOLS	20 VOLS	20 VOLS	20 VOLS	20 VOLS	20 VOLS	20 VOLS	20 VOLS	20 VOLS	20 VOLS
VOLTAJE	220 VOLTS	0.57 VOLTS	3.08 VOLTS	8.28 VOLTS	0.28 VOLTS	1.05 VOLTS	3.60 VOLTS	3 VOLTS	3 VOLTS	3 VOLTS	0.50 VOLTS	0.50 VOLTS	0.50 VOLTS	4.75 VOLTS	4.28 VOLTS
PERCENTUAL	0.77 %	0.28 %	1.36 %	1.08 %	0.11 %	0.48 %	1.54 %	2.54 %	0.96 %	0.37 %	0.18 %	0.31 %	2.16 %	1.68 %	1.92 %

## *Conclusiones.*

*Al igual que durante el desarrollo de la tesis, al llegar el momento de las conclusiones podemos decir que estas pueden ser tan extensas como se quiera, estas se muestran lo más resumidamente que se puede a continuación:*

- a) Todos y cada uno de los puntos de proyecto son importantes independientemente de su complejidad (el ejemplo no es una muestra de ello ya que como se dijo, se trató de manera general).*
- b) A manera de recomendación, se recomienda poner énfasis a la parte del sistema de tierras ya que, por lo general, las revisiones es a la parte que más atención ponen.*
- c) El proyecto eléctrico es lo más importante dentro de este y otros tipos de empresas y todos los demás aspectos giran en torno a este, por lo que consideramos básico dentro de lo que serán (o son) las actividades del futuro Ingeniero Mecánico Electricista*
- d) En relación al inciso anterior queremos mencionar que consideramos insuficiente la única materia de instalaciones eléctricas que se imparte como tal y se sugiere al alumno tomar los cursos auxiliares que considere pertinentes al respecto (por ejemplo los cursos que ofrece ConduMex).*

## CAPITULO IV

### EL PROYECTO AUTORIZADO E INSTALACION DEL MISMO

#### *Introducción.*

*El resultado de los tres primeros capítulos nos lleva a tener un juego de planos de un proyecto eléctrico en particular, si pudiésemos ignorar los antecedentes que nos llevaron a la consecución de tales planos nos encontraríamos con la necesidad de llevar a cabo la instalación de los mismos. Uno de los elementos de mayor peso durante el desarrollo de una instalación lo es la experiencia que se tenga en el área, esta involucra el manejo de las herramientas, así como el conocimiento de materiales accesorios y por supuesto de lo que se conoce como detalles de instalación. Este capítulo pretende introducir al alumno dentro de las instalaciones eléctricas presentando algunos detalles de instalación típicos, los que serán comentados por bloques.*

#### *4.1.- Trámites ante SECOFI.*

*Una vez que se considera un proyecto como terminado (definitivo), se deberá proceder a conseguir la debida autorización (ante SECOFI) para poder en su momento realizarlo como instalación. Esta autorización tiene el carácter de obligatorio (al igual que sucede con los equipos de gas y seguridad), siempre que el cliente quiera llevar a cabo su proyecto.*

*Todas las empresas reciben periódicamente visitas de técnicos de la D.G.E. con el fin de supervisar las condiciones*

en que se encuentran las instalaciones eléctricas de la misma el primer paso de esta supervisión lo constituye la revisión de los planos actualizados (obviamente autorizados) para confrontarlos con las instalaciones. En el caso de no contar con ellos, se pueden hacer acreedores a sanciones que van desde una multa hasta la suspensión del suministro de energía eléctrica (de hecho es un cierre de planta por considerarla de alto riesgo, dado que la suspensión solo la puede dar la cta. suministradora del servicio). Si la empresa es de reciente instalación, y no cuenta con su debido proyecto, simplemente no se le proporciona el servicio eléctrico.

Todo el proyecto debe ser revisado por lo que se conoce en el medio como el perito responsable del proyecto, el que será como su nombre lo indica responsable ante las autoridades civiles del proyecto.

Este técnico está obligado a conocer todos los detalles del proyecto aunque el no lo halla realizado directamente, es decir está obligado a tener todos los conocimientos que se requieren, ya que el proyecto llevará su firma como responsable del mismo.

Existen dos tipos de perito responsable. El primero de ellos podrá firmar proyectos del tipo residencial, y para obtener su licencia requiere aprobar el examen que para este fin propone la SECOFI. El otro tipo de perito responsable será aquel que no tendrá límite en cuanto a magnitud o tipo de proyecto eléctrico de que se trate, pero este a diferencia del

primero, tendrá que ser ingeniero titulado (con cédula profesional) del área eléctrica, asimismo deberá sustentar los exámenes correspondientes para la obtención de su licencia de perito responsable. Actualmente se requiere que el perito sea reconocido por el Colegio de Ingenieros.

Una vez que los planos del proyecto cuentan con la firma del perito, se presentan en varios juegos de copias para su aprobación. La SECOFI designa un técnico para la revisión, en caso de detectar errores u omisiones, los planos le son devueltos al perito con las notas pertinentes. Si el proyecto es autorizado, se procede a firmar y sellar cada uno de estos planos y devuelto el juego al perito en cuestión. En este momento podemos considerar que tenemos el proyecto listo para proceder a su instalación.

Como se puede observar en este apartado, los trámites ante las dependencias oficiales tienen un papel relevante dentro de esta área, esto es debido a que en estos casos se involucra la seguridad de incontables vidas humanas, cuestión que de ninguna manera se puede dejar al libre albedño.

#### 4.2.- El volumen de obra y el catálogo de conceptos.

Una vez que el cliente cuenta con un proyecto, se puede proceder a la instalación del mismo ya sea por partes o totalmente. De una manera u otra se tendrá que elaborar lo que se conoce como el catálogo de conceptos. Este catálogo se forma de la descripción de todos y cada uno de los materiales y e-

equipos que serán necesarios para llevar a término la instalación. El catálogo de conceptos se deberá elaborar con todo cuidado y contando con la participación de alguna manera por parte del cliente, ya que las descripciones de los materiales y equipos pueden hacer que el costo de la instalación multiplique y que incluso se salga del presupuesto inicial. Para subrayar lo anterior podemos mencionar por ejemplo que el costo de un interruptor marca IUSA no será el mismo que el de uno marca Telemecanique, tampoco el costo del cable marca Ecatepec será el mismo que el del cable marca Condumex.

Paralelo a este catálogo de conceptos se elabora lo que se conoce como el volumen de obra. Este volumen lo constituyen las cantidades de cada uno de los términos que aparecen en el catálogo de conceptos. Este volumen lo pueden calcular inclusive personas ajenas al proyecto.

El catálogo de conceptos y el volumen de obra son la base para evaluar los costos de la instalación (ver cap. I y II) y realizan lo que se conoce como cotización del proyecto.

A continuación se presenta un resumen del catálogo de conceptos que se presentó para este proyecto:

<u>Partida</u>	<u>Descripción</u>
1	Cable THW 90°C Condumex calibre 500 MCM.
26	Tubenta conduit P.G. con cople, PEASA de 101 mm.

- 35 Codo conduit galvanizado Peasa de 101 mm.
- 42 Cable de cobre desnudo calibre 2/0 AWG
- 58 Tubera conduit licuatite de 63 mm.  $\emptyset$
- 65 Conector recto p/tub. Licuatite de 32 mm.
- 72 Conector curvo p/tub. Licuatite de 38 mm.
- 83 Abrazadera tipo "U" c/2 tuercas de 101 mm.
- 95 Abrazadera tipo "UQA" de 76 mm.  $\emptyset$
- 103 Abrazadera para Niel unicanal de 63 mm.  $\emptyset$
- 110 Condulet con tapa y empaque tipo "LB" de 38 mm.
- 116 Condulet con tapa y empaque tipo "LR" de 32 mm.
- 146 Condulet con tapa y empaque tipo "FS" de 19 mm.
- 150 Reducción bushing tipo RE de 19 a 13 mm.
- 163 Reducción bushing tipo "RE" de 51 a 32 mm.
- 165 Conector glándula CGB-196 de 13 mm. tipo macho

- 166 Conector glándula CGB-696 de 19 mm. tipo hembra
- 170 Tuercas unión tipo macho de 32 mm.
- 177 Contra y monitor de 51 mm.
- 185 Soporte para cable tipo chanola de aluminio de 9" de separación y 18" de ancho
- 188 Conector tipo "Z" para chanola
- 192 Curva horizontal de 90° de radio a 24 y 18" de ancho
- 214 Conector Bunday cat. OUA-26-B
- 217 Varilla roscada de 3/8" de  $\phi$  y un metro de La  
go
- 219 Estación de botones para/arranque mca. SQUARE-D
- 220 Cable uso nudo calibre 2 x 14 AWG
- 222 Punta de cobre maciza de 30 cm. para rayos
- 225 Varilla Copperweld con conector



- 229 *Tarima de fibra de vidrio*
- 231 *Receptáculo de baquelita polarizado*
- 234 *Ducto cuadrado embisagnado de 10x10 cm.*
- 237 *Cadena galvanizada*
- 238 *Interrupcion termomagnético de un polo 15 ampa.*
- 241 *Interrupcion termomagnético de tres polos, 70 amperes de ajuste y 100 de marco*
- 245 *Tablero de alumbrado FPE 24-C con int. general*
- 246 *Abrazadera tipo omega de 38 mm.*
- 254 *Luminaria slim-line de 2x74 watts tipo industrial*
- 256 *Riel canal (unicanal), de 41x41 mm.*

*En el extracto antecedente se puede observar a grandes rasgos la diversidad de los equipos y materiales que intervienen en una instalación, y aún existen muchos más conceptos que aquí sería imposible ennumerar dado el objetivo del manual*

Una vez que el proyecto se torna realidad, decimos que comienza la instalación eléctrica. Esta área es tan inmensa o más inclusive que la de los proyectos, en este momento el ingeniero de instalaciones se tendrá que enfrentar y resolver los problemas que había visualizado el proyectista, y aún aquellos que fueron ignorados. De hecho lo más importante será la toma de decisiones a que se enfrentará el instalador en su momento. Una cuestión muy importante que se debe subrayar es el hecho de que se trabajarán con personas, ya sea como supervisor o como subalterno, por lo que si se desea dedicarse a esta área, es importante tenerlo en cuenta.

A continuación se describe una secuencia de actividades que se sugieren tener presentes como alternativa a desarrollar una vez que se encuentre en el área de las instalaciones eléctricas:

- 1) Familiarizarse (hasta llegar a dominar) con los planos a instalar, así como con el lugar de la instalación
- 2) Revisará y corregirá el catálogo de conceptos y volumen de obra
- 3) Con base a las necesidades del cliente deberá elaborar un programa de obra tratando de ser lo más realista

ta posible, auxiliándose inclusive de un programa de ruta crítica o similar

- 4) De acuerdo con el programa de obra y la magnitud de la instalación, evaluará el elemento humano, es decir la cantidad y las características del personal que laborará bajo su cargo durante el desarrollo de la instalación
- 5) Supervisará la ejecución de la instalación considerando todo tipo de imprevistos como pueden ser; modificaciones, retrasos en entrega de equipos o materiales, ausencias de personal, etc.
- 6) Cooperará en la cuestión económico administrativa referente a la instalación en cuestión

Como se puede observar, las actividades a desarrollarse en esta área son múltiples y se requiere de cierta experiencia en el área y en ocasiones de auxiliares (dependiendo de la magnitud de la obra).

#### *4.3.1.- Detalles típicos de instalación.*

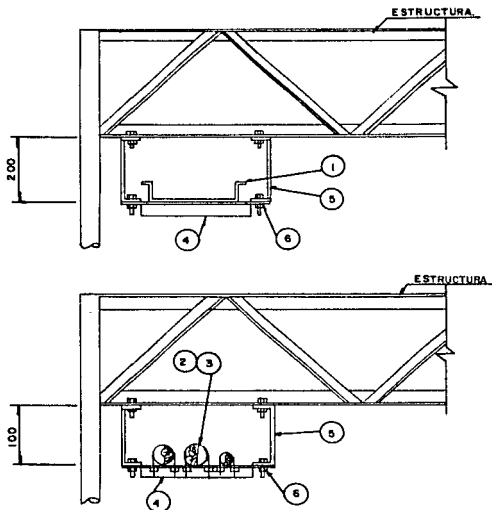
*En ocasiones el proyecto incluye algún detalle de instalación, aunque generalmente se requieren elaborar en el mismo lugar de la obra. En las siguientes páginas de este apartado se muestran algunos de los detalles típicos de instalación más comunes así como un listado en cada uno de ellos de los materiales que se utilizan en su elaboración, consideramos de importancia que el futuro ingeniero de instalaciones se familiarice con estos y con todos los detalles que se puedan observar en la vida cotidiana o en sus actividades laborales.*

*Los detalles de instalación que se presentan en este apartado se agruparon tratando de tener en cada bloque detalles con similares configuraciones, para cada bloque se presenta una explicación u observaciones al respecto.*

### Detalles típicos de instalación, canalización en tubería.

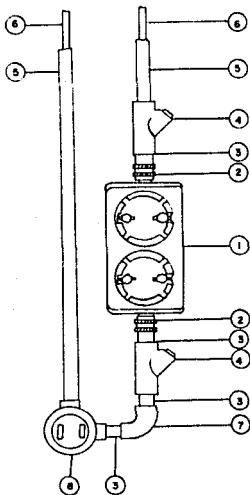
En los siguientes detalles de instalación se observa a de talle como se podía instalar una canalización con tubería conduit suspendida por medio de un soporte aéreo. Generalmente los soportes para este tipo de canalización son fabricados en campo (en el lugar de la instalación), aunque para tuberías de diámetros mayores se pueden adquirir ya fabricados en el mercado. El material con el que se fabrican estos soportes es el fierro ángulo o la solera también de fierro. Para sujetar el soporte a la estructura del local, se utilizan taquetes de tipo expansivo si se trata de concreto y soldadura eléctrica si se trata de material férreo. Para fijar la tubería a los soportes se utilizan lo que se conoce como abrazaderas, las que van desde el tipo uña hasta las del tipo del riel unicanal.

Existen diversas cuestiones que se tienen que tomar en cuenta al instalar una canalización de este tipo, entre las más importantes mencionaremos las siguientes; el peso de la canalización a soportar (ó raca de tuberías en su caso), la trayectoria de la canalización, la técnica del cableado (esta es la forma de introducir los cables en los ductos destinados a tal fin) para la instalación de las cajas registros.



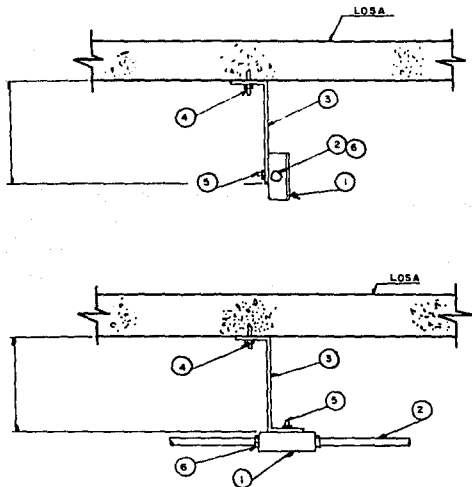
PART.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CAT.Nº	MARCA	SIG.DGE
1		TRAM.	TRAMO RECTO DE CHAROLA TIPO ESCALERA.		C-LINE	
2		PZA	TUBO CONDUIT DE FIERRO GALVANIZADO PARED GRUESA.		PEASA	
3		PZA	ABRAZADERA TIPO "U" DE Fº GALVANIZADO CON TUERCAS - HEXAGONALES Y ROLDANAS PLANAS.			
4		Kg.	ANGULO DE Fº DE 1 1/2" x 1/4"		AHMSA.	
5		MTS	SOLERA DE Fº DE 1 1/2" x 1/4"		AHMSA	
6		PZA	TORNILLO CABEZA HEXAGONAL DE 1/4" x 1 1/2" DE LONG. CON TUERCA HEXAGONAL Y ROLDANA PLANA.			

FIG. 4.1 DETALLE DE SOPORTERIA.



PART.	UNID.	DESCRIPCION	CAT. N°	MARCA	SIGDEB.
1	PZA.	CENTRO DE CARGA.			
2	PZA.	TUERCA UNION			
3	PZA.	NIPLE DE Fe.			
4	PZA.	SELLO TIPO "EYS"			
5	TMO.	TUBO CONDUIT DE Fe GALVANIZADO P/G			
6	MT.	CABLE			
7	PZA.	CODO.			
8	PZA.	CAJA.			

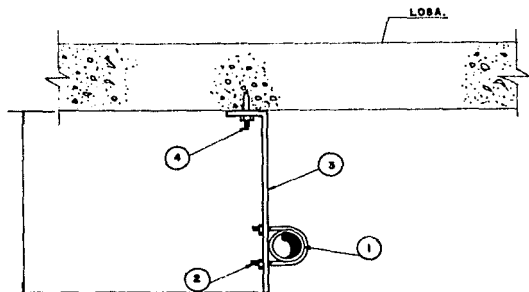
FIG.4.2 DETALLE DE REATE DE TUBERIA A CENTRO DE CARGA.



PART	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CAT. N°	MARCA	SEC. DEB.
1		PZA.	CAJA DE CONEXIONES		P.SORDO	
2		TMO.	TUBO CONDUIT P/B.		PEASA	
3		MT.	SOLERA DE F.º. DE 1 1/2" x 1/4"		AHMSA	
4		PZA.	PERNO DE ALTA VELOCIDAD		RAMSA	
5		PZA.	TORNILLO CABEZA DE GOTA.			
6		JGO.	JUEGO DE CONTRATUERCA Y MONITOR.		P.SORDO	

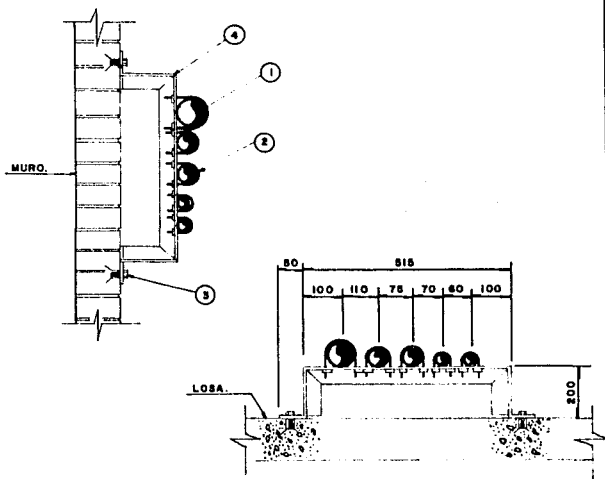
FIG. 4.3 DETALLE DE SOPORTERIA PARA CASA DE CONEXIONES.





