



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

*FACULTAD DE INGENIERÍA*

*“CIUDAD UNIVERSITARIA”*

**SUPERVISIÓN Y CONTROL DE CALIDAD EN LAS  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA EDIFICIOS**

***“TESIS PROFESIONAL”***  
**PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO CIVIL**

**P R E S E N T A :**

**JUÁREZ GONZÁLEZ LILIANA**

***DIRECTOR DE TESIS:*** ING. SERGIO EDUARDO ZEREZERO GALICIA



**MÉXICO, D.F. 2007**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## DEDICATORIAS

### **A DIOS MI CREADOR:**

Por iluminar mí camino y haberme permitido alcanzar esta meta y darle a mi familia esta pequeña satisfacción.

### **A MI ESPOSO:**

Vicente Chávez Blancas

Por su Amor, comprensión y enorme ternura hacia mí y nuestros hijos, y por tu invaluable apoyo para realizar este trabajo.

### **A MIS HIJOS:**

Karina, Pablo y Andrés

Por darme la alegría de ser madre y ser el piloto para esforzarme más como profesionista y como ser humano.

### **A MIS PADRES:**

Porfirio Juárez  
Rafaela González Tenorio

Por haberme dado la vida y por el enorme esfuerzo realizado por ellos para hacer de mí una profesionista y mujer de bien, así como una muestra del profundo Amor y Respeto hacia ellos.

**A MIS HERMANOS:**

Ernesto, Reynalda,  
Ma. Clara, Mauricio  
y Mónica

Con todo mi Amor fraternal.

**A MIS PROFESORES, COMPAÑEROS Y AMIGOS:**

Ing. Alfredo Legorreta C. Ing. Ana Aurora Aburto, Ing. Nava Mastache y a mis amigos de ayer y hoy: Raymundo, Eduardo, Netzahualcoyotl y muy en especial a Oswaldo.

Por brindarme sus conocimientos, su amistad y apoyo en el momento que lo he necesitado.

**AL DIRECTOR DE ESTE TRABAJO:**

Ing. Sergio Zerecero Galicia.

Con todo el respeto, admiración y agradecimiento, por haberme brindado parte de los conocimientos que hicieron de mi una profesionista responsable en el ejercicio de su profesión.

**A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO:**

Por mi Raza Hablará el Espíritu.

<b>ÍNDICE</b>	<b>PÁGINA</b>
• <b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPITULO I. PLANEACIÓN GENERAL DEL PROYECTO DE LAS INSTALACIONES EN UNA EDIFICACIÓN.</b>	
I.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS INSTALACIONES EN UNA EDIFICACIÓN	3
I.1.1. Tipo habitacional.	
I.1.2. Tipo oficinas.	
I.1.3. Tipo comercial.	
I.1.4. Tipo hospitales.	
I.2. CUMPLIMIENTO DE LOS CÓDIGOS Y NORMAS EN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.	8
I.3. PLANEACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.	13
I.4. PROGRAMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.	21
I.5. CONTROL Y SUPERVISIÓN EN LA PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.	27
<b>CAPITULO II. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.</b>	
II.1. DISEÑO EN LOS EDIFICIOS.	40
II.2. PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.	48
II.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.	49
II.3.1. Materiales.	
II.3.2. Eficiencia.	
II.3.3. Economía.	
II.3.4. Flexibilidad.	
II.3.5. Vida útil.	
II.3.6. Mantenimiento.	
II.3.7. Medio ambiente.	
II.4. CALIDAD EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.	55
II.4.1. Continuidad en el servicio.	
II.4.2. Regulación del voltaje.	

### **CAPITULO III. ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.**

III.1.	ACOMETIDA.	57
III.2.	EQUIPO DE MEDICIÓN.	62
III.3.	INTERRUPTORES.	63
III.3.1.	General.	
III.3.2.	Derivado.	
III.3.3.	Termomagnético.	
III.4.	ARRANCADOR.	68
III.5.	TRANSFORMADOR.	69
III.6.	TABLEROS.	72
III.6.1.	Tablero general.	
III.6.2.	Tablero de distribución o derivado.	
III.6.3.	Motores.	
III.6.4.	Subestaciones.	
III.6.5.	Plantas de emergencia.	
III.6.6.	Tierra y neutro.	
III.6.7.	Clasificación NEMA.	
III.6.8.	Simbología.	

### **CAPITULO IV. SISTEMAS DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.**

IV.1.	SISTEMAS DE GENERACIÓN.	90
IV.1.1.	Termoeléctricas de combustibles fósiles.	
IV.1.2.	Central carboeléctrica.	
IV.1.3.	Central de ciclo combinado.	
IV.1.4.	Central turbotas.	
IV.1.5.	Geotermoeléctricas.	
IV.1.6.	Nucleoeléctrica.	
IV.1.7.	Plantas hidroeléctricas.	
IV.1.8.	Plantas eoloeléctricas.	
IV.2.	DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.	109
IV.2.1.	Alta tensión.	
IV.2.2.	Baja tensión.	

IV.3.	SUMINISTRO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE EDIFICACIÓN.	116
IV.3.1.	Vivienda.	
IV.3.2.	Comercios.	
IV.3.3.	Oficinas.	
IV.3.4.	Hospitales.	
<b>V.</b>	<b>CONTROL EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BASE A LOS PLANOS ELÉCTRICOS.</b>	
V.1.	NORMAS Y ESPECIFICACIONES.	120
V.2.	PLANOS ELÉCTRICOS.	125
V.3.	ESPECIFICACIONES PARTICULARES.	130
V.4.	CONTROL EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.	135
<b>VI.</b>	<b>SUPERVISIÓN Y CONTROL DE CALIDAD EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.</b>	
VI.1.	CONTROL DE CALIDAD.	143
VI.1.1.	Cumplimiento de códigos y normas.	
VI.1.2.	Proveedores nacionales e internacionales.	
VI.2.	CONTROL EN OBRA.	155
VI.3.	LABORATORIOS.	160
VI.4.	PRUEBAS EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.	165
VI.5.	MANTENIMIENTO (Manuales).	168
VI.6.	OPERACIÓN (Manuales).	173
VI.7.	REPOSICIÓN Y/O CAMBIOS.	175
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES.</b>	176

## • INTRODUCCIÓN.

Desde el punto de vista general no hay duda de la importancia de las instalaciones eléctricas en un edificio, ya que estas junto con las demás instalaciones no solo permiten el aprovechamiento de una edificación en todo momento, si no que además proporcionan servicios, salud, condiciones óptimas para el adecuado desempeño y rendimiento de los ocupantes, comodidad, confort y seguridad entre otras cosas.

La actividad profesional del ingeniero se encuentra vinculada en forma ineludible al proyecto, construcción y operación de instalaciones eléctricas, e inclusive se puede afirmar que no existe obra civil que no requiera de una instalación eléctrica por pequeña que esta sea.

Por otra parte el diario avance de los procesos constructivos en edificación y el desarrollo tecnológico en la construcción de instalaciones eléctricas, hace necesario una coordinación total entre ambos procesos constructivos, con el fin de lograr la funcionalidad deseada para la correcta operación de un edificio en su conjunto.

Por lo que se puede afirmar que todo ingeniero civil y constructor en general debe poseer, cuando menos, los conocimientos básicos sobre instalaciones eléctricas, que le lleven a la resolución acertada de los problemas que se plantean para la correcta coordinación entre el proceso constructivo en la obra civil y el proceso de construcción de la instalación eléctrica, además de que le permite en un momento dado, decidir sobre las condiciones, características y operación de las instalaciones eléctricas involucradas en el tipo de edificación de que se trate.

En relación a las instalaciones eléctricas de los edificios, debemos entender que los elementos de dichas instalaciones han de ser planeados correctamente y con el cuidado necesario mediante una estrecha colaboración para su ejecución entre arquitectos, ingenieros civiles, electricistas y el constructor.

La construcción de edificios cada vez más grandes, y por lo tanto con necesidades de una instalación eléctrica mayor obliga a tener que contratar para estos el servicio de



energía eléctrica en alta tensión y, por lo tanto, el manejo de subestaciones en los mismos.

El peligro que implica la operación de instalaciones eléctricas en alta tensión y tomando en cuenta los riesgos que esto conlleva, nos permite tener idea de lo importante que es obtener los conocimientos necesarios para la planeación y construcción de las instalaciones eléctricas de este tipo.

Las principales fallas que se originan en las instalaciones eléctricas en los edificios, se deben, en ocasiones a la poca importancia que se le da al proyecto eléctrico y al control del mismo durante el proceso constructivo, ya que al no considerar en estos aspectos tan importantes, así como son las características del medio en el que se opera el equipo eléctrico, naturaleza de las cargas, el tipo de servicios al que se destinará, calidad, operación y mantenimiento, etc., obliga a tomar en la etapa constructiva soluciones que no son las más idóneas desde el punto de vista de seguridad, funcionalidad, economía y sobre todo la calidad de las instalaciones eléctricas.

La finalidad de este trabajo de tesis es considerar la importancia de las instalaciones eléctricas desde la planeación, ejecución, control y supervisión en la construcción de un edificio, ya que el costo de dicha instalación representa una inversión del 2 al 10% de su monto, sin embargo una falla puede originar una conflagración capaz de destruir el inmueble e inclusive ocasionar la pérdida de vidas humanas.

Así mismo, es importante preservar el valor del inmueble, logrando la maximización de la vida útil de la edificación a través de las acciones ejecutadas por el responsable de la operación y mantenimiento, junto con el equipo técnico calificado, a fin de que la obra tenga la misma fiabilidad, disponibilidad y productividad proyectadas inicialmente.

# **I. PLANEACIÓN GENERAL DEL PROYECTO DE LAS INSTALACIONES EN UNA EDIFICACIÓN.**

## **I.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS INSTALACIONES EN UNA EDIFICACIÓN**

Se llama instalación eléctrica al conjunto de aparatos, conductores y accesorios destinados a la producción, distribución y utilización de la energía eléctrica. Dentro de los elementos que la constituyen se encuentran: tableros, interruptores, transportadores, bancos de capacitares, dispositivos, sensores, dispositivos de control, cables, conexiones, canalizaciones y soportes.

Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas (dentro de paneles o falsos plafones) o ahogadas (en muros, techos y pisos).

El objetivo de una instalación eléctrica es fundamentalmente cumplir con los servicios que fueron requeridos durante la etapa del proyecto, es decir, proporcionar servicio con el fin de que la energía eléctrica satisfaga los requerimientos de los distintos elementos receptores que la transformarán según sean las necesidades.

Dentro del concepto genérico de instalación eléctrica se pueden catalogar a todo tipo de instalaciones, desde la generación hasta la utilización de la energía eléctrica, pasando por las etapas de: generación, transformación, transmisión y distribución. Se clasifican en instalaciones eléctricas de:

1. Extra alta tensión (más de 400 kV).Alta tensión (85, 115, 230, 400 kV).
2. Alta tensión (85, 115, 230, 400 kV).
3. Mediana tensión (69 kV).
4. Distribución y baja tensión (23, 20, 13.8, 4.16, 0.440, 0.220, 0.127 kV).

Esta clasificación esta de acuerdo con las tensiones empleadas en los sistemas eléctricos, ya que las normas técnicas para instalaciones eléctricas establecen otros rangos para un tipo específico de instalación

Una instalación eléctrica también debe cumplir con los siguientes requisitos:

- Ser segura contra accidentes e incendios.
- Eficiente y económica.
- Accesible y fácil mantenimiento.
- Cumplir con los requisitos técnicos que fija el Reglamento de Construcciones y Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas

Algunos autores de libros o manuales les dan la clasificación según el grado de conocimiento necesario para su diseño y mantenimiento en:

1. Instalaciones tipo "A": son las de alta y baja tensión sin límite de potencia instalada.
2. Instalaciones tipo "B": son las de baja tensión con 500 kW máximo de potencia instalada.
3. Instalaciones tipo "C": son las que conllevan riesgo de explosión o incendio, o que sirven para espectáculos públicos o de diversión.

Podemos observar que las instalaciones eléctricas pueden clasificarse tomando como base varios criterios. Si se consideran las etapas de generación, transformación, transmisión y distribución tendríamos que hablar de las centrales eléctricas, de los transformadores elevadores, de las líneas de transmisión, de las subestaciones reductoras y de las redes de distribución.

Si clasificamos a las instalaciones eléctricas en función de sus tensiones de operación, necesariamente habría que mencionarse: extra alta tensión, alta tensión, mediana tensión y baja tensión.

Para efectos de esta tesis se clasificarán a las instalaciones eléctricas como residenciales, comerciales e industriales, las cuales se explican por sí mismas.

Así, de acuerdo a la anterior clasificación y considerando las características de los locales o de las áreas donde se desarrollarán las instalaciones, estas pueden denominarse como a continuación se cita:

1. *Totalmente visibles*. En este caso, todas las partes componentes de la instalación eléctrica se encuentran a la vista y sin ningún elemento que le sirva como protección contra esfuerzos mecánicos, ni como protección en contra del medio ambiente.
2. *Visibles entubadas*. Las instalaciones eléctricas son así realizadas, ya que las estructuras de la construcción y el material de los muros impiden el ahogar las canalizaciones, en este caso si existe protección mecánica y contra los factores ambientales.

3. *Temporales*. Este tipo de instalaciones se construyen para abastecer de energía eléctrica por períodos de tiempo cortos, como es en el caso de ferias, carnavales, exposiciones, juegos mecánicos, servicios en obras en proceso, etcétera.
4. *De emergencia*. Cuando se requiere contar con suministro continuo de energía eléctrica, se coloca una planta de emergencia que generalmente se pone en operación automáticamente al faltar la energía que proporciona la compañía suministradora. Es muy usual encontrar este tipo de instalaciones en grandes centros comerciales, hospitales, teatros, cines y en industrias que cuentan con un proceso de fabricación continuo.
5. *Parcialmente ocultas*. Se localiza este tipo de instalación en naves industriales donde parte de la canalización va por pisos y muros y la restante por armaduras; en edificios de bancos, oficinas y centros comerciales que cuentan con falso plafón.
6. *Totalmente ocultas*. En este caso la instalación eléctrica presenta un muy buen acabado, ya que quedan visibles solamente las tapas de los tomacorrientes, de los interruptores y de los centros de carga o tableros. Poseen el grado más alto de estética cuando los accesorios son de buena calidad y presentación.
7. *A prueba de explosión*. Las instalaciones eléctricas a prueba de explosión se construyen en los locales y ambientes donde existen polvos o gases explosivos, así como partículas en suspensión factibles de incendiarse. Las canalizaciones deberán cerrar herméticamente. Por ejemplo, se desarrolla este tipo de instalaciones en molinos de trigo, minas de tiro, gaseras, plantas petroquímicas, etc.

Finalmente, las instalaciones eléctricas también se caracterizan de acuerdo al tipo de inmueble en el que se va a suministrar y distribuir la energía eléctrica.

### **1.1.1. Tipo Habitacional.**

La densidad de carga típica en una casa habitación depende de las necesidades de cada una de las áreas que constituyen el inmueble y se pueden obtener sobre la base de las necesidades típicas de tipo eléctrico que se deben satisfacer, tomando en consideración los requerimientos específicos del diseño de la casa habitación, tomando en cuenta los siguientes requerimientos básico como mínimo: Cocina, recamaras, baños,

sala-comedor, pasillos, patios y jardines, etc. De acuerdo a lo anterior y a las especificaciones técnicas para instalaciones eléctricas, la carga por alumbrado en una casa habitación se puede considerar sobre la base de 20 VA/m<sup>2</sup> de área ocupada.

El valor de 20 VA/m<sup>2</sup> se basa en condiciones medias de carga y para factor de protección del 100%, por lo que pueden existir casos en que este valor pueda ser excedido y en los que habrá que dimensionar la instalación para que opere en forma segura y eficiente usando conductores de mayor capacidad de conducción de corriente.

### **I.1.2. Tipo Oficinas.**

Las densidades de carga típicas para oficinas en edificios son del orden de 150 VA/m<sup>2</sup>, donde el usuario tiene un máximo de facilidades. Para máquinas pequeñas (ventiladores de pie o portátiles, máquinas de escribir, refrigeradores para garrafones de agua), se pueden tomar 20 VA/m<sup>2</sup>, siendo conveniente tomar en consideración las siguientes sugerencias:

- El suministro primario a las subestaciones que fuera necesario emplear, debe ser de tal forma que éstas se encuentren localizadas verticalmente con relación a la construcción en los distintos niveles.
- Se debe seleccionar una capacidad de interrupción y coordinar la protección.
- Es conveniente en áreas grandes de alumbrado alimentar lámparas fluorescentes a 220/127 Volts, 3 fases, 4 hilos, de tal forma que queden incluidas las pequeñas cargas de fuerza (bombas de agua, servicio a elevadores, aire acondicionado, etc.).

### **I.1.3. Tipo Comercial.**

En los centros comerciales la densidad de carga varía ampliamente para las diferentes áreas, y va desde 30 a más de 100 VA/m<sup>2</sup>, estas cantidades dependen del tamaño y tipo de almacenes. El alumbrado que se emplea por lo general es fluorescente y sólo varía en cantidad, de acuerdo con los niveles de iluminación empleados en cada área. Para estos centros se hacen las siguientes sugerencias:

- La distribución primaria a los centros de carga se deben hacer por medio de subestaciones centrales.

- Dentro del edificio se debe hacer una distribución a 440 ó 220/127 Volts con 3 fases y 4 hilos.
- Localizar convenientemente los centros de carga, salidas para refrigeración y aire acondicionado, etc.
- El diseño de alumbrado debe seguir las técnicas más modernas.
- Se debe diseñar y localizar en forma adecuada la distribución de música.
- En estacionamientos se debe emplear alumbrado mercurial o con lámparas de cuarzo si es externo, o en tipo interno fluorescente preferentemente, y de acuerdo con esto, proveer la energía eléctrica con un sistema de distribución adecuado.

#### **I.1.4. Tipo Hospitales.**

Una demanda promedio para hospitales con diseño moderno es del orden de 3000 VA por cama, facilitando este procedimiento la determinación de la carga total. En estas instalaciones es conveniente considerar las siguientes sugerencias.

- Se deben usar centros de distribución de carga donde sea posible.
- Emplear un buen diseño de alumbrado en todas las áreas del hospital.
- Emplear técnicas más modernas y señalización y comunicación en los lugares que sea requerido, como son: sonido, circuito cerrado de televisión, radio programas, elevadores, etc.
- Usar técnicas adecuadas para la instalación de salas de rayos X, resonancia magnética, estudios especiales y laboratorios que requieren de un diseño especial.
- Un diseño especial en áreas peligrosas o de uso muy delicado como son: salas de operaciones, receptáculos para equipo de anestesia, sistemas de alarmas, etc.
- Invariablemente se debe hacer un estudio de la carga en áreas críticas (sala de operaciones, maternidad, sala de recuperación, etc.), con el objeto de determinar la capacidad de la planta o las plantas de emergencia necesarias, así como del sistema de alumbrado de emergencia.

## **I.2. CUMPLIMIENTO DE LOS CÓDIGOS Y NORMAS EN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.**

El diseño de instalaciones eléctricas debe hacerse dentro de un marco legal. Un buen proyecto de ingeniería es una respuesta técnica y económicamente adecuada, que debe cumplir los requerimientos de las normas y códigos aplicables.

En México las **NTIE (Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas)** editadas por la Dirección General de Normas, constituyen el marco legal para el proyecto y construcción de instalaciones. Estas normas son generales y establecen los requisitos mínimos de seguridad para obtener un servicio satisfactorio, sin embargo en cierto tipo de instalaciones es recomendable establecer especificaciones que aumentan la seguridad o la vida de los equipos y que estén por arriba de las normas.

Existen otras normas, que no son obligatorias pero que pueden servir de apoyo a los proyectistas en aspectos específicos no cubiertos para las NTIE.

- a) El NEC (National Electrical Code o Código Nacional Eléctrico de Estados Unidos de Norteamérica) que por ser una norma más detallada puede ser muy útil en algunas aplicaciones específicas.
- b) El LPC (Lighting Protección Code o Código de Protecciones Contra Descargas Atmosféricas de los Estados Unidos de Norteamérica), que es un capítulo de las normas NFPA (National Fire Protección Asociación). Los proyectistas mexicanos se apoyan mucho en este código debido a que los NTIE tratan el tema con muy poca profundidad.

Existen Normas para la fabricación de equipo eléctrico que también deben ser consideradas por el proyectista ya que proporcionan información relativa a las características del equipo, así como los requisitos para su instalación.

- a) En México todo el equipo eléctrico debe cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM).
- b) Los equipos importados deben cumplir con las Normas Nacionales (NOM), pero conviene conocer las normas del país de origen. El equipo eléctrico importado de EUA esta fabricado de acuerdo con las normas NEMA (Nacional Electrical Manufacturers Association o Asociación Nacional de Fabricantes de Equipo Eléctrico de Estados Unidos de América).

**El NEC National Electrical Code o Código Nacional Eléctrico de Estados Unidos de Norteamérica**), es una guía nacionalmente aceptada para instalación y operación segura de conductores y equipo eléctrico, y es la base esencial para otros códigos o reglamentos de seguridad eléctrica. Fue originalmente publicado por un consorcio de compañías de seguros contra incendio (posteriormente llamado National Fire Protección Asociación NFPA), antes del inicio del siglo, para el mejoramiento y estandarización de las prácticas eléctricas. El código se revisa actualmente cada 3 o 4 años, y es ahora una norma nacional aceptada por el American National Standards Institute (ANSI) y designada como ANSI C1-1978.

En un volumen de unos cientos de páginas, el NEC presenta los fundamentos de cómo deben ser diseñados, conectados, instalados y protegidos los sistemas eléctricos. Los técnicos electricistas registrados deben estar generalmente familiarizados con sus prescripciones y, con mayor detalle, con aquellas que cubren el área de su propio trabajo. Los ingenieros, a menos que estén dedicados por completo al diseño de equipos y sistemas específicos, tienden a dejar gran parte de estos detalles a los técnicos y operarios electricistas. Sin embargo, todo gerente o profesional implicado en asuntos eléctricos, debe conocer y hacer cumplir los códigos y leyes que gobiernan su operación, y no puede escapar a la responsabilidad de ver que se cumplan en cada detalle.

En virtud de que esta información es sólo un subtema del total de la tesis, no es posible describir completo el NEC, pero los siguientes puntos revelaran algo de su contenido. El código está enfocado en gran medida a la prevención de incendios, cosa natural de acuerdo con su origen. La llamada *capacidad de conducción segura de corriente* (denominada brevemente en la práctica “capacidad en amperes” o “ampacidad”) de los conductores, se clasifica por tipo y tamaño, por el material de aislamiento y por las condiciones ambientales para la que está especificada, y se adopta para prevenir sobrecalentamientos. Una de las causas más comunes e inmediatas de los incendios son las conexiones y los empalmes flojos o con amarres pobres. Los medios de conexión y sujeción son cubiertos en detalle. Dado que el sobrecalentamiento de los motores es una causa común de los incendios, como es el efecto general de la corriente de un motor sobre el resto del sistema, el uso y especificaciones de los motores se detalla minuciosamente.

El código es particularmente insistente en los requisitos de conexión a tierra para minimizar los voltajes a los que están expuestas las personas. Se especifican las mínimas distancias o espaciamientos para el trabajo. Similarmente, la protección de circuitos,



entendida como los dispositivos automáticos de interrupción (fusibles o interruptores automáticos). El código dispone el alejamiento de circuitos que pueden ser peligrosos para el público, entre otros medios, por su instalación a una altura o distancia mínima.

El NEC tiene una sección (la 710) dedicada al uso de circuitos “por arriba de 600 V nominales”. Sin embargo, el código está realmente dedicado a los *usuarios* de la electricidad y, por lo tanto no pretende abarcar los sistemas de alta tensión de los *suministradores*.

Como su interés se enfoca en los sistemas y sus interconexiones para la seguridad de la vida y las propiedades, el código no menciona, por ejemplo, el diseño o la construcción de los dispositivos. Simplemente especifica que el equipo o aparatos que se conecten deben ser “adecuados para su instalación y uso en conformidad con las prescripciones de este Código. La adecuación o conveniencia del equipo puede ser indicada por su registro o su identificación.

Otros Códigos y Disposiciones:

Aunque el NEC es la llave hacia las prácticas de seguridad eléctrica, en Estados Unidos hay otros códigos que son usados también en cuestiones eléctricas. Muchos de estos pueden ser encontrados en las listas de publicaciones del ANSI y del IEEE. Tales disposiciones son inspiradas o tomadas del código, o guardan muy estrecha relación con él. Un gran número son un tanto especializadas, como el ANSI Crane Code (código ANSI para grúas).

El NESC (National Electrical Safety Code - ANSI C2), fija los requisitos de seguridad para las empresas de servicio público y para las instalaciones de muy alta tensión. Originado en 1913 por el Nacional Bureau of Standards es ahora patrocinado, mantenido a día y publicado por el IEEE. Este reglamento es muy utilizado por los organismos reguladores oficiales como norma de seguridad.

El organismo llamado Underwriters' Laboratories (UL), fundado en 1894, es una organización independiente y no lucrativa que realiza pruebas para la seguridad del público. Mantiene y opera laboratorios para el examen y prueba de aparatos, sistemas y materiales a fin de determinar su relación con los riesgos para la vida, los incendios, los daños y la prevención de delitos. La mayoría de los dispositivos y aparatos domésticos (por ejemplo, cables o cordones de enchufe y tostadores, planchas, etc.) tienen el conocido sello o marca “UL”, lo que indica que han sido probados según tal organización y cumplen los requisitos de seguridad de Underwriters' Laboratories.

Existen otros organismos para pruebas. Tales pruebas de equipos complementan los requisitos de cableado para equipos y sistemas de distribución del usuario.

Como se indico anteriormente, el NEC, así como disposiciones y códigos similares, no tienen en sí, un status legal que obligue a su cumplimiento. Sin embargo, en la mayoría de los estados y en algunas otras jurisdicciones de la Unión Americana se ha advertido la necesidad de proteger al público respecto de instalaciones eléctricas deficientes e inseguras. Consecuentemente, en la mayor parte de Estados Unidos, en jurisdicciones como ciudades, condados y estados, se han promulgado leyes que establecen que el NEC (u otros códigos) son obligatorios en su territorio. Usualmente el cumplimiento estricto del NEC es lo adecuado. No obstante, hay casos en que algunas jurisdicciones han modificado los requisitos, para hacerlos más estrictos o más tolerantes. Existen situaciones especiales en donde una agencia gubernamental publica sus propios reglamentos, copiados casi palabra por palabra del NEC, del NESC o de otros códigos ANSI.

Debido a que se producen más o menos mil defunciones cada año en Estados Unidos a causa de accidentes eléctricos, y daños por millones de dólares en las propiedades, los patronos no ven a la ligera un comportamiento deficiente de sus empleados profesionales ante la prevención de accidentes y la seguridad ocupacional.

Existen extensos códigos de prácticas seguras, particularmente el NEC, para la guía de ingenieros y de otros profesionales técnicos en el diseño y operación de sistemas y aparatos eléctricos. Alguna combinación de estos códigos es legalmente obligatoria en la mayoría de ciudades importantes de nuestro país.

Los códigos pueden dividir estándares de especificaciones o de funcionamiento. Los que requieren especificaciones enumeran los materiales aceptables y las dimensiones mínimas para cada aplicación.

Los códigos que norman el funcionamiento especifican el resultado final que ha de obtenerse en términos de características como la resistencia al fuego, la maleabilidad, la dureza, etc.

Los proyectistas de edificios deben familiarizarse con los códigos de construcción e instalaciones, normas, reglamentos y especificaciones generales y particulares, según sea el caso, para el área en que van a erigir sus proyectos.

El diseño y construcción del sistema eléctrico para los edificios se basan generalmente en el National Electrical Code (Nacional FIRE Protection Association), sin embargo, hay que tomar en cuenta que los códigos tienen estándares mínimos de seguridad por lo que el empleo de estos estándares no garantiza un adecuado comportamiento del sistema eléctrico a ejecutar.

### **1.3. PLANEACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.**

#### **Planeación**

Se define a la planeación de un proceso constructivo, como la etapa donde se realiza el análisis del proceso y sus variables y a la vez se define el grupo de decisiones para realizar dicho proceso en el futuro, tomando en cuenta siempre los objetivos fijados.

En general, la planeación abarca varios niveles de enfoque que van desde los estudios previos a la localización del lugar adecuado para la obra, o el estudio del beneficio esperado de ella, hasta la planeación de su ejecución física. Desde éste último punto de vista, la planeación actúa de una manera interactiva con el proceso constructivo o de ejecución, ya que cuando los resultados no corresponden a un determinado planteamiento, es necesario replantear la obra las veces que sea necesario hasta llegar a un buen resultado.

Usualmente la elaboración de un plan de trabajo definitivo, no es posible de hacer al primer intento, ya que es necesario someterlo a revisiones y modificaciones con el objeto de satisfacer mejor los objetivos señalados. Siendo esta etapa en la que se definirán tanto el procedimiento constructivo, como los recursos a usar, su mejor atención conducirá a tener una obra con menos imprevistos y por lo tanto menos problemas.

Por otra parte la planeación de un mismo proceso por varias empresas o personas, arrojará resultados distintos, debido a que se tendrán recursos y experiencias también distintos de los encargados de su ejecución.

#### **Fases de la Planeación.**

La planeación de un proceso constructivo debe seguir un mecanismo de acción con el objeto de que el análisis de las variables y la toma de decisiones se haga de una manera ordenada. Este mecanismo se resume en los siguientes incisos:

- a) Conocimiento profundo y completo del problema. Con la definición del problema es posible el planteamiento de soluciones más depuradas a las diversas alternativas posibles. Para ello se necesita conocer por completo el proyecto y sus especificaciones, así como otras posibles limitantes.

- b) Planteamiento de alternativas de solución. Tomando en cuenta los recursos disponibles y las limitantes del proceso constructivo o de ejecución, se plantean todas las alternativas que sean posibles de ejecutar, tanto para cada actividad como para el proceso en general.
- c) Análisis de las alternativas posibles. De cada alternativa propuesta en la fase anterior, se procede al análisis de aquellas variables que sean significativas para la toma de decisiones. Al mismo tiempo se estudia la relación que existe entre ellas y la manera de cómo influyen en el resultado final. Por otra parte, se analiza también el orden de ejecución de las actividades que comprenden al proceso, tomando en cuenta para ello, los recursos y limitantes del proceso mismo.
- d) Comparación de alternativas. De cada alternativa planteada se tienen diversos resultados, como son el costo de ejecución, el tiempo de duración, etc., los cuales servirán para la comparación de las alternativas propuestas.
- e) Toma de decisión definitiva. Finalmente de todas las alternativas propuestas, se eligen aquellas que mejor cumplan con el objetivo propuesto de la mejor manera.