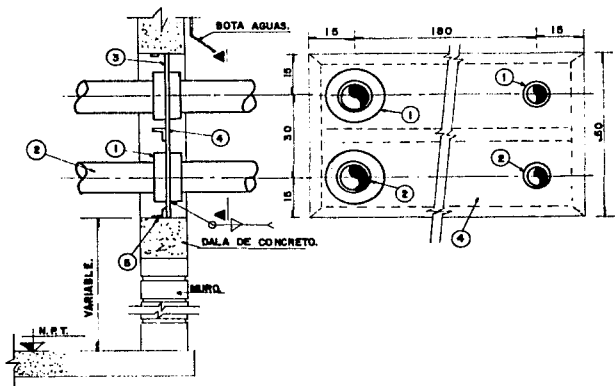
PART.	UNID.	DESCRIPCION.	CAT. No.	MANCA.	SIC. DGE
1	TMO.	TUBO CONDUIT DE FIERRO GALVANIZADO PARED GRUESA.		PEASA.	
2	PZA.	ABRAZADERA TIPO "U" DE FIERRO GALVANIZADO CON		SOMETUSA.	
		TUERCAS HEXAGONALES Y ROLDANAS PLANAS.			
3	m.	SOLERA DE Fc. DE 1/4" x 1/4"		AHMSA	
4	PZA.	PERNO DE ALTA VELOCIDAD DE 1/4" Ø x 1 1/8" DE LONG.		RAMSA	

FIG. 4.4 DETALLE DE SOPORTERIA PARA TUBO CONDUIT.



PART.	UNID.	DESCRIPCION.	CAT. No.	MARCA.	SIC. OSE
1	TMD.	TUBO CONDUIT DE FIERRO GALVANIZADO PARED GRUESA		PEASA	
2	PZA.	ABRAZADERA TIPO "U" DE FIERRO GALVANIZADO CON		SOMETUS	
3	PZA.	TORNILLO CABEZA HEXAGONAL DE 1 1/2" DE LONGITUD Y			
4	KG.	TAQUETE DE EXPANSION METALICO DE 1/4" Ø		AHMSA	
		ANGULO DE FIERRO DE 2"x1/4"			

FIG. 4.5 DETALLE DE SOPORTERIA PARA UNA CARRA DE TUBERIAS CONDUIT.

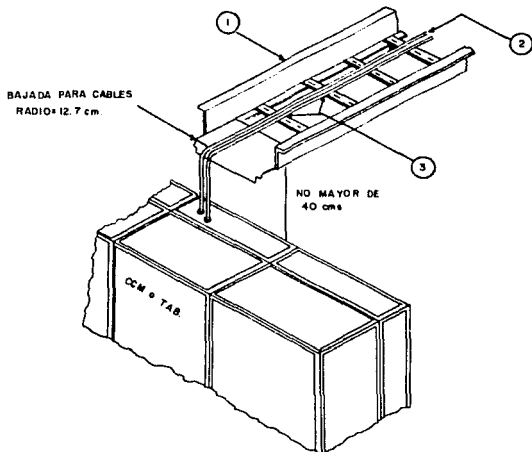


PART.	UNID.	DESCRIPCION	CAT. N°	MARCA.	SIC.DOE.
1	PZA	COPLÉ DE Fe GALVANIZADO.		PEASA.	4869
2	TMO.	TUBO CONDUIT DE Fe GALVANIZADO PARED GRUESA.		PEASA.	4869
3	Kg.	ANGULO DE Fe. GALVANIZADO DE 38x95mm.		AMM	
4	Kg.	LAMINA NEGRA (ASTMA-36) CAL. No 10		AMM	
5	PZA.	BARRENANCLA.		HILTI	

FIG.4.6 DETALLE DE PASO DE TUBERIA CONDUIT POR UN MURO.

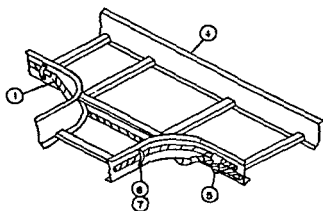
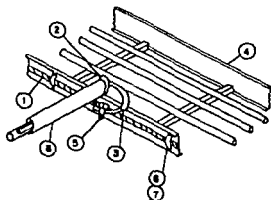
### *Detalles típicos de instalación, canalización por chanola.*

*Cuando el área en la que se pretende instalar la canalización no presenta problemas de suciedad o peligro para los conductores ni mucho menos problemas de explosión, se puede instalar el soporte para cable del tipo chanola. Este tipo de canalización cuenta con algunas ventajas con respecto a la canalización del tipo de tubenta conduit, entre otras encontramos que facilita enormemente lo que se conoce como cableado, debido a este aspecto el tiempo de instalación se reduce considerablemente, se disminuye también el espacio necesario para la colocación de la(s) canalización(es), para mantenimiento facilita el acceso a los alimentadores en caso de falla. Para soportar este tipo de canalización se puede recurrir al proveedor de la misma o en su defecto, se puede fabricar en campo. Al igual que para la tubenta conduit, para fijar la soportante a la estructura, se pueden utilizar los taquetes expansivos o la soldadura eléctrica, en sustitución de los taquetes se pueden utilizar también los pernos roscados de alta velocidad.*



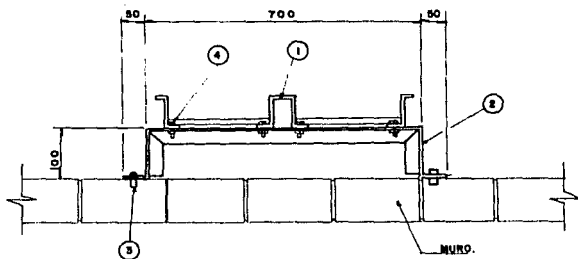
PART.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CAT. Nº	MARCA	SIC. DGE.
1		TRA	TRAMO DE CHAROLA TIPO ESCALERA.		CROSS-LINE	
2		MTS.	CONDUCTORES AISLADOS DE COBRE		CONDUMEX	
3-		PZA.	ABRAZADERA PARA CABLE		CH.DOMEK	

FIG. 4.7 DETALLE DE REATE DE CHAROLA (AL) A TABLERO.



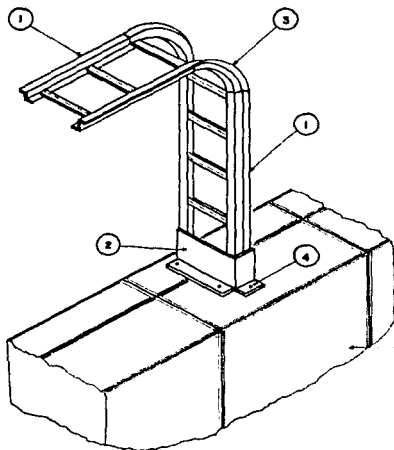
PART.	CANT.	UMD.	DESCRIPCION	CANT <sup>o</sup>	MARCA	SICDGE
1		M.	CABLE DE COBRE DESNUDO.		CONDUMEX	
2	1	PZA	MONITOR			
3		M	CABLE DE COBRE CON AISLAMIENTO.		CONDUMEX	
4		TMO	CHAROLA DE ALUMINIO		C LINE	
5		PZA	CONECTOR		BURNDY.	
6		PZA	ABRAZADERA PARA CABLE DESNUDO.		ANPASA.	
7		PZA	TORNILLO DE BRONCE			
8		TMO	TUBO CONDUIT.		PEASA.	

FIG.4.8 DETALLE DE FIJACION DE CABLE DESNUDO EN CHAROLA  
PARA SISTEMA DE TIERRAS.



PART.	UMID.	DESCRIPCION.	CAT.No.	MARCA	SIG.DBE
1	T.MO.	TRAMO RECTO DE CHAROLA TIPO ESCALERA	CH-129	C.L.ME.	
2	Kg	ANGULO DE FIERRO DE 2" x 1/4"		AHMSA.	
3	PZA	TORNILLO CABEZA HEXAGONAL DE 1/2" DE LONG. Y TAQUETE DE EXPANSION METALICO DE 1/4" Ø		RAMSA.	
4	PZA	TORNILLO CABEZA DE GOTA DE 1/4" Ø x 1" DE LONG.			

FIG.4.9 DETALLE DE FIBACION DE CHAROLA SOBRE UN MURO.



SUBESTACION  
COMPACTA.

PART.	UNID.	DESCRIPCION	CAT.No.	MARCA.	SAC.DBE.
1	TMO	TRAMO RECTO DE CHAROLA TIPO ESCALERA	TA	DOMEX	3387
2	PZA	CONECTOR DE CHAROLA TIPO ESCALERA A CAJA.	CEL	DOMEX	3387
3	PZA	CURVA VERTICAL EXTERIOR A 90°	CVE	CLINE	
4	PZA.	TORNILLO DE CABEZA HEXAGONAL DE 1/4" DE Ø x 1"			

FIG.4.10 DETALLE DE REMATE DE CHAROLA A SUBESTACION COMPACTA.

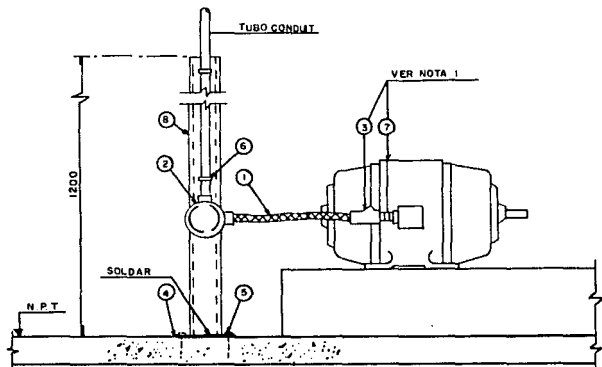


### *Detalles de instalación, equipos varios.*

*En los siguientes detalles de instalación se observan algunos equipos de los que con mayor frecuencia nos encontramos en la práctica (aunque como es de esperarse no pudimos incluir tantos como quisiéramos). De hecho todos los detalles son importantes para su observación, pero nosotros pensamos que algunas de las cuestiones más importantes son las que se manejan a continuación en forma de listado.*

- 1.- La fijación de los equipos al piso, estructuras u otros equipos.*
- 2.- Se introduce el elemento amortiguador en la cuestión de los equipos con vibración (motores), para disminuir este problema se instala la tubería flexible.*
- 3.- Tener presente el elemento tierra, aparecen conectores para cable de tierras.*
- 4.- Fijación de luminarios por medio de colgantes (en este caso cadenas).*

*Estos detalles se proponen solo como guía, aunque definitivamente la decisión última la tomará la persona encargada de la instalación*

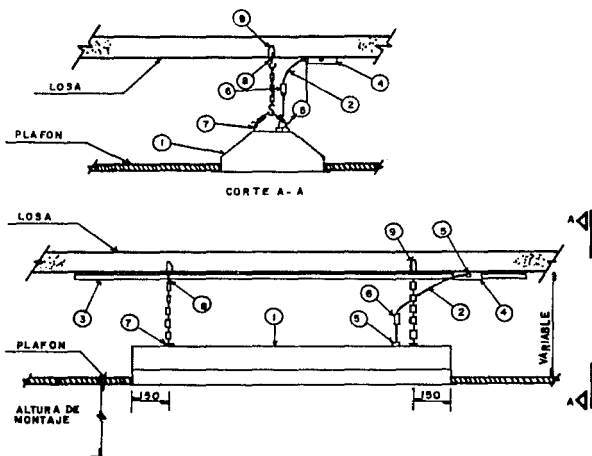


NOTA:

- 1.- EL CONDULET SELLO Y EL NIPLE SE REQUIEREN A LA ENTRADA DE LA CAJA DE CONEXIONES DEL MOTOR CUANDO EL DIAMETRO DEL COPLE FLEXIBLE SEA MAYOR DE 38mm DE Ø

PART.	CANT.	UNID.	DESCRIPCIÓN	CAT. Nº	MARCA	SIG. DGE
1		PZA	COPLE FLEXIBLE DE BRONCE A PRUEBA DE EXPLOSION.			
2		PZA	CAJA CONDULET SERIE GUA TIPO GUAL.			
3		PZA	SELLO EYS TIPO HEMBRA DE POSICION VERTICAL U HORTAL.			
4		PZA	PLACA DE ACERO AL CARBON DE 200 x 200 x 6.3mm			
5		PZA	BARREANCLA DE 9.5 mm Ø			
6		PZA	ABRAZADERA TIPO U DE Fe. GALVANIZADO CON 2 TUERCAS			
7		PZA	NIPLE DE 10cm DE LONGITUD MAXIMA.			
8		PZA	CANAL DE ACERO AL CARBON.			

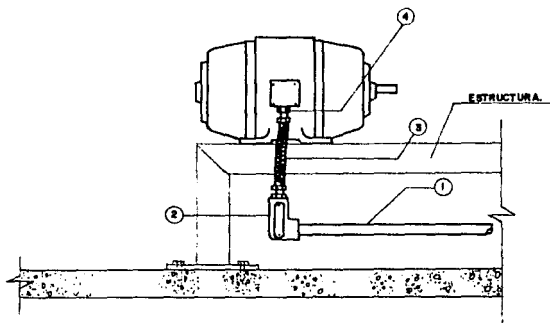
FIG. 4.11 DETALLE DE REMATE A MOTOR CON COMPONENTES  
A PRUEBA DE EXPLOSION.



ACOT. MM

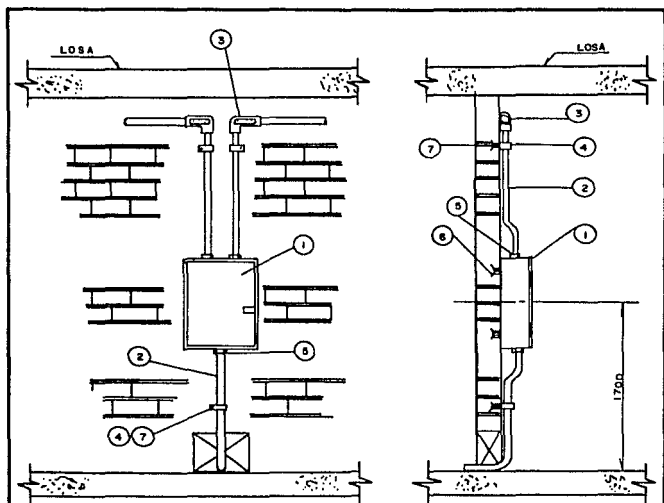
PART.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CAT. Nº	MARCA	DIC. DGE
1	1	PZA.	UNIDAD DE ALUMBRADO FLUORESCENTE.			
2	1.5	M	CABLE USO RUDD			
3	—	M	TUBO CONDUIT.			
4	1	PZA.	CAJA DE CONEXIONES			
5	2	PZA.	CONECTOR.			
6	1	JOO.	RECEPTACULO COLGANTE Y CLAVIJA.			
7	4	PZA.	ARMELLA			
8	2	PZA.	PERNO GANCHO.			
9	2	PZA.	BARRENANCLA.			

FIG.4.12 DETALLE DE FIJACION DE UNIDAD DE ALUMBRADO.



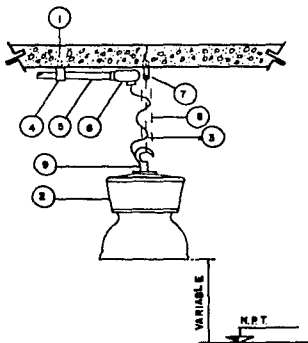
PART.	UNID.	DESCRIPCION.	CAT. No.	MARCA	SIG.DBE.
1	TMO	TUBO CONDUIT DE F <sup>o</sup> GALVANIZADO PARED GRUESA		PEASA	
2	PZA	CAJA CONDULET SERIE OVALADA TIPO "L"		C LINE	
3	MTS	TUBO FLEXIBLE A PRUEBA DE LIQUIDOS TIPO LIQUATITE		I M F	
4	PZA	CONECTOR RECTO A PRUEBA DE LIQUIDOS TIPO "CPL"		CHOMEX	

FIG. 4.13 DETALLE DE REATE. DE MOTOR CON TUBO FLEXIBLE.



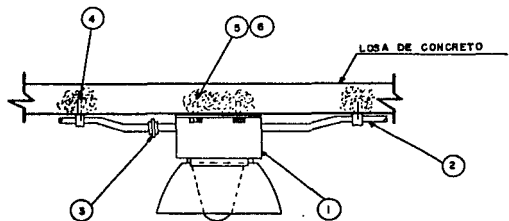
PART.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CAT.Nº	MARCA	SIC.DGE
1		PZA.	TABLERO DE DISTRIBUCION		F.P.E	
2		TMO.	TUBO CONDUIT		PEASA.	
3		PZA	CAJA CONDULET.		C.LINE	
4		PZA	ABRAZADERA		P.SORDO	
5		JGO	CONTRATUERCA Y MONITOR.		P.SORDO	
6		PZA	TORNILLO		RAMSA.	
7		PZA	TORNILLO		RAMSA.	

FIG.4.14 DETALLE DE REMATE DE TUBERIA A TABLERO.



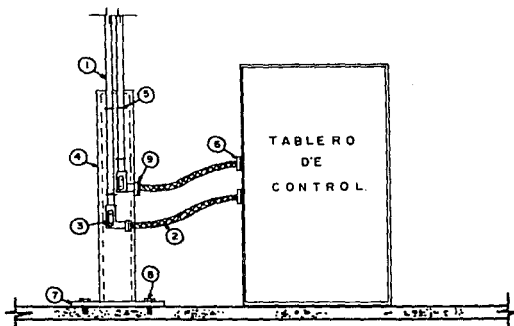
PART.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CAT. Nº	MARCA	SIC. DISE
1	1	PZA	PERNO DE ALTA VELOCIDAD.			
2	1	PZA	UNIDAD DE ALUMBRADO		HOLDPINE	
3		M	CABLE USO RUDD			
4	1	PZA	ABRAZA TIPO "UÑA"		GLEASON	
5		TMO	TUBO CONDUIT.		PEASA	
6		PZA	CAJA CONDULET.		DOMEX	
7		PZA	PERNO DE ALTA VELOCIDAD			
8		M	CADENA DE ALAMBRE CAL. 12.			
9		PZA	GANCHO DE MONTAJE.			

FIG.4.15 DETALLE DE FIBACION A UNIDAD DE ALUMBRADO.



PART.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CAT. N°	MARCA	SC. OBE.
1		PZA.	LUMINARIA DE VAPOR DE MERCURIO.			
2		MT.	TUBO CONDUIT P.G.			
3		PZA.	TUERCA UNION.			
4		PZA.	ABRAZADERA			
5		PZA.	TAQUETE.			
6		PZA.	TORNILLO.			

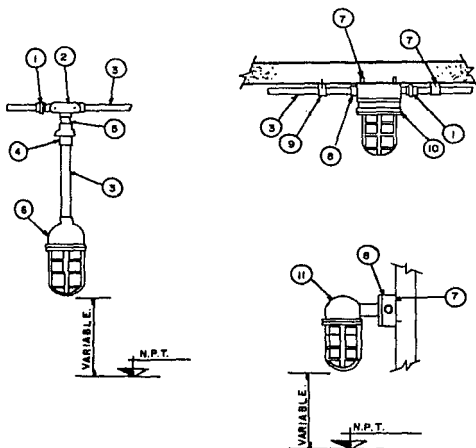
FIG. 4.16 DETALLE DE FIJACION DE UNIDAD DE ALUBRADO EN LOSA.



PART.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CAT.Nº	MARCA	SIC.DOE
1		TMO.	TUBO CONDUIT DE FIERRO GALVANIZADO P/G.		PEASA.	
2		MT	TUBO CONDUIT FLEXIBLE A PRUEBA DE LIQUIDOS.		T.M.F	
3		PZA	CAJA CONDULET SERIE OVALADA.		C-LINE	
4		Kg	CANAL DE ACERO.		AHMSA	
5		PZA	ABRAZADERA TIPO "U" DE Fº GALVANIZADO CON 2 TUERCAS HEXAGONALES.			
6		PZA	CONECTOR RECTO.		CHDOMEZ	
7		PZA	PLACA DE ACERO.		AHMSA.	
8		PZA	BARRENACLA.		RANSA.	
9		PZA	TUERCA UNION		C.H.DDM.	

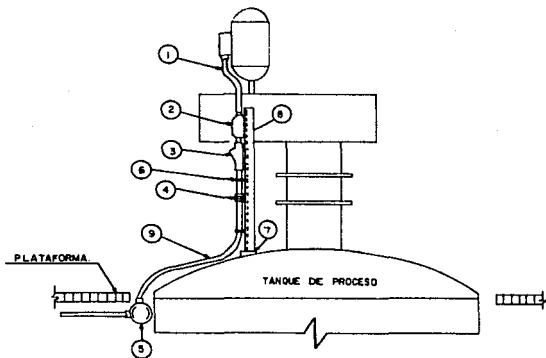
FIG.4.17 DETALLE DE REMATE DE TUBERIA A TABLERO DE CONTROL.





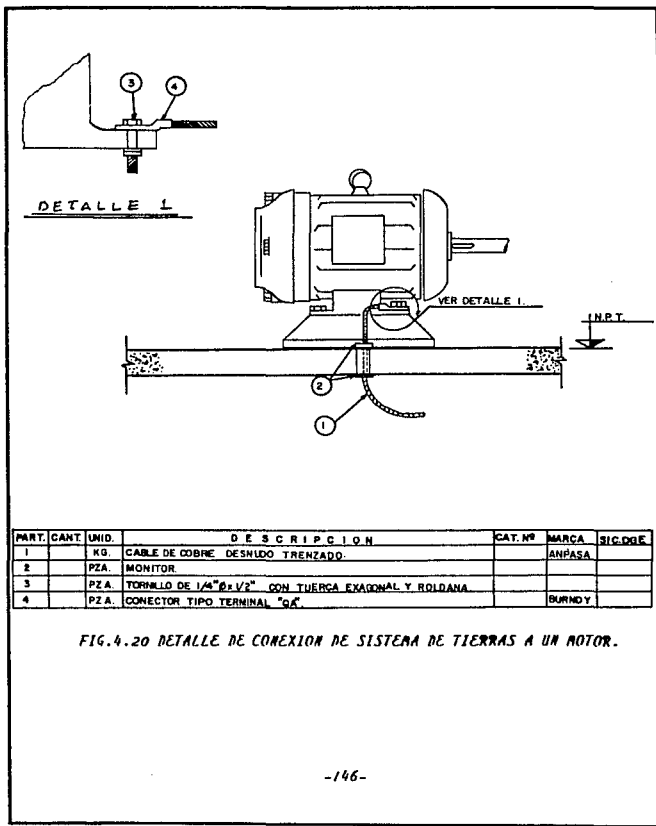
PART. CANT.	UNID.	DESCRIPCION.	CAT. NR.	MARCA.	SIC. DGE.
1	PZA.	TUERCA UNION.		DOMEX	
2	PZA.	CAJA DE CONEXIONES TIPO CONDULET SERIE OVALADA		DOMEX	
3	TMO.	TUBO CONDUIT DE F. GALVANIZADO PARED GRUESA.		PEASA.	
4	PZA.	COLGADOR TIPO UNJ.		DOMEX	
5	PZA.	NIPL E DE F.		PEASA.	
6	PZA.	UNO DE ALUMB. INCAND. SELLADO A PRUEBA DE VAPOR SERIE V MOD. VDA CON GLOBO, GUARDA, REFLECTOR Y DOMO.		DOMEX	
7	PZA.	ANCLA ROSCADA DE R. DE 1/4" x 2", CON TUERCA EXAGONAL			
8	PZA.	CAJA DE CONEXIONES SERIE REDONDA MOD. S E H C.			
9	PZA.	ABRAZADERA TIPO UÑA DE LAMINA GALVANIZADA.			
10	PZA.	UNO DE ALUMB. INCAND. SELLADO A PRUEBA DE VAPOR SERIE ARB.		DOMEX	
11	PZA.	UNO DE ALUMB. INCAND. SELLADO A PRUEBA DE VAPOR SERIE BJR.		DOMEX	

FIG. 4.18 DETALLE DE FISACION DE ALUMBRADO A PRUEBA DE VAPOR.



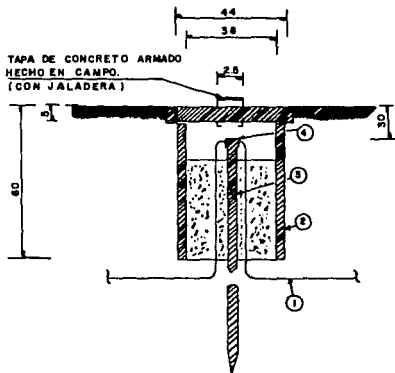
PART	CANT.	UMID.	DESCRIPCION.	CAT. NR.	MARCA	RIC. DNE.
1		PZA	COUPLE FLEXIBLE, A PRUEBA DE EXPLOSION CON 2 ROSCAS HEMBRAS Y 2 NIPLES		DOMEX	
2		PZA	CONDULET A PRUEBA DE EXPLOSION TIPO "C" CON TAPA CIEGA		DOMEX	
3		PZA	SELLO TIPO HEMBRA DE POSICION VERTICAL		DOMEX	
4		PZA	TUERCA UNION HEMBRA			
5		PZA	CONDULET A PRUEBA DE EXPLOSION TIPO "L" CON TAPA CIEGA		DOMEX	
6		PZA	ABRAZADERA TIPO "U" DE F# GALVANIZADO			
7		KG.	PLACA DE ACERO AL CARBON DE 200x200x63mm.			
8		KG.	CANAL DE ACERO AL CARBON DE 101mm.			
9		TMO.	TUBO CONDUIT DE F# GALVANIZADO PARED GRUESA		PEASA	

FIG. 4.19 DETALLE DE REATE A MOTOR EN UN EQUIPO DE PROCESO.



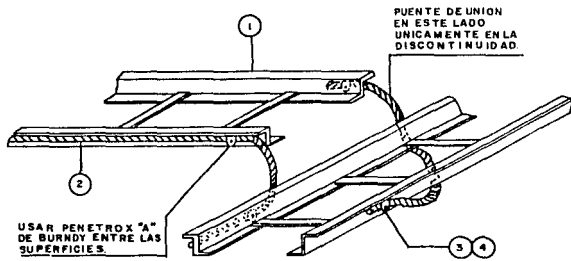
### *Detalles de instalación, sistema de tierras.*

*A diferencia de los demás detalles de instalación, en estos se puede tomar casi como norma la manera en que se presentan los detalles para su instalación, esto se debe a que no pueden ser ambiguas las especificaciones que al respecto emite la SeCoFi. Se observa en estos detalles las conexiones que se deben realizar entre diferentes tramos de cable de la misma malla de tierras, a canalizaciones (como en el caso de la chanola), a la tierra misma, etc. También se muestra la protección que se debe observar en el caso del sistema de pararrayos.*



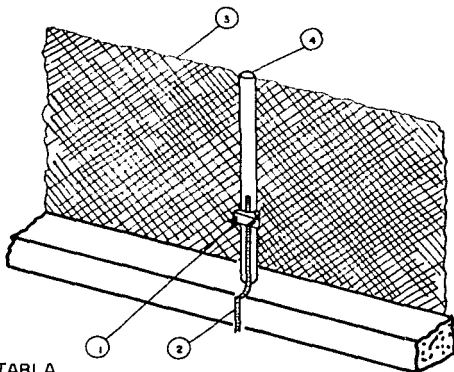
PART.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CAT. N°	MARCA	SIG. DISE
1		MT.	CABLE MONOPOLAR DE COBRE DESNUDO SEMIDURO 4/0 AWG.		CONUMEX	
2		PZA.	TUBO DE ALBAÑAL DE 38 cm $\phi$ x 60 cm DE LONGITUD.			
3		PZA.	VARILLA COPPERWELD DE 5/8" $\phi$ x 10' DE LONGITUD.		CADWELD.	
4		PZA.	CONECTOR MECANICO		BURNOT.	

FIG. 4.21 DETALLE DE CONEXION DE VARILLA COPPERWELD  
PARA SISTEMA DE TIERRAS.



PART.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CATNº	MARCA	SGC.DSE
1		TMO.	CHAROLA DE ALUMINIO.		C-LINE.	
2		MT.	CABLE DE COBRE DESNUDO.		CONELMEC	
3		PZA.	CONECTOR MECANICO.		BURNDY	
4			PENETROX "A"			

FIG.4.22 DETALLE DE CONEXION DE SISTEMA DE TIERRAS PARA CHAROLA.

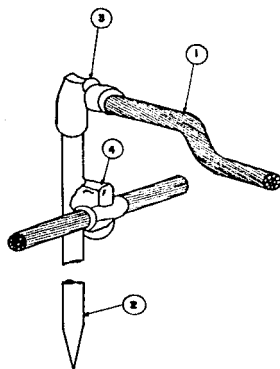


TABLA

Ø DEL TUBO.		CONECTOR MECANICO
mm.	puig	BURNDY CAT.No.
38	1 1/2	GA R 17 2 6
51	2	18 2 6
64	2 1/2	19 2 6
76	3'	20 2 6

PART	CANT	UNID.	DESCRIPCION	CAT. Nº	MARCA	SIC. DQE
1	1	PZA	CONECTOR		BURNDY	
2	—	MTS	CABLE DE COBRE DESNUDO		CONDUMEX	
3	—		MALLA CICLONICA DE ALAMBRE			
4	—		TUBO DE Fe GALVANIZADO		PEASA.	

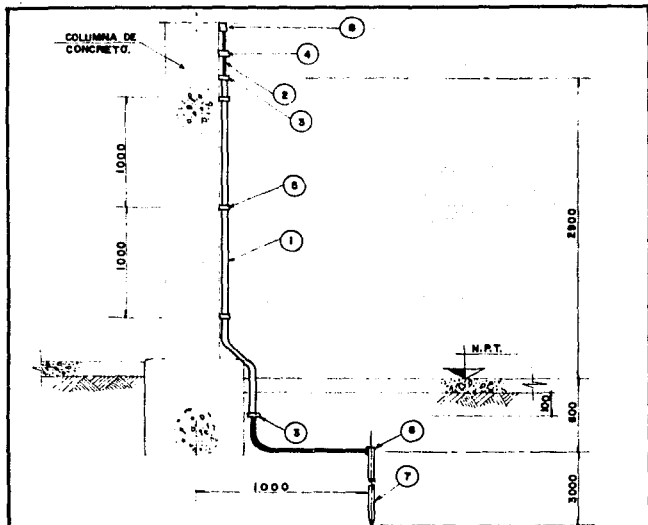
FIG. 4.23 DETALLE DE SISTEMA DE TIERRAS SOBRE UNA MALLA.



PART.	UNID.	DESCRIPCION.	CAT.No.	MARCA.	SIG.D.E.
1	M	CABLE DE COBRE SUAVE DESNUDO CALBRE INDICADO EN PLANOS		CONDUMEX	2824
2	M	VARILLA PARA TIERRA COPPERWELD DE COBRE ELECTROLITICO		CADWELD	6707
3	PZA	CONECTOR SOLDABLE PARA CONECTAR CABLE DE TOPE A VARILLA DE TIERRA TIPO GR.		CADWELD	5331
4	PZA	CONECTOR SOLDABLE PARA CONECTAR CABLE DE PASO A VARILLA DE TIERRA TIPO GY.		CADWELD	6707

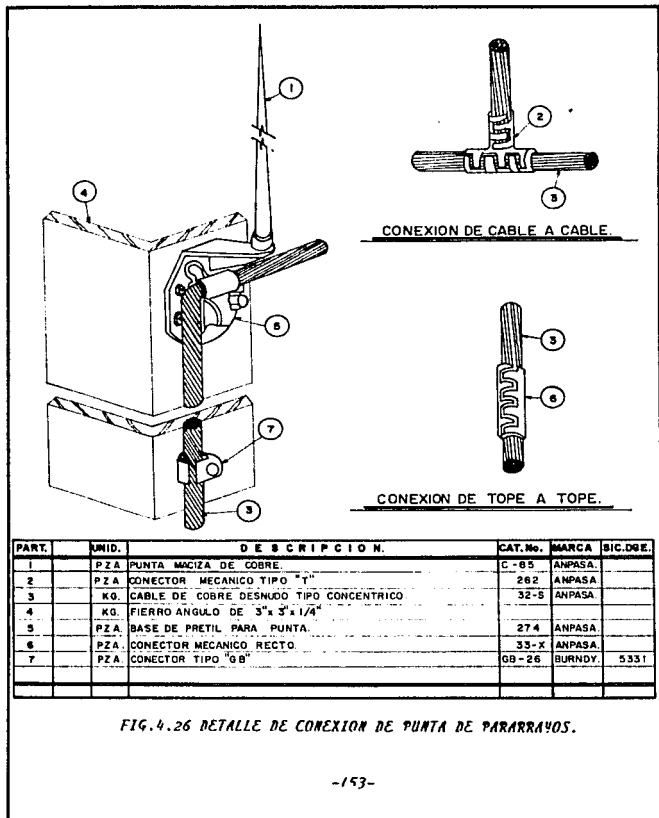
FIG. 4.24 DETALLE DE CONEXION DE CABLE A VARILLA COPPERWELD.





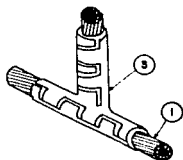
PART.	UNID.	DESCRIPCION	CAT. No.	MARCA.	SIC. DBE
1	TMO.	TUBO CONDUIT DE P.V.C. TIPO PESADO.			
2		CABLE DE COBRE DESNUDO TRENZADO CAL 2/0 AWG.		CONDUIM	
3	PZA.	MONITOR PARA CONDUIT P.V.C			
4	PZA.	ABRAZADERA PARA CABLE DE COBRE DESNUDO	C-121 A	ANPASA	
5	PZA.	ABRAZADERA DE LAMINA GALVANIZADA TIPO OMEGA		SOMETUSA	
6	PZA.	CONECTOR MECANICO GAR	GAR-642	BURNDY	5331
7	PZA.	VARILLA DE TIERRAS TIPO COPPERWELD.		CADWELD	6707
8	PZA.	DESCONECTOR DE TIERRA.	C-303 X	ANPASA.	

FIG. 4.25 DETALLE DE SISTEMA DE PARARRAYOS.

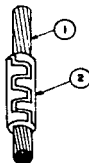


PART.	UNID.	DESCRIPCION.	CAT.No.	MARCA	SIC.DGE.
1	PZA	PUNTA MACIZA DE COBRE.	C-85	ANPASA.	
2	PZA	CONECTOR MECANICO TIPO "Y"	262	ANPASA	
3	KG.	CABLE DE COBRE DESNUDO TIPO CONCENTRICO	32-5	ANPASA	
4	KG.	FIERRO ANGULO DE 3"x 3"x 1/4"			
5	PZA	BASE DE PRETIL PARA PUNTA.	274	ANPASA.	
6	PZA	CONECTOR MECANICO RECTO.	33-X	ANPASA.	
7	PZA	CONECTOR TIPO "GB"	GB-26	BURNDY.	5331

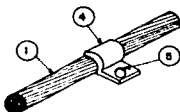
FIG.4.26 DETALLE DE CONEXION DE PUNTA DE PARARRAYOS.



DERIVACION EN "T".



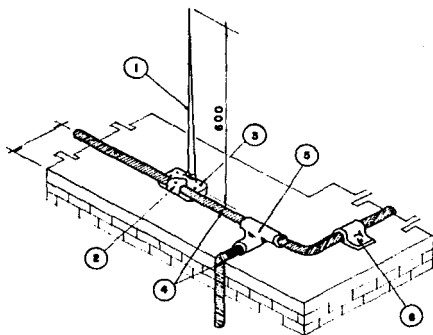
CONEXION DE TOPE A TOPE.



ABRAZADERA PARA CABLE.

PART.	UNID.	DESCRIPCION.	CAT. No.	MARCA	SIC. DBE.
1	KG	CABLE DE COBRE DESNUDO TRENZADO DE 32 HILOS		ANPASA	
2	PZA	CONECTOR MECANICO RECTO.	33-X	ANPASA	
3	PZA	CONECTOR MECANICO TIPO "T"	262	ANPASA	
4	PZA	ABRAZADERA PARA CABLE.	121-A	ANPASA	
5	PZA	PERNO DE 3/16" CON ROLDANA Y TUERCA EXAGONAL.			