El mecanismo antes expuesto define finalmente el procedimiento constructivo a usar, las actividades que forman dicho proceso y los recursos a emplear en él.

En el caso particular de la construcción de un edificio o la ejecución de los trabajos de las instalaciones eléctricas, es usual que las condiciones varíen con el tiempo, originándose con ello modificaciones a las decisiones originalmente planteadas. Para adaptar la planeación a estos cambios, es necesario el uso de métodos con los que se pueda revisar y corregir el proceso constructivo, en otras palabras, es necesario que la planeación se programe y controle a través del tiempo.

Específicamente en la planeación de un proyecto de cualquier instalación eléctrica de alumbrado o fuerza, es conveniente tomar en consideración que debe cumplir con los siguientes requisitos:

**Capacidad.** En general cada sistema eléctrico debe estar diseñado para satisfacer la demanda de servicio que se presente y considerar también el pronóstico de carga para instalaciones futuras, esta medida es conveniente y necesaria en algunos casos, debido a que el uso de la electricidad tiende a incrementarse en industrias, edificios, comercios,

etc., y deben tenerse instalaciones calculadas para la demanda prevista en un lapso de tiempo determinado.

**Flexibilidad.** Como se menciona en el subtema I.1 dependiendo del tipo de instalación eléctrica que se trate (habitacional, oficinas, comercial y hospitales), se debe proyectar para que tenga una flexibilidad adecuada para la distribución de circuitos y para la canalización y cableado, sin que esto represente problemas técnicos complejos o gastos excesivos; por ejemplo, una instalación aparente en tubos metálicos o charolas es mucho más flexible que una instalación ahogada en el piso.

**Accesibilidad.** Cualquier instalación eléctrica, en forma independiente de la localización de las máquinas y aparatos por alimentar, se debe proyectar en tal forma que sea accesible en su instalación, mantenimiento y servicio general; por ejemplo, espacios para montar y desmontar equipos grandes y pasillos en la parte posterior de los tableros, entre otros.

También se entiende por accesibilidad el que se cuente con todos los elementos que permitan entender el diseño de la instalación, es decir, la especificación completa y todos los planos y diagramas necesarios.

**Confiabilidad.** Dependiendo de la naturaleza de la instalación, ya sea edificio, industria, almacén, centro comercial, hospital o casa habitación, varía el grado de seguridad en el suministro de la energía eléctrica, entendiéndose esto, desde el punto de vista de planeación, como la posibilidad de que esté dentro de servicio un determinado tiempo (estimado por lo general en forma anual). Lo anterior plantea la necesidad de estudiar en algunos casos varias alternativas de soluciones posibles, considerando la confiabilidad de cada una de ellas y desde luego, la influencia que cada solución tiene en el aspecto económico.

**Seguridad contra accidentes e incendios.** Ya que la presencia de la energía eléctrica significa un riesgo para el humano, se requiere suministrar la máxima seguridad posible para salvaguardar su integridad así como la de los bienes materiales.

En base a lo anterior puede decirse que dentro de la *planeación* el objetivo fundamental de una instalación eléctrica es el cumplir con los requerimientos planteados durante el proyecto de la misma, tendientes a proporcionar el servicio eficiente que satisfaga la demanda de los aparatos que deberán ser alimentados con energía eléctrica.

## **Proceso de Planeación de un Proyecto eléctrico.**

- Determinación de alcances y objetivos.
- Delimitación del problema.
- Visión.
- Justificación.
- Metodología.
- Recursos.
- Objetivos.
- Equipos.
- Definición de etapas de desarrollo.
- Plan.
- Confirmar responsabilidades.
- Planeación y control.

## **Planeación de las Instalaciones Eléctricas**

Para el electricista práctico, el realizar una instalación eléctrica puede ser un aspecto hasta cierto punto rutinario en cuanto a los elementos que se deben tomar en consideración y las actividades a realizar, no obstante para el principiante o el experimentado en instalaciones eléctricas, considerar los aspectos básicos de la planeación de las instalaciones eléctricas resulta de importancia para el cálculo de las mismas y de sus posibles ampliaciones.

En términos generales se puede considerar la planeación de instalaciones eléctricas de la siguiente manera:

### ***1. Planeación de las instalaciones eléctricas residenciales.***

Con excepción de residencias muy grandes, el tamaño promedio de una instalación eléctrica residencial, no justifica una preparación y elaboración de planos muy completa

ya que esto puede resultar relativamente caro con relación al costo de la propia instalación, sin embargo, se debe preparar un plano (al menos) que indique las características principales de la instalación y sus especificaciones, para esto, se requiere, como ya se indico antes, de un buen conocimiento de las normas para instalaciones eléctricas, de los materiales y equipos que intervienen así como del cálculo de alumbrado.

El uso primario de las instalaciones eléctricas residenciales estaba dirigido hacia el alumbrado y salidas (contactos) para algunas aplicaciones como conexión de televisores planchas, refrigeradores, etc., en la actualidad dependiendo del tamaño y tipo de la instalación eléctrica se deben considerar elementos adicionales a los antes mencionados para ciertos casos especiales como son:

1. Calefacción y aire acondicionado.
2. Aparatos eléctricos.
3. Estufas eléctricas.
4. Alumbrado interior y exterior.
5. Sistema de comunicación.
6. Sistema de alarma.

En la planeación general de cualquier sistema eléctrico se deben considerar los siguientes factores generales:

1. Método de cableado.
2. Alimentación de la compañía suministradora en forma aérea o subterránea.
3. Tipo de construcción del edificio.
4. Equipo de medición y protección en la alimentación.
5. Grado de alambado requerido en luminarias y aparatos.
6. Selección de luminarias.
7. Tipo de calefacción y sistema de mantenimiento.
8. Cableado de control para calefacción y aire acondicionado.
9. Sistemas de alarma y señalización.



Para la mayoría de los servicios en casas habitación la alimentación es monofásica a 127 Volts, de fase a neutro. Cuando la carga es mayor y requiere de un servicio trifásico entonces la alimentación es a 220 Volts de fase a fase.

## ***II.Planeación de las instalaciones eléctricas comerciales.***

Las instalaciones eléctricas comerciales pueden estar dentro de una amplia gama de posibilidades, ya que van desde un simple cuarto hasta instalaciones más o menos complejas que requieren de refrigeración, aire acondicionado, sistemas de alarma, grandes cargas de alumbrado, etc.

Para la planeación de la instalación eléctrica de pequeñas accesorias comerciales, como aquellas que forman parte de edificios que son casas habitación, o de un conjunto de accesorias en centros comerciales, pero que no caen dentro de la categoría de grandes centros comerciales o supermercados.

Algunos de los aspectos a considerar en la instalación eléctrica de pequeños comercios, son los siguientes:

1. Tipo de construcción del edificio en donde se encuentra.
2. Determinar si la instalación formará parte de una nueva construcción o la ampliación o modernización de una ya existente.
3. Tipo de construcción de paredes, techo y piso, así como sus dimensiones.
4. Métodos de cableado.
5. Localización y tipo de servicio de alimentación (aéreo o subterráneo).
6. Localización y tipo del equipo de medición y protección.
7. Tamaño de los circuitos alimentadores, tablero y equipo.
8. Cableado para aparatos y áreas de exhibición
9. Requerimientos de instalación para las luminarias de acuerdo a su tipo.

En el caso de Centros Comerciales de tamaño medio, prácticamente se aplican los mismos criterios de planeación que en los pequeños, guardando las debidas proporciones, ya que generalmente se deben elaborar más planos y dar mayor detalle a los mismos. La tensión de alimentación en los pequeños centros comerciales puede ser 127 Volts de fase a neutro o 220 Volts trifásico, cuando es requerido, en tanto que en los medianos es por lo general trifásico a 220 Volts con una derivación a 127 Volts de fase.

En los grandes Centros Comerciales, la tensión de distribución interno dependiendo de la magnitud de la carga y de las dimensiones del local puede ser 440 Volts trifásicos, 220 Volts trifásicos y en ambos casos se dispone por lo general de 127 Volts de fase a neutro. En estos grandes centros comerciales, debido al valor de la carga total la alimentación es en alta tensión (6.6 kV ó 13.2 kV) y entonces es necesario disponer de una subestación eléctrica (por lo general tipo compacta) para reducir el voltaje y distribuir a los centros de carga. Los factores más importantes que se deben considerar en la instalación eléctrica de un centro comercial grande son los siguientes:

1. Tipo de construcción de edificio (ladrillo, tabicón, concreto reforzado, madera, etc,) y acabados.
2. Tipo de techo, pisos, altura de techo, plafón o falso plafón, separación del piso y plafones, variantes del área dentro del mismo comercio, etc.,
3. Método de cableado recomendable, (tubo conduit, charolas, ductos).
4. Tipo de equipo de medición y protección de la compañía suministradora.
5. Tipo y localización (acometida) de los conductores de servicio.
6. Tipo de luminarias, forma de montaje de las mismas, lámparas a usar en las distintas áreas, etc.
7. Aire acondicionado y alimentación a equipos de refrigeración (cuando es requerido).
8. Alimentación a las áreas de exhibición.
9. Alimentación al alumbrado de estacionamientos, áreas de descarga y carga de materiales.

### ***III.Planeación de las instalaciones eléctricas en hospitales.***

En edición a los factores de planeación a considerar en instalaciones residenciales y comerciales mencionados en los párrafos anteriores, habrá que mencionar que en las instalaciones de hospitales puede haber variantes similares a las de las instalaciones comerciales en cuanto al tamaño, ya que va desde pequeñas clínicas hasta instalaciones en hospitales medianos y grandes, en estos últimos casos por lo general se requiere de

alimentación en alta tensión (el valor depende del tamaño de la carga en el hospital) trifásica usando una o más subestaciones eléctricas para la reducción a las tensiones de utilización y la distribución apropiada.

1. Si se trata de una nueva instalación o bien una ampliación o modificación de una ya existente.
2. Tipo de construcción general del edificio, es decir, ladrillo, tabicón, concreto reforzado, estructura de acero, techo de diente de sierra, etc.
3. Tipo de piso, techo, niveles de piso, etc.
4. Tipo de servicio de alimentación (tensión, conexión del transformador, valor de corriente de corto circuito, alimentación aérea o subterránea, etc.)
5. Tensión de distribución para cableado y fuerza.
6. Tipo de equipo requerido y sus características principales (subestación unitaria, interruptor, tableros de fuerza, centros de control de motores, etc.)
7. Tipo de distribución de tensión, incluyendo subestaciones reductoras.
8. Métodos de cableado, charolas, ductos, tubos conduit, etc.
9. Tipos de tableros de alumbrado y fuerza.
10. Lista de motores, potencias tipos de arrancadores y controles en general.
11. Tipos de luminarias, formas de montaje y alimentación.
12. Plantas de emergencia
13. Tierra y neutro
14. Instalaciones especiales (rayos x, instalaciones en salas de operación, etc.)
15. Aire acondicionado.

## **1.4. PROGRAMACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.**

### **Programación.**

Se entiende por programación de un proceso constructivo, al ordenamiento a través del tiempo de sus actividades ya planteadas en forma lógica y racional, con el objeto de seguir tanto su desarrollo como el de las variables que lo afectan, tomando en cuenta siempre las restricciones, los recursos y los objetivos señalados.

El programa será por lo tanto la herramienta para el control del proceso constructivo y de ejecución y existirán tantos de acuerdo al número y tipo de variables que se desee vigilar, como por ejemplo: los costos por actividad, período de tiempo, las necesidades de recursos, suministros de materiales y equipo, etc.

Estos programas tendrán diferente función y uso dependiendo de quien sea la persona que los utiliza (constructor, supervisión, cliente, etc.).

Estas funciones pueden ser:

- Programar las necesidades de los diferentes recursos a usar en el proceso a través del tiempo.
- Evaluar en determinado instante el desarrollo de la obra.
- Detectar desviaciones en las decisiones planteadas originalmente, mediante su comparación con la realidad.
- Formular medidas de corrección de los efectos producidos por las desviaciones, retroalimentando así el proceso constructivo.

### **Fases de la programación.**

La programación de un proceso constructivo consta de las siguientes fases:

- a) Selección de la duración de cada actividad.
- b) Selección del tiempo de iniciación de cada actividad.
- c) Cálculo de los tiempos de determinación y holguras de cada actividad.
- d) Representación gráfica del proceso en un Diagrama de Barras.

La selección de la duración de cada actividad deberá hacerse teniendo en cuenta la influencia de dicha duración en los siguientes factores:

- a) Duración del proceso constructivo.
- b) Costo y recursos requeridos para realizar la actividad.
- c) Costo del proceso constructivo.

La selección del tiempo de iniciación de cada actividad depende de:

- a) Secuencias de la actividad respecto a las otras actividades del proceso constructivo, de acuerdo con el plan elaborado.
- b) Posibilidad de desplazar la terminación de la actividad sin retrasar la duración del proceso constructivo.
- c) Distribución eficiente en el tiempo de duración del proceso constructivo, de los recursos requeridos para efectuarlo.

El cálculo de tiempos y terminación y las holguras dependen del método de programación que se aplique al proceso constructivo. Por último, teniendo en cuenta todos los tiempos anteriores, se procede a representar gráficamente al proceso en un diagrama tal que se pueda asignar fechas y recursos a cada actividad.

### **Control.**

A lo largo de una ejecución física de un proceso constructivo, será necesario revisar y comparar sus objetivos originalmente planteados, esto es en sí lo que se llama control del proceso constructivo. Dicho control comprende las siguientes etapas:

- a) Se establece en un momento dado lo que realmente sucede en el proceso constructivo. Para ello se hace uso por lo general de los reportes de trabajo.
- b) Se compara esta realidad con lo originalmente planeado utilizando para ello los programas modelo para detectar desviaciones.
- c) En caso de tenerse desviaciones en el proceso constructivo, se formulan las medidas pertinentes para corregir sus defectos: para ello se efectúan simulaciones teóricas con las correcciones que se crean necesarias haciendo uso de los métodos de programación y control.
- d) Finalmente esta simulación nos puede conducir a alguna de las siguientes decisiones:
  - Que no puedan corregirse totalmente estas desviaciones por haberse superado los valores de falla (ejemplo, tener un tiempo mínimo de ejecución con costo máximo aceptable).
  - Que la desviación pueda compararse aunque sea parcialmente, dentro de los límites originalmente planteados.
  - Que cualquier corrección de la desviación sea más cara que el daño recibido, teniendo en este caso que recurrirse a una nueva asignación de recursos y toma de decisiones.

### **Método de programación: Ruta crítica.**

Hasta antes de 1957 la programación y control de una obra y de manera general de cualquier proceso constructivo, se llevaba a cabo a base de “diagrama de barras o diagrama de Gantt” en cuál consiste en determinar a base del criterio personal del ingeniero responsable de la obra, una lista de las actividades principales, las cuales generalmente llevan el orden en que estas se ejecutan y sobre la base de rendimientos ya establecidos se obtiene una fecha de terminación, si ésta requiere ser acortada o ampliada se ajusta de acuerdo al criterio del ingeniero.

En nuestro país el *Método de la Ruta Crítica* ha sido utilizado desde 1961 por la Secretaría de Obras Públicas, para la construcción de edificios y desde 1962 por la Comisión Federal de Electricidad para controlar las obras de electrificación que se realizan.

Las bases bajo las cuales se maneja el Método de la Ruta Crítica son las siguientes:

- 1) Manejo de la planeación y programación separadamente.
- 2) Definir en la planeación dos componentes:
  - a) Actividades que la componen.
  - b) Secuencia de su ejecución.
- 3) Integración de un programa a través del diagrama de flechas.
- 4) Estimar la duración de cada una de las actividades.
- 5) Presentar datos para análisis de la relación costo-duración de una actividad dada.
- 6) Presentar datos para establecer la necesidad de recursos en cada período del proyecto.

Las ventajas de utilizar una programación adecuada durante la etapa de planeación son las siguientes:

- La identificación clara de las actividades que conforman la ejecución de la obra, así como su consecuencia.
- La identificación de las actividades que definen tácitamente el tiempo de ejecución de la obra.
- La identificación de las actividades críticas que pueden atrasar todo el proyecto y también las actividades que tendrán cierta holgura, la cual se puede utilizar para compensar algunos atrasos de otras actividades, o si se agota esa holgura saber cuales pueden volverse críticas.

El Método de la Ruta Crítica, nos da la ventaja, además de las anteriores, que podemos determinar la viabilidad de otros caminos para llevar a cabo la ejecución de la

obra, es decir cambiar la secuencia de las actividades utilizando otro sistema constructivo, aumentar cuadrillas o el tipo de equipo, para tratar de reducir el tiempo de ejecución, sin aumentar el costo.

Al hacer el análisis final de la red, si se necesita, podemos enfocarnos a realizar la comprensión de ésta, para poder reducir el tiempo de ejecución de algunas actividades críticas, al reducir el tiempo de ejecución de estas actividades, disminuye el tiempo total de ejecución del proyecto, pero puede aumentar el costo hasta que ya no se pueda reducir el tiempo de ejecución (punto de límite de falla), El Método de la Ruta Crítica nos permite encontrar el punto intermedio entre el tiempo-costo normal y el tiempo-costo del límite de falla.

Sin duda la utilización del Método de la Ruta Crítica durante la etapa de planeación, ofrece muchas ventajas y ha demostrado su efectividad en diversos proyectos en que se ha aplicado, además debido a la competencia que existe en la industria de la construcción, se requiere de optimizar todos los recursos y mejorar la calidad, aspectos que éste método nos puede brindar. Además, se ha demostrado que la aplicación de éste método, ha reducido el tiempo de ejecución de las obras hasta en un 20%, con respecto a otras que emplearon el método tradicional.

Las etapas que conforman un proceso constructivo o de ejecución y que podemos analizar con el Método de la Ruta Crítica son:

1. **La Planeación:** consiste en definir a partir de tablas, gráficas o diagramas las actividades que conforman un proyecto, así como la secuencia con la cuál se interrelacionan. En esta parte del proceso no importa mucho el tiempo de ejecución ni el costo de cada una de las actividades.
2. **La Programación:** consiste en determinar sobre la base de tablas, gráficas o diagramas cuando se ejecutará cada actividad, así como el tiempo que llevará realizarla, y sobre la base de esto poder definir cuales son las actividades que definen la duración del proyecto (actividades críticas), la suma del tiempo de éstas nos dará el tiempo de ejecución del proyecto (tiempo de ejecución normal). Por lo tanto la programación es determinar el camino más corto (normal) para realizar el proyecto.
3. **El Control:** consiste en conocer mediante tablas, gráficas o diagramas las consecuencias de un atraso o un adelanto en cualquier actividad de un proceso y tomar las decisiones convenientes, en esta fase interviene el costo de cada una de las actividades que conforman el proyecto, además se puede reducir el tiempo de

ejecución de las actividades críticas, sin embargo esto aumenta el costo, la mejor solución es encontrar el balance entre el tiempo-costo (normal) y el tiempo-costo (límite de falla), esto mediante comprensiones o descomprensiones de la red.

### MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA

MÉTODO DE LA RUTA CRITICA	Planeación	Desglose de actividades. Programa de secuencias y restricciones. Tabla de secuencias. Diagrama de red.
	Programación	Tiempo de ejecución por actividad. Obtención de ruta crítica. Valuación de tiempos. Holguras. Reducción sencilla. Sistema M.R.C.-GANNT
	control	Datos de costo-tiempo. Comprensión y descomprensión de redes. Distribución de recursos.

Por lo antes expuesto, al realizar el Programa de Obra durante la etapa de Planeación General del Proyecto, que es la más importante ya que en base a el se sacan los demás programas, el de inversión, mano de obra, suministro de materiales, maquinaria y equipo, etc. Se cuenta con una fecha de inicio, así como de terminación propuestas por la dependencia, la de inicio invariablemente es la que se utiliza, sin embargo la de terminación podemos reducirla, más por ninguna razón sobrepasarnos de ésta, ya que esto implica tiempo y costo. Gracias al Programa de Ruta Crítica podemos determinar el camino más corto y económico para hacer la obra y podemos reducir o aumentar el tiempo de ejecución según convenga.

Durante la etapa de elaboración del Programa se pueden presentar restricciones durante el proceso constructivo, motivo por el cuál debemos tomar en cuenta las



restricciones que se pueden presentar durante la ejecución de cualquier obra, ya sea de tipo civil o de instalaciones:

- *Restricciones físicas:* Son aquellas que condicionan el inicio o terminación de una actividad, a que otra esté concluida.
- *Restricciones de seguridad:* En algunas ocasiones es necesario separar algunas actividades que pueden ser simultáneas, ya que al realizar una actividad de estas puede poner en peligro la integridad física de los trabajadores que realicen otra actividad.
- *Restricciones de recursos:* En ocasiones es necesario retrasar alguna actividad porque no se puede disponer de los recursos a tiempo para realizarla.
- *Restricciones de mano de obra:* Es necesario determinar las actividades que requieran de mano de obra especializada; como por ejemplo soldadores, linderos, técnicos electromecánicos, que son difíciles de conseguir.
- *Restricciones administrativas:* En algunas ocasiones la realización de actividades que pueden ser simultáneas, por una orden de la dirección, se hacen en una secuencia determinada, generalmente esta decisión es arbitraria

Finalmente cuando se tiene terminada la distribución de los recursos, podemos elaborar un “**Diagrama de Ruta Crítica comprimido, distribuido y ajustado**”, basado en las etapas de distribución y ajuste.

El Método de la Ruta Crítica permite la planeación y programación efectivas de los recursos disponibles, el responsable de la ejecución de la obra puede planear y programar racionalmente los recursos necesarios para realizar la obra: Materiales, mano de obra, equipo y capital de trabajo, además permite que el ingeniero pueda tomar decisiones sustentadas en un análisis confiable, hay que recordar que cualquier decisión que se tome tendrá siempre repercusiones en el tiempo y costo de la obra ya sea a favor o en contra según sea el caso. La toma de decisiones va a estar siempre ligada a un control de los recursos de la obra, este control consiste además de controlar las actividades, en poder controlar los requerimientos de cada una de éstas para que se realicen en el tiempo que se tenga programado.

## **I.5. CONTROL Y SUPERVISIÓN EN LA PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.**

Para la planeación general y **control** de un Proyecto de Instalaciones Eléctricas, es requisito indispensable evaluar las necesidades del cliente en función a la obra civil que se este ejecutando y al objetivo final que se dará a dicha obra, logrando en forma general la calidad y el confort requeridos por el cliente, motivo por el cuál en la mayoría de las instalaciones en edificaciones es necesario e indispensable contar con los servicios de una **Supervisión**, ya sea interna o externa; para tal situación debe considerar lo siguiente:

- I. Estudio de Factibilidad
- II. Para los sectores público y privado, la supervisión debe conocer el desarrollo de las siguientes sub-etapas, sobre todo en la ejecución de la Obra Civil e instalaciones y cuidar que valla de la mano con la ejecución de los trabajos de la instalación y equipamiento eléctrico.
  - a) Conocer el terreno donde se va construir el edificio.
  - b) Corroborar que cuenta con los servicios municipales o de instalaciones mínimos, como son: agua potable, de acuerdo a la normatividad vigente en materia de calidad de agua.
  - c) Energía eléctrica y alumbrado público.
  - d) En los sectores público o privado, se debe conocer el diagnóstico físico que incluya como mínimo los siguientes aspectos:
    - Que la edificación en proceso cuente con la cantidad y distribución de alumbrado público exterior y con el servicio de suministro de energía eléctrica.
    - Conocer que se cuente con el servicio de descarga de aguas residuales de acuerdo a la normatividad vigente en materia de calidad de agua residual.
    - Conocer que la obra exterior cuente como mínimo con: Estacionamiento de acuerdo al reglamento de construcción vigente en la localidad, áreas deportivas y de recreo y cercado o bardado perimetral
    - Conocer del emplazamiento y el entorno, la existencia de peligros de: Laderas, taludes naturales o artificiales, barrancas, ríos, arroyos, volcanes; zonas

inundables, minadas, de costa; o instalaciones peligrosas como son: plantas industriales, gasoductos, estaciones de gas o de gasolina, fuentes de contaminación ambiental o moral, líneas de suministro eléctrico de alta y media tensión, carreteras y aeropuertos.

- Conocer los resultados del dictamen de la valoración de seguridad estructural, de instalaciones eléctricas, hidrosanitarias y especiales.
- Verificar que tiene el proyecto ejecutivo resultado del dictamen de la valoración de seguridad estructural, instalaciones eléctricas, hidrosanitarias y especiales.

A partir del proyecto ejecutivo se debe realizar la delimitación del problema, la cuál se refiere a identificar todos aquellos aspectos que son importantes para el desempeño de una actividad y aislar todos aquellos que no interfieren en el mismo.

En la delimitación del problema se deben de escribir cada uno de los recursos y procesos que intervienen dentro del área del proyecto, para analizar cada uno de ellos y seleccionar aquellos que realmente intervengan dentro del problema identificado.

El objetivo de delimitar el problema es disminuir el grado de complejidad del proyecto para atender solo aquellos aspectos que son requeridos.

El Director de Obras o el Responsable del Área de Obras de Unidad, según corresponda, nombrarán a un Responsable de Ejecución de Obra y verificará que se cuente con lo siguiente:

- a) El programa de Ejecución de Obra:
- b) El Presupuesto de Obra:
- c) La Supervisión externa o interna, dependiendo de la magnitud y características de la obra a ejecutar.

## **Control Técnico y Administrativo.**

El Control técnico y administrativo que lleve a cabo la supervisión, debe dirigirlo principalmente a los procesos de inspección, revisión, prueba o atestiguamiento que garanticen que los procesos de trabajo, insumos, partes, componentes, el equipo de instalación y mano de obra cumplen con los objetivos, alcances y especificaciones del proyecto.

La supervisión adicionalmente debe demostrar el cumplimiento de los siguientes requisitos:

- a. Control de calidad. La revisión de los resultados obtenidos en el producto del muestreo, relacionados con la calidad de los insumos, partes, componentes, procesos y mano de obra que cumplan con las normas, códigos y especificaciones relevantes de calidad que correspondan; en caso de que no cumplan con la calidad requerida, se identifican y realizan las acciones para su corrección y cumplimiento.
- b. Control de cambios. La supervisión debe documentar metódicamente los cambios que se originen por modificaciones al proyecto, a los procedimientos, especificaciones técnicas u otros requisitos establecidos por el cliente.
- c. Reportes de seguimiento. La supervisión debe realizar los reportes de seguimiento al contratante que le permita conocer el estado actual de la construcción y pueda comparar el progreso de esta etapa respecto a la línea base.
- d. Control de riesgos. Debe hacer un seguimiento de los riesgos identificados.
- e. El control de costos y control administrativo de la construcción. Debe aplicar la metodología establecida para revisar el control y seguimiento administrativo del estado de cuenta que guardan los trabajos de la obra a la fecha, indicando las cantidades ejercidas y los saldos por ejercer para establecer oportunamente si pudieran existir diferencias entre el presupuesto inicial y el costo de terminación de la obra.
- f. Control de programación. Debe aplicar el mecanismo establecido de control para el seguimiento del avance y de los cambios que se puedan presentar con relación a las fechas programadas para la construcción de la obra.

## Proveedores y Subcontratación

La adecuada administración de los servicios de proveeduría y de los subcontratos, resulta de vital importancia para el cumplimiento de los requisitos del proyecto.

Servicios de proveeduría. Los supervisores deben dar seguimiento a los proveedores de bienes y de servicios (subcontratistas), para que cumplan con los requisitos de calidad y tiempo, en el suministro de los mismos y se apeguen a lo establecido en la legislación aplicable en materia de seguridad y protección al medio ambiente.

La asesoría o asistencia técnica que debe prestar el Supervisor estará limitada a su preparación y a la experiencia en el desarrollo de su ejercicio profesional.

La asesoría será proporcionada:

- a. Por el Supervisor de la Obra.
  - b. Por los asesores de la Oficina de Supervisión.
  - c. Por consultores contratados para tales fines.
- I. El objetivo de la supervisión consistirá en:
    - Garantizar que la ejecución de la obra sea acorde con los planos, especificaciones, presupuestos y programas aprobados, de conformidad con lo estipulado en los contratos celebrados.
    - Garantizar que se lleven a cabo óptimamente los aspectos de cantidad, calidad, costo y tiempo durante el proceso de la ejecución de los trabajos.
  - II. En el caso de existir una supervisión externa, el responsable de la dependencia o del cliente, según corresponda, vigilará los actos de dicha supervisión.
  - III. En caso de que la obra se lleve a cabo simultáneamente por varios contratistas de diversas especialidades, deberá contratarse o asignarse a un Coordinador de Proyecto Ejecutivo y Estudios

Para el elemento de la cadena de valor proyecto ejecutivo la supervisión debe revisar el proyecto ejecutivo lo siguiente:

- Se debe revisar que los planos correspondan a la obra a supervisar y que contengan los datos generales como: ubicación, responsable, fecha, escala,

cotas, niveles, orientación, nomenclatura, especialidad, número de plano, especificaciones.

- Se debe revisar que sea entregado el proyecto ejecutivo completo con todos planos requeridos para la ejecución de la obra y especificaciones de construcción; (*Verificar documentalmente que cuenta con los planos completos del proyecto ejecutivo autorizado*).
- Se debe revisar que contenga el control de calidad de los procedimientos constructivos y de los materiales de construcción especificados; (*Verificar que conoce los controles de calidad establecidos en el proyecto ejecutivo*).
- Que el proyecto ejecutivo corresponda al presupuesto contratado.
- Dar aviso oportunamente de los resultados de las revisiones, del cumplimiento de los programas y de las soluciones dadas a los problemas inherentes a la obra.
- Revisar, asesorar, inspeccionar, vigilar, coordinar e informar, o sea, el compendio de las actividades anteriores.

Las revisiones deberán hacerse con la minuciosidad necesaria para comprobar la exacta correspondencia de los trabajos con lo indicado en el proyecto, las especificaciones y las órdenes complementarias proporcionadas por los responsables por parte de la dependencia o cliente particular, según sea el caso.

Es obligación del Supervisor informar oportunamente de aquellos problemas cuya solución se encuentre fuera de su alcance.