*FIG.4.27 DETALLE DE TIPOS DE CONEXION DE CABLE DESNUDO.*



PART.	CANT.	UNID.	DESCRIPCION	CAT. N°	MARCA	SIC.DGE
1		PZA.	PUNTA MAZZA DE COBRE DE 60 cms. CROMADA.	G-104	ANPASA.	
2		PZA.	BASE PLANA PARA PUNTA	C-60	ANPASA.	
3		PZA.	PIJA, ROLDANA Y TAQUETE DE MADERA			
4		KG.	CABLE DE COBRE DESNUDO TIPO CONCENTRICO DE 29 HILOS.		CONDUM	
5		PZA	CONECTOR MECANICO DE PRESION TIPO "T"	C-262	ANPASA	
6		PZA	ABRAZADERA DE COBRE PARA CABLE	C-121-A	ANPASA	

FIG.4.28 DETALLE DE FIJACION DE SISTEMA DE PARARRAYOS.

## *Conclusiones.*

*Este capítulo nos ofrece perspectivas que normalmente pasan desapercibidas para nosotros, como es el caso de los trámites ante dependencias oficiales. Generalmente el hablar de estas cuestiones produce cierta incomodidad dado el carácter de obligatoriedad que tienen estos trámites, además de que incurren en una falla al respecto produce como consecuencia las multas o suspensiones del servicio. Una manera de introducirse a este tipo de cuestiones es realizando el servicio social en SeCoFi por ejemplo.*

*Un aspecto muy interesante de este capítulo es el hecho de que nos muestra que la Ingeniería está realmente basada o apoyada en cuestiones prácticas como lo es el caso del diseño de los detalles de instalación.*

## CAPITULO V

### NORMAS TECNICAS Y TABLAS DE CONSULTA

#### *Introducción.*

*Como se puede observar en el capítulo anterior, todos los cálculos deben estar soportados técnicamente por algún documento de tipo oficial. Lo anterior significa que si bien, el proyectista aporta su ingenio al diseñar, todos los proyectos deben estar basados en el reglamento de instalaciones y más específicamente en las normas técnicas que emite la dirección general de normas.*

*A lo largo de este documento se mencionan algunos de los artículos de las normas técnicas, en las páginas siguientes se transcriben estos y algunos otros que se consideran de importancia, aunque se recomienda que el alumno adquiera el texto completo y lo maneje como los licenciados en derecho manejan el código civil. Además de los artículos de las normas técnicas. Se reproducen algunas tablas que se consideran de importancia para poder visualizar de una manera más completa lo que estas representan en el campo del proyecto y la instalación eléctrica.*

## PROYECTO Y PROTECCION DE INSTALACIONES

### SECCION 201, ACOMETIDAS Y EQUIPO DE CONEXION DEL SERVICIO

#### Acometidas y equipo de servicio

##### 201.1 Definiciones.

La sección contiene las definiciones de "acometida" y "equipo del servicio" tal como deben entenderse para la interpretación y aplicación de los requisitos que contiene esta sección.

##### 201.2 Acometidas. número y características.

- a) En, el servicio a un inmueble debe abastecerse por me dio de una sola acometida.
  
- b) En el caso de requerirse la instalación de más de una acometida para el servicio del inmueble, debe cumpli se con lo que al respecto disponga la secretaria o in dique el suministrador, en base al reglamento de la Ley del servicio público de energía eléctrica.
  
- c) Cuando las acometidas se instalen en una canalización, esta no debe contener a otros conductores, excepto conductores de puesta a tierra.

d) Los conductores de una acometida que abastezca a un edificio, no deben pasar a travéz de otro edificio o estructura.

e) Otras características de las acometidas y de su instalación son materia de las normas del propio suministrador.

#### 201.4 Equipo del servicio.

El equipo del servicio de un inmueble debe quedar situado en un local que esté libre de material fácilmente inflamable y que sea de dimensiones tales que permita al personal de la empresa suministradora efectuar, con facilidad y seguridad, la instalación, operación, mantenimiento y retiro del mismo equipo. Asimismo, el equipo de servicio debe quedar localizado en un lugar de fácil acceso para el personal de la compañía suministradora.

Las partes vivas del equipo de servicio deben quedar protegidas por cubiertas con el propósito de evitar cualquier contacto accidental, a menos que solo sean accesibles a personas idóneas.

Los gabinetes del equipo de servicio deben conectarse a tierra de acuerdo con las disposiciones de la sección 206.

La instalación del equipo de servicio, por parte del suministrador, debe ajustarse a lo que establecen el reglamento de la ley del servicio público de energía eléctrica y las disposiciones complementarias emitidas por la secretaría.



*Medios principales de desconexión y de protección  
en la instalación del usuario*

*201.8 Medio de desconexión principal.*

*En cada servicio debe proveerse un medio que permita desconectar, del servicio de suministro, a toda la instalación servida y que constituya el medio de desconexión principal de la instalación del usuario.*

*Este medio de desconexión debe instalarse después del equipo de medición (servicio) y debe ser un interruptor adecuado a la tensión de suministro y de capacidad suficiente para desconectar la carga máxima que pueda tomar el propio servicio.*

*El medio de desconexión principal debe ser de apertura instantánea y debe poder desconectar manualmente a todos los conductores activos de la instalación. Cuando este medio de desconexión no desconecte también el conductor conectado a tierra (neutro), debe proveerse otro medio, fácilmente accesible, para desconectar a dicho conductor; este medio puede ser una zapata u otro conector adecuado.*

*El medio de desconexión debe indicar claramente si está en posición de abierto o cerrado.*

*Antes del medio de desconexión principal del usuario, pueden quedar conectados en el lado de abastecimiento, apartallas, circuitos para alumbrado de emergencia, para alarmas y sistemas contra incendio, con su respectiva protección contra sobrecorriente.*

### 201.9 Medio de protección principal.

Como parte integrante del medio de desconexión principal o adyacente al mismo, el usuario debe instalar un dispositivo contra sobrecorriente en su instalación. Este dispositivo de protección puede ser un juego de fusibles o un interruptor automático de capacidad interruptiva adecuada al cortocircuito máximo que se pueda presentar. En cualquier caso, deben satisfacerse los requisitos generales de los dispositivos de protección contra sobrecorriente que establece la sección 205.

## SECCION 202, CIRCUITOS DERIVADOS

### 202.1 Aplicación.

Esta sección se aplica a los circuitos que alimentan unidades de alumbrado, aparatos domésticos y comerciales o a combinaciones de ambos, en instalaciones de utilización de baja tensión.

Cuando en un circuito derivado se conecten motones en combinación con unidades de alumbrado u otros aparatos, deben aplicarse los requisitos de esta sección y los de la sección 403...

### 202.3 Clasificación.

Para los efectos establecidos en esta sección, los circuitos derivados se clasifican de acuerdo con la capacidad o ajuste de su dispositivo de protección contra sobrecorriente; el cual determina la capacidad nominal del circuito, aunque,

por alguna razón, se usarán conductores de una capacidad mayor...

#### 202.5 Tensión máxima de los circuitos derivados.

- a) La tensión de los circuitos derivados que alimenten unidades de alumbrado y contactos de uso general no debe ser mayor de 150 volts a tierra...

#### 202.6 Caída de tensión.

La caída de tensión global desde el medio de desconexión principal hasta cualquier salida de la instalación (sea de alumbrado, fuerza, calefacción, etc.) no debe exceder el 5%.

Se recomienda que dicha caída de tensión se distribuya razonablemente en el circuito derivado y en el circuito alimentador, de tal manera que en cualquiera de ellos la caída de tensión no sea mayor del 3 por ciento.

#### 202.7 Conductores de circuitos derivados.

Se establece una excepción en el inciso a) y se añade el inciso c) quedando de la siguiente manera:

- a) Capacidad de corriente. Los conductores de un circuito derivado deben tener una capacidad de corriente no menor que la capacidad nominal del circuito, de acuerdo con el artículo 202.3 y no menor que la carga por servir.
- b) Calibre mínimo. En circuitos derivados para cargas de finidas ya sea de fuerza, alumbrado, calefacción o u-

na combinación de estas cargas, no deben usarse conductores de calibres menores que el No. 14 AWG.

c) Conductor neutro. Cada circuito derivado debe tener un conductor neutro individual.

Este requisito no prohíbe el uso de circuitos derivados multifilares para alimentar cargas monofásicas conectadas entre cada conductor activo y el neutro, en los cuales el dispositivo de desconexión debe abrir simultáneamente los conductores activos.

a) Excepción. En circuitos derivados de 15 y 20 amperes se permite usar conductor de calibre No. 14 AWG en las derivaciones que parten desde los conductores principales del circuito hasta los luminarios o point lámparas controlados por apagadores.

#### 202.9 Protección contra sobrecorriente.

Los conductores activos y demás elementos de un circuito derivado deben protegerse contra corrientes excesivas por medio de un dispositivo de protección contra sobrecorriente que este de acuerdo con el valor de la carga de la corriente permisible en los mismos conductores como se establece en el artículo 205.4 y, asimismo, de acuerdo con las características de los otros elementos del circuito.

## SECCION 203, CIRCUITOS ALIMENTADORES

### 203.1 Aplicación.

Los requisitos de esta sección se aplican a los circuitos alimentadores según se definen en la sección 101, correspondientes a instalaciones de utilización de baja tensión.

### 203.2 Calibre de los circuitos alimentadores.

Los conductores de los circuitos alimentadores deben tener una capacidad de corriente no menor que la correspondiente a la carga por servir. En la sección 204 se dan las bases para determinar la demanda máxima de los alimentadores.

Independientemente de lo anterior, el calibre de los conductores alimentadores no debe ser menor que el calibre No. 10 AWG en los siguientes casos: 1) Cuando un alimentador bifilar abastezca a dos o más circuitos derivados bifilares; 2) Cuando un alimentador trifilar abastezca a tres o más circuitos derivados bifilares; 3) Cuando un alimentador trifilar abastezca a tres o más circuitos derivados trifilares...

### 203.3 Calda de tensión.

La calda de tensión global desde el medio de desconexión principal hasta cualquier salida de la instalación (sea de alumbrado, fuerza, calefacción, etc.) no debe exceder el 5 por ciento.

Se recomienda que dicha calda de tensión se distribuya razonablemente en el circuito derivado y en el circuito alimen-

tados, de tal manera que en cualquiera de ellos la caída de tensión no sea mayor del 3 por ciento.

#### 203.6 Medios de conexión a tierra.

Cuando un alimentador abastezca a circuitos derivados que requieran de conductores de puesta a tierra, el alimentador debe incluir o proveer un medio de puesta a tierra (conductor especial o canalización metálica), al cual estén conectados los conductores de puesta a tierra de los mismos circuitos derivados.

### SECCION 204, CALCULO DE LA CARGA DE LOS CIRCUITOS

#### 204.1 Aplicación.

En esta sección se dan bases generales para estimar la carga que tendrán los circuitos derivados y alimentadores y para determinar el No. de circuitos derivados requeridos.

Es posible que en casos específicos, pueda obtenerse la carga real de los circuitos considerando cargas unitarias y factores de demanda diferentes de los aquí indicados. En tales casos, al solicitar a la secretaría la aprobación del proyecto, debe justificarse los valores usados.

Se recomienda, que, en general, al calcular la carga de los circuitos, se prevean posibles aumentos en la carga conectada.

Las cargas indicadas en esta sección están basadas en la tensión nominal del sistema utilizado, tal como 220/127 volta

para un sistema trifásico de 4 hilos y 240/120 volts para un sistema monofásico de 3 hilos.

#### 204.7 Cálculo de la demanda máxima.

La demanda máxima en un circuito alimentador puede determinarse sumando las cargas de los circuitos derivados que estarán abastecidos por él, afectadas por los factores de demanda que se indican en el artículo siguiente, y que sean aplicables al caso de que se trate. El circuito alimentador debe tener una capacidad, por lo menos, igual a la demanda máxima en el mismo...

### SECCION 205, PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE

#### A. Generalidades

##### 205.1 Aplicación.

En esta sección se establecen requisitos generales para la protección contra sobrecorriente de circuitos con tensiones nominales de operación de hasta 1 000 volts. Los dispositivos usados comunmente para esta protección son los fusibles, los interruptores automáticos y otros dispositivos diseñados para tal fin.

##### 205.2 Propósito de la protección contra sobrecorriente.

La protección contra sobrecorriente para conductores y equipos tiene por objeto interrumpir el circuito cuando la co-

niente alcance un valor que pueda producir temperaturas excesivas o peligrosas en los conductores o en los aislamientos mismos.

#### 205.4 Protección de los conductores contra sobrecorriente.

La capacidad o ajuste de los dispositivos que protejan conductores contra sobrecorrientes debe estar de acuerdo con el valor de la corriente permisible en los mismos conductores.

Si la corriente permisible en los conductores no corresponde a un fusible u otro dispositivo no ajustable, de capacidad normal, puede usarse el fusible o dispositivo de capacidad inmediata superior, siempre que esta no exceda el 125 por ciento de dicha corriente permisible...

### SECCION 206, PUESTA A TIERRA

#### A. Generalidades

##### 206.1 Aplicación.

Esta sección contiene requisitos para la puesta a tierra de instalaciones eléctricas y equipos, como medio de protección para las personas y para las propias instalaciones.

En esta sección se establece, en forma general, en que casos se conectará a tierra los circuitos, las canalizaciones y cubiertas metálicas de cables y partes metálicas de los equipos, así como los métodos para efectuar dicha conexión a tierra. En otras secciones de estas normas técnicas se dan requi



sitas adicionales para la puesta a tierra de instalaciones y equipos específicos, los cuales se complementan o sustituyen a los de esta misma sección...

#### 206.26 Equipo fijo en general.

Las partes metálicas expuestas no portadoras de corriente de equipo fijo, incluyendo sus cubiertas y soportes metálicos que pudieran quedar energizados bajo condiciones anormales, deben ponerse a tierra en cualquiera de las condiciones siguientes:

- a) Cuando el equipo opere a una tensión mayor de 150 volts a tierra.
- b) Cuando el equipo esté instalado en lugares húmedos o mojados y esté fácilmente accesible o no esté protegido por resguardos, cualquiera que sea su tensión de operación.
- c) Cuando dichas partes se encuentren accesibles y en contacto eléctrico con estructuras metálicas que no estén puestas a tierra.
- d) Cuando dichas partes se encuentren dentro de una distancia de 2.5 metros verticalmente, o de 1.5 metros horizontalmente con respecto a tierra u objetos metálicos puestas a tierra y estén expuestas a contacto de personas.
- e) En lugares clasificados como peligrosos según se requiere en las secciones 501 a 509.

### 206.63 Continuidad.

En el conductor de puesta a tierra de una instalación de utilización no debe intercalarse ningún interruptor automático a menos que al abrirse este, desconecte a todos los conductores del sistema de la fuente de abastecimiento.

## MÉTODOS DE INSTALACION, CONDUCTORES Y CANALIZACIONES

### SECCION 301, MÉTODOS DE INSTALACION, REQUISITOS GENERALES

#### 301.1 Aplicación.

En esta sección se establecen los requisitos eléctricos y mecánicos de carácter general para conductores, canalizaciones y materiales accesorios, así como para su instalación, en sistemas eléctricos de utilización.

#### 301.2 Límites de tensión.

Los métodos de instalación y canalizaciones que se consideran en este capítulo pueden usarse para tensiones que no excedan los 1 000 volts, a menos que se establezcan específicamente una limitación mayor para algún caso en particular. Los mismos métodos y canalizaciones pueden aplicarse a tensiones superiores a 1 000 volts en los casos señalados específicamente en alguna de las secciones de este capítulo o de otros de los capítulos de estas normas.

### 301.3 Construcción y protección de canalizaciones.

En general, las canalizaciones deben diseñarse y construirse en tal forma que aseguren una protección mecánica adecuada y confiable para los conductores contenidos en ellas y deben tener la resistencia mecánica suficiente para soportar, sin cambio en sus características físicas originales, los esfuerzos que puedan producirse durante su transporte, su almacenamiento o su instalación.

Las canalizaciones, cajas y demás accesorios como codos, piezas de acoplamiento, etc., que no estén hechos de material resistente a la corrosión, como es el caso de las canalizaciones metálicas, deben protegerse interior y exteriormente por medio de galvanizado o con un material resistente a la corrosión...

...cuando las canalizaciones metálicas y sus accesorios se instalen embebidos en concreto o en contacto directo con el subsuelo, o bien en los "lugares de condiciones corrosivas" que se definen en la sección 101, su protección contra la corrosión debe ser precisamente la adecuada para el medio en que se encuentren. En "lugares húmedos o mojados", las canalizaciones metálicas visibles no deben colocarse directamente en contacto con la pared o superficie que las soporta.

### 301.5 Continuidad eléctrica y mecánica de canalizaciones y cubiertas de cables.

a) Continuidad eléctrica. Las canalizaciones metálicas y armaduras de cables, así como sus conexiones a cajas

accesorios, gabinetes y similares, deben tener una continuidad eléctrica efectiva a lo largo de todo el sistema de canalización, con una adecuada conexión a tierra como se especifica en la sección 206, subsección D.

- b) Continuidad mecánica. Las canalizaciones y cubiertas de cables deben ser continuas de caja a caja o de accesorio.

### 301.6 Continuidad de conductores.

- a) En tubos y ductos cerrados sin tapa. Los conductores deben ser físicamente continuos (sin empalmes) entre dos cajas o entre dos accesorios consecutivos.
- b) En circuitos multifilares. La continuidad de un conductor puesto a tierra (neutro) no debe depender de la conexión de dispositivos tales como portalámparas, contactos, etc., ya que el retiro de tales dispositivos interrumpiría tal continuidad.

### 302.6 Número de conductores permitidos en una canalización.

En general, al instalarse conductores en una canalización debe de haber suficiente espacio libre, que permita la disipación del calor generado y una fácil instalación y remoción de los mismos conductores. Para un tipo específico de canalización, véase la sección correspondiente a tal canalización en este mismo capítulo.

#### 302.4 Capacidad de corriente en conductores aislados.

La tabla 302.4 indica los valores de capacidad de corriente para conductores de cobre aislados, de acuerdo con el tipo de aislamiento y la forma de instalación. Los valores de esta tabla deben corregirse, como se indica a continuación, por un mayor agrupamiento de los conductores o por un aumento de la temperatura ambiente.