La inspección estará orientada principalmente al cumplimiento de las especificaciones y al control de las cantidades de obra realizadas por los contratistas.

Para ejercer una vigilancia adecuada, es indispensable el conocimiento amplio de las disposiciones legales y reglamentarias que deben aplicarse en la realización de las instalaciones.

La coordinación representa una estrecha interrelación de las actividades del Supervisor de Instalaciones con las correspondientes del Residente.

Para preparar la información que oportunamente el Supervisor debe enviar a su inmediato superior, será preciso hacerse en formas que simplifiquen el suministro de los datos de todas aquellas operaciones sistemáticas.

## INICIACIÓN DE LOS TRABAJOS DE SUPERVISIÓN

El Supervisor de Instalaciones deberá recabar todos los datos necesarios para iniciar sus actividades.

Datos Generales de la Obra:

- a. Ciudad donde se hace la construcción.
- b. Domicilio.

Función del edificio o de los edificios del conjunto:

- a. Número de pisos del edificio.
- b. Altura del edificio o de los edificios.
- c. Número estimado de población.
- d. Superficie del terrero.
- e. Superficie construida.
- f. Superficie pavimentada.
- g. Superficie de prados y jardines.

Información que deberá tener el Supervisor en la obra, para poder llevar un mejor control de la misma:

Documentación:

- a. Contratos.
- b. Programas de obra.
- c. Formas para las Estimaciones.
- d. Formas para las órdenes de trabajos adicionales.
- e. Programa de seguridad e higiene.

Proyectos:

- a. Un juego completo de planos definitivos.
- b. Memorias de cálculo.
- c. Catálogos de Conceptos con Precios Unitarios Aprobados.
- d. Pedidos de equipos.
- e. Guías Mecánicas de muebles y equipo.
- f. Especificaciones generales.
- g. Manuales de Instalación e equipos proporcionados por los proveedores.

Acometida de Alta Tensión:

- a) Localización de líneas de alta tensión.
- b) Tensión (es) disponibles.
- c) Frecuencia.
- d) Modificaciones necesarias que habrán que hacerse en las líneas actuales para proporcionar el servicio.
- e) Investigar el monto de las erogaciones que se requieren para obtener el servicio.

Acometida de Baja Tensión:

- a. Localización de líneas de baja tensión.
- b. Tensión (es) disponibles.
- c. Frecuencia.
- d. Modificaciones necesarias que habrán que hacerse en las líneas actuales para proporcionar el servicio.
- e. Investigar el monto de las erogaciones que se requieren para obtener el servicio.

Teléfonos:

- a. Localización de la acometida.
- b. Investigar si existe capacidad para dar el servicio.
- c. En caso de no haber capacidad, investigar en que tiempo se puede contar con el servicio.

Abastecimiento de agua potable:

Toma Domiciliaria:

- a. Localización.
- b. Presión disponible.
- c. Gasto máximo instantáneo.
- d. Diámetro de la red municipal.
- e. Diámetro(s) de la(s) toma(s).

Otra fuente de Abastecimiento

- a. Pozo profundo o somero.
- b. Captación superficial.
- c. Captación atmosférica.



Otras formas de eliminación de aguas residuales:

- a. Tratamiento primario con fosa séptica o tanque imhoff.
- b. Pozos de absorción.
- c. Campos de oxidación.
- d. Lugar de desfogue.
- e. Plantas especiales de tratamiento.

Disposiciones legales o reglamentarias federales o locales

Autoridades ante quienes debe hacerse la tramitación:

- a. Domicilio.
- b. Teléfono.
- c. Nombres de los funcionario con quien se hará la tramitación.

Revisión de los proyectos

Planos

- a. Especificaciones.
- b. Memorias Descriptivas.
- c. Memorias de cálculo.
- d. Listas de conceptos de materiales de instalaciones.

Comprobación de la cantidad y tipo de planos.

- a. Número de planos, comprobar cotejando la lista proporcionada por el proyectista.
- b. Comprobar que los planos contengan todas las instalaciones requeridas.
- c. Comprobación de la cantidad y tipos de planos de instalaciones eléctricas.

Planos de Detalle:

- a. Planos de localización de equipo en subestaciones eléctricas.
- b. Detalle de bases de cimentación de planta de emergencia.

Recomendaciones Generales para la revisión de los planos.

Recorrer las tuberías, canalizaciones y ductos con lápices de colores para conocer perfectamente las trayectorias de cada una de las diferentes instalaciones.

## REVISIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES

### Normas y reglamentos:

- a. Conocimiento y aplicación de las normas y reglamentos vigentes.
- b. Vigilar la cantidad de los materiales empleados, exigiendo que estén autorizados en la Dirección General de Normas de la Secretaría de Industria y Comercio.
- c. Conocer los reglamentos locales y aplicarlos.

### Calidad de los materiales:

- a. La establecida por las Especificaciones dadas por la dependencia o por el cliente Particular y por la Dirección General de Normas.
- b. Efectuar pruebas de calidad de acuerdo a lo especificado por la dependencia o el cliente.
- c. Uso de materiales de calidad y diseño similar a los especificados “solamente con autorización por escrito del Cliente.”

## INSTRUMENTOS DE CONTROL

- a. La Dirección de Obras o el Área de Obras de Unidad, según corresponda, celebrará reuniones semanales de coordinación con los representantes de: la(s) constructora(s), la supervisión y el cliente y se elaborará la minuta correspondiente con la firma de todos los participantes.
- b. En estas reuniones también intervendrán, cuando sea necesario, los especialistas contratados en las diferentes disciplinas, tales como: Corresponsable Estructural, Especialista en Mecánica de Suelos y Control de Nivelaciones, Supervisor de Proyecto Arquitectónico y unidad verificadora en instalaciones eléctricas. La supervisión deberá dar seguimiento a los acuerdos establecidos.
- c. La supervisión llevará la bitácora de obra, que será el medio para formalizar la comunicación con la constructora. En este documento se registrarán órdenes, solicitudes, aclaraciones, correcciones y eventos próximos o pasados. Este instrumento será fundamental para el correcto seguimiento de la obra, por lo que deberá abrirse desde la primera reunión formal, debiéndose registrar en ella las firmas del personal que tendrá acceso.

- d. La supervisión mantendrá actualizadas, en la bitácora, las anotaciones de todos los sucesos significativos de la obra, en orden cronológico y de manera clara y concisa.
- e. De ser necesario, se generarán boletines de obra que son instrumentos documentales que utilizará el Responsable de Ejecución de Obra para manifestar y confirmar la edición y entrega de información faltante y/o complementaria, tales como: planos, especificaciones, datos de construcción, entre otros. La entrega a la constructora se deberá formalizar en la bitácora de obra.
- f. El Programa de Ejecución de la Obra deberá formar parte de la propuesta de la constructora, se revisará y, de justificarse como necesario, en su caso, se ajustará durante la ejecución de los trabajos previa autorización de la Dependencia o del Cliente, según corresponda, el cual será notificado oportunamente de esta situación por el Superintendente de Obra y por el responsable de la Supervisión Externa.

Para llevar el control de acumulados por concepto de obra y tipo, se deberán formular estimaciones normales, excedentes y extraordinarias, que se llevarán por separado:

- I. Estimaciones normales, contendrán únicamente conceptos contratados de origen, sin exceder el volumen contratado.
- II. Estimaciones adicionales, que incluyen conceptos contratados de origen que aumentan el volumen contratado.
- III. Estimaciones extraordinarias, que incluyen conceptos nuevos fuera del catálogo original que se adicionan al contrato. Los conceptos fuera de catálogo pueden ser por obra inducida o por modificaciones al proyecto original.
- IV. Las estimaciones adicionales y las estimaciones extraordinarias deberán conciliarse entre el contratista y la supervisión y, en su caso, se incluirán previa autorización del Secretario General o del Secretario de Unidad, según corresponda, el cual será notificado oportunamente de esta situación por el Responsable de Ejecución de Obra.
- V. Para las obras que son del gobierno, al ejercerse el 80% del monto del contrato, el Responsable de Ejecución de Obra deberá analizar el costo y el tiempo requeridos para finalizar la construcción de la misma, actualizar el Proforma, firmarlo y hacerlo

del conocimiento de la Supervisión Externa correspondiente, quien, en su caso, con previa autorización por la Dependencia o el cliente particular otorgará la autorización por escrito a los incrementos en el monto.

- VI. Cuando se incremente el monto del contrato y por falta de recursos no se pudiese llegar a su culminación, se analizará la situación por el Responsable del Área por parte de la Dependencia, quien tomará la decisión pertinente, buscando su culminación al nivel máximo de uso posible.

#### ACLARACIONES

- I. En caso de aclaraciones referentes a materiales; se remitirá a lo establecido en el Reglamento de Construcciones del D.F., el Código Nacional Eléctrico, el Manual de Obras Civiles de la C.F.E., las Normas Oficiales Mexicanas (NOM).
- II. En caso de aclaraciones referentes al detalle de instalaciones específicas y especializadas; se recurrirá a aquellas que promulgan las asociaciones profesionales de cada ramo y especialidad del diseño y/o de la construcción, ya sean de procedencia nacional o extranjera pero que sean reconocidas en el medio profesional tales como las de ACI, AISC, ASTM, ASME, AWWA, AWS, ASHRAE, NFPA , etc., así como las específicas del proyecto.

#### REQUISITOS PARA LA INTEGRACIÓN DE LAS ESTIMACIONES

Para integrar las estimaciones de los trabajos de obras ejecutados será requisito presentar lo siguiente:

- I. Los Conceptos de Obra, que consisten en la descripción de las características de las diferentes partes de la obra, que definen su calidad y su costo una vez fijado el precio de sus elementos. Dichos conceptos deberán contener:
  - Características de los materiales.
  - Tipo de acabados.
  - Resistencia.
  - Posición y forma de colocación (en su caso).
  - Unidades de medición.
  - Volúmenes realizados y programados.

- Y como complemento, los planos, especificaciones, boletines, plantillas, hojas de cálculo de los precios unitarios y, en su caso, notas de bitácora.
- II. Los Números Generadores, que constituyen la parte documental de apoyo de las estimaciones, mismos que se deberán conservar como parte del contrato y contendrán:
- Croquis de localización con medidas.
  - Cuentas y operaciones que sirven para el cálculo de los volúmenes a estimar.
  - Cifras y cálculos claros y explícitos para su interpretación.
- III. Las fotografías de los trabajos ya ejecutados que se pretendan cobrar, para contar con la evidencia de los trabajos realizados.
- IV. Los formatos de las estimaciones y los datos que se anotan en los mismos, deberán reunir la suficiente información para conocer los conceptos y el monto a pagar; así como para llevar el control administrativo del contrato, el valor acumulado de las estimaciones anteriores, el saldo por estimar, la amortización de los anticipos y el saldo por amortizar.

Los documentos anteriores deberán ser firmados por el contratista, autorizados por el supervisor externo o interno según corresponda y avalados por el Responsable de Ejecución de Obra.

Con base en la información anterior el contratista generará la factura que deberá contener los requisitos fiscales e importes correctos.

En la Dirección General el trámite para los pagos de estimaciones deberá ser autorizado por el responsable de la Supervisión Externa y por el Responsable por parte de la Dependencia o del Cliente.

Cuando por consecuencia del proceso inflacionario existan cambios en los precios unitarios, el responsable de la Supervisión Externa realizará los estudios de escalatorias, el resultado de los mismos, en su caso, será autorizado por el Responsable de la Dependencia o Cliente, según corresponda, el cual será notificado oportunamente de esta situación por el Responsable de Ejecución de Obra. Las cantidades de las escalatorias deberán obtenerse mediante la aplicación de fórmulas autorizadas y emitidas en el Diario oficial.

## REPORTES

El supervisor de la obra elaborará reportes en forma particular para cada contrato y formulará un reporte integrado para informar al Responsable de Ejecución de Obra de la Dependencia del estado que guarda la misma. Dichos reportes deberán contener:

- I. Un reporte semanal, quincenal y mensual según lo indique la dependencia, el cuál contendrá información referente a los recursos de la obra y al avance físico y financiero de la misma.

El avance físico y financiero se expresará de dos maneras: uno a través de un diagrama de barras o de Gantt y otro con curvas o gráficos de avance acumulado contra lo programado.

- II. Fotografías para observar el progreso de la obra en secuencia.
- III. Un control de desviaciones identificando claramente sus causas; a partir de este conocimiento se tomarán las medidas necesarias de corrección.
- IV. Un informe periódico de calidad de las pruebas realizadas por el contratista para garantizar la hermeticidad, resistencia, aislamiento, operabilidad y eficiencia de las instalaciones y/o equipos.

Para concluir con este tema, se puede decir que lo anterior coadyuva a tener un buen *control* por parte de la *supervisión*, durante la planeación, programación y ejecución de una edificación.

## II. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS

### II.1 DISEÑO EN LOS EDIFICIOS

En general cada sistema eléctrico debe estar diseñado para satisfacer la demanda de servicio que se presente y considerar también el pronóstico de carga para instalaciones futuras, esta medida es conveniente y necesaria en algunos casos, debido a que el uso de la electricidad tiende a incrementarse en industrias, edificios, comercios, entre otros, y deben tenerse instalaciones calculadas para la demanda prevista en un lapso de tiempo determinado.

El diseño de una instalación eléctrica requiere del conocimiento de la carga que se va a alimentar y de la demanda máxima que se utilizarán en el edificio a diseñar.

La carga eléctrica es la potencia (watts) que demanda, en un momento dado, un aparato o máquina o un conjunto de aparatos de utilización conectados a un circuito eléctrico. La carga conectada a una instalación eléctrica se define como la suma de potencias nominales de las máquinas y aparatos que consumen energía eléctrica, conectados a un circuito o a un sistema.

En la época del anteproyecto se empieza con una estimación que permita realizar una evaluación presupuestal aproximada de la carga. Sin embargo, se puede hacer un cálculo detallado con la información completa de todos los equipos que serán conectados y obtener un valor más preciso de la carga.

#### **Carga de alumbrado.**

La carga para alumbrado general que se debe aplicar a un área particular está basada en una cierta carga unitaria por metro cuadrado de piso, este valor está expresado en términos de watts ó VA/m<sup>2</sup>. La carga total mínima de alumbrado se puede determinar multiplicando este valor de la carga unitaria por el área total de la construcción en m<sup>2</sup>.

En la tabla 2.1 se reproducen los factores típicos para calcular las cargas de alumbrado en función del tipo de construcción.

TIPO DE LOCAL	CARGA EN VA/m <sup>2</sup>
Auditorios	10
Bancos	35
Bodegas y almacenes	205

Casas habitación	20
Clubes o casinos	20
Edificios industriales	20
Edificios de oficinas	35
Escuelas	20
Estacionamientos comerciales	5
Hospitales	20
Hoteles y Departamentos Amueblados	20
Iglesias	10
Peluquerías y salones de belleza	30
Restaurantes	20
Tiendas	30

Tabla 2.1

Aplicando esta tabla la estimación inicial de la carga puede obtenerse conociendo la superficie que cubrirá la instalación eléctrica. Un cálculo más preciso se tendría conociendo los consumos de energía de cada uno de los equipos y servicios que serán alimentados por la instalación.

En las cargas mencionadas en la tabla 2.1 también está incluida la carga correspondiente a contactos de uso general en casas habitación y hoteles.

A continuación se definen algunos términos necesarios para la determinación de la carga:

#### **Carga Instalada.**

La carga instalada es la sumatoria de los consumos nominales de cada elemento consumidor según sus datos de placa.

$$P_{inst} = \sum P_j$$

Donde:

$P_j$  = potencia de cada elemento

$J = 1,2,3...n$

#### **Factor de demanda.**

El factor demanda ( $f_d$ ) es el cociente de la potencia o demanda máxima entre la carga instalada o carga conectada.

$$F_d = \text{demanda máxima} / \text{carga instalada.}$$



### **Demanda máxima en Circuitos Alimentadores.**

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 siguiente punto, y que sean aplicables al caso de que se trate. El circuito alimentador debe tener una capacidad, por lo menos, igual al valor de la demanda máxima en el mismo.

Factores de Demanda para instalaciones en edificios.

En la tabla 2.2 se establecen los factores de demanda para el cálculo de la carga de alumbrado general en alimentadores según se establece en las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas.

<b>Tipo de Local</b>	<b>Parte de la carga de alumbrado general a que se le aplica el factor de demanda.</b>	<b>Factor de demanda en el alimentador.</b>
Casas Habitación	Primeros 3000 VA o menos Exceso sobre 3000 VA	100% 35%
Hoteles	Primeros 20000 VA o menos Exceso sobre 20000 VA	50% 40%
Hospitales	Primeros 50000 VA o menos Exceso sobre 50000 VA	40% 20%
Edificios de oficinas Escuelas	Primeros 20000 VA o menos Exceso sobre 20000 VA	100% 70%
Otros locales	Carga total de alumbrado general	100%

Tabla 2.2

Factor de demanda para el cálculo de la carga de alumbrado general en alimentadores.

Factor de demanda: relación entre la demanda máxima del circuito y la carga conectada al mismo.

Los factores de demanda de esta tabla no deben aplicarse al cálculo de la carga de alimentadores de las áreas de hospitales y hoteles donde todas las lámparas pueden

estar encendidas al mismo tiempo, como sucede en las salas de operaciones, salones de baile y restaurantes.

Al aplicar estos factores de demanda se debe considerar lo siguiente:

Los factores de demanda que se indican en la tabla 2.2 pueden aplicarse para efectos del cálculo de la capacidad del alimentador, pero no para determinar el número de circuitos derivados requeridos.

Los contactos no considerados en la tabla de alumbrado. La carga de estos contactos, de uso general en cualquier tipo de local, con un mínimo de 180 VA por salida, puede sumarse a la carga de alumbrado y sujetarse a los mismos factores de demanda que la del punto anterior.

### **Carga de transformadores.**

El transformador, cuyo objetivo es cambiar los niveles de tensión, es uno de los equipos más comunes en las instalaciones eléctricas. Generalmente el transformador constituye una parte importante del costo total de la instalación eléctrica.

La eficiencia del transformador está en función de la carga que tiene conectado (curva característica de eficiencia). Por lo general la eficiencia máxima de un transformador se obtiene cuando la carga está entre el 75 y el 100% por lo que debe procurarse que el transformador utilice regímenes de carga cercanos a el 100%. Sin embargo al momento de especificar un transformador se requiere proveer cierta holgura para reservas futuras.

La carga que se considera para la selección del transformador es la carga total afectada por el factor de demanda correspondiente.

### **Carga de alimentadores para motores.**

La carga del alimentador para un centro de control de motores o para cualquier tablero que tiene conectado algún motor se calcula con la ecuación

$$I = \sum I_j + 0.25 (I_{nm})$$

Donde:

$j = 1, 2, \dots, n$  elementos conectados

$I$  = Carga del alimentador en amperes

$I_j$  = Carga de cada uno de los elementos (motores) conectados en amperes.

$I_{nm}$  = Corriente nominal del motor más grande del grupo considerado.

$I$  = Corriente con la que se calcula el alimentador.

### **Carga en Plantas de Emergencia.**

El suministro de energía eléctrica en algunos casos, es indispensable para afrontar condiciones de falla y peligro, ya sea porque se puede perder o dañar una producción determinada o bien porque se ponen en peligro vidas humanas u otros bienes.

Por ejemplo, si en un teatro existe el peligro de accidentes por aglomeraciones en caso de un apagón, será necesario proyectar un circuito especial separado del resto, para alumbrar pasillos, escaleras, puertas, entre otros., mediante una alimentación eléctrica de emergencia o equipos independientes que operen durante la falla.

En el caso de hospitales u otras aplicaciones en que se amenaza la vida humana, pueden considerarse las plantas de emergencia como un salvavidas. De aquí la importancia de poner una gran atención no sólo a la buena selección, adquisición e instalación de la misma, sino mantener con gran cuidado y esmero, todas las características que aseguren su buena operación.

Una planta de emergencia está diseñada para operar durante períodos relativamente cortos, ya que se supone que el suministro general de energía eléctrica, se hace cargo de la demanda normal y solamente, al fallar ésta, se requiere un sustituto para algunas cargas, y por consiguiente, en lugares con buen suministro eléctrico, una planta de emergencia llega a operar sólo unas cuantas horas por año, aún sumándole los tiempos de ejercitación semanal que se aconsejan.

Básicamente, cuando se trata de edificios grandes, con carga total importante, es frecuente que se tenga un tablero principal y a partir de éste, se tengan alimentadores a los tableros subterráneos generales de cada piso.

Existen algunas variantes, dependiendo del uso que se de al edificio, ya que no es lo mismo si se trata de un edificio para uso habitacional que para usos hospitalarios o de oficinas. En cualquier caso, se pueden tener distintos servicios de acuerdo a las necesidades de cada edificación.

En resumen a lo anterior se puede decir que en un diseño de instalaciones eléctricas hay que tomar en cuenta que todo cálculo de instalación eléctrica se inicia con un plano arquitectónico de la vista en planta del área en donde se desea hacer la instalación eléctrica, este plano es normalmente a escala y muestra la distribución por áreas y por niveles.

1. Lo primero que se debe localizar en el plano de la instalación son los contactos (en sus distintos tipos, según sea la aplicación), haciendo uso de la simbología convencional y también se deben localizar los apagadores, de acuerdo con el accionamiento de los contactos con apagador.
2. En el mismo plano se deben localizar todas las conexiones y salidas para aparatos del hogar y equipos. Esto se debe hacer en estrecha coordinación con el diseñador arquitectónico, dado que cada aparato y equipo se debe conocer para la correcta localización de los contactos, ya que muchas veces los planos no muestran todo lo que se debe instalar. Específicamente el diseñador arquitectónico debe preguntar la lista de aparatos y equipos, ya sea por escrito o sobre un dibujo exista una completa coordinación.
3. Localización de salida de alumbrado y luminarias. En un plano en planta para la casa-habitación o para el edificio, se debe localizar la disposición de las salidas de alumbrado o luminarias, indicando en caso de ser posible, el tipo y potencia a consumir, esto se debe elaborar también en una lista por separado para que se use posteriormente cuando se agrupan los circuitos, la misma lista se puede incluir en la especificaciones de luminarias, también se usará para la compra de las mismas.
4. Arreglo de circuitos. Este puede ser con circuitos derivados individuales que alimentan a un solo contacto, lámparas o equipo, o bien un circuito derivado que alimenta a dos o más contactos, lámparas o aparatos. Los circuitos derivados pueden ser de 15 A y 20 A para alimentar contactos, luminarias o aparatos pequeños.
  - a) Cuando el circuito alimenta a aparatos fijos y luminarias, o bien, aparatos portátiles, el total de los aparatos fijos no debe ser mayor al 50% de la capacidad del circuito derivado, suprimiendo un circuito derivado de 15 A, 120 V, debe tener una capacidad mínima de  $15\text{ A} \times 120\text{ V} = 1800\text{ VA}$ , en este caso, los aparatos fijos deben estar limitados a 900 VA, dejando los otros 900 VA disponibles para alimentar las luminarias o aparatos portátiles por el mismo

circuito. Un circuito derivado de 20 A y 120 V, deben tener un máximo de 2400 VA.

- b) Cuando la carga en el circuito, va a ser una carga de operación continua, tal como alumbrado de un almacén, entonces, la carga total no debe exceder al 80% de la capacidad del circuito. La carga de alumbrado puede incluir balastras, transformadores o autotransformadores que sean parte del sistema de alumbrado. Dado que un circuito derivado de 15 A tiene una capacidad de 1800 VA, al alimentar el 80% o 12 A y 1440 VA, si el circuito derivado es de 20 A, 2400 VA, se limitará a 16 A y 1920 VA de carga conectada.
- c) Cuando una carga portátil se va a usar en un circuito, el límite para cualquiera de los aparatos es el 80% de la capacidad del circuito derivado.
- d) Los contactos se contabilizan como cargas de 1.5 A cada uno y se limitan al 80% de su capacidad, esta limitación en los circuitos derivados, sólo sirve para los contactos a su capacidad dividida por 1.5 A.
- e) Para aparatos pequeños, se requiere de un mínimo de dos circuitos de 20 A en la cocina, área de lavado, comedor, sala y desayunador por nivel en un edificio, para el caso de viviendas, esto adicionalmente a los otros contactos requeridos; sin que se conecten lámparas o aparatos fijos a estos contactos.

#### 5. Arreglo de apagadores

El arreglo de apagadores requerido para controlar las lámparas, aparatos, equipos y algunos contactos que se deseen, con todos los circuitos que se requiera agregar, deben de aparecer en el plano de alumbrado.

- 6. Y finalmente para determinar el tamaño de los **conductores del servicio** de entrada y el número requerido de circuitos derivados a las cargas, se debe calcular en primera instancia la carga total y a su vez, la dimensión de los conductores del servicio de alimentación, ya que los requerimientos de carga pueden variar ampliamente. El equipo de servicio de alimentación, consiste de un dispositivo de protección contra sobrecorriente para proteger los conductores de entrada y se debe disponer de una terminal a tierra, todas las partes metálicas del equipo de alimentación.

Los alimentadores se usan para llevar la potencia a cada nivel del edificio.

Generalmente, los alimentadores alimentan a tableros individuales en cada nivel desde el desconectador de servicio, que usualmente esta fuerza de la casa o edificio; es decir, que los circuitos alimentadores parten del punto de servicio y están protegidos por fusibles, por interruptores termomagnéticos o en algunos casos por ambos. El tablero de llegada del alimentador, por lo general, tiene interruptores para proteger a los circuitos derivados. La carga resultante después de aplicar los factores de demanda, es la que permite determinar los calibres de conductores, el tamaño del tubo conduit y la capacidad de los dispositivos de protección. Llegando de esta manera al cálculo de alumbrado general.

## **II.2 PROCESO CONSTRUCTIVO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.**

El proceso constructivo que se sigue en la ejecución de los trabajos de una instalación eléctrica, se resume básicamente en:

Estudiar perfectamente los planos de la Instalación eléctrica, verificando que no exista ningún inconveniente en su desarrollo (como por ejemplo, que no se sobreponga con otro tipo de instalación, preparación, o tope con algún obstáculo); también, con el fin de establecer los materiales eléctricos (canalizaciones, cajas y gabinetes, principalmente) que habrá que requisitar con tiempo suficiente para su anticipado suministro a obra, ya que su colocación va dentro de elementos estructurales.

Dejar los elementos eléctricos dentro de los elementos estructurales que deben contenerlos, en su posición definitiva y firmemente fijados. En el caso de cajas y gabinetes, estos se rellenarán completamente con papel para evitar que se infiltre lechada a su interior.

Cabe señalar, la necesidad de la presencia del eléctrico durante el colado de elementos estructurales, tales como losas, para corregir cualquier desperfecto en la instalación eléctrica, ya que es común que durante el colado algún poliducto se suelte o estrangule.

Una vez descimbrado el elemento estructural que contiene elementos eléctricos, tales como cajas y gabinetes, estos últimos se desempapan y se limpian de rebabas de concreto o elementos ajenos; si los elementos estructurales llevan algún tipo de recubrimiento se recomienda volver a empapelar.

Se procede a complementar la instalación eléctrica, en caso de ser necesario. (Colocación de cajas y poliductos en muros de mampostería, donde habrá que ranurar, colocar los elementos eléctricos, fijarlos y resanar).

Continúa la colocación de guías para conductores dentro de las canalizaciones, siempre y cuando, ya se tenga totalmente concluida la colocación de todos los elementos que contiene un circuito o la instalación completa.

Una vez concluidos los acabados, se procederá al cableado de la Instalación Eléctrica, así como la colocación de accesorios y tapas.

Restaría por último, efectuar las pruebas a la Instalación eléctrica a fin de detectar problemas de corto circuito o mal funcionamiento de accesorios.

## II.3 CARACTERÍSTICAS DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.

La *determinación de las características* de este conjunto de elementos, el arreglo o disposición que llevan dentro de una instalación y los aspectos funcionales y de estética, es lo que se conoce como el *Diseño de la Instalación Eléctrica*, que dependiendo si es residencial, comercial o industrial, podrá tener distintos criterios que deben ser considerados desde la planeación, y que desde luego, estarán de acuerdo con las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas.

### II.3.1. Materiales.

Normalmente se entiende que la duración de una instalación depende del envejecimiento de los materiales utilizados, principalmente de los materiales aislantes. Estos últimos se utilizan como forros de los conductores, cintas de aislar, soportes de varias clases y tipos, cubiertas, protecciones y barnices.

Los materiales aislantes se clasifican en función del grado de estabilidad térmica. Para ello se define el término clase de aislamiento que se refiere a la temperatura máxima que puede soportar el material antes de que se presenten cambios irreversibles en su estructura molecular. La mayoría de los aislamientos son de naturaleza orgánica y su vida depende el número de recombinaciones moleculares irreversibles de naturaleza química, que se producen en función del tiempo y de la temperatura. De forma aproximada se puede decir que la vida del aislamiento se reduce a la mitad por cada 7 u 8 °C de temperatura por encima de su nivel de estabilidad térmica.

En la figura siguiente se presenta en una gráfica logarítmica de la vida del aislamiento en función de la temperatura.





Las sobrecargas eléctricas producen alzas de temperatura que de acuerdo con lo mencionado anteriormente tiene un efecto directo en la vida de los materiales aislantes. La sobrecargas pueden entenderse como demandas de energía mayores a las de diseño, o como cortocircuitos acumulados.

### **II.3.2. Eficiencia.**

El diseño de un instalación debe hacerse cuidadosamente para evitar consumos innecesarios, ya sea por pérdidas en los elementos que la constituyen o por la imposibilidad para conectar equipos o secciones de alumbrado mientras éstos no se estén utilizando.

En general cada sistema eléctrico debe estar diseñado para satisfacer la demanda de servicio que se presente y considerar también el pronóstico de carga para instalaciones futuras, esta medida es conveniente y necesaria en algunos casos, debido a que el uso de la electricidad tiende a incrementarse en industrias, edificios, comercios, entre otros., y deben tenerse instalaciones calculadas para la demanda prevista en un lapso de tiempo determinado.

Una instalación eficiente debe también de ser confiable, que dependiendo de la naturaleza de la instalación, ya sea edificio, industria, almacén o centro comercial, hospital o casa habitación, varía el grado de seguridad en el suministro de energía eléctrica, entendiéndose esto, desde el punto de vista de planeación como la probabilidad de que este dentro de servicio un determinado tiempo (estimado por lo general en forma anual).

### **II.3.3. Economía.**

Los proyectos de ingeniería tienen que considerar las implicaciones económicas. Esto quiere decir que el ingeniero, frente a cualquier proyecto, debe pensar en su realización con la menor inversión posible. Hipotéticamente hablando, la mejor solución a un problema de instalaciones eléctricas debería ser única: la ideal. En la realidad el ingeniero proyectista requiere de habilidad y tiempo para acercarse a esa solución ideal. Pero las horas/hombre dedicadas al proyecto son, parte importante del costo, por lo que tampoco es recomendable dedicar demasiado tiempo a resolver problemas sencillos.

Lo anterior plantea la necesidad de estudiar en algunos casos varias alternativas de soluciones posibles, considerando la confiabilidad de cada una de ellas, y desde luego,

la influencia que cada solución tiene en el aspecto económico.

#### **II.3.4. Flexibilidad.**

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

Se entiende por instalación flexible aquella que puede adaptarse a pequeños cambios. Por ejemplo, una instalación aparente en tubos metálicos o charolas es mucho más flexible que una instalación ahogada en el piso.

#### **II.3.5. Vida útil.**

Es fácil entender que la vida útil de una instalación es el tiempo que transcurre desde su construcción hasta que se vuelve inservible; conocer esta información resulta muy útil porque permite saber cuanto durará la inversión. Sin embargo es complejo precisar la vida de una instalación ya que influyen muchos factores. Entre otros están: el proyecto, la ejecución, las condiciones de uso, el mantenimiento y el medio ambiente.

#### **II.3.6. Mantenimiento.**

Respecto al mantenimiento se puede decir que las instalaciones sencillas prácticamente no lo requieren mientras no haya modificaciones o mal trato. En aquellas instalaciones donde si se requiere consiste, básicamente, en limpieza, renovación de pintura, apriete de uniones, ajustes de contactos y revisión de los elementos de protección. En los transformadores es muy importante revisar periódicamente las características dieléctricas del aceite; en motores y generadores, mantener engrasados los rodamientos y cambiar carbones cuando sea necesario. Por otra parte debe protegerse a los equipos contra los malos tratos que por ignorancia o descuido, pueden darle los operarios. Es claro que un mantenimiento adecuado y el buen trato alargan la vida útil de un instalación.

Así mismo, al hablarse de mantenimiento se vincula con la accesibilidad, ya que una instalación bien diseñada debe tener las previsiones necesarias para permitir el acceso a todas aquellas partes que pueden requerir mantenimiento. Por ejemplo, espacios para montar y desmontar equipos grandes y pasillos en la parte posterior de los tableros, entre otros.

Para conservar la maquinaria, las herramientas, los equipos de producción y servicio, que todo ello se encuentre en condiciones de funcionamiento, de manera de asegurar el nivel óptimo de su efectividad, se deben desarrollar actividades que se identifican con el nombre de mantenimiento.

La actividad de mantenimiento, durante el desarrollo industrial paso por distintas etapas, y se fue ajustando a distintas modalidades, se puede hacer una clasificación de los tipos de mantenimiento que se han aplicado, cada uno muestra ventajas y defectos, fortalezas y debilidades.

**Mantenimiento correctivo**, la reparación se hace una vez que se ha producido la falla. Se puede hacer una reparación mínima para seguir en funcionamiento, (el cable...), lo que se llama mantenimiento paliativo (de campo), y eso puede ser seguido de una tarea que intenta ser definitiva, mantenimiento curativo (de reparación).

**Mantenimiento preventivo**, se trata de efectuar trabajos (de mantenimiento) con cierta regularidad, y esto con el objeto de evitar las roturas imprevistas, prevenir las posibles averías, desarrollando controles visuales y de parámetros, pero sobre todo analizando tiempos transcurridos entre intervenciones.

Se trata de hacer programas de revisiones periódicas apoyadas en el conocimiento de los equipos, y realizar acciones, cambios, limpiezas, y definir tareas mayores que se observan necesarias.

**Mantenimiento predictivo**, se trata de predecir las necesidades de mantenimiento, adelantarse a la avería, antes de que se produzca. Básicamente se analizan registros de vibraciones, ruidos para fenómenos mecánicos, y se actúa análogamente con otros fenómenos físicos (temperaturas, resistencias de aislación, etc.) que se pueden observar durante el funcionamiento normal.

**Mantenimiento integrado** (también llamado mantenimiento productivo) respeta la frase: el buen funcionamiento es responsabilidad de todos. Y se apoya en el personal de producción, que participa observando el buen funcionamiento de su máquina, y en general del proceso.

El cuadro que sigue muestra a modo comparativo algunas ventajas e inconvenientes (fortalezas y debilidades) de los distintos métodos

CORRECTIVO	PREVENTIVO	PREDICTIVO	INTEGRADO
<b>VENTAJAS</b>			
Permite intervención rápida	Posibilita planificación y previsión	Permite conocer causas del deterioro	Concepto unido a calidad total y mejora continua
Reposición en tiempo mínimo	Permite optimizar el momento de la reparación	Cambios condicionados al estado real de desgaste	Resultado final enriquecido y participativo
	Cuidado periódico	Alto índice de fiabilidad	Genera una cultura
Requiere pocos Operarios de experiencia y pericia	Aumento de disponibilidad	Dominio del proceso, conduce a un método riguroso y objetivo	
Si no afecta la producción puede ser conveniente	Reduce costos de producción	Economía de recambios	
	Tiende a la mejora continua	Conveniente cuando se requiere alto nivel de seguridad	
<b>DEBILIDADES</b>			
Alto riesgo de fallas	Requiere inversión en infraestructura	Requiere inversión inicial muy importante en equipos	Inversión, formación y cambios representan alto costo
Paradas y daños imprevisibles	Mano de obra y técnicos especializados para planes de mantenimiento	Se justifica cuando los paros intempestivos tienen graves consecuencias	Requiere convicción del beneficio en toda la organización
Baja calidad de las reparaciones	Se pueden sobrecargar los costos de mantenimiento	Esfuerzo importante en lectura periódica de datos	Requiere cambio de cultura para tener éxito
Aparecen fallas consecuencias	Trabajos rutinarios desmotivan al personal	Interpretación de datos y conclusiones requiere alto conocimiento técnico.	Es un sistema que no puede ser impuesto
Descontrol de repuestos	Es muy importante implicar al personal	Paradas con grandes costos	Es un proceso que lleva años

### **II.3.7. Medio ambiente.**

El medio ambiente donde se encuentra una instalación tiene una influencia importante en la vida de esta, las condiciones de humedad, salinidad y contaminación deben ser consideradas en el proyecto.

En términos generales se puede decir que una instalación eléctrica producto de un buen proyecto, de una buena construcción y con el mantenimiento adecuado, puede durar tanto como el inmueble donde presta el servicio. Según W.B. Baasel (1976) la vida útil es de: 45 años para viviendas, 60 años para almacenes, 45 años para fábricas, 30 años para líneas de transmisión y distribución, y 12 años para equipos eléctricos. Sin embargo debe realizarse una revisión periódica y renovarse aquellos elementos que se consideren inseguros. Por otra parte, se recomienda que cuando una industria o comercio cambie de giro se revise y modifique la instalación, o se sustituya totalmente de acuerdo con las necesidades específicas.

## **II.4 CALIDAD EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS**

### **II.4.1. Continuidad en el servicio.**

La compañía suministradora de energía eléctrica debe garantizar un servicio que cumpla con ciertos requerimientos mínimos, de tal forma que los usuarios pueden tener la certeza de que sus equipos no sufrirán daños y funcionen correctamente.

El consumo de la energía eléctrica ha adquirido tal importancia en la sociedad moderna que una interrupción del servicio puede causar trastornos importantes y pérdidas cuantiosas. Por esta razón, la preocupación primordial del responsable del suministro es evitar interrupciones; aún así algunos usuarios requieren de la instalación de plantas eléctricas para cubrir emergencias.

En general cada sistema eléctrico debe estar diseñado para recibir el suministro y satisfacer la demanda de servicio que se presente, considerando también el pronóstico de carga para instalaciones futuras, esta medida es conveniente y necesaria en algunos casos, debido a que el uso de la electricidad tiende a incrementarse en industrias, edificios, comercios, etc., y deben tenerse instalaciones calculadas para la demanda prevista en un lapso de tiempo determinado.

### **II.4.2. Regulación de tensión.**

Los artefactos que utilizan la energía eléctrica están diseñados para operar a una tensión específica y su funcionamiento será satisfactorio siempre que el voltaje aplicado no varíe más allá de ciertos límites. Existen equipos sensibles a las variaciones de tensión, entre otras están: lámparas incandescentes, lámparas fluorescentes, equipos electrónicos y calefactores de resistencia. Los motores de inducción son menos sensibles, y pueden operar (con algunas consecuencias) con tensión de 10% arriba o abajo del valor nominal.

En algunos casos la compañía suministradora tiene sistemas de regulación automáticos de derivaciones (que modifican la relación de transformación) o mediante la conexión y desconexión de bancos de capacitadores.

En la regulación de tensión deben cuidarse dos aspectos:

- a) Tener las provisiones necesarias para las caídas de tensión del suministro. En ocasiones resulta indispensable la instalación de reguladores automáticos de tensión, aunque normalmente es factible compensarlas cambiando (manualmente) las derivaciones de los transformadores que, por lo general,

permiten variar el tensión de salida en escalones de 2.5%.

- b) Diseñar los conductores de la instalación para que la última salida de un circuito derivado no sobrepase la caída de tensión de 5% permitida en las normas. Una derivación de 5% de la tensión nominal en los puntos de utilización se considera satisfactoria; una variación de 10% se considera tolerable.

El problema de la regulación de tensión no es trivial, ya que requiere de gran habilidad del técnico para obtener un diseño que contemple dos situaciones diferentes: la primera cuando todas las cargas demanden su potencia nominal (hora pico de carga) y la segunda cuando la carga conectada es mínima.

En virtud de lo anterior es importante tomar en cuenta el control de la frecuencia; ya que los sistemas de energía eléctrica operan con ondas de una frecuencia (ciclos /segundos) determinada, dentro de cierta tolerancia. No existe un estándar internacional respecto a la frecuencia; los países de Europa, la mayor parte de Asia y África y algunos de Sudamérica han adoptado una frecuencia de 50 Hertz (o ciclos/seg). En América del Norte y otros países del continente americano los sistemas eléctricos operan a 60 Hz. México, al igual que otros países tenía zonas con diferentes frecuencias, pero de 1972 a 1976 se unificó a 60 Hz.

### III. ELEMENTOS QUE CONSTITUYEN UNA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.

En este capítulo se presenta una descripción general de los elementos más comúnmente encontrados en una instalación eléctrica. La intención es conocer la terminología y los conceptos que serán utilizados en los capítulos siguientes de esta tesis.

Dicha descripción incluye tanto las funciones como las características más importantes de los elementos de las instalaciones eléctricas. Se comentan y se amplían las definiciones contenidas en las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas (NTIE) sobre todo en lo que se refiere a criterios de selección y especificaciones. Sin embargo no se pretende detallar casos particulares ni cubrir todas las posibles combinaciones o arreglos. Al final de capítulo se presentan los símbolos más utilizados en planos de instalaciones eléctricas.

#### III.1. ACOMETIDA.

Por acometida se entiende el punto donde se hace la conexión entre la red, propiedad de la compañía suministradora y el alimentador que abastece al usuario. La acometida también puede entenderse como la línea (aérea o subterránea) que por un lado entronca con la red eléctrica de alimentación y por el otro tiene conectado el sistema de medición.

##### 1. Tipos de acometidas:

Atendiendo a su trazado, al sistema de instalación y a las características de la red, las acometidas podrán ser de acuerdo con la tabla 1:

**Tabla 1**  
**Tipo de acometida en función del sistema de instalación**

TIPO	SISTEMA DE INSTALACIÓN
Aéreas	Posada sobre fachada
	Tensada sobre poste
Subterráneas	Con entrada y salida
	En derivación
mixtas	Aero-Subterráneas



### **1. Acometida aérea posada sobre fachada:**

Antes de proceder a su realización, si es posible, deberá efectuarse un estudio previo de las fachadas para que éstas se vean afectadas lo menos posible por el recorrido de los conductores que deberán quedar suficientemente protegidos y resguardados.

En este tipo de acometidas los cables se instalarán distanciados de la pared y su fijación a ésta se hará mediante accesorios apropiados.

Los cables posados sobre fachada serán aislados de tensión asignada 0,6/1 kV y su instalación se hará preferentemente, bajo conductos cerrados o canales protectoras con tapa desmontable con la ayuda de un útil.

Los tramos en que la acometida quede a una altura sobre el suelo inferior a 2,5 m, deberán protegerse con tubos o canales rígidos de las características indicadas en la tabla siguiente y se tomarán las medidas adecuadas para evitar el almacenamiento de agua en estos tubos o canales de protección.

**Tabla 2**

**Características de los tubos o canales que deben utilizarse cuando la acometida queda a una altura sobre el suelo inferior a 2,5 m.**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>GRADO (CANALES)</b>	<b>CÓDIGO (TUBOS)</b>
Resistencia al impacto	Fuerte (6 julios)	4
Temperatura mínima de instalación servicio	-5 °C	4
Temperatura máxima de instalación servicio	+60 °C	1
Propiedades eléctricas	Continuidad eléctrica/aislante	1/2
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	$\phi \geq 1 \text{ mm}$	4
Resistencia a la corrosión (conductos metálicos)	Protección interior media, exterior alta	3
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	1

El cumplimiento de estas características se verificará según los ensayos indicados en las normas UNE-EN 50086-2-1 para tubos rígidos y UNE-EN 50085-1 para canales. Para los cruces de vías públicas y espacios sin edificar y dependiendo de la longitud del vano,

los cables podrán instalarse amarrados directamente en ambos extremos o bien, utilizando el sistema para acometida tensada, o utilizando un cable fiador.

Estos cruces se realizarán de modo que el vano sea lo más corto posible, y la altura mínima sobre calles y carreteras no será en ningún caso inferior a 6 m.

En edificaciones de interés histórico artístico o declaradas como tal se tratará de evitar este tipo de acometidas.

## **2. Acometida aérea tensada sobre postes:**

Los cables serán aislados de tensión asignada 0,6/1 kV y podrán instalarse suspendidos de un cable fiador, independiente y debidamente tensado o también mediante la utilización de un conductor neutro fiador con una adecuada resistencia mecánica, y debidamente calculado para esta función.

Todos los apoyos irán provistos de elementos adecuados que permitirán la sujeción mediante soportes de suspensión o de amarre, indistintamente.

Las distancias en altura, proximidades, cruzamientos y paralelismos cumplirán lo indicado en la **ITC-BT-06**.

Cuando los cables crucen sobre vías públicas o zonas de posible circulación rodada, la altura mínima sobre calles y carreteras no será en ningún caso, inferior a 6 m.

## **3. Acometida subterránea:**

Se tendrá en cuenta las separaciones mínimas indicadas en la **ITC-BT-07** en los cruces y paralelismos con otras canalizaciones de agua, gas, líneas de telecomunicación y con otros conductores de energía eléctrica.

## **4. Acometida aero-subterránea:**

Son aquellas acometidas que se realizan parte en instalación aérea y parte en instalación subterránea.

El proyecto e instalación de los distintos tramos de la acometida se realizará en función de su trazado, de acuerdo con los apartados que le corresponden de esta instrucción, teniendo en cuenta las condiciones de su instalación.

En el paso de acometidas subterráneas a aéreas, el cable irá protegido desde la profundidad y hasta una altura mínima de 2,5 m por encima del nivel del suelo, mediante un conducto rígido de las características indicadas en el apartado **2**, acometidas aéreas.

#### **a. Instalación**

Con carácter general, las acometidas se realizarán siguiendo los trazados más cortos, realizando conexiones cuando éstas sean necesarias mediante sistemas o dispositivos apropiados. En todo caso se realizarán de forma que el aislamiento de los conductores se mantenga hasta los elementos de conexión.

La acometida discurrirá por terrenos de dominio público excepto en aquellos casos de acometidas aéreas o subterráneas, en que hayan sido autorizadas las correspondientes servidumbres de paso.

Se evitará la realización de acometidas por patios interiores, garajes, jardines privados, viales de conjuntos privados cerrados, etc..

En general se dispondrá de una sola acometida por edificio o finca. Sin embargo, podrán establecerse acometidas independientes para suministros complementarios establecidos en el **Reglamento Eléctrico para Baja Tensión** o aquellos cuyas características especiales (potencias elevadas, entre otras) así lo aconsejen.

#### **b. Características de los cables y conductores.**

Los cables o conductores serán aislados, de cobre o aluminio y los materiales utilizados y las condiciones de instalación cumplirán con las prescripciones establecidas previamente para redes aéreas o subterráneas de distribución de energía eléctrica respectivamente.

Por cuanto se refiere a las secciones de los conductores y al número de los mismos, se calcularán teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Máxima carga prevista.
- Tensión de suministro.
- Intensidades máximas admisibles para el tipo de conductor y las condiciones de su instalación.

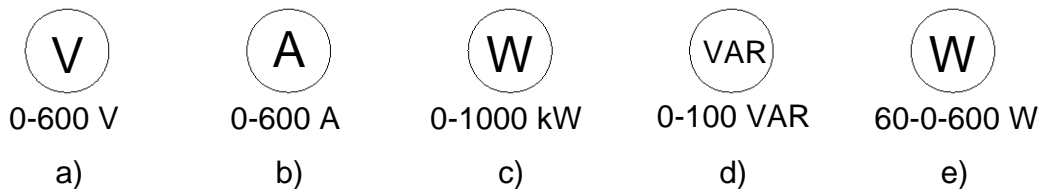
- La caída de tensión máxima admisible. Esta caída de tensión será la que la empresa distribuidora tenga establecida, en su reparto de caídas de tensión en los elementos que constituyen la red, para que en la caja o cajas generales de protección esté dentro de los límites establecidos por el Reglamento por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

### III.2. EQUIPO DE MEDICIÓN.

Por equipo de medición se entiende aquél, propiedad de la compañía suministradora, que se coloca en la acometida de cualquier usuario con el propósito de cuantificar el consumo de energía eléctrica de acuerdo con las condiciones del contrato de compra venta. Este equipo está sellado y debe estar protegido contra agentes externos, y colocado en un lugar accesible para su lectura y revisión.

El equipo de medición puede conectarse a través de un juego de cuchillas que permitan que la compañía suministradora verifique su funcionamiento y, en caso necesario, haga la calibración correspondiente sin interrumpir el servicio al usuario.

Los instrumentos de medición se identifican fácilmente por símbolos y preferentemente por indicar los rangos de sus escalas. En la figura siguiente se muestra un ejemplo de los símbolos usados.



Donde:

- a) Voltmetro.
- b) Ampermetro.
- c) Wattmetro.
- d) Varmetro.
- e) Wattmetro.

### III.3. INTERRUPTORES.

Un interruptor es un dispositivo que está diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico por el cual está circulando una corriente. Puede utilizarse como medio de desconexión y, si está provisto de los dispositivos necesarios, también puede cubrir la función de protección contra sobrecarga y/o cortocircuitos.

**La capacidad de corriente nominal o continua.** Es la máxima corriente que la bobina de disparo del interruptor puede conducir bajo condiciones normales sin que se produzca un disparo. La capacidad de interrupción es el nivel de potencia que el interruptor debe ser capaz de interrumpir sin sufrir daño.

**El tamaño de marco.** Para interruptores de menos de 600 Volts, se relaciona con el tamaño del marco físico y son dimensiones generales, esto permite que interruptores de distintos fabricantes puedan ser intercambiados en los tableros al tener dimensiones físicas normalizadas. El tamaño de los marcos se expresa por lo general en amperes y corresponde a la capacidad más grande disponible dentro de un grupo.

Los interruptores se dividen en varios tipos y por lo tanto también tienen distintas capacidades, cada símbolo usa ciertas notaciones que aparecen en el diagrama unifilar. La clasificación de esta notación se da a continuación:

**Fusibles.** Los fusibles se denotan, por lo general por su capacidad continua de conducción de corriente, así como el "tipo" de fusible que debe ser usado. Esta clase de información se proporciona para las capacidades normal (continua) y anormal (de interrupción) del fusible. En el caso de los interruptores, la capacidad interruptiva misma muestra su capacidad de interrupción. Para los fusibles, su tipo cubre con frecuencia el requerimiento anterior. A continuación se dan algunos tipos de fusibles, de acuerdo a su capacidad de interrupción:

- Fusibles fijos: son aquellos que tienen una capacidad continua de 30 A. de tipo estándar (Std), su capacidad interruptiva puede ser hasta de 10 000 A, pudiendo ser en algunos tipos hasta de 50 000 A.
- Fusible de 100 A del tipo tiempo retrasado (T.D.): en estos fusibles la capacidad interruptiva puede ser hasta de 100 000 A.
- Fusible con switch desconectador: se usa por lo general en instalaciones con tensiones superiores a 600 V, y son fusibles delimitadores de corriente (C.L.), su capacidad interruptiva puede llegar a ser hasta 200 000 A.

- Fusible de alta tensión: montando en un porta fusible fijo y directamente a un switch desconectador. La capacidad de conducción continua se indica con un número, por ejemplo 100 E el cual nos indica 100 A.

### **III.3.1. Interruptor General.**

Se le denomina interruptor general o principal al que va colocado entre la acometida (después del equipo de medición) y el resto de la instalación, éste permite desconectar del sistema de suministro, a toda la instalación servida.

Este interruptor debe ser de fácil acceso y operación, de tal forma que en caso de emergencia permita desenergizar la instalación rápidamente; debe ser adecuado para la tensión de suministro y de capacidad suficiente para desconectar la carga máxima que puede tener el propio servicio.

Dependiendo del tipo de instalación, el interruptor general o principal puede ser de caja con cuchillas y fusibles o termomagnético.

Este interruptor aprovecha la alta capacidad interruptiva que tienen los fusibles. Se utiliza como medio de desconexión y protección en el primario de transformadores de instalaciones de media tensión. (4160 V hasta 34 kV).

Esta compuesto por unas cuchillas desconectadoras operadas en grupo que están en serie con unos fusibles que son los que protegen contra cortocircuito. Las cuchillas tienen un sistema de resorte que puede ser accionado manualmente o con un motor eléctrico. La energía alimentada cierra o abre las cuchillas en forma segura y rápida.

El disparo o cierre puede controlarse a través de una o dos bobinas y puede instalarse un mecanismo que provoca la apertura de las tres fases en caso de que uno de los fusibles opere. También puede disponerse de las cuchillas auxiliares de desgaste que cierran un poco antes y abren al último para evitar el desgaste de los contactos principales en maniobras de conexión y desconexión.

### **III.3.2. Interruptor Derivado.**

Los interruptores eléctricos llamados derivados son aquellos que están colocados para proteger y desconectar alimentadores de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a otras secciones de la instalación o que energizan a otros tableros, este aparato es similar al interruptor con fusibles; se utiliza en baja tensión hasta 480 Volts y para corrientes de hasta 200 Amperes.

Se fabrican para 2 ó 3 fases y su operación es en grupo a través de una palanca. Su empleo típico es como medio de desconexión y de protección después de los medidores para las instalaciones con acometida de baja tensión. Por lo general se coloca dentro de una caja metálica y se usa en interiores.

Se utiliza frecuentemente en instalaciones residenciales: el interruptor derivado (también llamado de navajas) de 30 Amperes alimenta un tablero con interruptores termomagnéticos de menor corriente nominal (15 ó 20 Amperes). En algunas ocasiones de falla provoca la operación del fusible aunque esté más lejos de ella que los termomagnéticos. Esto se debe a las diferencias entre las curvas de disparo. Es normal que al ocurrir un cortocircuito opere el fusible, pero en caso de sobrecarga debe operar el termomagnético.

### **III.3.3. Interruptor Termomagnético.**

Uno de los interruptores más utilizados y que sirve para desconectar y proteger contra sobrecargas y cortocircuitos es el termomagnético. Se fabrica en gran variedad de tamaños, por lo que su aplicación puede ser como interruptor general o derivado. Su diseño le permite soportar un gran número de operaciones de conexión y desconexión lo que lo hace muy útil en el control manual de una instalación. Tiene un elemento electrodinámico con el que puede responder rápidamente ante la presencia de un cortocircuito. Para la protección contra sobrecarga se vale de un elemento bimetálico.

Resulta conveniente mencionar aquí que este elemento bimetálico no puede proteger los motores asíncronos de tipo jaula de ardilla, debido a que su constante de tiempo no es suficientemente grande para permitir la corriente de arranque, ya que su calibración es poco precisa. Por esta razón la conexión y protección de estos motores se lleva a cabo mediante arrancadores.

El interruptor termomagnético se utiliza con mucha frecuencia debido a que es un dispositivo de construcción compacta que puede realizar funciones de conexión o desconexión, protección contra cortocircuito y contra sobrecarga en instalaciones de baja tensión (hasta 600 V).

Está constituido por una caja moldeada con terminales y una palanca para su acondicionamiento. En el interior están los contactos (uno fijo y otro móvil) que tiene una cámara para la extinción del arco. El sistema de disparo trabaja a base de energía almacenada: al operar la palanca para cerrar los contactos, se oprime un resorte donde se almacena la energía; al operar los dispositivos de protección se libera la energía y la fuerza del resorte separa los contactos.



La protección contra sobrecarga está constituida por una barra bimetálica que, dependiendo del valor que tenga la corriente así como del tiempo que se mantenga, provoca el disparo que abre los contactos. Esta misma barra está colocada a cierta distancia de una pieza ferrometálica. Cuando la corriente se eleva a valores muy altos (cortocircuito) se crean fuerzas electromagnéticas de atracción capaces de provocar que los contactos se abran en un tiempo muy corto. De esta manera se logra la protección contra cortocircuito. Estos interruptores tienen una calibración que sólo el fabricante puede modificar.

La capacidad interruptiva a la potencia máxima de cortocircuito que puede soportar un termomagnético está limitado por:

- a) La separación de los contactos en posición abierta.
- b) El tiempo que tardan en abrirse los contactos y llegar a la separación máxima.
- c) Este lapso a su vez depende de las masas en movimiento; de la fricción y de la energía que se almacena en el resorte.
- d) La capacidad de la cámara de extinción para enfriar los gases del arco.

Si la capacidad de cortocircuito se especifica en amperes se entiende que la tensión de restablecimiento es la tensión nominal. Si la corriente de cortocircuito sobrepasa la capacidad interruptiva, las paredes de la cámara de extinción no son capaces de enfriar los gases ionizados y la corriente sigue fluyendo. Entonces la energía disipada por el arco por efecto Joule, debido a la resistencia del arco ( $RI^2t$ ) aumenta súbitamente y en fracciones de segundo los gases aumentan de volumen produciendo una explosión.

Lo mismo sucede si la corriente es menor que la corriente máxima de cortocircuito pero la tensión de restablecimiento (tensión que aparece en los contactos abiertos después de la falla) es mayor que su tensión nominal, ya que esta tensión restablece la corriente después de cada paso por cero y el arco se mantiene.

A pesar de la garantía del fabricante de que sus aparatos cumplen con las especificaciones, se requiere que cada interruptor tenga un respaldo (que debe calibrarse para que dispare fracciones de segundo más tarde) para operar y detener el desarrollo de la energía en el arco del elemento que no pudo interrumpir. Cuando actúa una protección de respaldo debe revisarse la instalación así como el estado físico del aparato que no operó.

Entonces resulta muy importante la calibración relativa (magnitudes nominales) entre los elementos de protección en la misma rama. Si el rango de calibración entre ambos es muy amplio, el respaldo puede considerarse pequeña a una falla capaz de destruir el elemento de protección que no la interrumpió.

El interruptor termomagnético no se utiliza como medio de protección de sobrecarga en motores de inducción jaula de ardilla debido a que la constante térmica de su elemento es relativamente pequeña y puede dispararse con la corriente de arranque de un motor; además la calibración de los interruptores termomagnéticos no cubre toda la escala de corrientes de los diferentes tamaños de motores.

### **III.4. ARRANCADOR.**

Se conoce como arrancador al arreglo compuesto por un contactor electromagnético y un relevador bimetálico. El contactor consiste básicamente de una bobina con un núcleo de hierro que cierra o abre un juego de contactos al energizar o desenergizar la bobina.

Para protección contra sobrecarga se utilizan relevadores con elementos bimetálicos que actúan sobre el circuito de la bobina y abren el contactor. Estos bimetales tienen constantes térmicas grandes que permiten sobrecargas instantáneas (arranque de motores), y se fabrican en capacidades o calibraciones específicas para motores de tamaños comerciales.

Los arrancadores deben tener una capacidad en kW o en C.P., no menor que la potencia nominal del motor que controlen.

### **III.5. TRANSFORMADOR.**

El transformador eléctrico es un equipo que se utiliza para cambiar la tensión de suministro a la tensión requerida. En instalaciones grandes (o complejas) pueden necesitarse varios niveles de tensión, lo que se logra instalando varios transformadores (normalmente agrupados en subestaciones). Por otra parte pueden existir instalaciones cuya tensión sea la misma que tiene la acometida y por lo tanto no requieren de transformador (como es el caso de las instalaciones de tipo residencial y casas habitación sin incluir conjuntos habitacionales o condominios).

#### **Dimensionado de los transformadores.**

La determinación de las características del transformador principal de la subestación, además de las tensiones apropiadas, debe considerar la capacidad o potencia, por lo que el cálculo de la capacidad de un transformador para alimentar a un cierto número y tipo de cargas se debe hacer sobre ciertos conceptos, de manera tal que el transformador no opere con capacidad ociosa (poca carga), o bien, se sature rápidamente por insuficiencia.

La capacidad nominal de un transformador está definida como los kVA que su devanado secundario debe ser capaz de operar por un cierto tiempo, en condiciones de tensión y frecuencia de diseño (valores nominales), sin que a una temperatura ambiente promedio de 30°C y máxima de 40°C, la temperatura promedio en su devanado exceda a 65°C.

Se deben considerar, desde luego, las características de la carga por alimentar, sumando todos los valores de la corriente de carga; considerando si éstas son monofásicas o trifásicas.

Los transformadores se dimensionan y seleccionan en base al tipo de carga que van a alimentar y los criterios de protección contra sobre corrientes se basa en la selección de los dispositivos para este fin, estableciendo diferencias, ya sea que se trate de transformadores de 600 Volts o menos, o mayores de 600 Volts y considerando si el tipo de cargas por alimentar es monofásica o trifásica.