- a) Factores de corrección por agrupamiento. La tabla 302.4a) muestra los factores de corrección que deben aplicarse cuando el número de conductores alojados en una misma canalización o en un cable multiconductor, es mayor de 3.
- b) Factores de corrección por temperatura ambiente. La tabla 302.4b) muestra los factores de corrección que deben aplicarse para condiciones de temperatura ambiente (del local o del lugar en que se encuentren los conductores) de 31°C o mayor.

### SECCION 304, TUBO METALICO RIGIDO

#### 304.1 Aplicación.

Los requisitos de esta sección se aplican al tubo conduit rígido hecho de material metálico, como acero, aluminio o aleaciones especiales.

#### 304.3 Sección y diámetro mínimo.

La sección transversal del tubo debe ser circular. No de-

de usarse tubo metálico rígido de diámetro nominal inferior a 13 mm.

#### 304.4 Número de conductores (factores de relleno).

El número máximo de conductores en un tubo debe estar de acuerdo con los factores de relleno que se indican a continuación:

- a) Todos los conductores que se alojen en un tubo, sean portadores de corriente o no, incluyendo su aislamiento y otros forros, no deben ocupar más del 40% de la sección transversal del tubo en el caso de 3 conductores o más; no más del 30% cuando sean 2 conductores y no más del 55% cuando se trate de un solo conductor. (véanse las tablas del apéndice 1).

En niples hasta de 60 cm de longitud instalados entre cajas, gabinetes y cubiertas similares, se permite ocupar hasta el 60% de la sección transversal del niple, y no es necesario en este caso aplicar los factores de conexión por agrupamiento de la tabla 302.42). Un cable multiconductor de dos o más conductores debe ser tratado como un solo conductor para efectos de aplicación de los factores de relleno antes mencionados.

- b) El número máximo de conductores portadores de corriente que se alojen en un tubo debe ser de 30. En este caso, los conductores de circuitos de control y señalización, tales como los de estaciones de botones, lámparas piloto, etc., y los conductores de puesta a

tierra, no se consideran como pontados de corriente. (véase la tabla 302.4a para los factores de conexión por agrupamiento que afectan a la corriente permisible en los conductores).

#### 304.7 Doblado.

El doblado del tubo metálico rígido debe hacerse con las herramientas adecuadas, de manera que no se produzcan grietas y que su diámetro interior no se vea reducido considerablemente. El radio interior de las curvas no debe ser menor de 6 veces el diámetro exterior del tubo, excepto cuando los conductores tengan cubierta metálica, en cuyo caso, el radio de las curvas debe aumentarse a 10 veces el diámetro del tubo.

#### 304.9 Soportes.

El tubo metálico rígido debe fijarse firmemente cuando menos cada 3 metros y a no menos de 90 cm de cada caja, gabinete o accesorio.

#### 304.10 Puesta a tierra.

Las canalizaciones con tubo metálico rígido pueden usarse como conductor de puesta a tierra de equipos. (véase el artículo 206.54 inciso b).

## SECCION 305, TUBO METALICO FLEXIBLE

### 305.1 Aplicación.

Dentro de esta designación está el tubo flexible común hecho de cinta metálica enrollada (en forma helicoidal), sin ningún recubrimiento, y un tipo de tubo metálico flexible con una cubierta exterior de un material no metálico, que lo hace hermético a los líquidos y es resistente a los rayos solares.

## SECCION 306, TUBO NO METALICO

### 306.1 General.

Los requisitos de esta sección se aplican a los tubos con ducta hechos de materiales no metálicos. Esta designación incluye al tubo rígido de policloruro de vinilo (PVC) y al tubo de polietileno.

### 306.2 Otras secciones aplicables.

Las canalizaciones con tubo no metálico deben cumplir con los requisitos generales de la sección 301 en lo que sea aplicable.

## SECCION 307, Cajas y Accesorios para Canalizar CON TUBO

### 307.1 Aplicación.

Los requisitos de esta sección se aplican a la instala--



ción de cajas y otros accesorios usados para conexiones y salidas en canalización con tubo.

La instalación de cajas y accesorios en áreas peligrosas debe ajustarse a las disposiciones de las secciones 501 a 509.

#### 307.2 Cajas redondas.

No deben usarse cajas redondas donde la tubería o los conectores requieran el empleo de contratuercas y monitores para conectarse al costado de la caja.

### SECCION 308, DUCTOS METALICOS CON TAPA

#### 308.1 Aplicación.

Estos requisitos se aplican a los ductos metálicos de sección cuadrada o rectangular, provistos de tapa embisagrada o desmontable, destinados a contener y proteger a los conductores, los cuales se colocan dentro del ducto después de que este ha sido totalmente instalado. Además de las disposiciones de esta sección, los ductos metálicos con tapa deben cumplir con los requisitos generales que le sean aplicables de la sección 301.

#### 308.2 Uso permitido.

Los ductos metálicos con tapa pueden usarse únicamente como canalizaciones visibles en lugares secos. Cuando se instalen expuestos a la intemperie, su construcción debe ser a prueba de lluvia.

## SECCION 311, CHAROLAS PARA CABLES

### 311.1 Aplicación.

Estos requisitos se aplican a las estructuras rígidas y continuas especialmente construidas para soportar cables, tales como charolas, canales, escalenillas y estructuras similares, las cuales pueden ser de metal o de otros materiales no combustibles. Para los fines de esta sección, estas estructuras se designarán con el nombre de "charolas para cables".

## SECCION 312, INSTALACION VISIBLE SOBRE AISLADORES

### 312.1 Aplicación.

Estos requisitos se aplican a las instalaciones visibles con conductores aislados monopolares, soportados por aisladores. En estas instalaciones, algunos tramos de los conductores pueden requerir el uso de tubos rígidos o flexibles u otros medios de protección contra daños mecánicos.

## SECCION 401, EQUIPO DE ALUMBRADO Y CONTACTOS

### 401.1 Aplicación.

Esta sección contiene requisitos que se aplican a los luminarios y portalámparas; a las lámparas de filamento incandescente y lámparas de descarga eléctrica y al equipo accesorio que forma parte de las instalaciones de alumbrado, del tipo residencial, comercial o industrial; así como a los contac

tos y clavijas.

#### 401.2 Partes vivas.

Los luminarios, portalámparas y contactos no deben tener partes vivas normalmente expuestas, excepto en el caso de portalámparas del tipo de abrazadera y de contactos que estén instalados a una altura no menor de 2.4 metros sobre el nivel del piso. Los portalámparas, contactos y apagadores que tengan terminales accesibles no deben instalarse en cubiertas metálicas de luminarios o en bases descubiertas de lámparas portátiles o de mesa o pie.

#### 401.22 Calibre de Los conductores.

Los conductores de luminarios deben ser adecuados a la corriente de operación de los mismos, pero en ningún caso deben ser menores al calibre 18 AWG.

#### 401.29 Polaridad de Los luminarios.

Los luminarios deben alambriarse de tal forma que los casquillos roscados de los portalámparas queden conectados al conductor neutro del circuito derivado.

### SECCION 403, MOTORES

#### 403.1 Aplicación.

Esta sección contiene requisitos para la instalación de motores y sus dispositivos de desconexión, protección y con-

troil, así como para los circuitos que alimenten a los mismos motores.

#### 403.3 Identificación de motores.

a) Motores de uso normal. Los motores deben estar provistos de una placa de datos con la información siguiente, como mínimo:

- a.1) Marca o nombre del fabricante.
- a.2) Tensión nominal en volts y corriente a plena carga en amperes
- a.3) Frecuencia y número de fases, en motores de corriente alterna, así como tipo de conexión.
- a.4) Velocidad a plena carga.
- a.5) Elevación nominal de temperatura (en grados C) o clase de aislamiento y temperatura ambiente de referencia.
- a.6) Régimen de trabajo (referido al tiempo durante el cual el motor puede funcionar sin alcanzar el límite de temperatura). Este régimen puede ser de 5, 15, 30 o 60 minutos o continuo.
- a.7) Potencia nominal (en C.P. o Kw) para motores de 1/8 de C.P. y mayores.
- a.8) Tensión y corriente a plena carga, secundarias, si se trata de motores de inducción con rotor de vanado.
- a.9) Tensión y corriente del campo en el caso de motores síncronos.

a.10) Tipo del devanado (paralelo, compuesto o serie)  
en motores de corriente directa.

Un motor de varias velocidades debe tener marcadas la corriente y la potencia para cada velocidad, excepto en el caso de motores de polos sombreados o con capacitor dividido fijo que requieren la indicación de la corriente y la potencia solo para la máxima velocidad. Un motor que lleve incorporado un protector térmico, debe tener la indicación en ese sentido.

b) Uso de letras clave. Se recomienda que en motores de corriente alterna de 1/2 C.P. o mayores se usen letras clave que indiquen la potencia que toman los motores con rotor bloqueado. En tal caso, dichas letras deben marcarse en la placa de datos y estar de acuerdo con la tabla 403.3b.

403.8 Ubicación de los motores.

Los motores deben estar ubicados de manera que tengan ventilación adecuada y que el mantenimiento, tal como la lubricación de chumaceras y el cambio de escobillas, pueda hacerse fácilmente.

Los motores abiertos que tengan conmutador o anillos colectores deben estar ubicados o protegidos de manera que las chispas no puedan alcanzar a los materiales combustibles adyacentes. Esto no prohíbe la instalación de dichos motores sobre pisos o soportes de madera que ofrezcan la seguridad suficiente contra el riesgo del incendio por el chispeo.

## *Conductores para circuitos de motores*

### *403.13 General*

*Los requisitos de esta subsección se aplican a los conductores que alimenten motores, a fin de que sean capaces de conducir la corriente requerida, sin sobrecalentamiento, bajo las condiciones que se indican.*

*Deben cumplirse además los requisitos que fijan los artículos 202.6 y 202.3, con respecto a la caída de tensión en los circuitos derivados y alimentadores respectivamente.*

### *403.14 Conductores que alimenten un solo motor.*

*Los conductores de un circuito derivado que alimenten un solo motor deben tener la capacidad de conducción de corriente no menor que el 125% de la corriente a plena carga del motor.*

*En el caso de un motor de velocidades múltiples, la selección de los conductores ubicados en el lado de la alimentación del controlador debe hacerse en base a la mayor de las corrientes a plena carga indicadas en la placa de datos del motor; la selección de los conductores que se encuentren entre el controlador y el motor debe hacerse en base a la corriente nominal que corresponda a la velocidad de que se trate en cada caso.*

*Excepción. Los conductores para un motor que preste un servicio del tipo del tiempo corto, intermitente, periódico o variable, deben calcularse en base a los porcentajes mínimos*

de corriente a plena carga establecidos en la tabla 403.14.

#### 403.16 Conductores que alimenten a varios motores.

Como mínimo, los conductores que alimentan a dos o más motores deben tener una capacidad igual a la suma del valor nominal de la corriente a plena carga de todos los motores, más el 25% de la corriente del motor más grande del grupo.

Cuando uno o más motores del grupo se utilicen con servicio corto de tiempo, intermitente, periódico o variable, la capacidad de los conductores puede calcularse como sigue:

- a) Determina la capacidad de conducción de corriente requerida para cada motor utilizado en un tipo de servicio no continuo, de acuerdo con la tabla 403.14.
- b) Se determina la capacidad de conducción de corriente requerida para cada motor de servicio continuo, basándose en el 100% del valor nominal de la corriente nominal a plena carga del motor.
- c) Se multiplica por 1.25 el valor de la mayor capacidad de la corriente determinado según los incisos a o b, Al valor resultante se le suma el resto de los valores de capacidad de corriente obtenidos según los mismos incisos a y b, y se selecciona el conductor adecuado para esta capacidad de corriente total.

#### 403.22 Protección contra sobrecarga en el motor, general.

Los requisitos de esta subsección se refieren a los dispositivos de sobrecorriente destinados a proteger a los motores

a los aparatos de control de los motores y a los conductores de los circuitos derivados que los abastezcan, contra el calentamiento excesivo debido a las sobrecargas en los mismos motores o fallas de arranque.

Una sobrecarga en un aparato eléctrico es una sobrecalentamiento de operación que, cuando dura un tiempo suficientemente prolongado, puede dañar o sobrecalentar peligrosamente el aparato. Esto no incluye cortocircuitos ni fallas a tierra, para cuya protección se aplican los requisitos de la subsección D de esta sección...

#### 403.34 Protección de circuitos derivados para motores, contra cortocircuitos o fallas a tierra, general.

Los requisitos de esta subsección se aplican a los dispositivos de sobrecalentamiento destinados a proteger a los conductores de circuitos derivados para motores, a los aparatos de control de los motores y a los propios motores contra sobrecalentamientos debidas a cortocircuitos o fallas a tierra.

#### 403.35 Capacidad o ajuste del dispositivo de un solo motor.

El dispositivo de protección contra cortocircuitos o fallas a tierra del circuito derivado para un solo motor, debe ser capaz de soportar la corriente de arranque, pero su capacidad o ajuste no debe exceder los siguientes valores:

- a) En el caso de fusibles sin retardo de tiempo o interruptores automáticos del tipo de tiempo inverso, su capacidad o ajuste no debe ser mayor del 400% de la



coniente a plena carga del motor.

- b) En el caso de fusibles con retardo de tiempo (de doble elemento), su capacidad no debe ser mayor del 225 por ciento de la coniente a plena carga del motor.
- c) En el caso de interruptores automáticos del tipo de disparo instantáneo (sin retardo de tiempo), su ajuste no debe ser mayor del 1300% de la coniente a plena carga del motor.

Solo puede usarse una unidad de disparo instantáneo cuando sea ajustable y cuando se use en combinación a probada de arrancador e interruptor que tenga protección contra sobrecarga y contra cortocircuito intencada en cada conductor activo.

- d) Para un motor con coniente a plena carga de 6 amperes o menos, el circuito derivado puede considerarse protegido por un dispositivo de sobreconiente de 20 amperes o menos.

#### 403.43 Protección de circuitos alimentadores que abastezcan motores, contra cortocircuitos o fallas a tierra, general.

Los requisitos de esta subsección se aplican a los dispositivos de sobreconiente destinados a proteger a los conductores de circuitos alimentadores que abastecen motores, contra sobreconientes debidas a cortocircuitos o fallas a tierra.

403.44 Capacidad o ajuste para cargas de motores.

a) El dispositivo de sobrecorriente de un circuito alimentador que abastezca a varios circuitos derivados, debe tener una capacidad o ajuste que no exceda de la capacidad o ajuste del dispositivo de protección contra cortocircuitos o falla a tierra del circuito derivado correspondiente al motor de mayor potencia, más la suma de las corrientes a plena carga de los demás circuitos derivados.

Cuando en un grupo de motores haya dos o más motores de la misma potencia que sean los más grandes del grupo, debe considerarse a uno solo de ellos como el mayor para los cálculos anteriores.

Si la capacidad obtenida de acuerdo con los cálculos anteriores no corresponde a un dispositivo de corriente de capacidad normalizada, puede usarse el dispositivo de capacidad inmediata superior.

b) Cuando se instalen alimentadores que abastezcan motores, previendo futuras adiciones de carga o cambios, su protección contra sobrecorriente puede estar basada en la capacidad de corriente de los conductores de dichos alimentadores, ajustándose al artículo 205.4.

403.56 Controladores de motores, general.

a) Definición. Para los efectos de esta sección, el término controlador incluye a cualquier interruptor o dispositivo que se use normalmente para arrancar y pa

ran un motor.

- b) Motor fijo de  $1/8$  de C.P. o menos. Para un motor fijo de  $1/8$  de C.P. o menos, que normalmente se deje en marcha y este construido de manera que no pueda ser dañado por sobrecargas o fallas en el arranque, tal como el motor de un reloj o similar, puede servir como controlador el dispositivo de sobrecorriente del circuito derivado.
- c) Motor portátil de  $1/3$  de C.P. o menos. Para un motor portátil de  $1/3$  de C.P. o menos, el controlador puede ser una clavija y un contacto.

#### 403.57 Diseño.

Cada controlador debe ser capaz de arrancar y parar al motor que controla y, en el caso de un motor de corriente alterna, debe de poder interrumpir la corriente a motor bloqueado.

#### 403.58 Capacidad.

Los controladores de motores construidos especialmente para tal fin (arranadores), deben tener la capacidad, en Kw o C.P., no menor que la potencia nominal del motor que controlen.

Los interruptores de cuchillas de uso general pueden usarse como controladores de motores hasta de motores de 2 C.P. y 300 volts como máximo y deben tener una capacidad en amperes de por lo menos el doble de la corriente a plena carga del mo

ton .

Un interruptor automático del tipo de tiempo inverso, con la capacidad adecuada para proteger al circuito derivado del motor, también es adecuado para usarse como controlador.

#### 403.66 Reducción de la corriente de arranque.

a) Servicios suministrados en baja tensión. Un motor con capacidad mayor de 10 C.P. debe estar provisto de un controlador que reduzca su corriente de arranque, tal como un controlador a tensión reducida o un controlador conectado al secundario del motor cuando este sea del tipo de rotor devanado...

b) Servicios suministrados en alta tensión. En sistemas suministrados en alta tensión a través de subestaciones propiedad de los usuarios, siendo estas de capacidad suficiente y no habiendo objeción por parte del suministrador, puede prescindirse del uso de controladores a tensión reducida de cualquier capacidad...

#### 403.70 Medios de desconexión, general.

Esta subsección se refiere a los medios de desconexión que permitan desconectar manualmente a los motores y controladores, del circuito alimentador.

#### 403.71 Tipo.

El medio de desconexión debe ser un interruptor que sea capaz de abrir la máxima corriente de sobrecarga del motor.

Esta condición se llena con un interruptor automático o un interruptor de tipo aprobado para usarse con motores el cual es designado normalmente por la potencia del motor en que pueda usarse...

#### 403.72 Capacidad de conducción de corriente.

El medio de desconexión debe tener capacidad para conducir por lo menos el 115% de la corriente a plena carga del motor.

#### 403.76 Interruptor como controlador y medio de desconexión.

Un interruptor que cumpla con lo indicado en el artículo 403.58 puede servir como controlador y como medio de desconexión a la vez, siempre que desconecte a todos los conductores activos que alimentan al motor y esté protegido con un dispositivo de sobrecorriente (el cual puede ser un juego de fusibles del circuito derivado) que interrumpa a todos los conductores activos que van al propio interruptor, siempre que sea alguno de los tipos siguientes:

- a) Un interruptor de aire accionado manualmente.
- b) Un interruptor automático de tiempo inverso accionado manualmente.
- c) Un interruptor en aceite para no más de 600 volts y 100 amperes, o de capacidad mayor si está bajo vigilancia experta...

#### 403.82 Requisitos para tensiones mayores de 1 000 volts, gene

nal.

Los requisitos de esta subsección complementan o modifican a los demás requisitos de esta sección, considerando el riesgo adicional que representa el uso de una tensión mayor.

## SUBESTACIONES

### SECCION SUBESTACIONES

#### REQUISITOS GENERALES

##### 601.1 Introducción.

Este capítulo contiene requisitos que se aplican, en particular, a las subestaciones de usuarios; pero son igualmente aplicables, en lo que corresponda, a instalaciones que formen parte de sistemas de suministro de energía eléctrica. Estos requisitos se han establecido, en principio, considerando que las subestaciones funcionarán bajo la responsabilidad del personal idóneo y estarán accesibles solo a este. No es el propósito de este capítulo que dichos requisitos, así como la información complementaria que contiene, constituyan instrucciones para personas sin los debidos conocimientos sobre la materia...

##### 601.2 Instalación y mantenimiento del equipo eléctrico.

En general, el equipo de las subestaciones debe ser instalado y mantenido de tal manera que se reduzcan al mínimo los

riesgos de accidentes de personal.

- a) *Equipo normal.* Antes de ser puesto en servicio, debe comprobarse que el equipo eléctrico cumpla con los requisitos establecidos en las diferentes secciones de este capítulo. Posteriormente debe ser mantenido en condiciones correctas de funcionamiento, haciendo inspecciones periódicas para comprobarlo. El equipo defectuoso debe ser reparado o reemplazado.
- b) *Equipo de emergencia.* El equipo y las instalaciones de emergencia se deben revisar y probar periódicamente para cercionarse de que están en buenas condiciones de funcionamiento.
- c) *Equipo de uso eventual.* Se recomienda que el equipo o las instalaciones que se usen eventualmente, sean revisados y probados antes de usarse, en cada ocasión.

#### 601.4 Identificación del equipo eléctrico.

Para identificar el equipo instalado se recomienda pintarlo, numerarlo, usar placas o etiquetas, o usar algún otro medio adecuado que permita distinguirlo fácilmente, tanto respecto a su funcionamiento como al circuito al que pertenece. Conviene adoptar un método de identificación uniforme en todo el equipo instalado en una subestación o en un grupo de instalaciones que correspondan a un mismo usuario.

#### 601.5 Medio de desconexión general.

Toda subestación debe contar en el lado primario, después

del equipo de servicio, con un medio de desconexión general que sea adecuado a la tensión y corriente nominal de servicio.

Este medio de desconexión general debe ser de operación simultánea y capaz de abrir el circuito bajo condiciones de carga máxima...

#### 601.6 Dispositivo de protección contra sobrecarga en el prima rio.

Además de lo que establece el artículo 601.5, toda subestación debe contar en el lado primario, después del equipo de acometida, con un dispositivo de protección contra sobrecorriente que sea adecuado a la tensión y corriente de servicio y cumpla con los requisitos del artículo 601.7 que sigue.

#### 601.7 Capacidad interruptiva.

Los dispositivos de protección contra sobrecorriente, tanto en el lado primario como en el secundario, deben ser de la capacidad interruptiva adecuada. En el caso del dispositivo del lado primario, su capacidad interruptiva debe estar de acuerdo con la potencia máxima de cortocircuito que pueda presentarse en el lugar de la subestación, según la información que proporcione la secretaría o que se obtenga del suministrador.

#### 601.8 Requisitos generales del sistema de protección del usua rio.

a) La protección del equipo eléctrico instalado en la



subestación de un usuario no debe depender del sistema de protección del suministrador.

- b) Las fallas por cortocircuito o tierras en la instalación del usuario no deben ocasionar la apertura de las líneas suministradoras, lo cual puede afectar el servicio de otros usuarios.

#### 601.9 Cuchillas de prueba.

Cuando el equipo de medición del suministrador está en el lado primario, deben instalarse tres juegos de cuchillas de prueba que permitan intercalar los equipos de prueba, a menos que pueda interrumpirse el servicio, en cualquier momento que se requiera, para hacer la prueba de dicho equipo de medición.

### LOCALES PARA SUBESTACIONES

#### 602.1 Resguardo de locales.

Los locales en que se instalen subestaciones deben cumplir con los requisitos siguientes:

- a) Deben estar hechos, dentro de lo posible, de material no combustibles.
- b) No deben emplearse como almacenes, talleres o para otra actividad que no este relacionada con el funcionamiento y operación del equipo.
- c) No debe haber polvo o pelusas combustibles en cantidades peligrosas ni gases inflamables o corrosivos.
- d) Deben tener ventilación adecuada.

e) Se recomienda que estén secos.

### 602.3 Instalación del alumbrado.

a) Iluminación en salas o espacios (interiores o exteriores) donde este localizado el equipo eléctrico, deben tener medios de iluminación artificial con intensidades adecuadas para las funciones que en cada caso se tengan que cumplir...

### 602.5 Salidas.

Tanto los locales como cada espacio de trabajo deben contar con un medio de salida que esté libre de obstáculos...

### 602.6 Protección contra incendio.

Independientemente de los requisitos y recomendaciones que se lijen a continuación en este artículo, deben cumplirse las regulaciones en materia de prevención de incendios dictadas por las autoridades competentes...

## SISTEMA DE TIERRAS

### 603.1 Generalidades.

Las subestaciones deben contar con un adecuado sistema de tierras, el cual debe conectar todos los elementos de la instalación que requiera la conexión a tierra...

### 603.3 Puesta a tierra de cercas metálicas.

Debido a que las cercas metálicas son usualmente accesibles al público y pueden ocupar un lugar sobre la periferia de la malla donde los gradientes de potencial son más altos, se deben tomar las siguientes medidas:

- a) Si la cerca se coloca dentro de la zona correspondiente a la malla, se debe prolongar esta 1.5 metros de la cerca como mínimo.
- b) Si la cerca se encuentra fuera de la zona correspondiente a la malla, debe colocarse por lo menos a 2 metros del límite de la malla.
- c) No deben conectarse las cercas metálicas a la malla misma, sino a sus propios electrodos de tierra, excepto en aquellos casos en que la cerca se encuentre tan próxima a las partes del equipo puesto a tierra, que exista el peligro de que una persona toque simultáneamente la cerca y al equipo.

#### RESGUARDO DE PARTES VIVAS Y ESPACIOS DE SEGURIDAD

##### 604.1 Requisitos generales.

- a) Todas las partes vivas que operen a una tensión mayor de 150 volts a tierra sin un recubrimiento adecuado, deben protegerse de acuerdo con su tensión, contra el contacto accidental de personas, ya sea que se usen resguardos especiales como los indicados en el artículo 604.2 o bien localizando las partes vivas, respec-

to a los sitios donde puedan circular o trabajar personas, a una altura y con una separación horizontal igual o mayor que las indicadas en la tabla 604.1a, las columnas 2 y 3 respectivamente.

### 604.3 *Tarimas y tapetes aislantes.*

Las tarimas y los tapetes aislantes son accesorios que proporcionan una seguridad adicional a las personas encargadas de la operación del equipo eléctrico. Estos medios de protección no deben usarse como sustituto de alguno de los resguardos indicados en el artículo anterior.

Las tarimas pueden construirse de madera, fibra de vidrio u otro material aislante aprobado para tal uso; su armado debe ser sin partes metálicas, con superficie antiderrapante y con onillas biseladas. Los tapetes pueden ser de hule o de otro material adecuado.

En subestaciones de tipo interior, las tarimas y tapetes deben instalarse cubriendo la parte frontal de los equipos de accionamiento manual, tales como palancas de interruptores, cuchillas desconectoras, etc., que operen a más de 1000 volts entre conductores; su colocación debe ser tal que no presenten obstáculo en la apertura de las puertas de los gabinetes.

### *Conductores instalados en subestaciones*

604.7 *Distancia mínima entre fases y distancia mínima de fase a tierra, para conductores rígidos.*

La distancia mínima entre fases y la distancia mínima de fase a tierra dependen del nivel básico de aislamiento al impulso (BIL) que se requiera en cada caso. La tabla 604.7 muestra la separación mínima entre fases y la distancia a tierra, en conductores rígidos desnudos, para los diferentes valores de aislamiento, de acuerdo con la tensión nominal del equipo. Los valores de la tabla se aplican a las instalaciones hechas en el lugar y no constituyen valores para diseño o construcción del equipo en fábrica.

#### *Espacio y equipo para trabajos de mantenimiento*

604.16 *Equipo para trabajar en partes vivas.*

- a) *15 000 volts o menos entre conductores. Se recomienda que cuando los operarios tengan que introducir alguna parte de su cuerpo, materiales o herramientas, a la zona de resguardo correspondiente a partes vivas de 600 a 15 000 volts, entre conductores, usen medios de protección adecuados, tales como guantes, mangas y cubiertas de hule: herramientas aisladas, dispositivos de prueba y para conexión a tierra, ganochas, canastillas o plataformas aisladas, etc. Este equipo de protección debe ser examinado periódicamente y conservado en buenas condiciones.*
- b) *Más de 15 000 volts entre conductores. Se recomienda que para estas tensiones, se use equipo de protección especial para cada tensión...*

## TABLAS DE CONSULTA

Las tablas de consulta recopiladas en el presente texto se dividieron en dos bloques, en el primero de ellos aparecen las concernientes a la cuestión del alumbrado, una parte de tablas de niveles de iluminación en México y una parte de las tablas de coeficientes de alumbrado. El segundo bloque contiene las tablas contenidas en las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas.

Aunque esta recopilación es práctica y se puede utilizar, se recomienda adquirir las normas técnicas y los manuales de alumbrado Philips y Westing House ya que el presente trabajo se inclina más bien por el carácter ilustrativo.

## TABLAS DE NIVELES DE ILUMINACION EN MEXICO

En las siguientes líneas se resumen algunos de los niveles recomendados por la Sociedad Mexicana de Ingeniería e Iluminación:

### 1. EDIFICIOS INDUSTRIALES

#### PRODUCTOS DE ARCILLA Y CEMENTO

Molienda, prensa y hornos 200 Luxes

Esaltado, pintura y vidriado 600

#### MANUFACTURA DE AUTOMOVILES

Ensamblado de bastidor 300

Ensamblado Chasis 600

Ensamble final e inspección 1 100

#### CARPINTERIAS

Trabajo bruto 200

Encolado, cepillado y lijado 300

Acabado fino 600

#### INDUSTRIAS CERVECERAS

Elaboración y pintado de barriles 200

Llenado 300

#### INDUSTRIAS DEL DULCE

Extracción de aceite 300

Elaboración de crema 300

Conte y selección de canamelos 600

#### EMPACADORAS DE CARNE

Matadero 200

Limpiado, destazado y cocido 600

### ENLATADORAS DE CONSERVAS

Clasificación de jitomates	600
Preparación de dunazos	300
Contado y picado	600
Enlatado	600
Inspección	1 100

### MANUFACTURA DE EQUIPO ELECTRICO

Ensamblado tosco	200
Ensamblado fino	3 000
Impregnado	300
Aislado y enbobinado	600
Pruebas	600

### TALLERES DE FUNDICION Y FORGADO

Templado	200
Hechura de corazones	600
Inspección mediana	600
Inspección fina	3 000
Moldeo mediano	600
Colado	300
Desmolde	300

### MANUFACTURA DE HIERRO Y ACERO

Patio de almacenaje	60
Piso de carga	100
Colado	200
Patio de desmolde	100
Patio de chatarra	60
Molinos de laminación	200
Laminación en frío	300



### PRODUCTOS DE HULE

Plastificación, molienda y banbury	200
Prensado en calandna	300
Contado y tubos flexibles	300
Productos por extrusión	300
Moldeado y vulcanización	300
Inspección	1 100

### PRODUCTOS LACTEOS

Cuanto de marmitas y almacén	200
Lavadora de botellas	300
Llenado y laboratorios	600
Pasteurizadores	200
Tanques y cubas	300
Básculas	400

### LAVANDERIAS

Lavado	200
Planchado fino a mano	600

### ROLLOS DE HARINA

Rodillos y cernidores	300
Empacado	200
Control de producción	600

### MANUFACTURA DE PAPEL

Bastidores, molinos y calandras	200
Acabado, contado y recorte	300
Contado a mano	400
Enrollado	900

### PLANTAS GENERADORAS

Excusaje de cenizas	60
---------------------	----

<i>Sala de acumuladores</i>	100
<i>Superficie de tableros</i>	300
<i>Área dentro de tableros</i>	60
<i>Cuanto de turbinas</i>	200
<b>TALLERES MECANICOS</b>	
<i>Trabajo budo</i>	300
<i>Trabajo mediano</i>	600
<i>Trabajo fino</i>	3 000
<b>TALLERES TEXTILES</b>	
<i>Abridoras y mezcladoras</i>	200
<i>Caldas y estiradoras</i>	300
<i>Telas crudas</i>	300
<i>Mezclillas</i>	900
<b>2. OFICINAS, ESCUELAS Y EDIFICIOS PUBLICOS</b>	
<b>AUDITORIOS</b>	
<i>Para exhibiciones</i>	200
<i>Para asambleas</i>	100
<b>BANCOS</b>	
<i>Vestibulo</i>	300
<i>Pagadores y contadores</i>	900
<b>BIBLIOTECAS</b>	
<i>Sala de lectura</i>	400
<i>Anaqueles</i>	200
<i>Archiveros y catálogos</i>	400
<b>POLICIA</b>	
<i>Archivos de identificación</i>	900
<i>Celdas</i>	200

## ESCUELAS

Salones de dibujo 600

Pizarrones 900

## OFICINAS

Proyectos y diseños 1 100

Contabilidad y auditoría 900

Archivo continuo 600

Archivo esporádico 200

## TEATROS Y CINES

Intermedio 50

Exhibición 1

## HOSPITALES

Sala de preparación y anestesia 200

Mesas de autopsia 1 400

Sala de autopsia 600

Afilado de agujas 900

Silla dental 6 000

Sala de recuperación 60

Mesas de reconocimiento 600

Mesas de fracturas 1 100

Radiografía 60

Mesa de pantos 14 000

Cuanto de limpieza de instrumentos 600

Mostrador para medicina 600

## 3. HOTELES, RESTAURANTES, TIENDAS y RESIDENCIAS

Zonas comerciales (general) 1 100

Atracciones principales 6 000

Escaparates (general) 600


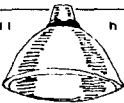


Escaparates (principales)	3 000
<b>HOTELES</b>	
Recámaras (general)	60
Recámaras (lectura)	200
<b>RESIDENCIAS</b>	
Juegos de mesa	200
Cocina	300
Entradas	60
Salas, comedores y recámaras	100
<b>RESTAURANTES Y CAFETERIAS</b>	
Cajera	300
Cocina	400
General (ligero)	60
Salón de baile	30
<b>4. ALUMBRADO EXTERIOR</b>	
Áreas de embarque	50
Alrededor de edificios	10
Almacenes	200
Jardines	10
Gasolineras (servicio)	70
<b>5. ALUMBRADO ÁREAS DEPORTIVAS</b>	
Alberca (general)	100
Anquetá (tonneo)	100
Badminton (tonneo)	300
Basquet-ball (universitario y profesional)	500
" (dentro de colegios)	300
Box o lucha (campeonato)	5 000
" (amateun)	2 000

Frontenis	1 000
Foot-ball (clase 1)	1 000
Gimnasios	300
Patinaje	50
Plaza de tonos	1 000





#### 6. ALUMBRADO DE TRANSPORTES

Aeropuertos (frente a hangares)	10
" (área de carga)	20
Autobuses urbanos	300
" foráneos	200
Aviones (general)	50
" (lectura)	200
Bancos (camarotes)	500
" (literas)	150
" (baños)	50
" (pasillos y escaleras)	50
" (pasajeros)	100
" (tripulación)	50
" (sala de descanso)	100
" (comedor)	100
" (cuarto de máquinas)	100
" (tablero de control)	100





Separacion no superior a:  
"h" por altura de montaje.