Un criterio básico muy simple establece que cuando se trata de cargas monofásicas se dimensionan basados sobre los volts-amperes totales que una instalación (un edificio por ejemplo) requiere para alimentar a todas las cargas usadas.

Un edificio, dependiendo del tamaño de la carga total, se puede alimentar con un sistema monofásico o un sistema trifásico. La corriente de carga en un edificio se calcula

sumando todas las cargas monofásicas o trifásicas juntas y dividiendo la tensión de alimentación.

### **Dimensionado de transformadores para secundarios conectados a sistemas monofásicos.**

La selección de la capacidad de un transformador requerido para alimentar una carga monofásica conectada en un secundario, se puede hacer sumando todas las cargas monofásicas a los voltajes que éstas sean alimentadas (pueden ser dos tensiones distintas). La corriente de la carga se calcula dividiendo la carga total entre la tensión.

### **Dimensionado de transformadores trifásicos con secundarios conectados en estrella.**

El tamaño requerido por los transformadores para alimentar una carga conectada en estrella en un secundario se puede determinar de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Sumando las cargas monofásicas y trifásicas juntas.
2. Multiplicando el valor de esta carga total calculada de acuerdo al punto anterior por  $(0.33)$  ó  $(1/3)$ .

El transformador se puede dimensionar sumando todas las cargas monofásicas y trifásicas juntas. Los VA calculados corresponden a la capacidad del transformador.

### **Dimensionado de transformadores trifásicos conectados en delta en el secundario.**

El tamaño del transformador requerido para alimentar un sistema conectado en el secundario en delta cerrada, se puede determinar de acuerdo al siguiente procedimiento:

1. Sumando todas las cargas monofásicas y multiplicando por  $2/3$   $(0.67)$ .
2. Sumando todas las cargas trifásicas y multiplicando por  $1/3$   $(0.33)$ .

El tamaño de los dos transformadores de potencia se puede encontrar sumando los valores totales de carga monofásica y trifásica y multiplicando por  $1/3$ .

### **Datos del transformador de potencia.**

El transformador de potencia incluye los siguientes datos. El número de transformadores, su potencia en kVA o MVA, las tensiones del primario y secundario, si el transformador es trifásico o monofásico y el valor de la impedancia en por ciento, las conexiones de los devanados primario y secundarios y su tipo de enfriamiento.

## **Carga de Transformadores**

El transformador, cuyo objetivo es cambiar los niveles de tensión, es uno de los equipos más comunes en las instalaciones eléctricas. Generalmente el transformador constituye una parte importante del costo total de la instalación eléctrica.

La eficiencia del transformador está en función de la carga que tiene conectado (Curva característica de eficiencia). Por lo general la eficiencia máxima de un transformador se obtiene cuando la carga esta entre el 75 y 100% por lo que debe procurarse que el transformador se utilice en regímenes de carga cercanos al 100%. Sin embargo al momento de especificar un transformador se requiere proveer cierta holgura para reservas futuras.

La carga que se considera para la selección del transformador es la carga total instalada afectada por el factor de demanda correspondiente.

### III.6. TABLEROS.

Se entiende por tablero un gabinete metálico donde se colocan instrumentos, interruptores, arrancadores y/o dispositivos de control. El tablero es un elemento auxiliar para lograr una instalación segura, confiable y ordenada.

#### III.6.1. Tablero general.

El tablero general es aquel que se coloca inmediatamente después del transformador (fig. 3.1) y que contiene un interruptor general. Los arrancadores normalmente se conectan al interruptor utilizando barras de cobre, lo que permite lograr un arreglo limpio en el interior del tablero; y tiene por objeto alimentar, distribuir y controlar la energía eléctrica dentro del área, donde se genere o utilice.

Los componentes de un tablero son:

- Gabinetes. Son cajas metálicas o blindaje que tienen por objeto montar el equipo eléctrico de conexión, desconexión, medición y control.
- Barras. Son elementos de conexión entre el interruptor principal o general y los derivados.
- Interruptores. Hay un apartado especial de este tema.

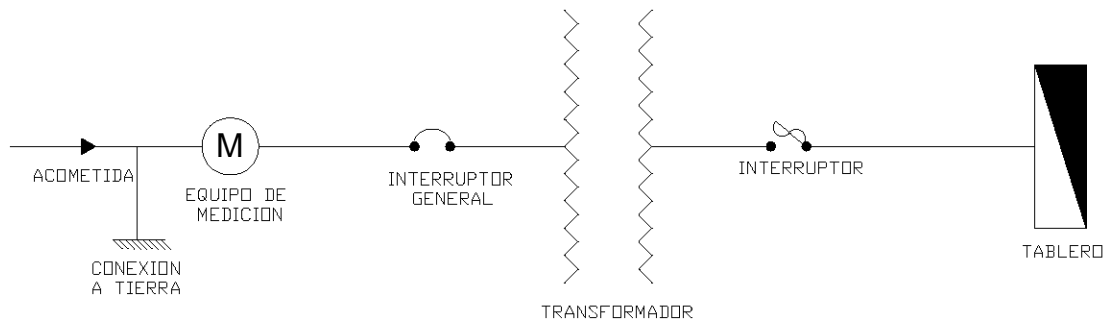


FIGURA # 3.1

Un tablero puede ser pequeño, para ser usado en una casa habitación con capacidad de unos 1000 VA, o bien puede ocupar un área de varios metros cuadrados para instalaciones en edificios muy grandes donde se manejen muchos miles de VA.

Un tablero puede estar formado por una sección o varias para facilitar su transporte y montaje, pero una vez unidos formarán un solo conjunto.

Las ventajas que ofrece el uso de tableros son las siguientes:

- Construcciones modulares con dimensiones normalizadas.

- Los aparatos por usuario o por circuito se instalan de manera tal que quedan independientes.
- Las barras conductoras se protegen de manera tal que no sean accesibles.

### **III.6.2. Tablero de distribución o derivado.**

Cada área de una instalación está normalmente alimentada por uno o varios tableros derivados. Estos tableros pueden tener un interruptor general, dependiendo de la distancia al tablero de donde se alimenta y del número de circuitos que alimente. Contienen una barra de cobre para el neutro y 1, 2 ó 3 barras conectadas a las fases respectivas (directamente a través del interruptor general).

Normas generales que deben seguir para la selección de un tablero de circuitos derivados:

1. No debe darse distribución a más de 42 circuitos derivados. (a un hilo de corriente) a partir de un solo tablero.
2. La mayor distancia permitida en los conductores entre el tablero de circuitos derivados y la primera salida es de 30 m.
3. Todos los tableros de circuitos derivados deberán instalarse en sitios de acceso fácil.
4. Los tableros de circuitos derivados deberán instalarse tan cercanos como sea posible a los centros de carga que les corresponde.
5. Si se desea interrumpir un circuito derivado desde su tablero, deberá usarse un interruptor de cuchillas provisto de fusibles o un disyuntor termomagnético.
6. Para la localización de los tableros de circuitos derivados, deberá considerarse la menor longitud posible de los alimentadores y que éstos tengan el mínimo de curvas en su recorrido.
7. La capacidad de corriente mínima de las barras alimentadoras de los tableros de circuitos derivados, deberán ser igual o mayor a la mínima requerida por los cables alimentadores para abastecer la carga.
8. Un tablero de circuitos derivados para alumbrado y aparatos que se alimenten con una línea protegida a más de 200 Amperes debe contar en su lado de abastecimiento con dispositivos de protección contra sobrecorriente con capacidad mayor que la del tablero, sin exceder los 200 Amperes.



9. En edificios comerciales, institucionales y multifamiliares, incluyendo hoteles, se recomienda instalar un tablero de circuitos derivados para alumbrado y contactos en cada planta.
10. Una vez que se hayan seleccionado los circuitos derivados para alumbrado y contactos, así como el tamaño, tipo y localización de sus tableros deberá hacerse en planos y especificaciones una tabulación que indique: la designación de cada tablero, su localización número y capacidad de los circuitos derivados, con indicaciones de su carga conectada, tipo y capacidad de sus elementos de protección, capacidad de los alimentadores, tamaño y tipo del interruptor general con su elemento de protección y todas aquellas indicaciones que sirvan para aclarar al instalador las intenciones del proyectista.

***Los tableros de distribución tienen tres funciones.***

- Distribuir la energía de los circuitos derivados.
- Proteger las líneas de los circuitos derivados, ya que el interconectar con ellos los cables de los alimentadores que generalmente llevan la energía para una zona amplia y que por lo mismo son de sección considerable, con los conductores de los circuitos derivados, lógicamente de menor sección, es necesario proteger contra sobrecorriente a estos últimos. Esta protección se provee con los interruptores automáticos “breakers” que se instalan en los tableros, o aún con los fusibles.
- El tercer fin de los tableros de distribución, sobre todo en instalaciones de lugares públicos, es el control

**III.6.3. Motores.**

Los motores se encuentran al final de una instalación y su función es transformar la energía eléctrica en energía mecánica. Cada motor debe tener su arrancador propio.

Los interruptores de cuchillas de uso general pueden usarse como arrancadores de motores hasta de 2 H.P. y 300 Volts como máximo y deben tener una capacidad en Amperes de por lo menos el doble de la corriente o plena carga del motor.

La corriente permisible en los conductores de un circuito derivado que abastezca a un motor individual, con régimen de trabajo continuo y carga aproximadamente constante no será menor que el 125% de la corriente nominal a plena carga del motor.

**Grupos de motores:**

Los conductores que alimentan a dos o más motores deberán ser de calibre suficiente para una corriente no menor que el 125% de la corriente a plena carga del motor de mayor potencia, más la suma de las corrientes a plena carga de los demás motores del grupo. Cuando los motores no operen simultáneamente a plena carga, se aplicará el factor de demanda que corresponda al régimen de operación.

**Protección contra sobrecarga de los motores:**

Los medios de protección contra sobrecarga de motores son dispositivos destinados a proteger motores, aparatos de control de motores y conductores de circuitos derivados que los abastezcan contra el calentamiento excesivo debido a sobrecargas de los motores.

**Motores de servicio continuo:**

Cada motor deberá protegerse contra sobrecarga de la manera siguiente:

1. De más de un caballo de potencia. La protección contra sobrecarga se debe garantizar haciendo uso de los medios siguientes:
  - Un dispositivo de sobrecorriente separado que actúe por efecto de la corriente del motor
  - Un protector térmico integrado al motor, aprobado para usarse con este.
2. De un caballo de potencia o menos, arrancado manualmente.
3. Cada motor de este tipo y que esté a la vista desde el punto donde se efectúa su arranque, puede considerarse protegido contra sobrecarga por el dispositivo de protección contra el cortocircuito o fallas a tierra del circuito derivado.
4. De un caballo de potencia, arrancado automáticamente. Cada motor de este tipo deberá protegerse contra sobrecarga en la misma forma que los motores de más de un caballo de potencia como se indica en el número 1.

**Motores de servicio no Continuo:**

Un motor que preste un servicio de corto tiempo, intermitente, periódico o variable puede considerarse protegido contra sobrecarga por el dispositivo de protección contra cortocircuito del circuito derivado, siempre que este dispositivo tenga una capacidad o ajuste no mayor del 400 por ciento de la corriente a plena carga del motor.

### **III.6.4. Subestaciones.**

En el empleo de Energía Eléctrica ya sea para fines industriales, comerciales o de uso residencial interviene una gran cantidad de máquinas y equipo eléctrico. Una parte importante de este equipo eléctrico es sin duda alguna, las subestaciones.

#### **Definición de Subestación:**

Una subestación eléctrica se puede definir como un conjunto de elementos o dispositivos que nos permiten cambiar las características de energía eléctrica (tensión, corriente, frecuencia, etc.), tipo de corriente alterna o corriente continua, o bien conservarla dentro de ciertas características.

#### **Relación Entre las Subestaciones Eléctricas, Líneas de Transmisión y Centrales Generadoras.**

Las tensiones de generación en las Centrales Generadoras por razones técnicas (aislamiento, enfriamiento, etc.) son relativamente bajas en relación a las tensiones de transmisión, por lo que si la energía eléctrica se va a transportar a grandes distancia estas tensiones de generación resultarían antieconómicos debido a la gran carga de tensión que se tendría, de aquí se presenta la necesidad de transmitir la energía eléctrica a tensiones elevadas que resulten más económicas. Por ejemplo se va a transmitir energía eléctrica de una central generadora de consumo que está situada a 1000 Km., de distancia será necesario elevar la tensión de generación que supondremos de 13.8 kV a otra de transmisión más conveniente que supondremos de 110 kV.

Para poder elevar la tensión de generación de 13.8 kV al de transmisión de 110 kV se hace necesario el empleo de una subestación.

Suponiendo que la caída de tensión en línea de transmisión fuera cero volts se tendría en el centro de consumo 110 kV, es claro que esta tensión no es posible emplearla en instalaciones industriales y aún en comerciales y residenciales, de aquí se desprende la necesidad de reducir la tensión de transmisión de 110 kV a otros más convenientes de distribución en centros urbanos o de consumo, por tal razón será necesario emplear otra subestación eléctrica.

Tal como se menciona con anterioridad existe una estrecha relación entre las subestaciones eléctricas, líneas de transmisión y centrales generales.

### **Clasificación de las subestaciones eléctricas:**

Es difícil hacer una clasificación precisa de las subestaciones, pero en términos generales se puede hacer la siguiente clasificación:

*a) Por su operación:*

1. De corriente alterna
2. De corriente continua

*b) Por su servicio:*

1. Primarias: (elevadoras, receptoras, reductoras, etc.).
2. Secundarias: (receptores, reductoras, elevadoras, etc.).

*c) Por su constitución:*

1. Tipo intemperie
2. Tipo interior
3. Tipo blindado

### **Elementos que Constituyen una Subestación.**

Los elementos que constituyen una subestación se pueden clasificar en elementos principales y elementos secundarios.

#### **Elementos principales**

1. Transformador
2. Interruptor de Potencia
3. Restaurador
4. Cuchillas fusibles
5. Cuchillas desconectadotas y cuchillas de prueba
6. Apartarayos
7. Tableros
8. Condensadores
9. Transformadores de instrumento

#### **Elementos secundarios**

1. Cables de Potencia
2. Cables de Control
3. Alumbrado
4. Estructura
5. Herrajes

6. Equipo contra incendio
7. Equipo de filtrado de aceite
8. Sistema de tierras

### **Subestaciones Compactas:**

Las subestaciones que se utilizan principalmente en las instalaciones de edificios son las subestaciones compactas, que pueden ser para servicio interior o intemperie.

En términos generales podemos decir que las subestaciones eléctricas, tienen por objeto transformar, la alta tensión que las compañías suministradoras de energía (C.F.E. y/o Luz y Fuerza del Centro) proporcionan a un precio más barato, a tensiones usuales en la industria, las instituciones o el comercio.

Antiguamente las subestaciones eran un dispositivo molesto, brumoso, ocupaban mucho espacio, eran peligrosas y generalmente al usuario le disgustaban. Actualmente se usan las subestaciones unitarias, que son compactas, no presentan peligro, son fáciles de instalar, de mover de lugar, ampliar y tener un valor de recuperación mayor que del tipo antiguo (subestaciones abiertas).

El costo actual aproximado de una subestación compacta es del 50 al 75% del valor de una subestación abierta del tipo antiguo.

Las subestaciones unitarias se fabrican en secciones para facilitar su transporte y montaje, pero una vez instalados forman un solo conjunto. Cada sección o parte llena una función: mide, protege, conecta o desconecta, transforma, etc. Los aparatos o equipos y sus conexiones se encierran o blindan en gabinetes metálicos de manera que protege a los aparatos propios de la misma subestación y a las personas encargadas de su manejo.

### **Componentes de una Subestación:**

Las diferentes partes que componen una Subestación normal son:

- a. Acometida. Es el lugar en donde se hace la conexión en alta tensión a la subestación. En esta sección, cuando se compra energía a la C.F.E., y Luz y Fuerza del Centro, se hace la medición del consumo.
- b. Sección de medidores. En esta sección es donde se colocan, los medidores de la compañía suministradora, este equipo se usa para medir el consumo de energía eléctrica. En esta sección se debe contar con un juego de cuchillas tripulares de operación sin carga, la cual se usa para mantener la continuidad o aislar la continuidad en la subestación eléctrica. Para cumplir con lo establecido en las Normas Técnicas para instalaciones Eléctricas, nunca debe suprimirse esta

cuchilla tripular de operación en grupo sin carga, llamada cuchilla de paso. En una temporada fue usual suprimirla, pero cuando se deseaba darle mantenimiento al resto de la subestación nos encontramos con el problema de estar solicitando libranzas a las compañías suministradoras; y al suprimirlas se estaba violando flagrantemente las Normas reglamentarias vigentes.

- c. Interruptores. Esta sección tiene por objeto que el usuario pueda interrumpir en un momento dado, ya sea manualmente o automáticamente la totalidad del servicio eléctrico. La interrupción puede ser voluntaria para ampliaciones, reparaciones o en caso de accidentes, o bien, puede ser automática por sobrecargas o cortocircuitos que puede ser perjudicial para transformadores y el resto del equipo.
- d. Desconectores. Los desconectores, son para abrir un circuito, con el fin de separarlo o modificarlo. No tienen protección de sobrecarga ni corto circuito, ni tienen capacidad para apertura con carga, por eso, antes de abrir un desconector, hay que quitar la carga. Los desconectores son más baratos que los interruptores.
- e. Fusibles. Cuando un circuito se requiere proteger por sobrecarga, se usan fusibles. Por ejemplo: a una subestación con varios transformadores, se le puede colocar un transformador general y derivado de éste, se ponen varios juegos de 3 fusibles para proteger cada transformador. Este procedimiento, aunque abarata la instalación tiene el inconveniente, de que una falla o desconexión voluntaria del interruptor general, paraliza todo el sistema.
- f. Espacios libres. Estos son gabinetes vacíos o que en algunas ocasiones se dejan instaladas las barras alimentadores. Se usan, cuando dos a más transformadores grandes se montan atrás de los gabinetes y hay que ampliar los espacios requeridos. En otras ocasiones son en reserva de algún otro equipo que en el futuro se desee montar.  
Si los transformadores se montan en el mismo eje de la subestación, el arreglo entre las celdas de interrupción con su transformador se hace por medio de duchos horizontales.
- g. Transformadores. Como su nombre lo indica es la sección donde se convierte la energía suministrada en alta tensión para las tensiones nominales 6, 13.2, 20/23, y 34.5 kV., a los cuales se les denominará respectivamente de clase 7.5, 15, 25 y 34.5 kV., en alta tensión, a baja tensión, utilizable en los aparatos de consumo 440, 220/127 Volts.

Los transformadores tienen bobinas que son aisladas y enfriadas por el aceite contenido en un tanque provisto de radiadores. Son trifásicos, conexión en alta tensión en delta y baja tensión en estrella con neutro accesible, para los circuitos de alumbrado. En el circuito de alta tensión o primario se instalan derivaciones, que pueden cambiarse por medio de una palanca, sin estar energizado el transformador; las derivaciones son para poder ajustar en alta tensión las diferencias que pueda haber en las tensiones suministradas por las compañías suministradoras; son normalmente derivaciones del 2 1/2 de la tensión nominal para ajustar arriba y dos para ajustar abajo. Como todo aparato eléctrico, que se alimenta con electricidad, el transformador sufre un calentamiento.

Este calentamiento normal es de 55 °C sobre una temperatura ambiente máxima de 40 °C.

El enfriamiento es más efectivo en regiones con presiones barométricas altas. Los transformadores normalizados están diseñados para regiones de 1000 metros sobre el nivel del mar (1000 MSNM). Esto naturalmente no quiere decir que no funcionen bien en otros lugares, sino que hay que tomar un punto de referencia estandarizado, ya que sería imposible diseñar transformadores para cada lugar de la tierra con diferentes temperaturas y presiones barométricas. Los transformadores normalizados en México son para 60 ciclos por segundo.

Para subestaciones unitarias los transformadores vienen dotados con gargantas o ductos laterales en lados opuestos, donde se alojan las terminales tanto de alta como de baja tensión.

La capacidad de los transformadores se miden en kilovoltamperes.

Pueden fabricarse transformadores con características diferentes de las normales, anteriormente indicadas, pero resultan mucho más caros y con frecuencia las alternativas o innovaciones son inútiles.

#### **Clasificación General de Subestaciones Compactas Normalizadas:**

Las Subestaciones Compactas Normalizadas, de una manera general se fabrican con las siguientes características:

**INTERIOR.-** Para ser montadas en el interior de un edificio, bajo cubierta sin que se vean afectadas por la lluvia, la humedad o cualquier otro agente físico que le perjudique. Se fabrica con lámina de 2.1 mm (1/16") de espesor.

**EXTERIOR O INTEMPERIE.-** Para ser montadas a la intemperie directamente sobre una plataforma de concreto expuesta a la lluvia el sol y golpes ocasionales. Se fabrica con

lámina más gruesa de 3.2 mm (1/8"), con techos inclinados, puertas con empaques de hule y sin dejar expuestos aparatos o elementos de control.

**FRECUENCIA.**- En la República Mexicana tenemos 60 Hz normalizados.

**TENSIONES.**- Las tensiones a las que tienden a normalizar las compañías suministradoras son 13.2, 22.9, y 34.5 kV, sin embargo aún hay otras tensiones que poco a poco van a desaparecer, como son 6,000 volts., las tensiones 2.4, 4.16 y 6 kV se usa para distribución industrial de carácter privado.

**CAPACIDADES.**- La capacidad de las subestaciones que se fabrican de manera normal son de 45, 75, 112.5, 150, 225, 500, 750 y 1000 kVA. Estas son con un solo transformador, sin embargo pueden combinarse varios transformadores en una sola subestación, haciendo la capacidad mayor que el equipo.

**Selección de tensiones:**

La selección de una tensión óptima tiene como principio reducir al máximo el costo de la instalación y operación del calibre del conductor que alimentará la carga. Como ejemplo se puede citar que un motor de 700 H.P. a una tensión nominal de 440 V necesitará un alimentador en cable de 2000 kCM aproximadamente; pero si la tensión nominal es mayor el calibre se ve reducido drásticamente, además de poder emplear un valor más comercial.

Para el caso de la tensión de recepción en la subestación principal se debe tomar en cuenta la carga total del sistema y con una tensión suficientemente elevada, el calibre de los conductores de distribución será óptimo, comercial y económico.

Las compañías suministradoras, generalmente, entregan la energía al cliente industrial en la forma que ésta es más económica para transmitirse. Muy a menudo la tensión de transmisión es más elevada que la que el cliente puede usar. Una ventaja de la alta tensión es que ocasiona pérdidas de transmisión mínimas; además, la tensión de transmisión alta presenta otra ventaja para la compañía suministradora, como para el cliente: reduce la variación de tensión en el punto de utilización (la diferencia entre la tensión cuando no hay carga y cuando hay carga plena en el sistema).

Cuando se conectan las cargas al sistema, la tensión del mismo se reduce. La baja tensión ocasiona que los motores se sobrecalienten y por esa razón fallen prematuramente. También es causa de que los equipos electrónicos funcionen erráticamente y, así mismo da lugar a una baja eficiencia del alumbrado.



### **III.6.5. Plantas de emergencia.**

Existen gran cantidad de instalaciones eléctricas que cuentan con una planta de emergencia para protegerse contra posibles fallas en el suministro de energía eléctrica. Normalmente en todos aquellos lugares de uso público (especialmente en hospitales), se requiere de una fuente de energía eléctrica que funcione mientras la red suministradora tenga caídas de tensión importantes, fallas en alguna fase o interrupciones del servicio.

Las plantas de emergencia constan de un motor de combustión interna acoplada a un generador de corriente alterna. El cálculo de la capacidad de un planta eléctrica se hace en función de las cargas que deben operar permanentemente. Estas cargas deberán quedar en un circuito alimentador y canalizaciones independientes.

La conexión y desconexión del sistema de emergencia se hace por medio de interruptores de doble tiro (manuales o automáticos) que transfieren la carga del suministro normal a la planta de emergencia. Las plantas automáticas tienen sensores de tensión (o caídas más abajo de cierto límite) y envían una señal para que arranque el motor de combustión interna.

#### **Carga en Plantas de Emergencia.**

El suministro de energía eléctrica en algunos casos, es indispensable para afrontar condiciones de falla y peligro, ya sea porque se puede perder o dañar una producción determinada o bien se ponen en peligro vidas humanas u otros bienes.

Por ejemplo, si en un teatro existe el peligro de accidentes por aglomeraciones en caso de un apagón, será necesario proyectar un circuito especial separado del resto, para alumbrar pasillos, escaleras, puertas, etc., mediante una alimentación eléctrica de emergencia o equipos independientes que operen durante la falla.

En el caso de hospitales u otras aplicaciones en que se amenaza la vida humana, pueden considerarse las plantas de emergencia como un salvavidas. De aquí la importancia de poner una gran atención no sólo a la buena selección, adquisición e instalación de la misma, sino mantener con gran cuidado y esmero, todas las características que aseguren su buena operación.

Una planta de emergencia está diseñada para operar durante períodos relativamente cortos, ya que se supone que el suministro general de energía eléctrica, se hace cargo de la demanda normal y solamente, al fallar ésta, se requiere un sustituto para algunas cargas, y por consiguiente, en lugares con buen suministro eléctrico, una planta de

emergencia llega a operar sólo unas cuantas horas por año, aún sumándole los tiempos de ejecución semanal que se aconsejan.

### **Selección de Plantas de Emergencia**

La carga que puede alimentar una planta de emergencia está limitada por las capacidades del motor de combustión interna y del generador que deberán ser mayores que la carga demandada.

El punto de partida para seleccionar un motor de combustión interna, es definir la potencia útil que se va a necesitar y las circunstancias y condiciones del lugar de trabajo.

La carga que se debe considerar es la que se encuentra conectada a la planta de emergencia afectada por el factor de demanda correspondiente, pero se debe considerar que la tensión disminuye al arrancar los motores, dependiendo esto, del tipo de arrancador empleado. La caída de tensión puede ser tan grande que provoque que el motor correspondiente no pueda arrancar y que la planta sufra una sobrecarga. Por esta razón es importante conocer la información del fabricante de la planta al respecto del tamaño del motor más grande que puede arrancarse. También conviene pensar en la posibilidad de programar la entrada de la carga conectada a la planta, de tal manera que se pueda arrancar primero el motor más grande y después conectar paulatinamente el resto de la carga.

Una vez analizado el valor en kW totales y la secuencia de arranque de los motores más grandes, se verá cuál es la potencia requerida en el generador y la que comercialmente se fabrica.

### *Recomendaciones Generales*

Podemos considerar las siguientes recomendaciones generales para el manejo y operación de las plantas de emergencia.

- Se recomienda que los conductores eléctricos sean lo más cortos posibles para evitar caídas de tensión y costo excesivo, de modo que deberá estudiarse la mejor localización tanto del generador como de los interruptores de transferencia en el caso de las plantas de emergencia.
- Se recomienda dejar instructivos entendibles y fáciles de localizar para aquellos casos en que, por emergencia alguna deba operar tal equipo, pues no se concibe que, siendo estos servicios de generación eléctrica para casos de emergencia o continuidad importante, una falla simple interrumpa el servicio sin que nadie pueda restablecerlo. Siendo obligación para los fabricantes proporcionar las instrucciones para operar adecuadamente un equipo, al adquirirlo deberá verificarse su entrega.

- Se recomienda contratar personal técnico capacitado y disponible para reparaciones pero también, para mantenimiento preventivo que reduce las fallas de emergencia.

### **III.6.6. Tierra y neutro.**

El uso de la electricidad somete a ciertos riesgos y peligros que deben ser conocidos y evaluados, aparatos e instalaciones se deben hacer de manera de reducir estas condiciones a límites aceptables.

La energía eléctrica somete a las personas, animales y cosas a ciertos riesgos ligados a su uso, y que se aceptan a cambio del beneficio que otorga el suministro.

Un tema que da para mucho es la seguridad en las instalaciones eléctricas, los temas siempre deben ser enfocados desde este punto de vista ya que la seguridad es criterio de diseño, y su importancia esta en aumento.

El tema de seguridad contra los peligros de la electricidad, desde hace años sigue tomando creciente importancia condicionando las formas de realizar la instalación, seleccionar sus materiales componentes.

La puesta a tierra de protección, que se ha difundido y que es de necesidad para brindar seguridad en casos de descargas en los aparatos que crean condiciones circunstanciales de peligro, exige el estudio de los dispersores, y de la relación entre ellos.

Puesta a tierra del neutro, que tiene influencias en los valores de las sobre tensiones y corrientes de falla, distintos criterios que condicionan la elección de la puesta a tierra funcional.

En virtud de que no existe un acuerdo general respecto a los términos tierra y neutro, a continuación se presentan las que podrían ser las más adecuadas:

- a) **Tierra.-** Desde el punto de vista eléctrico, se considera que el globo terráqueo tiene un potencial de cero (o neutro); se utiliza como referencia y como sumidero de corrientes indeseables. Sin embargo, puede suceder que por causas naturales (presencia cercana de nubes y descargas atmosféricas) o artificiales (falla eléctrica en una instalación) una zona terrestre tenga en forma temporal una carga eléctrica negativa o positiva con respecto a otra zona (no

necesariamente lejana). Por esta razón pueden aparecer corrientes en conductores cuyos extremos estén en contacto con zonas de potenciales distintos.

- b) **Resistencia a Tierra.-** Este término se utiliza para referirse a la resistencia eléctrica que presenta el suelo (tierra) de cierto lugar. El valor a la resistencia a tierra debe estar dentro de ciertos límites dependiendo del tipo de instalación.
- c) **Toma de Tierra.-** Se entiende que un electrodo en el suelo con una terminal que permita unirlo a un conductor es una toma de tierra. Este electrodo puede ser una barra o tubo de cobre, una varilla o tubo de fierro y en general cualquier estructura que esté en contacto con la tierra y que tenga una resistencia a tierra dentro de ciertos límites.
- d) **Sistema de Tierra.-** Se llama sistema de tierra a la red de conductores eléctricos unidos a una o más tomas de tierra y provistos de una o varias terminales a las que pueden conectarse puntos de la instalación. El sistema de tierra de una instalación se diseña en función de: el nivel de tensión, la corriente de corto circuito, la superficie que ocupa la instalación, la probabilidad de explosión y/o incendio, la resistencia a tierra, la humedad y la temperatura del suelo.
- e) **Conexión a Tierra.-** La unión entre un conductor y el sistema de tierra es una conexión a tierra.
- f) **Neutro del generador.-** Se le llama así al punto que sirve de referencia para las tensiones generados en cada fase. En sistemas equilibrados y bajo circunstancias de operación normales, la diferencia de potencial entre el neutro del generador y la tierra física del lugar donde está instalado es cero.
- g) **Neutro de Trabajo.-** Es aquel que se requiere para la conexión de un consumidor alimentado por una sola fase. La sección transversal del conductor de este neutro y de la fase deben ser iguales, ya que conducen la misma corriente.