	Techo	80%			50%			10%			0%	
		Pared		50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%
<b>Categoria III</b>  h = 1.3  Ventilada de porcelana esmaltada, 675 mm. Lampara de vapor revestida de fosforo, 1000 W.	RCL <sup>®</sup>											
	1	0.86	0.83	0.80	0.78	0.76	0.73	0.68	0.67	0.65	0.63	
	2	0.77	0.72	0.68	0.70	0.66	0.63	0.61	0.59	0.57	0.55	
	3	0.68	0.62	0.57	0.62	0.58	0.54	0.55	0.52	0.49	0.47	
	4	0.61	0.55	0.49	0.56	0.51	0.47	0.50	0.46	0.43	0.41	
	5	0.55	0.48	0.42	0.50	0.45	0.41	0.45	0.41	0.38	0.36	
	6	0.49	0.42	0.37	0.45	0.39	0.35	0.40	0.36	0.33	0.31	
	7	0.43	0.36	0.31	0.40	0.34	0.30	0.36	0.31	0.28	0.26	
	8	0.39	0.32	0.28	0.36	0.30	0.26	0.32	0.28	0.25	0.23	
	9	0.35	0.28	0.24	0.33	0.27	0.23	0.29	0.25	0.22	0.20	
10	0.32	0.25	0.21	0.29	0.24	0.20	0.26	0.22	0.19	0.17		
<b>Categoria III</b>  h = 1  Ventilada de aluminio 675 mm. grandes alturas. Hoz medio. Lampara de vapor revestida de fosforo, 1000 W.	1	0.91	0.88	0.86	0.84	0.82	0.80	0.75	0.74	0.73	0.71	
	2	0.83	0.78	0.75	0.77	0.73	0.71	0.70	0.67	0.66	0.64	
	3	0.75	0.69	0.65	0.70	0.65	0.62	0.64	0.61	0.58	0.56	
	4	0.68	0.62	0.57	0.63	0.58	0.55	0.58	0.55	0.52	0.50	
	5	0.61	0.55	0.50	0.57	0.52	0.48	0.53	0.49	0.46	0.44	
	6	0.55	0.49	0.44	0.52	0.47	0.43	0.48	0.44	0.41	0.39	
	7	0.50	0.43	0.38	0.47	0.41	0.37	0.43	0.39	0.36	0.34	
	8	0.45	0.39	0.34	0.43	0.37	0.33	0.39	0.35	0.32	0.30	
	9	0.41	0.34	0.30	0.39	0.33	0.29	0.36	0.32	0.28	0.27	
	10	0.37	0.31	0.27	0.35	0.30	0.26	0.33	0.28	0.25	0.24	
<b>Categoria III</b>  h = 1.3  Ventilada de aluminio 675 mm. grandes alturas. Lamparas de vapor revestida de fosforo, 1000 W.	1	0.90	0.88	0.86	0.81	0.80	0.78	0.71	0.70	0.70	0.67	
	2	0.83	0.79	0.76	0.76	0.73	0.71	0.67	0.66	0.64	0.62	
	3	0.70	0.72	0.68	0.70	0.67	0.64	0.63	0.61	0.59	0.57	
	4	0.71	0.66	0.62	0.66	0.62	0.59	0.59	0.57	0.55	0.53	
	5	0.65	0.60	0.56	0.61	0.57	0.53	0.55	0.52	0.50	0.48	
	6	0.60	0.55	0.50	0.56	0.52	0.48	0.52	0.48	0.46	0.44	
	7	0.55	0.50	0.46	0.52	0.47	0.44	0.48	0.44	0.42	0.40	
	8	0.51	0.45	0.41	0.48	0.43	0.40	0.44	0.41	0.38	0.37	
	9	0.47	0.41	0.38	0.44	0.40	0.37	0.41	0.38	0.35	0.34	
	10	0.44	0.38	0.34	0.41	0.37	0.33	0.38	0.35	0.32	0.31	
<b>Categoria III</b>  h = 1.3  2 lamparas T-2. Cualquier carga. Para lamparas T-10. C.U x 1.02	1	0.88	0.84	0.81	0.79	0.77	0.74	0.69	0.68	0.66	0.64	
	2	0.77	0.71	0.66	0.70	0.65	0.62	0.61	0.59	0.56	0.54	
	3	0.68	0.61	0.56	0.61	0.56	0.52	0.54	0.51	0.48	0.46	
	4	0.60	0.52	0.47	0.54	0.49	0.44	0.48	0.44	0.41	0.39	
	5	0.52	0.45	0.39	0.48	0.42	0.37	0.43	0.38	0.35	0.33	
	6	0.47	0.39	0.34	0.43	0.37	0.32	0.38	0.34	0.30	0.28	
	7	0.42	0.34	0.29	0.38	0.32	0.28	0.34	0.30	0.26	0.24	
	8	0.37	0.30	0.25	0.34	0.28	0.24	0.31	0.26	0.22	0.21	
	9	0.33	0.26	0.21	0.31	0.25	0.21	0.28	0.23	0.19	0.18	
	10	0.30	0.23	0.19	0.28	0.22	0.18	0.25	0.20	0.17	0.15	

Separacion no superior a:  
"h" por altura de montaje.

	Techo	80%			50%			10%			0%
		50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
<b>Categoría II</b> <span style="float: right;">h = 1.3</span>  2 lámparas T-12, cualquier carga. Para lámparas T-10. C.U. x 1.02	RCL <sup>9</sup>										
	1	0.88	0.85	0.81	0.77	0.75	0.73	0.65	0.64	0.62	0.59
	2	0.77	0.71	0.67	0.68	0.64	0.60	0.57	0.55	0.53	0.50
	3	0.68	0.61	0.56	0.60	0.55	0.51	0.51	0.48	0.45	0.42
	4	0.60	0.53	0.47	0.53	0.48	0.43	0.43	0.42	0.38	0.36
	5	0.53	0.45	0.40	0.47	0.41	0.36	0.40	0.36	0.33	0.30
	6	0.47	0.39	0.34	0.42	0.36	0.31	0.36	0.31	0.28	0.26
	7	0.42	0.34	0.29	0.38	0.31	0.27	0.32	0.28	0.24	0.22
	8	0.38	0.30	0.25	0.34	0.28	0.23	0.29	0.24	0.21	0.19
	9	0.34	0.26	0.22	0.30	0.24	0.20	0.26	0.21	0.18	0.16
10	0.31	0.24	0.19	0.26	0.22	0.18	0.24	0.19	0.16	0.14	
<b>Categoría II</b> <span style="float: right;">h = 1.3</span>  2 lámparas T-2. Cualquier carga. Protección central. Para lámparas T-10. C.U. x 1.02	1	0.84	0.81	0.78	0.74	0.72	0.70	0.61	0.60	0.59	0.56
	2	0.75	0.70	0.65	0.66	0.62	0.59	0.55	0.53	0.51	0.48
	3	0.66	0.60	0.56	0.59	0.54	0.51	0.49	0.47	0.44	0.42
	4	0.59	0.52	0.47	0.52	0.47	0.43	0.44	0.41	0.38	0.36
	5	0.52	0.45	0.40	0.46	0.41	0.37	0.39	0.36	0.33	0.31
	6	0.47	0.40	0.35	0.42	0.36	0.32	0.36	0.32	0.29	0.27
	7	0.42	0.35	0.30	0.37	0.32	0.28	0.32	0.28	0.25	0.23
	8	0.38	0.31	0.26	0.34	0.28	0.24	0.29	0.25	0.22	0.20
	9	0.34	0.27	0.22	0.30	0.25	0.21	0.26	0.22	0.19	0.17
	10	0.31	0.24	0.20	0.27	0.22	0.18	0.23	0.19	0.17	0.15
<b>Categoría III</b> <span style="float: right;">h = 1.3</span>  Lámparas T-12. 430 ó 800 mA. Para lámparas T-10. C.U. x 1.02	1	0.86	0.83	0.80	0.78	0.76	0.73	0.69	0.67	0.66	0.64
	2	0.75	0.70	0.66	0.69	0.65	0.61	0.61	0.58	0.56	0.54
	3	0.67	0.60	0.55	0.61	0.56	0.52	0.54	0.51	0.48	0.46
	4	0.59	0.52	0.47	0.54	0.49	0.44	0.48	0.45	0.41	0.39
	5	0.52	0.45	0.39	0.48	0.42	0.38	0.43	0.39	0.35	0.33
	6	0.46	0.39	0.34	0.43	0.37	0.32	0.38	0.34	0.30	0.28
	7	0.41	0.34	0.29	0.38	0.32	0.28	0.34	0.30	0.26	0.25
	8	0.37	0.30	0.25	0.34	0.28	0.24	0.31	0.26	0.23	0.21
	9	0.33	0.26	0.22	0.31	0.25	0.21	0.28	0.23	0.20	0.18
	10	0.30	0.23	0.19	0.28	0.22	0.18	0.25	0.21	0.17	0.16
<b>Categoría II</b> <span style="float: right;">h = 1.3</span>  3 lámparas T-12. 430 ó 800 mA. Para lámparas T-10. C.U. x 1.02	1	0.85	0.82	0.79	0.76	0.73	0.71	0.64	0.63	0.62	0.59
	2	0.75	0.70	0.65	0.67	0.63	0.59	0.57	0.55	0.52	0.50
	3	0.66	0.60	0.55	0.59	0.54	0.50	0.51	0.48	0.45	0.42
	4	0.59	0.52	0.46	0.52	0.47	0.43	0.45	0.41	0.38	0.36
	5	0.51	0.44	0.39	0.46	0.40	0.36	0.40	0.36	0.33	0.30
	6	0.46	0.39	0.33	0.41	0.35	0.31	0.36	0.31	0.28	0.26
	7	0.41	0.34	0.29	0.37	0.32	0.27	0.32	0.28	0.24	0.23
	8	0.37	0.30	0.25	0.33	0.27	0.23	0.29	0.24	0.21	0.19
	9	0.33	0.26	0.21	0.30	0.24	0.20	0.26	0.21	0.18	0.16
	10	0.30	0.23	0.19	0.27	0.21	0.18	0.23	0.19	0.16	0.14

Separacion no superior a "h" por altura de montaje.

	Techo	80%			50%			10%			0%	
		Pared	50%	30%	10%	50%	30%	10%	50%	30%	10%	0%
<b>Categoria V</b> <span style="float: right;">h = 1.5</span>  2 lamparas-T-12 430 mA. Para 800 mA. C.U. x 0.96	RCL <sup>W</sup>											
	1	0.70	0.66	0.63	0.62	0.59	0.57	0.52	0.51	0.49	0.47	
	2	0.60	0.54	0.50	0.53	0.49	0.46	0.45	0.42	0.40	0.37	
	3	0.52	0.46	0.41	0.46	0.41	0.38	0.39	0.36	0.33	0.31	
	4	0.46	0.39	0.34	0.41	0.36	0.32	0.35	0.31	0.28	0.26	
	5	0.40	0.33	0.28	0.36	0.30	0.26	0.31	0.27	0.24	0.22	
	6	0.36	0.29	0.24	0.32	0.26	0.22	0.27	0.23	0.20	0.18	
	7	0.32	0.25	0.21	0.29	0.23	0.19	0.25	0.21	0.17	0.16	
	8	0.29	0.22	0.18	0.26	0.20	0.17	0.22	0.18	0.15	0.13	
	9	0.26	0.19	0.15	0.23	0.18	0.14	0.20	0.16	0.13	0.11	
10	0.23	0.17	0.13	0.21	0.16	0.12	0.18	0.14	0.11	0.10		
<b>Categoria V</b> <span style="float: right;">h = 1.2</span>  2 lamparas T-12 430 mA. Lente prismatica 30 cm ancho Para lampara T-10 C.U. x 102	1	0.63	0.61	0.59	0.59	0.58	0.56	0.55	0.54	0.53	0.52	
	2	0.57	0.54	0.51	0.54	0.51	0.49	0.50	0.49	0.47	0.46	
	3	0.51	0.48	0.44	0.49	0.46	0.43	0.46	0.44	0.42	0.41	
	4	0.46	0.42	0.39	0.44	0.41	0.38	0.42	0.39	0.37	0.36	
	5	0.42	0.37	0.34	0.40	0.36	0.34	0.38	0.35	0.33	0.32	
	6	0.38	0.34	0.30	0.37	0.33	0.30	0.35	0.32	0.29	0.28	
	7	0.35	0.30	0.27	0.33	0.29	0.27	0.32	0.29	0.26	0.25	
	8	0.31	0.27	0.24	0.30	0.26	0.23	0.29	0.26	0.23	0.22	
	9	0.28	0.24	0.21	0.27	0.23	0.20	0.26	0.23	0.20	0.19	
	10	0.26	0.21	0.18	0.25	0.21	0.18	0.24	0.20	0.18	0.17	
<b>Categoria V</b> <span style="float: right;">h = 1.2</span>  2 lamparas T-12 430 mA. Lente prismatica 60 cm ancho. para lamparas T-10. C.U. x 101	1	0.73	0.71	0.68	0.69	0.67	0.66	0.64	0.62	0.61	0.60	
	2	0.66	0.62	0.59	0.62	0.59	0.57	0.58	0.56	0.55	0.53	
	3	0.59	0.55	0.51	0.56	0.53	0.50	0.53	0.50	0.48	0.47	
	4	0.53	0.48	0.45	0.51	0.47	0.44	0.48	0.45	0.43	0.41	
	5	0.48	0.43	0.39	0.46	0.42	0.39	0.44	0.40	0.38	0.36	
	6	0.44	0.38	0.34	0.42	0.37	0.34	0.40	0.36	0.33	0.32	
	7	0.39	0.34	0.30	0.38	0.33	0.30	0.36	0.32	0.30	0.28	
	8	0.36	0.30	0.26	0.34	0.30	0.26	0.33	0.29	0.26	0.25	
	9	0.32	0.27	0.23	0.31	0.26	0.23	0.29	0.25	0.23	0.21	
	10	0.29	0.24	0.20	0.28	0.23	0.20	0.27	0.23	0.20	0.19	
<b>Categoria V</b> <span style="float: right;">h = 1.2</span>  4 lamparas T-12 430 mA. Lente prismatica 60 cm ancho Para lamparas T-10. C.U. x 1.2	1	0.66	0.64	0.62	0.62	0.61	0.59	0.58	0.57	0.56	0.55	
	2	0.60	0.56	0.53	0.56	0.54	0.52	0.53	0.51	0.49	0.48	
	3	0.54	0.50	0.46	0.51	0.48	0.45	0.48	0.46	0.44	0.43	
	4	0.49	0.44	0.41	0.46	0.43	0.40	0.44	0.41	0.39	0.38	
	5	0.44	0.39	0.35	0.42	0.38	0.35	0.40	0.37	0.34	0.33	
	6	0.40	0.35	0.31	0.38	0.34	0.31	0.36	0.33	0.31	0.29	
	7	0.36	0.31	0.28	0.35	0.30	0.27	0.33	0.30	0.27	0.26	
	8	0.32	0.28	0.24	0.31	0.27	0.24	0.30	0.26	0.24	0.23	
	9	0.29	0.24	0.21	0.28	0.24	0.21	0.27	0.23	0.21	0.20	
	10	0.27	0.22	0.19	0.26	0.23	0.19	0.25	0.21	0.18	0.17	



**TABLA 1-1**  
**DIMENSIONES DE TUBO CONDUIT Y AREA DISPONIBLE PARA LOS CONDUCTORES**

DIAMETRO NOMINAL		DIAMETRO INTERIOR (mm)	AREA INTERIOR TOTAL (mm <sup>2</sup> )	AREA DISPONIBLE PARA CONDUCTORES (mm <sup>2</sup> )	
(mm)	(pulg)			40% (PARA 3 CONDUCTORES O MAS)	30% (PARA 2 CONDUCTORES)
13	1/2	15.81	196	78	59
19	3/4	21.30	356	142	107
25	1	26.50	552	221	166
32	1 1/4	35.31	979	392	294
38	1 1/2	41.16	1331	532	399
51	2	52.76	2186	874	656
63	2 1/2	62.71	3088	1235	926
76	3	77.93	4769	1908	1431
89	3 1/2	90.12	6378	2551	1913
102	4	102.26	8213	3285	2464

LOS VALORES DE ESTA TABLA SIRVEN DE BASE PARA DETERMINAR EL No MAXIMO DE CONDUCTORES QUE PUEDEN ALOJARSE EN TUBO CONDUIT. DESDE EL PUNTO DE VISTA PRACTICO ESTOS VALORES PUEDEN APLICARSE EN CUALQUIER CASO, AUN CUANDO LAS DIMENSIONES INTERIORES DE LOS DISTINTOS TIPOS DE TUBO CONDUIT SON LIGERAMENTE DIFERENTES ENTRE SI.

TABLA 1.2

DIMENSIONES DE CONDUCTORES CON AISLAMIENTO DE HULE TERMO PLASTICO

CALIBRE AWC o MCM	TIPOS T, TW Y THW <sup>2</sup> RHW Y RHH (SIN CUBIERTA EXTERIOR)		TIPOS RHW Y RHH (CON CUBIERTA EXTERIOR)		TIPOS THWN Y THHN		
	DIAMETRO mm	AREA mm <sup>2</sup>	DIAMETRO mm	AREA mm <sup>2</sup>	DIAMETRO mm	AREA mm <sup>2</sup>	
Col. 1	Col. 2	Col. 3	Col. 4	Col. 5	Col. 6	Col. 7	
A L A M B R E S	14	3.3	8.7	—	—	2.7	5.9
	14	4.1	13.3	5.2	21.1	—	—
	12	3.8	11.1	—	—	3.2	7.9
	12	4.5	16.2	5.6	24.7	—	—
	10	4.3	14.3	—	—	4.0	12.3
10	5.0	20.1	6.1	29.7	—	—	
C A B L E S	14	3.6	9.9	—	—	3.0	6.9
	14	4.3	14.8	5.4	23.0	—	—
	12	4.0	12.8	—	—	3.4	9.3
	12	4.8	18.4	5.9	27.3	—	—
	10	4.6	16.8	—	—	4.3	14.7
	10	5.4	23.0	6.5	33.3	—	—
	8	6.2	30.4	—	—	5.6	25.0
	8	7.0	38.6	8.3	54.5	—	—
B L A N C O	6	8.2	52.9	10.1	79.8	6.6	34.2
	4	9.4	70.1	11.5	103.5	8.4	55.2
	2	11.0	95.0	13.0	133.3	9.9	77.1
	1/0	13.9	152.7	16.0	200.5	12.5	123.5
	2/0	15.1	179.4	17.1	230.9	13.7	147.6
	3/0	16.4	212.1	18.5	269.3	15.0	176.7
	4/0	17.9	251.8	19.9	312.2	16.4	211.2
E S T A D O	250	20.0	314.6	22.0	381.8	18.2	261.3
	300	21.4	360.1	23.7	441.1	19.6	302.6
	350	22.7	405.9	25.0	491.6	—	—
	400	23.9	449.6	26.2	539.6	22.1	384.3
	500	26.1	536.5	28.4	634.4	24.3	463.0
	600	29.0	662.0	31.3	770.3	—	—
750	31.7	790.4	34.0	908.4	—	—	
1000	35.7	998.8	37.9	1130.9	—	—	
1250	40.1	1260.1	42.6	1423.3	—	—	
1500	43.2	1467.8	45.7	1643.5	—	—	

**TABLA 1.3**  
**NUMERO MAXIMO DE CONDUCTORES QUE PUEDEN ALDJARSE EN TUBO CONDUIT**

TIPO DE CONDUCT.	CALIBRE DE CONDUCT A.W.G. M.C.M.	DIAMETRO NOMINAL DE TUBO ( m m )									
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102
T	14 <sup>w</sup>	9	16	25	45	61					
	14	8	14	22	39	54					
T W	12 <sup>A</sup>	7	12	20	35	48	78				
	12	6	11	17	30	41	68				
Y	10 <sup>a</sup>	5	10	15	27	37	61				
	10	4	8	13	23	32	52				
T H W	8	2	4	7	13	17	28	40			
R H W	14 <sup>w</sup>	6	10	16	29	40	65				
	14	5	9	15	26	36	59				
R H H	12 <sup>w</sup>	4	8	13	24	33	54				
	12	4	7	12	21	29	47				
(SN CUBIERTA EXTERIOR).	10 <sup>w</sup>	4	7	11	19	26	43	61			
	10	3	6	9	17	23	38	53			
	8	1	3	5	10	13	22	32	49		
T	6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	
	4	1	1	3	5	7	12	17	27	38	47
T W	2	1	1	2	4	5	19	13	20	27	34
T H W	1 / 0		1	1	2	3	5	8	12	16	21
	2 / 0		1	1	1	3	5	7	10	14	18
R H W	3 / 0		1	1	1	2	4	6	9	12	15
	4 / 0		1	1	1	1	3	5	7	10	13
R H H	250			1	1	1	2	4	6	8	10
	300			1	1	1	2	3	5	7	9
	350			1	1	1	1	3	4	6	8
	400			1	1	1	1	2	4	5	7
	500			1	1	1	1	1	3	4	6

\* Alambres.

TABLA 1.3 (CONTINUACION)

TIPO DE CONDUCT.	CALIBRE DE CONDUCT. AWG MCM	DIAMETRO NOMINAL DE TUBO ( m m )									
		13	19	25	32	38	51	63	76	89	102
R H W	14*	3	6	10	18	25	41	58			
	14	3	6	9	17	23	38	53			
	12*	3	5	9	16	21	35	50			
	12	3	5	8	14	19	32	45			
	10*	2	4	7	13	18	29	41			
	10	2	4	6	12	16	26	37			
Y	8	1	2	4	7	9	16	22	35	47	
	6	1	1	2	5	7	11	15	24	32	41
	4	1	1	1	3	5	8	12	18	24	31
R H H	2		1	1	3	4	7	9	14	19	24
	1 / 0		1	1	1	2	4	6	9	12	16
( CON CUBIERTA EXTERIOR )	2 / 0			1	1	2	3	5	8	11	14
	3 / 0			1	1	1	3	4	7	9	12
	4 / 0			1	1	1	2	4	6	8	10
	250				1	1	1	3	5	6	8
300				1	1	1	3	4	5	7	
350				1	1	1	2	4	5	6	
400				1	1	1	1	3	4	6	
500				1	1	1	1	2	3	4	5
T H W	14*	13	24	37	66						
	14	11	20	32	57						
	12*	10	18	28	49	67					
	12	8	15	23	42	57					
	10*	6	11	18	32	43	71				
	10	5	9	15	26	36	59				
Y	8	3	5	9	15	21	35	49			
	6	2	4	6	11	16	25	36	56		
	4	1	2	4	7	9	16	22	34	46	
	2	1	1	3	5	7	11	16	25	33	42
T H W	1 / 0		1	1	3	4	7	10	16	20	26
	2 / 0		1	1	2	3	6	8	13	17	22
	3 / 0		1	1	1	3	5	7	11	14	18
	4 / 0		1	1	1	2	4	6	9	12	15
T H W	250			1	1	1	3	4	7	10	12
	300			1	1	1	3	4	6	8	11
	350				1	1	2	3	5	7	9
	400				1	1	1	3	5	6	8
	500				1	1	1	2	4	5	7
* CABLES											

**TABLA 1.4**  
RESISTENCIA ELECTRICA DE CONDUCTORES DE COBRE

CALIBRE.		AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL ( m. m <sup>2</sup> )	NUMERO DE HILOS	RESISTENCIA ELECTRICA	
A W G M C M				C. D.	20° C
A L A M B R E	18	0.823		21.0	
	16	1.308		13.2	
	14	2.08		8.27	
	12	3.21		5.22	
	10	5.26		3.28	
C	18	0.823	7	21.3	
	16	1.308	7	13.42	
	14	2.08	7	8.45	
	12	3.31	7	5.32	
	10	5.26	7	3.35	
A B	8	8.37	7	2.10	
	6	13.30	7	1.322	
	4	21.15	7	0.830	
	2	33.6	7	0.523	
L	1 / 0	53.5	19	0.329	
	2 / 0	67.4	13	0.261	
	3 / 0	85.0	19	0.207	
	4 / 0	107.2	19	0.1640	
S	250	126.7	37	0.1390	
	300	152.0	37	0.1157	
	350	177.4	37	0.0981	
	400	202.7	37	0.0867	
	500	253.3	37	0.0695	
	600	304.1	61	0.0578	
750	380.0	61	0.0463		
1000	506.7	61	0.0348		
1250	633.3	91	0.0278		
1500	760.1	91	0.0232		

-213-

CALIBRE A W G ó M C M	FACTOR DE CORRECCION	
	PARA CONDUCTOR EN TUBO NO METALICO O EN CABLE CON CUBIERTA NO METALI- CA AL AIRE.	PARA CONDUCTORES EN CANALIZACION METALICA O CABLE CON CUBIERTA METALICA.
2	1	1.01
1 / 0	1.001	1.02
2 / 0	1.001	1.03
3 / 0	1.002	1.04
4 / 0	1.004	1.05
250	1.005	1.06
300	1.006	1.07
350	1.009	1.08
400	1.011	1.10
500	1.018	1.13
600	1.025	1.16
750	1.039	1.21
1000	1.067	1.30
1250	1.102	1.41
1500	1.142	1.53

**TABLA 1.4 a)**  
 FACTORES DE CORRECCION PARA CONVERTIR  
 RESISTENCIA ELECTRICA DE C.D. A RESIS-  
 TENCIA ELECTRICA DE C.A., 60 Hz.

INSTALACION	RESISTENCIA DE AISLAMIENTO (OHMS)
PARA CIRCUITOS CON CON- DUCTORES No. 14 o No. 12 AWG.	1 000 000
PARA CIRCUITOS CON CON- DUCTORES No. 10 AWG O MAYORES, Y CON CAPA- CIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE DE:	
25 A 50 Amps.	250 000
51 A 100 "	100 000
101 A 200 "	50 000
201 A 400 "	25 000
401 A 800 "	12 000
MAS DE 800 "	5 000

**TABLA 1.5**  
 VALORES MINIMOS DE RESISTENCIA  
 DE AISLAMIENTO RECOMENDADOS  
 PARA INSTALACIONES DE 1000 V.  
 ó MENOS.

TABLA 103.95

CORRIENTE A PLENA CARGA DE MOTORES TRIFASICOS DE CORRIENTE ALTERNA

C. P.	MOTOR DE INDUCCION DE JAULA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO (AMPERES)			MOTOR SINCRONO, CON FACTOR DE POTENCIA UNITARIO (AMPERES)		
	220 V.	440 V.	2400 V.	220 V.	440 V.	2400 V.
1 / 2	2.1	1.0				
3 / 4	2.9	1.5				
1	3.8	1.9				
1 1/2	5.4	2.7				
2	7.1	3.6				
3	10.0	5.0				
5	15.9	7.9				
7 1/2	23.0	11.0				
10	29.0	15.0				
15	44.0	22.0				
20	56.0	28.0				
25	71.0	36.0		54	27	
30	84.0	42.0		65	33	
40	109.0	54.0		86	43	
50	136.0	68.0		108	54	
60	161.0	80.0	15	128	64	11
75	201.0	100.0	19	161	81	14
100	259.0	130.0	25	211	106	19
125	326.0	163.0	30	264	132	24
150	376.0	188.0	35	—	158	29
200	502.0	251.0	47	—	210	38

**TABLA 200.58**  
**CALIBRE DE LOS CONDUCTORES PARA PUESTA A TIERRA**  
**DE EQUIPOS Y CANALIZACIONES INTERIORES**

CAPACIDAD NOMINAL O AJUSTE DEL DISPOSITIVO DE PROTECCION CONTRA SO- BRE COR. UBIC. ANTES DEL EQUIPO, CONDUCT. ETC.		CALIBRE DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA ( AWG ó MCM )	
No.	MAYOR DE ( Ampe. )	COBRE	ALUMINIO
	1 5	1 4	1 2
	2 0	1 4	1 2
	3 0	1 2	1 0
	4 0	1 0	8
	6 0	1 0	8
	1 0 0	8	6
	2 0 0	6	4
	4 0 0	4	2
	6 0 0	2	2 / 0
	8 0 0	1 / 0	3 / 0
	1 0 0 0	2 / 0	4 / 0
	1 2 0 0	3 / 0	2 5 0
	1 6 0 0	4 / 0	3 5 0
	2 0 0 0	2 5 0 mcm	4 0 0
	2 5 0 0	3 5 0 "	5 0 0
	3 0 0 0	4 0 0 "	6 0 0
	4 0 0 0	5 0 0 "	8 0 0
	5 0 0 0	7 0 0 "	1 0 0 0
	6 0 0 0	8 0 0 "	1 2 0 0



**TABLA 301.12**  
**ESPACIAMIENTOS MAXIMOS DE LOS SOPORTES DE CONDUCTORES EN CANALIZACIONES VERTICALES.**

CALIBRE DE LOS CONDUCTORES, ( AWG ó MCM )	SEPARACION ENTRE SOPORTES (mts)	
	CONDUCTOR DE COBRE	CONDUCTOR DE ALUMINIO
18 A 8	3 0	3 0
6 A 1 / 0	3 0	3 0
2 / 0 A 4 / 0	2 4	2 7
250 A 350	1 8	2 0
400 A 500	1 5	1 8
600 A 750	1 2	1 5
Mayor DE 750	1 0	1 3

-216-

**TABLA 302.4**  
**FACTORES DE CORRECCION POR AGRUPAMIENTO.**

NUMERO DE CONDUCTORES	POR CIENTO DEL VALOR INDICADO EN LA TABLA 302.4
4 A 6	8 0
7 A 24	7 0
25 A 42	6 0
MAS DE 42	5 0

**TABLA 302.4 b).**  
**FACTORES DE CORRECCION POR TEMPERATURA AMBIENTE**

TEMPERATURA AMBIENTE ( °C )	TEMPERATURA MAXIMA PERMISIBLE EN EL AISLAMIENTO °C						
	60	75	85	90	110	125	200
31 - 40	0.82	0.88	0.90	0.91	0.94	0.95	
41 - 45	0.71	0.82	0.85	0.87	0.90	0.92	
46 - 50	0.58	0.75	0.80	0.82	0.87	0.89	
51 - 55	0.41	0.67	0.74	0.78	0.83	0.86	
56 - 60		0.58	0.67	0.71	0.79	0.83	0.91
61 - 70		0.38	0.52	0.58	0.71	0.76	0.87
71 - 80			0.30	0.41	0.61	0.68	0.84
81 - 90					0.50	0.61	0.80
91 - 100						0.51	0.77
101 - 120							0.69
121 - 140							0.59

**TABLA 302.4**

CAPACIDAD DE CORRIENTE DE CONDUCTORES DE COBRE AISLADO ( Amperes )

TEMPERATURA MAXIMA DE AISLAMIENTO	60 °C		75 °C		85 °C		90 °C	
TIPOS	TNW, RW, T, TW, TWD, MTW		RH, RHW, RUH, TNW, THWN, DF, XHHW		PILC, V, MI		TA, TBS, SA, AVB, SIS, FEP, THW, RHH, THHN, MTW, EP, XHHW	
CALIBRE AWG MCM	EN TUBERIA O CABLE	AL AIRE	EN TUBERIA O CABLE	AL AIRE	EN TUBERIA O CABLE	AL AIRE	EN TUBERIA O CABLE	AL AIRE
14	15	20	15	20	25	30	25	30
12	20	25	20	25	30	40	30	40
10	30	40	30	40	40	55	40	55
8	40	55	45	65	50	70	50	70
6	55	80	65	95	70	100	70	100
4	70	105	85	125	90	135	90	135
3	80	120	100	145	105	155	105	155
2	95	140	115	170	120	180	120	180
1	110	165	130	195	140	210	140	210
1/0	125	195	150	230	155	245	155	245
2/0	145	225	175	265	185	285	185	285
3/0	165	260	200	310	210	330	210	330
4/0	195	300	230	360	235	385	235	385
250	215	340	255	405	270	425	270	425
300	240	375	285	445	300	480	300	480
350	260	420	310	505	325	530	325	530
400	280	455	335	545	360	575	360	575
500	320	515	380	620	405	660	405	660
600	355	575	420	690	455	740	455	740
700	385	630	460	755	490	815	490	815
750	400	655	475	785	500	845	500	845
800	410	680	490	815	515	880	515	880
900	435	730	520	870	555	940	555	940
1000	455	780	545	935	585	1000	585	1000

**TABLA 302.4** (Continuación)  
**CAPACIDAD DE CORRIENTE DE CONDUCTORES DE**  
**COBRE AISLADOS (Amperes).**

TEMPERATURA MAXIMA DEL AISLAMIENTO	110° C		125° C		200° C	
	AVA	AVL	AI	SA AIA	A, AA, FEPB	
TIPOS	EN TUBERIA O CABLE	AL AIRE	EN TUBERIA O CABLE	AL AIRE	EN TUBERIA O CABLE	AL AIRE
14	30	40	30	40	30	45
12	35	50	40	50	40	55
10	45	65	50	70	55	75
8	60	85	65	90	70	100
6	80	120	85	125	95	135
4	105	160	115	170	120	180
3	120	180	130	195	145	210
2	135	210	145	225	165	240
1	160	245	170	265	190	280
1/0	190	285	200	305	225	325
2/0	215	330	230	355	250	370
3/0	245	385	265	410	285	430
1/0	275	445	310	475	340	510
250	315	435	335	530		
300	345	555	380	590		
350	390	610	420	655		
400	420	665	450	710		
500	470	765	500	815		
600	525	855	545	910		
700	560	940	600	1005		
750	580	980	620	1045		
800	600	1020	640	1085		
900						
1000	680	1165	730	1240		

**TABLA 403.93**  
CORRIENTE A PLENA CARGA EN AMPERES, DE MOTORES  
DE CORRIENTE DIRECTA.

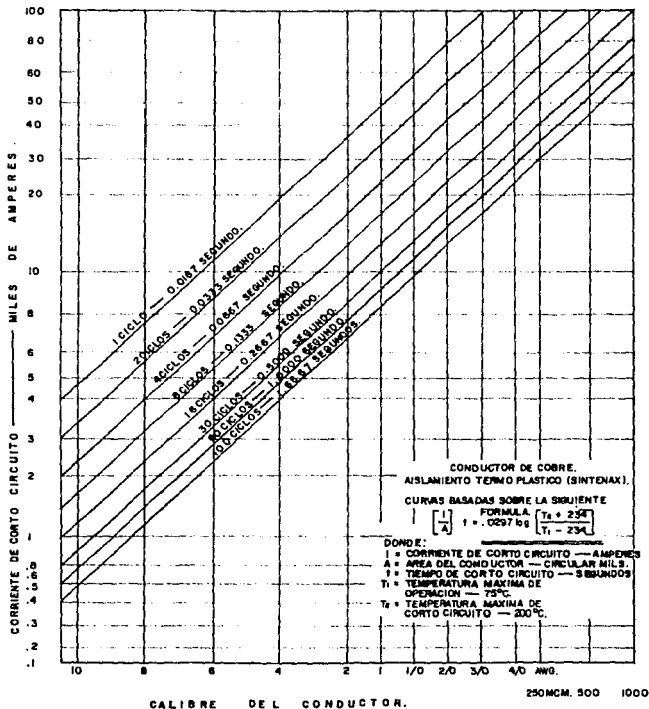
C. P.	TENSION NOMINAL DE ARMADURA		
	120 V.	240 V.	500 V.
1 / 4	3.1	1.6	
1 / 3	4.1	2.0	
1 / 2	5.4	2.7	
3 / 4	7.6	3.8	
1	9.5	4.7	
1 1/2	13.2	6.6	
2	17.0	8.5	
3	25.0	12.2	
5	40.0	20.0	
7 1/2	55.0	29.0	13.6
10	76.0	38.0	18.0
15		55.0	27.0
20		72.0	34.0
25		80.0	43.0
30		108.0	51.0
40		140.6	67.0
50		173.0	83.0
60		206.0	99.0
75		255.0	123.0
100		341.0	164.0
125		425.0	205.0
150		506.0	246.0
200		675.0	330.0

-220-

**TABLA 403.93**  
CORRIENTE A PLENA CARGA EN AMPERES  
DE MOTORES MONOFASICOS DE CRT. ALTERNA.

C. P.	127 V.	220 V.
1 / 6	4.0	2.3
1 / 4	5.3	3.0
1 / 3	6.5	3.8
1 / 2	8.9	5.1
3 / 4	11.5	7.2
1	14.0	8.4
1 1/2	18.0	10.0
2	22.0	13.0
3	31.0	18.0
5	51.0	29.0
7 1/2	72.0	42.0
10	91.0	52.0

**CORRIENTES DE CORTO CIRCUITO PERMISIBLES PARA CABLES  
AISLADOS CON CONDUCTORES DE  
COBRE.**



## *Conclusiones.*

*Como conclusión de este capítulo y de toda la tesis queremos mencionar un hecho que nos parece trascendente y que se mencionó dentro del desarrollo de este documento. Todos los ingenieros que se vean involucrados de cualquier manera en alguna cuestión de diseño, tendrán que adecuarse a alguna norma o estándar ya existente; pues bien, en el caso de los ingenieros que pretendan dedicarse al diseño de las instalaciones eléctricas en alta y/o baja tensión tendrán que ceñirse por principio, a lo que establezcan las normas de alta y/o baja tensión en su caso. Al alumno se le recomienda adquirir un ejemplar para familiarizarse con estas.*

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- *NORMAS TECNICAS PARA INSTALACIONES ELECTRICAS*  
SeCoFl, 1984
- 2.- *ELEMENTOS DE DISEÑO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS*  
Gilberto Enriquez Harper, Ed. Limusa, 1983
- 3.- *DESARROLLO Y ADMINISTRACION DE PROGRAMAS DE COMPUTADORA*  
IIE. Ed. CECSA, 1984
- 4.- *MANUAL DEL ALUMBRADO*  
Westinghouse, Ed. Dossat, 1987
- 5.- *TECNICA DE LOS COSTOS*  
Sealtiel Alatziate, Ed. Porrúa, 1987
- 6.- *CONTROL DE MAQUINAS ELECTRICAS*  
I. L. Kosow, Ed. Reverte, 1979
- 7.- *ESTACIONES TRANSFORMADORAS Y DISTRIBUCION*  
Enciclopedia CEAC de electricidad, 1974
- 8.- *FUNDAMENTOS DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE MEDIANA Y ALTA TENSION*  
Gilberto Enriquez Harper, Ed. Limusa, 1978
- 9.- *MANUAL TECNICO DE CONDUCTORES*  
Condumex, 1984
- 10.- *NATIONAL ELECTRIC CODE*  
NEC, 1987
- 11.- *PRINCIPIOS DE ILUMINACION Y NIVELES DE ILUMINACION EN MEXICO*  
Holophane, 1991