- h) **Neutro conectado firmemente a tierra.-** Este tipo de conexión se utiliza generalmente en instalaciones de baja tensión para proteger a las personas contra el peligro de electrocución. En el caso en que se presente una falla de aislamiento entre un conductor energizado y una parte metálica desnuda se produce un cortocircuito y actúa la protección que desenergiza al circuito respectivo.

### **III.6.7. Clasificación NEMA.**

Gabinete es el recinto o recipiente que rodea o aloja un equipo eléctrico con el fin de protegerlo contra las condiciones externas y con objeto de prevenir a las personas de contacto accidental con partes vivas (partes energizadas).

Los elementos que constituyen una instalación eléctrica se pueden clasificar de acuerdo a los gabinetes que los contienen, según las designaciones de la Norma Oficial Mexicana en los siguientes tipos:

**Tipo 1.** Usos generales. Diseño para uso en interiores en áreas donde no existen condiciones especiales de servicio. Evita el contacto accidental con el aparato que encierra.

**Tipo 2.** A prueba de goteo. Para uso en interiores, protege al equipo contra goteo de líquidos no corrosivos y contra salpicaduras de lodo.

**Tipo 3.** Para servicio intemperie. Para uso en exteriores, protege al equipo que encierra contra polvo y aire húmedo.

**Tipo 3R.** Para uso en exteriores. Protege al equipo que encierran contra la lluvia.

**Tipo 4.** Aprueba de agua. Para equipo expuesto directamente a severas condensaciones externas, salpicaduras de agua o chorro de manguera.

**Tipo 5.** A prueba de polvo. Diseño para impedir la entrada de polvo a su interior.

**Tipo 6.** Sumergible. Permite su uso en caso de inmersión ocasional, caída de chorros directos de agua, polvos o pelusas.

**Tipo 7.** A prueba de gases explosivos. Diseñado para uso en atmósferas peligrosas y pueden soportar una explosión interna sin causar peligros externos. La interrupción de los circuitos se hace en aire.

**Tipo 8.** A prueba de gases explosivos. Diseñado para el mismo fin que el tipo 7 pero su equipo trabaja sumergido en aceite.

**Tipo 9.** A prueba de polvos explosivos. Diseñado para uso en atmósferas peligrosas donde existen cantidades considerables de polvos combustibles que originen mezclas explosivas.

**Tipo 10.** Para uso en minas. Diseñado especialmente para este fin.

**Tipo 11.** Resistente a la corrosión. Para proteger al equipo contra líquidos, humos y gases corrosivos. El equipo se encuentra encerrado en aceite.

**Tipo 12.** Para uso industrial. Diseñado para proteger al equipo contra aceites, líquidos refrigerantes y polvos.





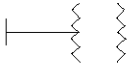


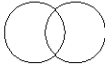

La clasificación anterior es equivalente a la clasificación NEMA de la National Electric Manufactures Asociation de los Estados Unidos.

Tipo 1 = **NEMA 1**, Tipo 2 = **NEMA 2**, etc.



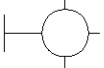
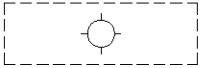



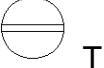











### III.6.8. Simbología.










Los elementos que constituyen una instalación eléctrica se simbolizan en diagramas y planos de instalaciones eléctricas de la forma que se muestra a continuación:

Símbolos para diagramas unifilares de subestaciones

	APARTARRAYOS
	INTERRUPTOR
	DESCONECTADOR
	DESCONECTADOR FUSIBLE
	TRANSFORMADOR
	MEDIDOR
	CAPACITOR
	GRUPO GENERADOR
	ACOMETIDA

Símbolos para diagramas y planos de instalaciones eléctricas

	SALIDA PARA LAMPARA INCANDESCENTE
	SALIDA PARA LAMPARA FLUORESCENTE
	ARBOTANTE
	SALIDA PARA ACCESORIO OCULTO
	SALIDA PARA PROPOSITOS ESPECIALES
	CONTACTO TRIFASICO
	CONTACTO DE USO GENERAL
	CONTACTO DE PUESTA A TIERRA
	CONTACTO PARA INTEMPERIE
	APAGADOR SENCILLO
	APAGADOR DE ESCALERA
	CABLE O CONDUCTOR POR TECHO O MURO
	CABLE O CONDUCTOR POR PISO
	CAJA DE CONEXIONES
	CONEXIÓN A TIERRA
	TABLERO DE ALUMBRADO
	TABLERO DE FUERZA
	TABLERO GENERAL
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO

	MEDIO DE DESCONEXION
	INTERRUPTOR CON FUSIBLE
	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO
	FUSIBLE
	MOTOR
	ARRANCADOR
	SOLDADORA
	RESISTENCIA
	CAPACITOR



## **IV SISTEMAS DE GENERACIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.**

### **IV.1 SISTEMAS DE GENERACIÓN.**

A manera de resumen se dirá que el Sistema Eléctrico de Potencia está interconectado a nivel nacional y va desde la península de Yucatán hasta Sonora, la única parte que falta de integrar es la península de Baja California. Como el territorio que cubre es demasiado grande y se tiene una estructura longitudinal (poco mayada), en Mazatlán, Sinaloa; el sistema normalmente está separado de las líneas que van hacia Culiacán. La estructura longitudinal del sistema trae como consecuencia que sea un sistema de los llamados “débiles”, o sea que en partes del sistema las líneas de transmisión no tienen suficiente capacidad de paso como para mantener la estabilidad. Cuando ocurren fallas en las líneas de 400 kV, el sistema puede perder la estabilidad.

En México se tiene una capacidad instalada del orden de los 31,000 MW en total. La generación recae principalmente en centrales termoeléctricas convencionales y de ciclo combinado que consumen combustóleo y gas. En dichas plantas se genera cerca del 68% de la energía eléctrica total. Las centrales hidroeléctricas producen cerca del 28% restante de la energía y el resto en otros tipos. El problema es que el petróleo se agotará en el mediano plazo y es necesario pasar la generación paulatinamente a otros combustibles. Por cuestiones económicas y políticas se ha descuidado la construcción de centrales hidroeléctricas de las que aún se tienen grandes reservas, tal vez del orden de 30,000 MW. Actualmente hay poco más de 9,000 MW instalados en plantas hidroeléctricas. Las últimas plantas construidas son las de Zimapán, en Hidalgo, Aguamilpa y Huites, ambas en el estado de Nayarit, con 280 MW, 960 MW y 211 MW respectivamente.

Las centrales termoeléctricas del pacífico como las de Manzanillo, Petacalco, Mazatlán y Guaymas tienen quemadores duplex, para quemar combustóleo y carbón. En el futuro se supone que se importaría el carbón necesario para su operación. La Central Termoeléctrica Carbón I opera con carbón nacional y la Carbón II lo hace con importado. La termoeléctrica de Petacalco, Guerrero, que está ya en operación se diseñó para utilizar carbón también de importación. Se han construido varias unidades generadoras geotérmicas, eólicas y solares, pero su función es complementaria. Debe continuarse con la construcción de centrales hidroeléctricas hasta agotar todos los recursos disponibles.

### IV.1.1. Termoeléctricas de combustibles fósiles.

#### Central de Vapor Convencional

En México, este tipo de plantas utilizan, básicamente, como fuente energética primaria combustóleo y en un futuro podrán emplear, además, gas natural.

El principio de funcionamiento de las centrales termoeléctricas convencionales consiste en quemar combustible orgánico (combustóleo, gas, carbón, entre otros), en una caldera para producir vapor de agua, el cual se usa para mover las turbinas que a su vez mueven a los generadores síncronos que generan la energía eléctrica para el SEP. En las centrales actuales se usan parámetros del vapor muy altos, como presiones entre 160 y 240 atmósferas y temperaturas entre 500 y 560 grados centígrados. Las potencias de las unidades termoeléctricas van desde decenas de MW hasta 200, 300, 350, 500, 600, 800, 1000, 1200 y 1500 MW. La eficiencia va desde el 28% hasta 41% o un poco más en plantas nuevas.

La central termoeléctrica se puede considerar como una fábrica de energía eléctrica que como tal, tiene un esquema tecnológico similar al de la fig. 4.1.

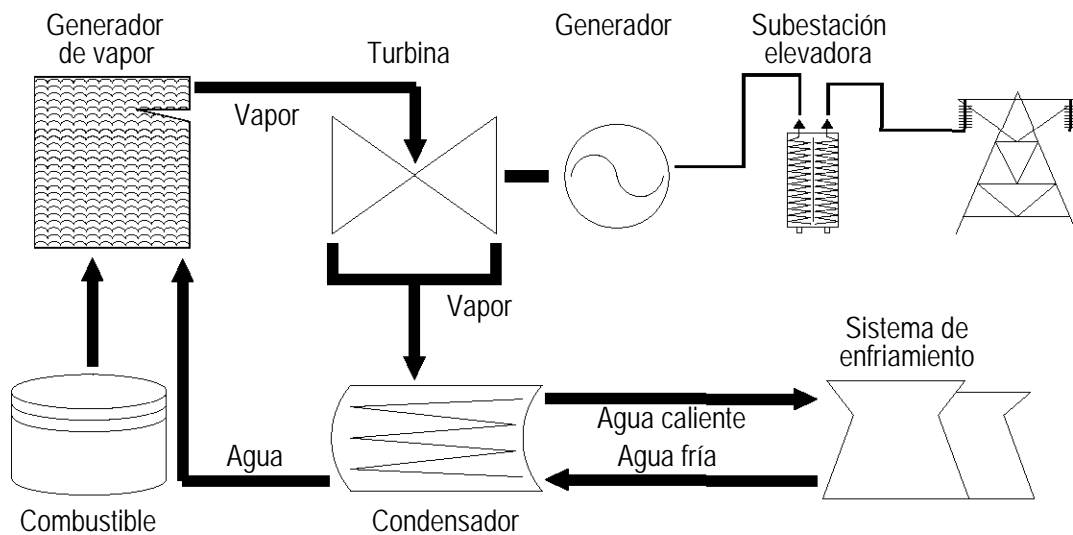


FIGURA # 4.1

El departamento de combustible en el caso del carbón es de gran importancia porque requiere de grandes recursos, ya que la planta siendo de gran potencia, puede quemar

unas 10,000 toneladas diarias de carbón y almacenar unas 50,000 toneladas. El transporte del carbón hacia la planta se realiza en barco, en ferrocarril o flotando en agua.

En todas las centrales modernas la quema del carbón se realiza en forma de polvo mezclado con 12 a 14 partes de aire. Con esta mezcla combustible el carbón se quema instantáneamente en forma de explosión controlada, elevando la eficiencia de la caldera y mejorando el control de la misma. La pulverización del carbón se realiza en molinos de bolas dentro de un sistema de tuberías con tiros forzados e inducidos. El aire movido por los ventiladores de molino arrastra el polvo de los molinos hasta el ciclón, en donde se separa el polvo para almacenarse y quemarse posteriormente. El aire utilizado en el sistema de procesamiento del carbón se calienta en la caldera para elevar la eficiencia.

El ciclo del combustible es abierto, llega como carbón y sale como calor y como desechos sólidos y gaseosos. Los desechos son en grandes volúmenes, tan solo una planta de gran capacidad puede descargar a la atmósfera más de 100 toneladas diarias de contaminantes. Las miles de toneladas de cenizas y escorias que produce la termoeléctrica no tienen hasta ahora ninguna aplicación práctica. Por lo tanto es de gran importancia elevar la eficiencia de las centrales termoeléctricas para reducir en lo posible la contaminación.

El ciclo térmico utilizado en las termoeléctricas se conoce como de Rankine y consiste en elevar la temperatura del agua hasta convertirla en vapor seco, expandir dicho vapor en la turbina y extraer calor en el condensador hasta obtener nuevamente agua (condensado). En caso de querer aplicar el ciclo Carnot se tendría que meter el vapor que sale de la turbina nuevamente a la caldera, con lo que se gastaría tanta energía como la que se obtuvo en la turbina más las pérdidas.

El abastecimiento de agua tiene un gasto de agua muy grande que supera en 40 o más veces el gasto de vapor de la turbina. Para una unidad de 300 MW se requieren más o menos 900 toneladas de vapor por hora y por lo tanto el condensador requerirá por lo menos 12,000 toneladas de agua de enfriamiento por hora. A pesar de que las presiones manejadas en este caso no son muy grandes, el costo del sistema es alto, llegando a ser de 15% del costo total de la termoeléctrica. Cuando es posible, el sistema de abastecimiento es abierto, como de grandes ríos o el mar, con lo que se reducen considerablemente los costos.

El agua que se usa en la caldera debe ser químicamente tratada para que no tenga sales no solubles (que no tenga dureza) y tampoco debe tener oxígeno libre ni en forma de monóxido o bióxido de carbono. Las sales no solubles forman incrustaciones en el

interior del tubo que además de reducir la sección útil del mismo impiden la circulación del calor y el tubo se sobrecalienta, llegándose a dañar. Si el agua contiene oxígeno en suspensión, la oxidación de las superficies de calentamiento de la caldera se oxidan con gran rapidez debido a las altas temperaturas de ebullición. Los productos de la oxidación son arrastrados por el flujo de agua o vapor en los tubos hasta lugares propicios para acumularse como son las curvas “U”, en donde pueden causar la obstrucción y el daño del tubo.

Desde el punto de vista de operación las centrales termoeléctricas operan perfectamente en régimen base, es decir, con carga cercana a la nominal las 24 horas del día todo el año. Las termoeléctricas tiene gran inercia térmica, por lo que su arranque es muy lento y lo mismo la variación de su carga. El arranque de cero a plena carga de un bloque de gran capacidad se lleva de 4 a 6 horas. Esto se debe a que tanto la caldera como la tubería de vapor vivo y la turbina se tienen que ir calentando poco a poco para evitar daños por esfuerzos térmicos. En cada caso se tienen establecidos gradientes de temperatura que deben respetarse, es decir, no se debe sobrepasar el número de grados de elevación de temperatura en unidad de tiempo.

La tabla siguiente menciona las centrales termoeléctricas que operan en nuestro país.

#### **CENTRALES TERMOELÉCTRICAS**

<b>NOMBRE</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CAPACIDAD MW</b>
Adolfo López Mateos	6	2100
Fco. Pérez Ríos	5	1500
Manuel Álvarez Moreno	4	1200
Salamanca	4	916
Altamira	4	766
Valle de México	4	700
Villa de Reyes	2	700
Manzanillo II	2	632
Puerto Libertad	4	627
Presidente Juárez	6	616
José Aceves Pozos	3	484
Carlos Rodríguez Rivero	4	477
Monterrey	6	415
Francisco Villa	5	375
Emilio Portes Gil	3	361
Topolobampo	3	320
Guadalupe Victoria	2	316
Samalayuca	2	168
Mérida II	2	150
Lerma	4	117
Poza Rica	3	112.50

CENTRALES TERMOELÉCTRICAS		
Punta prieta II	3	75
San Jerónimo	2	75
Felipe Carrillo Puerto	2	73
Guaymas I	2	41
Nachi-Cocom	2	
Celaya	3	
La laguna	1	

#### IV.1.2. Central carboeléctrica.

Como su propio nombre lo dice, usa carbón de bajo contenido de azufre como energético primario. En la práctica, el carbón y sus residuos de combustión, requieren de una alta tecnología para su buen manejo y de instalaciones especiales para abatir la contaminación. Fig. 4.2

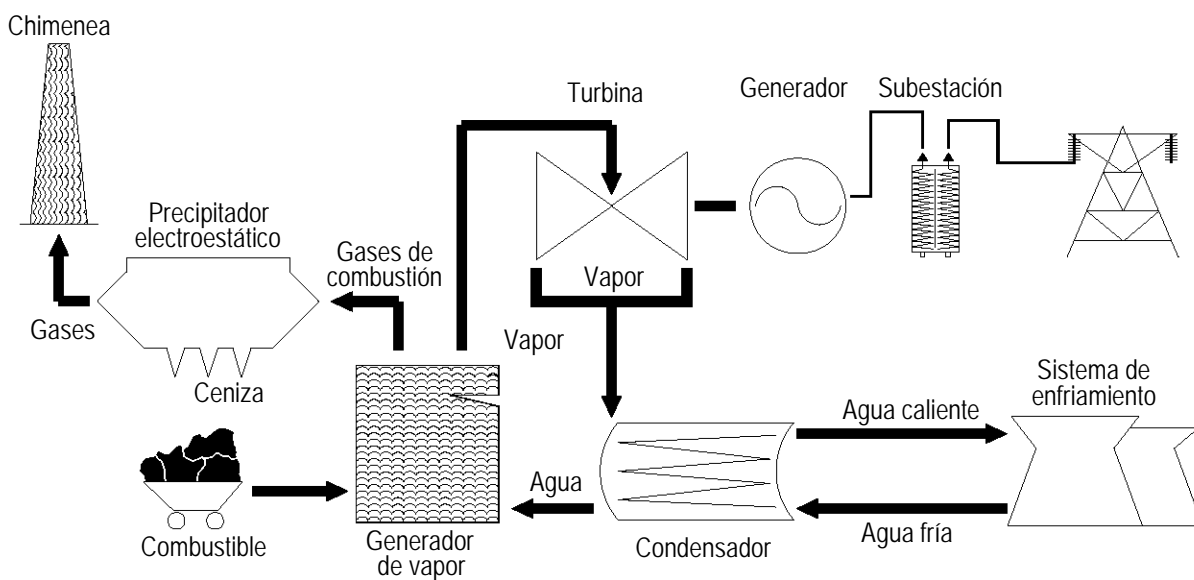


FIGURA # 4.2

#### CENTRALES CARBOELÉCTRICAS

NOMBRE	UNIDADES	CAPACIDAD MW
Carbón II	4	1400.00
José López Portillo	4	1200.00

fono

## CENTRAL DUAL

NOMBRE	UNIDADES	CAPACIDAD MW
Plutarco Elías Calles	6	2100.00

### IV.1.3. Central de ciclo combinado.

Esta integrada por dos tipos de unidades generadoras diferentes: turbogas y vapor.

Cabe mencionar que una vez terminado el ciclo de generación de las unidades de turbogas, los gases producidos, que poseen un importante contenido energético por su alta temperatura, se utilizan para calentar agua y producir vapor, de manera semejante a las termoeléctricas convencionales. Fig. 4.3

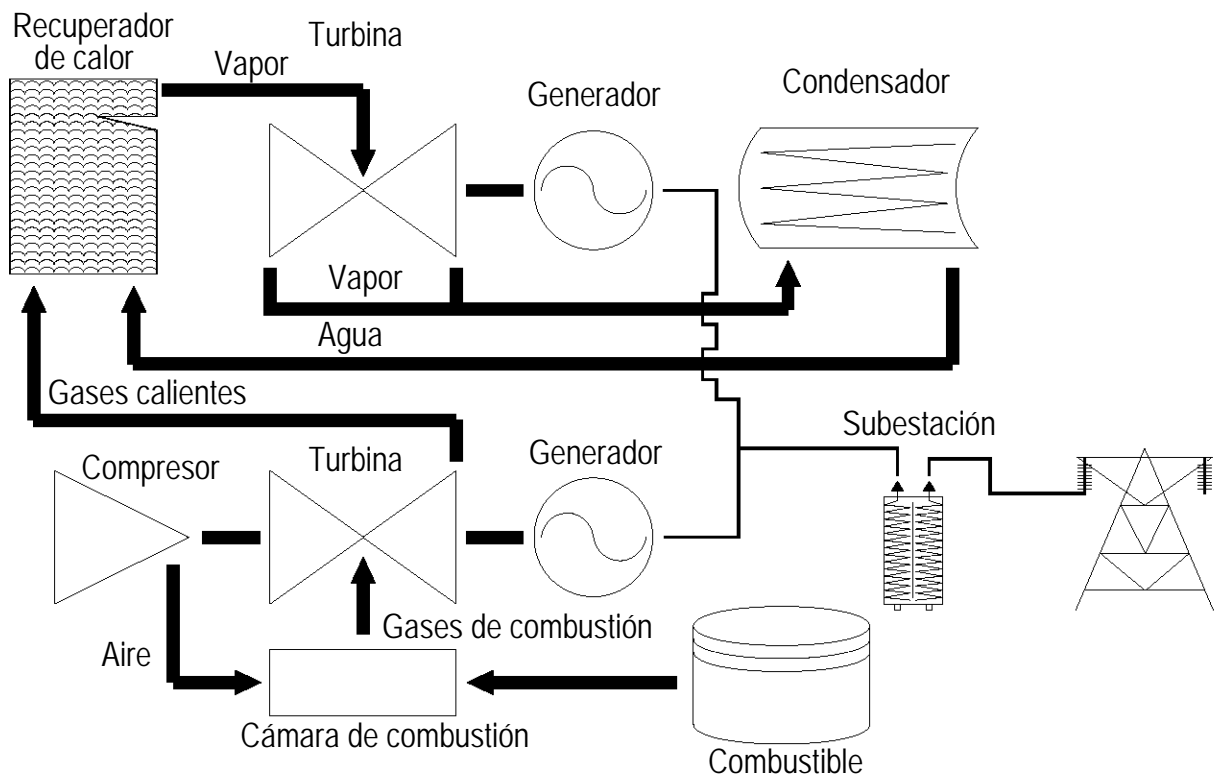


FIGURA # 4.3

Una central de ciclo combinado esta formada por una planta con turbinas de gas y una termoeléctrica convencional. La turbina de gas se mueve con gases resultantes de la combustión con temperaturas cercanas a los 800 °C. A la salida de la turbina los gases tienen temperaturas superiores a los 500 °C, por lo tanto estos gases se usan en una caldera especial para producir vapor que a su vez moverá la turbina de vapor de la planta

de ciclo combinado. La caldera de vapor además de recibir los gases de las turbinas de gas tiene sus quemadores de combustible. La gran ventaja de las plantas de ciclo combinado es que su eficiencia se eleva considerablemente. Actualmente la eficiencia de estas plantas alcanza el 51%.

Operativamente las plantas de ciclo combinado se consideran similares a las convencionales, debido a que la parte de vapor sigue dificultando la maniobra de cambio de potencia. Por su gran eficiencia también deben operar en régimen base. La eficiencia de las plantas con turbinas de gas va desde el 28% hasta el 38% en las unidades actuales, por lo tanto la elevación de la eficiencia con el ciclo combinado es por lo menos del 10%. Actualmente se instalan en el mundo muchas centrales de ciclo combinado utilizando el gas natural como combustible. Con esto además de la mayor eficiencia se obtiene una contaminación muy baja, sobre todo en comparación con las termoeléctricas.

#### **PLANTAS DE CICLO COMBINADO**

<b>NOMBRE</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CAPACIDAD MW</b>
Tula	6	602.260
Dos Bocas	6	480.000
Huinalá	5	377.660
El Sauz	4	263.100
Gómez Palacio	3	240.000
Felipe Carrillo Puerto	3	220.000

#### **IV.1.4. Central turbogas.**

Esta central emplea gas natural o diesel, y en los modelos avanzados puede quemar también combustóleo o petróleo crudo mediante una máquina preparada para ello; el cambio de combustibles se puede realizar de manera automática en cualquier momento.

El breve tiempo de arranque y la versatilidad para satisfacer la demanda hace ventajosa su operación en horas de alto consumo.

Esta forma de generación inicialmente utilizó las turbinas de avión que ya no eran confiables para la navegación aérea, en la generación de energía eléctrica. Posteriormente se fabricaron turbinas de mayor capacidad diseñadas especialmente para ser utilizadas en los sistemas de potencia. En los años setenta las turbinas de gas tenían capacidades del orden de 30 MW y eficiencias no mayores al 30%. En los ochentas las turbinas de gas tuvieron un desarrollo tecnológico muy importante, al grado que la

eficiencia se elevó hasta el 38% o más. La fig. 4.4 muestra un esquema simplificado de un central turbogás.

El principio de operación de las turbinas de gas, consiste en que el compresor recibe el aire de la atmósfera y lo comprime. El aire comprimido llega a la cámara de combustión en donde entra el combustible, formándose la mezcla combustible que se quema instantáneamente por la alta temperatura (del orden de 800 °C). Los gases resultantes de la combustión pasan a la turbina en donde se expanden y entregan parte de su energía, abandonándola con temperatura del orden de 500 °C. Los gases que abandonan la turbina pueden usarse para calentar agua en las centrales de ciclo combinado o simplemente calentar la atmósfera.

El ciclo de la turbina de gas es abierto, según se ve en el diagrama presión-volumen que se muestra en la fig. 4.4. El proceso 1 corresponde a la compresión del aire en el compresor. Al comprimirse el aire sube la presión y se reduce el volumen. En la cámara de combustión el gas se expande a presión constante debido a la energía térmica (2). El proceso en la turbina consiste en la expansión del gas y la obtención de trabajo. Las turbinas de gran capacidad tienen procesos de enfriamiento intermedios con el fin de aumentar la eficiencia.

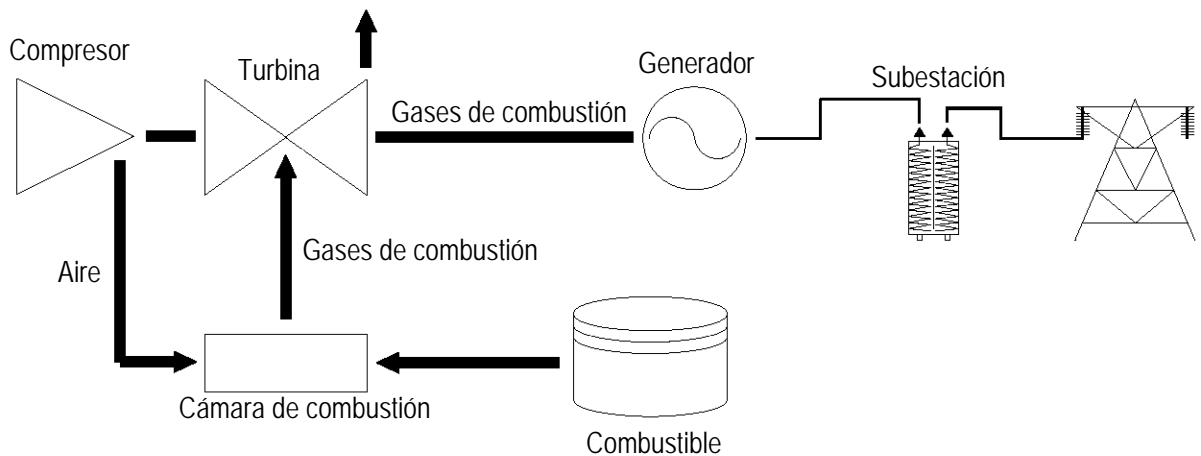


FIGURA # 4.4

La potencia de la turbina se usa para mover el compresor y el generador, así como a la excitatriz cuando se tiene. Por esta razón las turbinas de gas tuvieron inicialmente eficiencias muy bajas. Sin embargo en la década de los ochentas la eficiencia de las turbinas de gas pasó del 28% al 39% y las potencias superaron los 100 MW. Con esto y



con la baja contaminación que producen se amplió notablemente su perspectiva de aplicación a por lo menos 50 años más.

Las turbinas de gas se usaron inicialmente para cubrir los picos de carga debido al alto costo de la energía que producían, sin embargo, en la actualidad compiten con ventaja con las termoeléctricas, sobretodo por la baja contaminación que producen y la facilidad de maniobra que tienen. Las turbinas de gas se arrancan en tiempos similares a las hidroeléctricas: de 1 a 2 minutos de cero a plena carga.

### PLANTAS DE TURBOGAS

NOMBRE	UNIDADES	CAPACIDAD MW
Cancún	5	146.000
Nizuc	2	126.000
Parque	5	109.800
Monterrey	6	100.000
Monclova	3	86.700
Xul-há	4	78.000
Caborca	3	74.000
Mexicali	3	72.500
Chihuahua	4	70.600
Tijuana	2	63.220
La Laguna	4	60.800
Ciprés	2	54.860
La Paz	2	48.080
Chankanaab	3	46.000
Las Cruces	3	43.500
Ciudad Constitución	1	33.220
Ciudad Obregón	2	32.000
Topolobampo	1	30.000
Nachi-Cocom	1	30.000
Mérida II	1	30.000
Culiacán	1	30.000
Chávez	2	29.800
Nuevo Laredo	2	28.000
Cozumel	2	28.000
El Verde	1	26.000
Cabo San Lucas	1	25.000
Industrial	1	20.000
Unidades de Reserva	3	18.600
Chaveña	1	14.900
Esperanzas	1	14.000
Ciudad del Carmen	1	14.000
Guerrero Negro	1	5.000

#### IV.1.5. Centrales Geotermoeléctricas.

Las centrales geotérmicas utilizan como fuente primaria de energía el vapor que existe a altísima temperatura en el subsuelo.

Dicho vapor es obtenido a través de pozos cuyas profundidades llegan hasta los 4000 m; los pozos producen una mezcla de agua y vapor a una temperatura promedio de 300 °C. El agua y el vapor son separados a boca de pozo. Posteriormente, el agua es enviada a una laguna de evaporación, mientras que el vapor se traslada por medio de una tubería a la central generadora, donde se distribuye a los turbogeneradores para transformar su energía cinética en electromagnética. Fig. 4.5

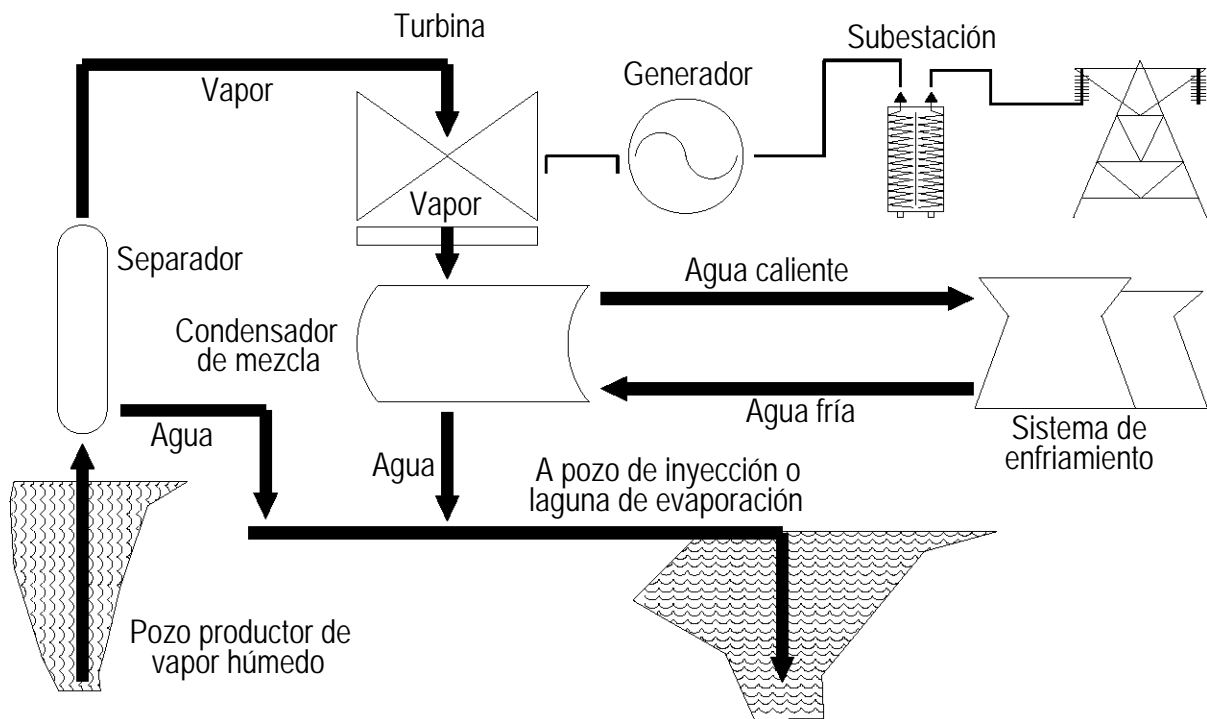


FIGURA # 4.5

Por lo que se puede decir que son plantas termoeléctricas en las cuales el vapor mueve a las turbinas que provienen del subsuelo, sin embargo, existen otras formas de energía geotérmica, como la roca caliente, que se encuentra en una gran variedad de localidades. La roca seca caliente del subsuelo se puede emplear para calentar agua en circuito cerrado y obtener grandes cantidades de energía térmica. También existe la energía de geopresión que consiste en grandes cavernas conteniendo sales saturadas con metano a grandes presiones con temperaturas altas o moderadas. Estas formas de

energía pueden tener un desarrollo muy importante en el mediano y largo plazo, cuando otras formas de energía se agoten o se encarezcan.

En México empezó a operar la planta geotérmica de Cerro Prieto en 1973, con dos unidades de 37.5 MW cada una. Actualmente la información de CENACE, registra una capacidad geotérmica instalada de 753 MW eléctricos. Además de Cerro Prieto, se encuentra en operación la zona geotérmica de los Azufres en el estado de Michoacán y Los Humeros en Puebla. Las plantas geotérmicas al igual que las hidroeléctricas tienen la ventaja de que no requieren combustible, por lo cuál el costo del kW/h resulta en ellas más bajo que en las termoeléctricas convencionales.

Las plantas geotérmicas no representan una solución definitiva al problema energético, pero sí un aporte muy importante para nuestro País. Actualmente el sistema eléctrico de potencia nacional cuenta con 31000 MW y las geotérmicas con 753 MW, lo cuál da un porcentaje de sólo el 2.4% de capacidad geotérmica instalada, En la geotermia se cuenta con tecnología desarrollada en México y con buenas posibilidades de incrementar la potencia instalada a unos 2000 MW en el mediano plazo. Posteriormente se implantará, posiblemente la nueva tecnología de la roca caliente.

A pesar de que en la década de los ochentas las plantas geotérmicas han tenido un gran desarrollo tecnológico, en el corto plazo esto no continuará porque los precios del petróleo y el gas bajaron y se mantienen bajos, con lo que las geotérmicas quedan en desventaja desde en punto de vista económico, con respecto a las planta termoeléctricas. Sin embargo, la perspectiva de las plantas geotérmicas es buena porque aprovechan un recurso renovable y su operación es continua, sin depender de las condiciones del clima o de la naturaleza como es el caso de las plantas solares o maremotrices. El aprovechamiento de la energía geotérmica de la roca caliente seca ofrece grande posibilidades.

En el futuro cercano se espera que la investigación en el campo de la energía geotérmica convencional de vapor de agua caliente, se concluya y se oriente hacia la roca caliente. La razón de esto es que la roca caliente se encuentra prácticamente en todo el mundo y su potencial es enorme. Las fuentes convencionales de energía geotérmica dependen de los pocos sitios que ofrecen vapor o agua caliente en cantidad suficiente para hacer rentable la generación de energía. Estos lugares pueden también estar demasiado alejados de los centros de carga, con lo cual se reducen las posibilidades.

El sistema de la roca caliente consiste en hacer una perforación en la corteza terrestre hasta llegar a la zona en donde la roca tiene altas temperaturas. Se utiliza agua

a presión para abrir las fallas o fisuras naturales que proporcionen un camino al flujo de agua y además forme un depósito. Luego se debe abrir otro camino que intercepte al depósito a cierta distancia del primero. El agua se bombea hacia el depósito, se calienta por las rocas y regresa caliente por la segunda ruta.

### **CENTRALES GEOTERMOELÉCTRICAS**

<b>NOMBRE</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CAPACIDAD MW</b>
Cerro Prieto II	2	220.000
Cerro Prieto III	2	220.000
Cerro Prieto I	5	180.000
Los Azufres	12	97.900
Los Humeros	7	35.000

#### **IV.1.6. Centrales nucleoelectricas.**

Las centrales nucleoelectricas tienen cierta semejanza con las termoeléctricas convencionales, ya que también utilizan vapor a presión para mover las turbinas o turbogeneradores. En este caso se aprovecha el calor que se obtiene al fisurar los átomos de un isótopo de uranio en el interior de un reactor, para producir el vapor que activa a las turbinas.

Este tipo de generación ha sido cuestionada por algunos grupos ecologistas; sin embargo, en muchos países como los Estados Unidos, Francia y Japón, por mencionar solo algunos, se utiliza como la generación más viable por su alta tecnología y la seguridad que proporciona su producción. Asimismo la energía eléctrica nuclear es, indudablemente, la que ocasiona muy escasa contaminación ambiental.

Dicha generación eléctrica se prevé como la más promisoría para el futuro, en vista de que los recursos energéticos no renovables, como son los combustibles fósiles, tienden a agotarse.

México cuenta con una sola central de este tipo en el estado de Veracruz: Laguna Verde, que opera en condiciones máximas de seguridad, de acuerdo a la Asociación Mundial de Operadores Nucleares, y la cual por cierto, se ha hecho acreedora a diversos reconocimientos internacionales. Fig. 4.6

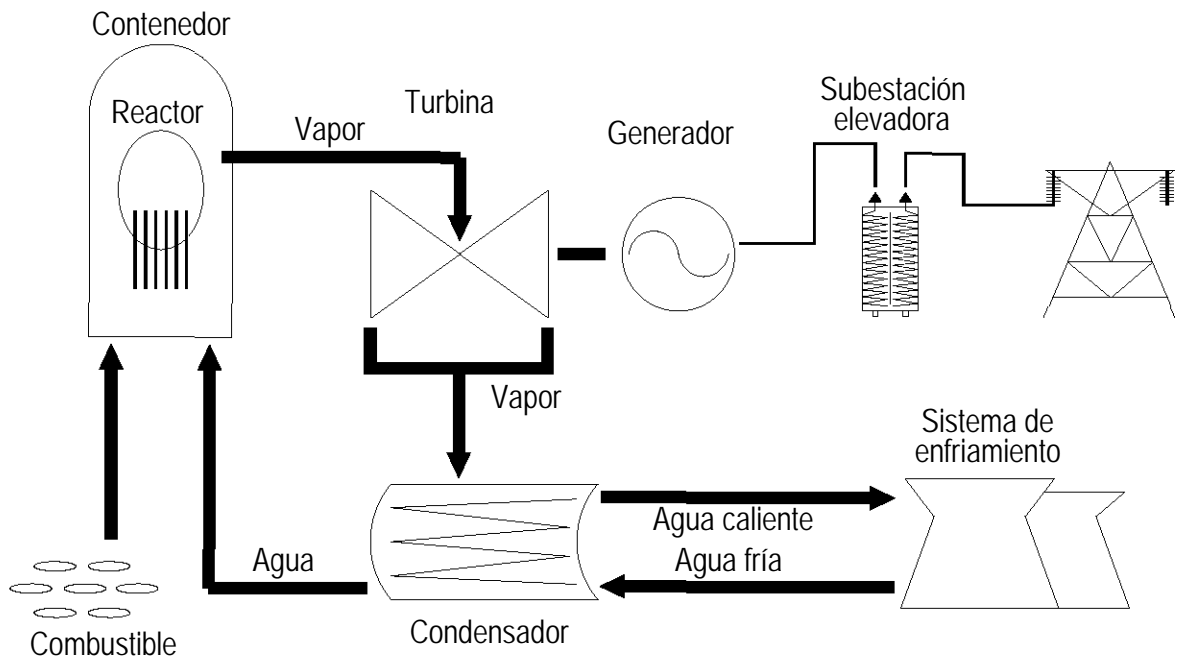


FIGURA # 4.6

Las plantas nucleares se encuentran en operación comercial desde 1954, año en que aparecieron dos reactores de 5 MW cada uno, en los EE UU y en la desaparecida URSS. A partir de ese momento se desarrollaron rápidamente en cantidad y en potencia. La potencia total de las plantas nucleares (P.N) en el mundo pasaron de 10 MW en 1954 a casi 75000 MW en 1975.

En 1976 había plantas nucleares en operación en 19 países y en muchos otros se efectuaba o proyectaba la construcción de sus primeras plantas nucleares; tal era el caso de México con su planta de Laguna Verde, cuya puesta en servicio se retrasó por más de 10 años.

La cumbre de las plantas nucleares con reactores de neutrones térmicos se alcanzó por el año de 1975, cuando casi todos los países tuvieron ambiciosos planes de construcción de este tipo de plantas. En México se llegó a pensar en la construcción de 20 plantas nucleares para antes del año dos mil, en EE UU se habló de 20000 MW.

Inicialmente se pensó que la energía nuclear sería muy abundante y barata, sin embargo se ha comprobado que se sobrestimaron sus posibilidades, al menos con las plantas actuales. En los reactores con neutrones térmicos o lentos, se utiliza como material fisionable sólo al U-235, el cual forma sólo el 0.7% del uranio natural. El otro 99.3% corresponde al U-238 que no es fisionable. El aprovechamiento del combustible

nuclear en las plantas con neutrones térmicos es muy bajo, por lo que se desarrollaron los llamados reactores con neutrones rápidos o reactores de cría, en los que el U-232 se transforma en U-233 y el U-238 se transforma en Pu-239, materiales que si son fisionables.

La central nuclear de Laguna Verde tiene actualmente ya operando sus dos reactores de 675 MW desde 1994. Los reactores son del tipo de agua hirviente "BWR", con parámetros de vapor bajos. Las turbinas de vapor se mueven a 1800 r.p.m. y los generadores son por lo tanto de 4 polos. Los residuos radiactivos se almacenan en la planta y aún no está previsto el sitio en donde se almacenarán definitivamente.

La solución definitiva al problema energético se busca desde 1954 en los países desarrollados, en donde se trata de obtener energía no por fisión nuclear de las plantas nucleares, sino por medio de la fusión nuclear. Muy pronto los científicas se dieron cuenta de las dificultades insalvables que se les presentaban y tomaron la decisión de buscar la cooperación internacional. La fusión nuclear consiste en unir dos núcleos de un elemento para obtener otro núcleo más pesado, con el correspondiente desprendimiento de energía. Para esto se requiere que la materia se encuentre en estado de plasma a millones de grados centígrados de temperatura. Con las altas temperaturas las fuerzas de repulsión entre los núcleos desaparecen.

#### **IV.1.7. Plantas hidroeléctricas.**

La C.F.E. ha construido desde su creación, 64 obras hidráulicas de este tipo, varias de ellas ejemplos de la ingeniería moderna.

La generación hidroeléctrica, destaca por su nula contaminación al medio ambiente, ya que al agua que confluye una vez utilizada en las plantas, regresa al caudal de los ríos sin alteraciones en la temperatura y calidad de la misma.

Para transformar la energía cinética en electricidad, se desvía el agua de los ríos, hacia grandes presas para conducirla posteriormente a través de tuberías y hacerla chocar contra los alabes de una turbina, provocando con este mecanismo que gire su eje o flecha. Dicho movimiento es transmitido al generador que es el que, finalmente produce el fluido eléctrico.

Es importante mencionar que debido a la heterogeneidad que presentan estas centrales, existe una gran variedad de diseños, dimensiones y métodos constructivos.

En nuestro país, tenemos su máxima representación en una de las cuencas hidrológicas que registra mayor precipitación: la del Río Grijalva. En ellas se localizan

cuatro grandes centrales: la Manuel Moreno Torres, Chicoasén; Belisario Domínguez, la Angostura; la del Malpaso y la de Peñitas, todas ubicadas en el estado de Chiapas.

Las plantas hidrológicas producen cerca del 28% de la energía eléctrica de nuestro país. Estas centrales producen normalmente la energía de menor costo, sobretodo porque no se gasta en combustible. A diferencia de las unidades termoeléctricas en donde las potencias se repiten exactamente en diferentes plantas, en las hidroeléctricas son normalmente diferentes, debido a que cada caso es especial. La potencia de las unidades depende de la altura estática de la hidroeléctrica y del caudal del río, así como de la planta que cubre picos o es de régimen base.

Dependiendo de la altura y del gasto se utilizan diferentes turbinas hidráulicas como las Pelton, Francis, Kaplan, Kaplan doble alabe, diagonales y hélice. Las Pelton son turbinas activas que operan no sumergidas en el agua. Todas las demás son turbinas reactivas que operan completamente sumergidas en el agua. Las turbinas Pelton se usan para alturas grandes y gastos de agua pequeños. Las turbinas Francis se instalan en alturas considerables con gastos medios. Las turbinas Kaplan y hélice son para gastos muy grandes y alturas pequeñas. Las turbinas doble alabe y diagonales se usan para gastos medios y alturas medias.

En la fig. 4.7 se muestran los principales elementos que conforman una central hidroeléctrica

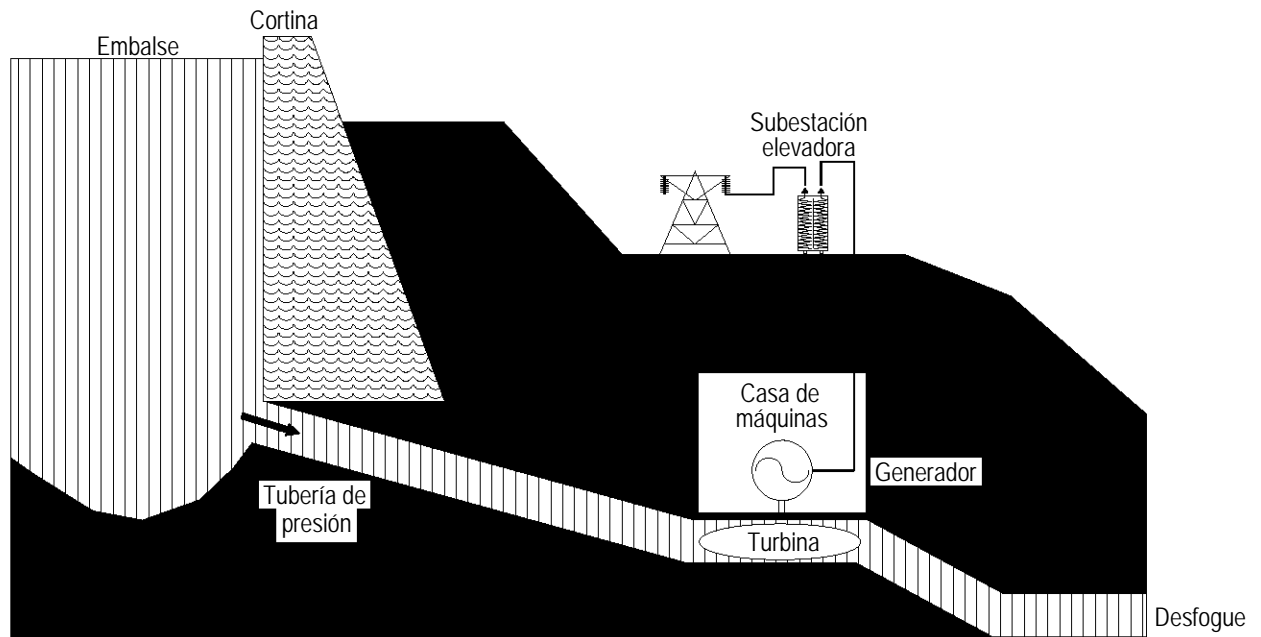


FIGURA # 4.7

Las centrales hidroeléctricas tienen grandes ventajas con respecto a otros tipos de plantas generadoras, como las termoeléctricas: no gastan combustible, tienen eficiencias del 80% y más, su gasto en Servicios propios no pasa de 1% de la potencia generada, son de gran duración por ser máquinas de baja velocidad, son de fácil maniobra, fáciles de automatizar, requieren de poco personal de operación, pueden sustituir a otras plantas en caso de que fallen y ahorran combustible al sustituir a las termoeléctricas. En México aún hay grandes recursos hidroenergéticos, tan solo en el río Balsas se tiene planeado instalar plantas adicionales a las existentes con potencia de 1200 MW.

### PLANTAS HIDROHELECTRICAS

<b>NOMBRE</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CAPACIDAD MW</b>
Manuel Moreno Torres	5	1500.000
Malpaso	6	1080.000
Infiernillo	6	1000.000
Aguamilpa	3	960.000
Belisario Domínguez	5	900.000
Carlos Ramírez Ulloa	3	592.800
Ángel Albino Corso	4	420.000
Villita	4	304.000
Fernando Hiriart Valderrama	2	292.000
Temascal	5	254.080
Valentín Gómez Farías	2	240.000
Huites	1	211.000
Mazatepec	4	208.800
Tingambato	3	135.000
Plutarco Elías calles	3	135.000
Ixtapantongo	3	107.550
Profesor Raúl J. Marsal	2	100.000
Bacurato	2	92.150
Humaya	2	85.500
Cupatitzio	2	72.450
Sta. Bárbara	3	67.575
La Amistad	2	66.000
Manuel M. Diéguez	2	61.200
27 de Septiembre	3	59.400
Cóbano	2	52.020
Colimilla	4	51.200
Tuxpango	4	36.000
Falcón	3	31.500
Ambrosio Figueroa	5	30.000



Chilapan	4	26.000
Boquilla	4	25.000
José Cecilio del Valle	3	21.000
Oviachic	2	19.200
El Durazno	2	18.000
C. Arriaga	2	18.000
Puente Grande	4	17.400
Juntas	3	15.000
Minas	3	14.400
Gral. Salvador Alvarado	2	14.000
Tepazolco	2	10.880
Encanto	2	10.000
Mocuzari	1	9.600
Platanal	2	9.200
Botello	2	8.100
Colotlipa	4	8.000
Zumpimito	4	6.400
Luis. M. Rojas	1	5.320
Bombana	4	5.240
Portezuelos I	4	2.800
San Pedro poruas	2	2.560
Tamazulapan	2	2.480
Schpoina	3	2.240
Jumatán	4	2.180
Portezuelos II	2	2.120
Texolo	2	1.600
Las Rosas	1	1.600
Huazuntlan	1	1.600
Electroquímica	1	1.400
Ixtaczoquitlán	3	1.350
Tirio	3	1.100
Micos	2	1.000
Bartolinas	2	0.750
Itzícuaró	1	0.392

#### **IV.1.8. Plantas eoloeléctricas.**

A través de los siglos, el hombre ha construido diversas máquinas para aprovechar la energía eléctrica del viento, o energía eólica; en la actualidad se suman a la lista de éstas los modernos aerogeneradores de electricidad, que son versiones de alta tecnología de los tradicionales “molinos de viento”.

Al producir electricidad con aerogeneradores, naturalmente se desplaza el uso de combustibles fósiles como es el caso de la primera central eoloeléctrica construida en

México por C.F.E. en 1994, con siete aerogeneradores daneses, y que se ubica en el poblado de La Venta, Oaxaca.

La tecnología eólica cuenta con ventajas tales como la construcción por módulos, que permite incrementar la capacidad instalada de acuerdo al crecimiento de la demanda y la compatibilidad con el uso del suelo, que no se ve afectado debido al limitado espacio que ocupan las bases de los aerogeneradores y los transformadores.

El aprovechamiento del recurso eólico puede ser cada vez más importante y en su momento hasta imprescindible, si su operación es coordinada con las centrales hidroeléctricas. Como ejemplo de aplicación inmediata se ha encontrado que en el Istmo de Tehuantepec, las temporadas de mayor incidencia de vientos, corresponden con las de menor precipitación pluvial, lo que convierte en complementarias éstas dos tecnologías. Aún en tiempo de lluvias, si el viento sopla, siempre será conveniente aprovechar la energía eólica, para evitar la descarga de los vasos de las presas y permitir el almacenamiento de energía.

El impacto ecológico es un factor de gran importancia en las decisiones políticas y económicas de ahora. La mayoría de las fuentes convencionales de energía no renovables, presentan graves inconvenientes en este campo. Muchos de los impactos de mediano plazo, apenas se manifiestan como problema, pero existe la preocupación de que esto apenas sea la punta del iceberg. Las fuentes renovables de energía se caracterizan por tener consecuencias ambientales mucho más benignas que las no renovables. Específicamente, los efectos ambientales de las turbinas eólicas detectados son: impacto visual, emisión de ruido, uso de espacio (por ejemplo agrícola), e impacto en la vida silvestre (principalmente pájaros).

En el país existen otros sitios con gran potencial eólico aprovechable, entre los que se mencionan La Virgen, Zac., Veracruz, Ver., Mazatlán, Sin., María Magdalena, Hgo., Cabo Cotache, Q. Roo., San Quintín, B.C.N., entre otras., en los que puede instalarse una capacidad del orden de los 3000 MW.

Con la central eoloeléctrica de La Venta, Oax., la Comisión Federal de Electricidad está demostrando que la energía producida por el viento ofrece una solución irrefutable al Programa de Abasto y Diversificación Energética, a precio competitivo y ambientalmente benigna.

En la figura 4.8 se muestra a continuación los elementos que forman parte de una central eoloeléctrica.

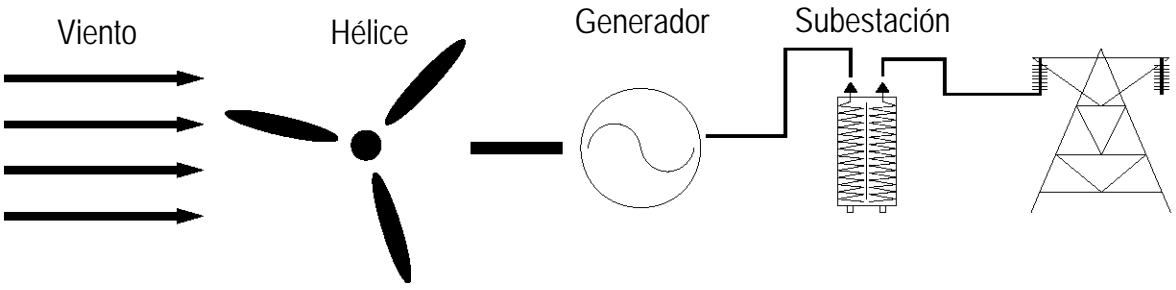


FIGURA # 4.8

**PLANTAS EOLOELÉCTRICAS**

<b>NOMBRE</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>CAPACIDAD MW</b>
La Venta	7	1.575

## IV.2. DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.

Para abordar el tema de distribución de la energía eléctrica diremos que se entiende por sistema de distribución de energía eléctrica a la disposición adoptada por los conductores y receptores, para lograr que la energía generada en las centrales pueda ser utilizada en los lugares de consumo.

La distribución en baja tensión se hace por medio de un sistema que el usuario prevé, de tres fases y 4 hilos en conexión estrella con neutro conectado a tierra con tensiones de: 127.5/220 volts para edificios y algunos comercios y 440/220/127.5 para industrias con niveles de impulso de 60 y 30 kV en cada caso.

De acuerdo a lo anterior, los transformadores de distribución en las subestaciones de los usuarios deberán ser trifásicos o bancos trifásicos de transformadores monofásicos con las características siguientes:

ALTA TENSIÓN	
Tensión nominal de suministro (acometida)	13.2, 20 ó 23kV
Clase de aislamiento.	15 ó 25 kV
Nivel básico de impulso.	95 ó 150 kV
Número de fases.	3 con 3 hilos
Conexión.	Delta
Frecuencia.	60 Hz
Derivaciones.	Las necesarias (por ejemplo 2 abajo y 2 arriba de la tensión nominal de 1% c/u.
BAJA TENSIÓN	
Tensión nominal de salida.	220/127 ó 440 Volts
Clase de aislamiento.	1.2 kV
Nivel básico de impulso.	30 kV
Número de fases.	3 con 4 hilos
Conexión.	Estrella
Frecuencia.	60 Hz

Fundamentalmente, una distribución puede realizarse de dos maneras: en serie o en derivación.

#### **IV.2.1 Alta tensión.**

##### *Distribución en serie*

La distribución en serie o intensidad constante, consiste en conectar todos los receptores uno a continuación del otro, de manera que la intensidad que pasa por uno de ellos, lo hace también a través de todos los demás.

Este sistema de distribución tiene la ventaja de utilizar un conductor de sección única, ya que la intensidad es la misma a lo largo de todo el circuito. El principal inconveniente lo tenemos en la dependencia que existe entre los receptores, ya que si uno cualquiera de ellos se interrumpiera, los demás quedarían también fuera de servicio.

Otro inconveniente del sistema de distribución serie, es el de tener que utilizar receptores cuya tensión de alimentación es variable con la potencia consumida, de manera que los receptores de gran potencia tendrán entre sus extremos tensiones muy elevadas.

Por los motivos expuestos, la distribución serie solamente se utiliza en algunos casos muy concretos, como pueden ser la alimentación de lámparas de incandescencia en tranvías y trolebuses, en plantas anodizadoras y en baños electrolíticos.

##### *Distribución en derivación*

Como ya es sabido, la distribución en derivación o tensión constante, consiste en ir conectando en paralelo los distintos receptores a lo largo de una línea de dos o más conductores.

El principal inconveniente de una distribución en derivación es la enorme dificultad que se encuentra ante el deseo de mantener constante la tensión de alimentación, a lo largo del circuito. No obstante, esta distribución es la que se utiliza en la casi totalidad de los casos, minimizando el inconveniente de la caída de tensión, a base de colocar conductores lo más gruesos posible, tanto como lo permita la economía.

## **Elección de las características de una distribución en derivación**

Las características fundamentales de una distribución en derivación son la tensión y el número de conductores utilizados.

"Las secciones están en razón inversa del cuadrado de las tensiones", es decir, cuanto mayor sea la tensión utilizada en la distribución, menor será la sección transversal del conductor y esto a su vez disminuirá el peso del conductor.

Naturalmente, en el transporte de energía no existe más limitación de la tensión que la correspondiente a la tecnología de los componentes que intervienen, tales como interruptores, aisladores, transformadores, etc., pero en distribución tendremos como límite el de la seguridad de las personas que van a manejar los receptores eléctricos.

En los inicios de la electricidad, las tensiones de distribución eran muy bajas, 63 V y 125 V., pero hoy en día, con la utilización de materiales plásticos, magnetotérmicos, diferenciales, tomas de tierra, etc., se puede llegar a distribuir con tensiones del orden de 220 y 380 V., sin riesgo excesivo para las personas.

Realizando una comparación entre líneas bifásicas en continua y bifásicas en alterna, así como también, la comparación entre bifásica y trifásica. El resultado es que la alterna trifásica utiliza pesos de conductores notablemente menores, por lo que éste es uno de los motivos por los que el transporte se hace en trifásica.

Para la distribución también puede hacerse el mismo razonamiento, por lo que fácilmente llegamos a la conclusión de que las distribuciones actuales se hacen en trifásica y a tensiones que no suelen superar los 380 V.

Dentro de las distribuciones trifásicas, la más interesante es la estrella a cuatro hilos, la cual nos permite disponer de una serie de variantes que tendrán más o menos aplicación según sea el caso.

En ocasiones también encontramos, a extinguir, distribuciones a 125/220 V.

Enseguida se presentan las variantes a realizar con un sistema de distribución trifásica en estrella, con neutro:

### a) Tres derivaciones a 220 V

Obtenidas entre una cualquiera de las fases y el neutro, se verifica para cada una de ellas que:

$$W_{ap} = E * I$$

$$W_a = E * I * \cos \phi$$

$$W_{ap} = E * I * \sin \phi$$

Se utiliza para alimentar, a 220V., receptores o grupos de receptores de pequeña potencia. Esta disposición equivale a una conexión de receptores en estrella, tal y como más adelante indicaremos.

### b) Tres derivaciones a 380 V

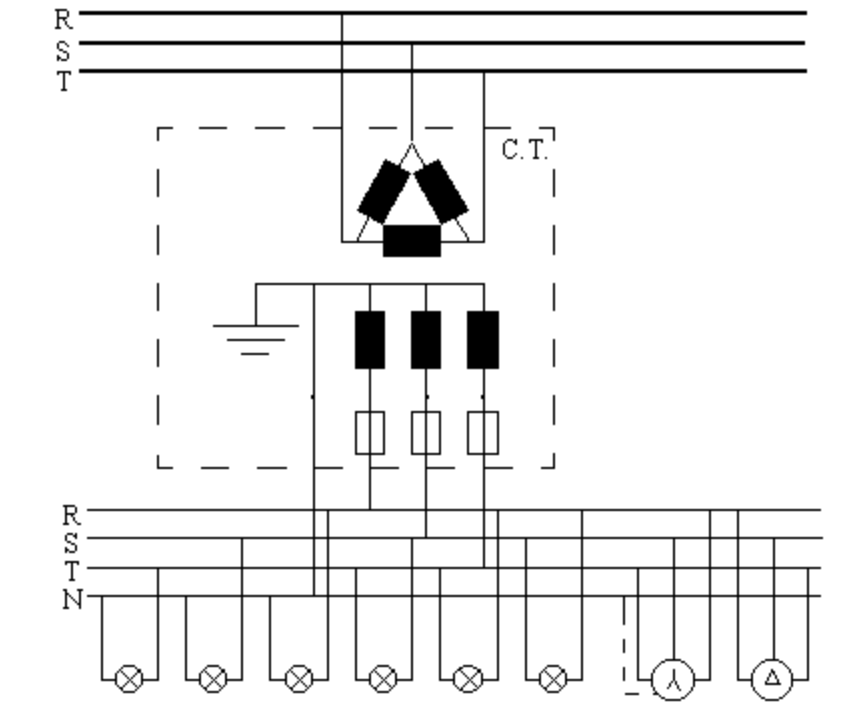
Se obtienen entre fases de la red, verificándose para cada una de ellas que:

$$W_{ap} = E * I$$

$$W_a = E * I * \cos \phi$$

$$W_{ap} = E * I * \sin \phi$$

Como en el caso anterior, se utiliza para alimentar, a 380 V, un receptor o grupos de receptores, de pequeña potencia.



### c) Una derivación en triángulo

Cuando se hace uso de las tres fases y éstas alimentan a un receptor conectado en triángulo, con sus fases uniformemente cargadas, se verifica que:

$$W_{ap} = \sqrt{3} * E * I \quad W_a = \sqrt{3} * E * I * \cos \phi \quad W_{ap} = \sqrt{3} * E * I * \sin \phi$$

Se utiliza para alimentar receptores trifásicos de gran potencia, conectados en triángulo.

### d) Una derivación en estrella

Cuando se hace uso de las tres fases y del hilo neutro, suponiendo que las tres fases están uniformemente cargadas, se verifica que:

$$W_{ap} = 3 * E * I = \sqrt{3} * E * I \quad W_a = 3 * E * I * \cos \phi = \sqrt{3} * E * I * \cos \phi$$
$$W_a = 3 * E * I * \sin \phi = \sqrt{3} * E * I * \sin \phi$$

Esta disposición se utiliza para alimentar receptores trifásicos de gran potencia, conectados en estrella, con o sin neutro.

También se utiliza para conectar grupos de receptores monofásicos en estrella, como es el caso del alumbrado viario. Ahora, la utilidad del hilo neutro es evidente, ya que si por alguna causa se produce un desequilibrio, la intensidad se cierra por el neutro, evitando con ello el correspondiente desequilibrio de tensiones. Es por este motivo por el que nunca deben colocarse fusibles en el hilo neutro.

El sistema de distribución a cuatro hilos es el preferido para una red trifásica, sobre todo para los casos de alumbrado o para alumbrado y fuerza motriz. Es aconsejable la utilización de transformadores con conexión Dy o Yz, de manera que cuando la carga esté muy desequilibrada, este desequilibrio tenga menor influencia en el primario del transformador, en la línea y en los generadores.

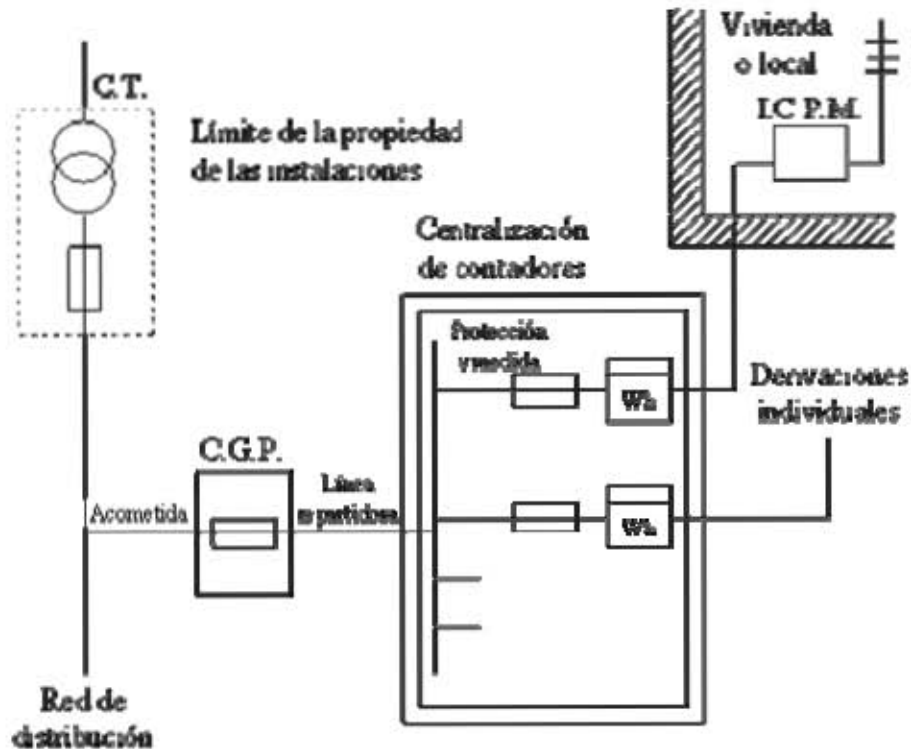
## IV.2.2. Baja Tensión.

### Redes de distribución

Las redes de distribución están formadas por conductores que, procedentes de centros de transformación (C.T.), tienen la finalidad de ir alimentando las distintas acometidas que van encontrando a su paso.



Se denomina acometida a la parte de instalación comprendida entre la red de distribución y la caja general de protección C.G.P. De la caja general de protección se deriva la línea o líneas repartidoras, que van a parar al cuarto o cuartos de contadores, desde donde parten las derivaciones individuales a cada una de las viviendas o locales, en cuya entrada se halla el interruptor de control de potencia máxima, I.C.P.M.



Todo este conjunto, cuya finalidad no es otra que la de suministrar la potencia eléctrica contratada por cada uno de los abonados, debe reunir ciertos requisitos en lo que a caída de tensión se refiere, ya que ésta deberá estar comprendida dentro de los límites establecidos del  $\pm 7\%$ ; es decir, que si la tensión nominal contratada es de 220V., los límites de variación máximos admitidos serán:

$$220 + 7\% = 235,4 \text{ V} \quad \text{y} \quad 220 - 7\% = 204.6 \text{ V}$$

Para poder cumplir esta exigencia, las caídas de tensión máxima admitidas en los distintos tramos de la línea se hallan especificadas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, para su obligado cumplimiento. Así, tendremos que:

- Acometidas derivadas de una red de distribución: 0.5%

- Acometidas derivadas directamente de un centro de transformación: 5%
- Líneas repartidoras destinadas a contadores instalados en forma individual o concentrados en planta: 1%
- Líneas repartidoras destinadas a contadores totalmente concentrados: 0.5%
- Derivaciones individuales con contadores instalados en forma individual o concentrados por plantas: 0.5%
- Derivaciones individuales con contadores totalmente concentrados: 1%

Una red de distribución alimentada por uno solo de sus extremos tiene el inconveniente de que, si por algún motivo, fallara la alimentación al centro de transformación, el propio centro de transformación, o la red de distribución, todos los abonados del sector afectado se quedarían sin suministro eléctrico.

Por motivos de seguridad en el suministro, las redes de distribución se hallan interconexionadas unas con otras, formando complejas redes que dejan conectados en paralelo todos los centros de transformación. Por otra parte, la interconexión de redes de distribución favorece el reparto de las intensidades según las cargas de cada momento, aprovechando mejor las secciones de los conductores, con la consiguiente disminución de las caídas de tensión.

Esta idea de la formación de mallas cerradas no solamente se aplica a redes de distribución en baja, 220/380 V., sino que también se utiliza en media y alta tensión. Así, las subestaciones de transformación primaria, S.E.T., a 132 ó 220 kV., se hallan unidas entre sí formando una red cerrada que contornea la ciudad que pretende alimentar; a su vez, estas subestaciones alimentan a las estaciones transformadoras de distribución, E.T.D., a 45 kV., que también forman una red subterránea cerrada, unidas por las llamadas arterias o feeders. Finalmente las salidas de estas estaciones transformadoras, a 10 ó 15 kV., alimentan a los centros de transformación, C.T., de donde salen las redes de distribución a 220/380 V.

### IV.3 SUMINISTRO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN FUNCIÓN DEL TIPO DE EDIFICACIÓN.

El sistema de suministro eléctrico comprende el conjunto de medios y elementos útiles para la generación, el transporte y la distribución de la energía eléctrica. Este conjunto está dotado de mecanismos de control, seguridad y protección.

Constituye un sistema integrado que además de disponer de sistemas de control distribuido, está regulado por un sistema de control centralizado que garantiza una explotación racional de los recursos de generación y una calidad de servicio acorde con la demanda de los usuarios, compensando las posibles incidencias y fallas producidas.

Con este objetivo, tanto la red de transporte como las subestaciones asociadas a ella pueden ser propiedad, en todo o en parte y, en todo caso, estar operadas y gestionadas por un ente independiente de las compañías propietarias de las centrales y de las distribuidoras o comercializadoras de electricidad.

Así mismo, el sistema precisa de una organización económica centralizada para planificar la producción y la remuneración a los distintos agentes del mercado si, como ocurre actualmente en muchos casos, existen múltiples empresas participando en las actividades de generación, distribución y comercialización.

En la siguiente figura 1, se pueden observar en un diagrama esquematizado las distintas partes componentes del sistema de suministro eléctrico:

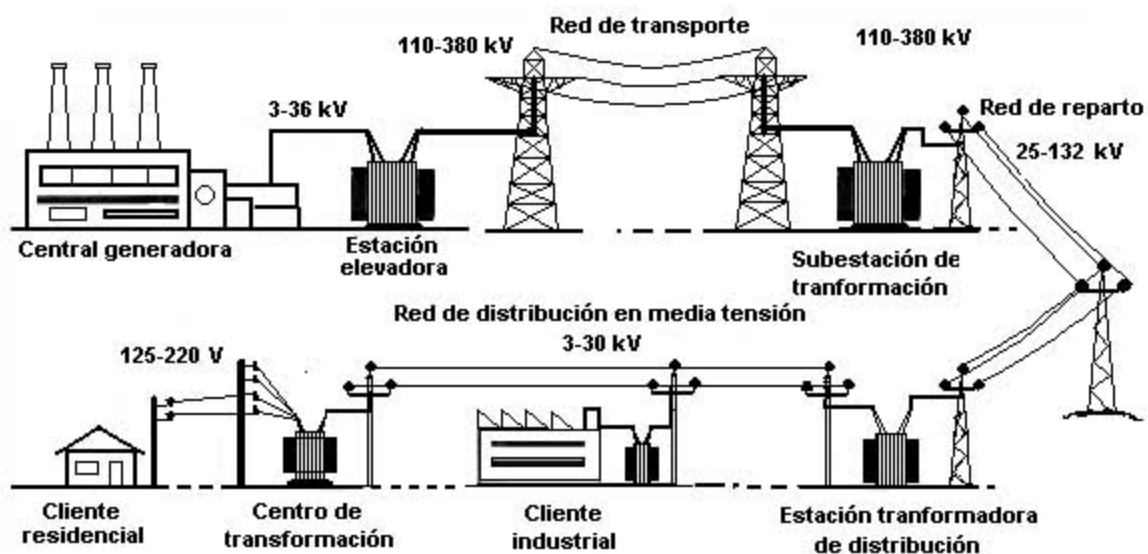


Figura 1: Diagrama esquematizado del Sistema de suministro eléctrico

De acuerdo a lo anterior podemos decir, que otro aspecto preliminar que afecta el diseño y procedimiento a seguir es el del suministro de la energía eléctrica en cuanto a sus características. Este se hace generalmente por una compañía suministradora única, en el caso de la República Mexicana es la Comisión Federal de Electricidad. La generación por empresas para su propio uso está restringida sólo a los casos muy especiales, por lo que se deben conjugar las características de la energía eléctrica que se compra con las características del equipo a instalar. Esto es, la frecuencia, niveles de tensión, entre otros, en algunos casos la distribución de la energía dentro de un área considerable requiere de comprar la energía eléctrica y distribuirla internamente mediante sistemas de distribución y es frecuente encontrar diferentes niveles de tensión en estos casos por lo que se requiere del uso de subestaciones para la distribución.

Algunas de las técnicas modernas de diseño en algunos casos, son las que se indican a continuación:

#### **IV.3.1 Vivienda.**

El suministro de energía eléctrica en una vivienda, se hace generalmente por la compañía suministradora. La generación por empresas para su propio uso está restringida sólo a casos muy especiales. La compañía suministradora proporciona al usuario la energía eléctrica en corriente alterna en baja tensión, en el caso de alimentación para casa habitación es trifásica a las tensiones de frecuencia y operación nominales, ya establecidas con tolerancias con relación a los valores nominales del orden siguiente: más menos 1% en la frecuencia y más menos 5% en la tensión.

Por lo general la tensión de suministro trifásico a tres hilos en conexión delta con tensiones de: 20, 23 ó 13.2 kV con valores de nivel de impulso de 150 kV para el nivel de 20-23 Kv y 95 kV para 13.2 kV.

#### **IV.3.2 Comercios.**

En los centros comerciales la densidad de carga varía ampliamente para las diferentes áreas, y va desde 30 a más de 100 VA/m<sup>2</sup>, estas cantidades dependen del tamaño y tipo de almacenes. El alumbrado que se emplea por lo general es fluorescente y sólo varía en cantidad, de acuerdo con los niveles de iluminación empleados en cada área.

Para estos centros se hacen las siguientes sugerencias:

1. La distribución primaria de los centros de carga se debe hacer por medio de subestaciones centrales.
2. Dentro del edificio se debe hacer una distribución a 440 ó 220/127 Volts con 3 fases y 4 hilos.
3. Localizar convenientemente los centros de carga, salidas para refrigeración y aire acondicionado.
4. El diseño de alumbrado debe seguir las técnicas más modernas.
5. Se debe diseñar y localizar en forma adecuada la distribución de música.
6. En estacionamientos se debe emplear alumbrado mercurial o con lámparas de cuarzo si es externo, o en tipo interno fluorescente preferentemente, y de acuerdo a esto, proveer la energía eléctrica con un sistema de distribución adecuado.

#### **IV.3.3 Oficinas.**

Las densidades de carga típicas para oficinas en edificios son del orden de 150 VA/m<sup>2</sup>, donde el usuario tiene el máximo de facilidades. Para máquinas pequeñas (ventiladores de pie o portátiles, equipos de cómputo, refrigeradores para garrafones de agua), se pueden tomar 20 VA/m<sup>2</sup>, siendo conveniente tomar en consideración las siguientes sugerencias:

1. El suministro primario a las subestaciones que fuera necesario emplear, debe ser de tal forma que éstas se encuentren localizadas verticalmente con relación a la construcción en los distintos niveles.
2. Se debe seleccionar una capacidad de interrupción y coordinar la protección.
3. Es conveniente en áreas grandes de alumbrado alimentar lámparas fluorescentes a 220/127 volts, 3 fases, 4 hilos, de tal forma que queden incluidas las pequeñas cargas de fuerza, 8 bombas de agua, servicio a elevadores, aire acondicionado, entre otros.).

#### **IV.3.4 Hospitales.**

Una demanda promedio para hospitales con diseño moderno es del orden de 300 watts por cama, facilitando este procedimiento la determinación de la carga total. En estas instalaciones es conveniente considerar las siguientes sugerencias:

1. Se deben usar centros de distribución de carga donde sea posible.
2. Emplear un buen diseño de alumbrado en todas las áreas del hospital.

3. Emplear las técnicas más modernas de señalización y comunicación en los lugares que sea requerido, como son: sonido, circuito cerrado de televisión, radio, programas, entre otros.
4. Usar técnicas adecuadas para la instalación de salas de rayos X, resonancia magnética y laboratorios que requieren de un diseño especial.
5. Un diseño especial en áreas peligrosas o de uso muy delicado como son: sala de operaciones, receptáculos para equipo de anestesia, sistemas de alarmas, entre otros.
6. Invariablemente se debe hacer un estudio de la carga en áreas críticas (sala de operaciones, maternidad, sala de recuperación, entre otras), con el objeto de determinar la capacidad de la planta o las plantas de emergencia necesarias, así como del sistema de alumbrado de emergencia.

## V. CONTROL EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN BASE A LOS PLANOS ELÉCTRICOS

### V.1. NORMAS Y ESPECIFICACIONES.

#### **NORMAS:**

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

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

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

En forma general se considera que la normalización abarca tres niveles:

1. *Nivel de empresa.* Este nivel de normalización se desarrolla en empresas grandes y muy grandes para satisfacer sus propias necesidades y optimizar el costo, tiempo y calidad de sus productos.
2. *Nivel nacional.* Este nivel de normalización, se desarrolla en países, por lo general en los más desarrollados industrialmente; sirve como herramienta para reglamentar las transacciones desde el punto de vista técnico, entre los diferentes fabricantes y consumidores de un país.

Estas normas rigen a diferentes industrias, como son la eléctrica, mecánica, química, etc. Ejemplos de estas normas son las normas **DIN alemanas, las ANSI americanas, las DGN mexicanas, etc.**

3. *Nivel internacional.* Este nivel de normalización es el caso general que rige a los casos anteriores.

Estas normas se utilizan para reglamentar las transacciones técnicas entre diferentes países. Como un ejemplo se puede mencionar a la Comisión Electrónica Internacional (CEI), cuya responsabilidad cubre el campo de la electrónica, para unificar la nomenclatura, la clasificación de los aparatos y máquinas eléctricas, sus pruebas, etc.

Un organismo de normalización suele estar formado por un consejo directivo, un comité ejecutivo, los comités y subcomités técnicos, cada uno de estos últimos funciona dentro de su área específica.

### **El proceso para desarrollar una norma es el siguiente:**

El comité correspondiente prepara un anteproyecto, que es estudiado y discutido hasta que haya unanimidad en los acuerdos. Estos comités están formados, por representaciones de fabricantes, consumidores, universitarios y centros científicos. Cuando se llega a un acuerdo dentro del comité técnico, el documento se somete a una encuesta pública durante seis meses. Si en este período no aparecen críticas por escrito, se da por aprobada la norma en cuestión. Si por el contrario hay críticas, se analizan de nuevo por el comité, en presencia de los críticos y después de discusiones y acuerdos se aprueba definitivamente la norma.

Debido a los avances tecnológicos más o menos rápidos, dependiendo del área, las normas requieren ser revisadas con cierta periodicidad. Es usual que se revisen y actualicen cada cinco años o menos, si es necesario.

Otro ejemplo de lo anteriormente mencionado son las Normas UL. Las normas UL (**Underwrite's Laboratories**), se formaron para asistir a las compañías aseguradoras estableciendo los principios y luego certificando los productos y materiales que cumplieran con la misma. La organización es ahora patrocinada por la *American Insurance Association*. Dado que las normas UL no abarcan todo el equipo eléctrico, se complementan con las normas NEMA u otras cuya naturaleza se debe verificar para determinar su valor tanto técnico como de carácter legal.

**NEMA.** Es la *Nacional Electrical Manufacturers Association*, la cuál establece las normas con las que la industria eléctrica elimina la posible incomprensión entre fabricantes de equipo y el usuario o comprador y para asistir al comprador en la selección del equipo. Estas son normas voluntarias que complementan pero no suplen las normas UL.

En México las **NTIE (Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas)** editadas por la Dirección General de Normas, constituyen el marco legal para el proyecto y construcción de instalaciones. Estas normas son generales y establecen los requisitos mínimos de seguridad para obtener un servicio satisfactorio, sin embargo en cierto tipo de instalaciones es recomendable establecer especificaciones que aumentan la seguridad o la vida de los equipos y que estén por arriba de las normas.

Existen otras normas, que no son obligatorias pero que pueden servir de apoyo a los proyectistas en aspectos específicos no cubiertos para las NTIE.



- a) **El NEC (National Electrical Code o Código Nacional Eléctrico de Estados Unidos de Norteamérica)** que por ser una norma más detallada puede ser muy útil en algunas aplicaciones específicas.
- b) **El LPC (Lighting Protección Code o Código de Protecciones Contra Descargas Atmosféricas de los Estados Unidos de Norteamérica), que es un capítulo de las normas NFPA (National Fire Protección Asociación).** Los proyectistas mexicanos se apoyan mucho en este código debido a que los NTIE tratan el tema con muy poca profundidad.

Existen normas para la fabricación de equipo eléctrico que también deben ser consideradas por el proyectista ya que proporcionan información relativa a las características del equipo, así como los requisitos para su instalación.

- a) En México todo el equipo eléctrico debe cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM).
- b) Los equipos importados deben cumplir con las Normas Nacionales (NOM), pero conviene conocer las normas del país de origen.

La clasificación anterior es equivalente a la clasificación **NEMA de la National Electric Manufactures Asociation de los Estados Unidos**, como ejemplo podemos citar en este trabajo de tesis al gabinete el cuál es el recinto o recipiente que rodea o aloja un equipo eléctrico con el fin de protegerlo contra las condiciones externas y con objeto de prevenir a las personas de contacto accidental con partes vivas (partes energizadas).

Los elementos que constituyen una instalación eléctrica se pueden clasificar de acuerdo a los gabinetes que los contienen, según las designaciones de la Norma Oficial Mexicana en los siguientes tipos:

**Tipo 1.** Usos generales. Diseño para uso en interiores en áreas donde no existen condiciones especiales de servicio. Evita el contacto accidental con el aparato que encierra.

**Tipo 2.** A prueba de goteo. Para uso en interiores, protege al equipo contra goteo de líquidos no corrosivos y contra salpicaduras de lodo.

**Tipo 3.** Para servicio intemperie. Para uso en exteriores, protege al equipo que encierra contra polvo y aire húmedo.

**Tipo 3R.** Para uso en exteriores. Protege al equipo que encierran contra la lluvia.

**Tipo 4.** Aprueba de agua. Para equipo expuesto directamente a severas condensaciones externas, salpicaduras de agua o chorro de manguera.

**Tipo 5.** A prueba de polvo. Diseño para impedir la entrada de polvo a su interior.

**Tipo 6.** Sumergible. Permite su uso en caso de inmersión ocasional, caída de chorros directos de agua, polvos o pelusas.

**Tipo 7.** A prueba de gases explosivos. Diseñado para uso en atmósferas peligrosas y pueden soportar una explosión interna sin causar peligros externos. La interrupción de los circuitos se hace en aire.

**Tipo 8.** A prueba de gases explosivos. Diseñado para el mismo fin que el tipo 7 pero su equipo trabaja sumergido en aceite.

**Tipo 9.** A prueba de polvos explosivos. Diseñado para uso en atmósferas peligrosas donde existen cantidades considerables de polvos combustibles que originen mezclas explosivas.

**Tipo 10.** Para uso en minas. Diseñado especialmente para este fin.

**Tipo 11.** Resistente a la corrosión. Para proteger al equipo contra líquidos, humos y gases corrosivos. El equipo se encuentra encerrado en aceite.

**Tipo 12.** Para uso industrial. Diseñado para proteger al equipo contra aceites, líquidos refrigerantes y polvos.

La clasificación anterior es equivalente a la clasificación NEMA de la National Electric Manufactures Asociation de los Estados Unidos.

Tipo 1 = **NEMA 1**, Tipo 2 = **NEMA 2**, etc.

El diseño de instalaciones eléctricas debe hacerse dentro de un marco legal. Un buen proyecto de ingeniería es una respuesta técnica y económicamente adecuada, que respeta los requerimientos de las normas y códigos aplicables.

## **ESPECIFICACIONES.**

Se conoce como especificaciones al conjunto de dimensiones y características técnicas que definen completamente a una instalación y a todos los elementos que la componen. Las especificaciones deben cumplir con las normas respectivas y no deben dar lugar a confusiones o interpretaciones múltiples.

En una instalación eléctrica, las especificaciones deben contemplar los objetivos para los que fue propuesta. Debido a que las Normas establecen requisitos mínimos de seguridad, las especificaciones pueden ser más exigentes, ya que se trata de un objetivo determinado. Por ejemplo las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas (NTIE) indican como calibre mínimo para instalaciones de alumbrado para edificaciones el No. 14, mientras que Petróleos Mexicanos exige que el calibre mínimo para el alumbrado de sus instalaciones sea el No. 12. De esta forma es que se pueden crear normas específicas de calidad de los materiales, especificaciones generales y particulares de construcción para ciertos equipos, objetivos o aplicaciones.

Hay personas que quieren que su instalación sea diseñada con factores de seguridad muy altos que nunca falle. Sin embargo, debe procurarse convencerlos de que es suficiente con aplicar correctamente las normas y tomar las provisiones adecuadas ya que de otra manera el costo de la instalación se incrementaría en exceso.

## **V.2. PLANOS ELÉCTRICOS.**

La presentación de un proyecto de instalaciones eléctricas consiste básicamente en tres etapas:

- a) Elaboración de planos, en los cuales se indica por medio de los símbolos convencionales la localización de los principales elementos de la instalación eléctrica.
- b) Las indicaciones necesarias para el cableado y diagramas de conexiones para cada uno de los elementos de la instalación, esto es particularmente importante para la instalación misma y sobre todo para el electricista, ingeniero o arquitecto que aún no tiene experiencia.
- c) Los detalles mismos de la ejecución de cada una de las partes de la instalación eléctrica, como son formas de ejecutar las conexiones, número de conductores por elemento, etc.

### **a) Los dibujos o planos para una instalación eléctrica.**

Cuando se preparen dibujos o planos arquitectónicos para construir una casa habitación, o una edificación en general, se debe procurar que estos contengan toda la información y dimensiones necesarias para poder llevar el proyecto hasta su última etapa, de éstos planos se hacen reproducciones; por lo general son copias azules, llamadas heliográficas ó impresión en papel bond.

La correcta lectura e interpretación de estos planos se adquiere a través del tiempo, pero un buen inicio se puede adquirir con la ayuda de una guía sistemática que permita tener una mejor idea práctica del problema, y esto es lo que se pretende en este proyecto de tesis.

En la elaboración de dibujos o planos para una instalación eléctrica se debe usar los símbolos convencionales para representar cada uno de los elementos a utilizar y que en la mayoría de los casos han sido normalizados para facilitar que todos aquellos dedicados a las instalaciones eléctricas y obra civil en general, los entiendan.

### **b) Elaboración de los diagramas de cableado.**

Lo siguiente para el proyectista y/o para el instalador, es como crear el sistema eléctrico de la instalación a partir de los planos eléctricos.

En esta parte se trata el problema de cómo analizar los circuitos eléctricos para su instalación, es decir, cómo se prepara un plano eléctrico para la construcción y el cableado, cómo se deben cablear los distintos componentes de una instalación, como es el caso de los contactos, apagadores y lámparas, así como otros elementos adicionales.

El objetivo es aprender a interpretar los planos de una instalación eléctrica cualesquiera, motivo por el cual se enlistan a continuación los requisitos que establece la Dirección General de Electricidad para la presentación de planos para las instalaciones eléctricas en una edificación:

- a) Presentar planos bien elaborados, con claridad tanto en el conjunto como en sus detalles y elaborados con instrumentos de dibujo apropiados.
- b) Las acotaciones deben usar el sistema métrico decimal y las anotaciones y/o explicaciones se deben ejecutar con caracteres claros y bien hechos con letras de molde, leroy, plantillas o por computadora.
- c) En el plano se debe presentar una tabla con los símbolos eléctricos empleados.
- d) El plano no debe mostrar ningún otro tipo de instalaciones, tales como hidráulicas, sanitarias o de obra civil.
- e) Para las instalaciones eléctricas de edificios se pueden usar las mismas dimensiones de planos que para las casas habitación y las mismas escalas.

También se pueden usar las siguientes dimensiones de planos y escalas:

43 x 56 cm	Esc. 1 : 10
55 x 70 cm	Esc. 1 : 25
63 x 84 cm	Esc. 1 : 50
84 x 112 cm	Esc. 1: 100
70 x 110 cm	
35 x 65 cm	

- f) En cada plano se deberá identificar por medio de un cuadro en el ángulo inferior derecho, en donde se indicará:

Nombre del propietario o razón social.

Nombre, firma y número de registro ante la Dirección General de Electricidad del D.R.O. ó Corresponsable en Instalaciones Eléctricas.

En la obra se deberá indicar por medio de un croquis tan detallado como sea posible, la orientación del edificio, número oficial del predio, nombre de la colonia o fraccionamiento, zona postal, etc.

- g) Acometida

- h) Subestación que va a instalar y que señale: Tipo y modelo, capacidad de las barras y capacidad de los fusibles de potencia.
- i) En los planos de la instalación eléctrica se debe mostrar también una lista completa de los materiales y equipos que se usarán, indicando marca de fábrica y características completas con el número de autorización de la Dirección General de Electricidad (o la dependencia equivalente).
- j) Capacidad de los transformadores
- k) Diagrama del sistema de tierra.
- l) De cada plano que se elabore se deben entregar dos copias heliográficas que deben mostrar las plantas de que conste la construcción como son: sótano, planta baja, mezzanine, planta alta, azotea, etc. Se debe señalar únicamente la instalación eléctrica, tuberías de teléfono, televisión, motores, elevadores y otras salidas especiales para otros servicios eléctricos.
- m) En las canalizaciones se debe indicar el diámetro y material de las tuberías, calibre y número de los conductores empleados, así como dimensiones de otros ductos.
- n) Tablero general de baja tensión, que indique: Tipo y modelo, capacidad del interruptor general
- o) En el uso de tableros, alimentadores, circuitos y dispositivos de control y protección, se deberá emplear la nomenclatura apropiada, incluyendo un diagrama unificar que contenga: Número del circuito, Capacidad de la pastilla termomagnética, tipo y localización de las pastillas, diámetro de la tubería, número y calibre de los conductores.
- p) En las instalaciones eléctricas de edificios es normal tener más de un circuito; entonces se deberá mostrar un diagrama unifilar que tenga indicadas las componentes, así como también se mostrarán listas de equipo y vistas físicas.
- q) En edificios con más de dos plantas, se debe mostrar un plano de la planta tipo, así como indicar el número de plantas, también los cortes que indiquen las condiciones verticales de los alimentadores.
- r) Se debe anotar el número de cajas de conexión, considerando como cajas de conexión las que alojan la unión de dos o más conductores que alimentan un servicio determinado.
- s) Se debe indicar el desequilibrio de fases, el cuál no debe exceder del 5% de la mayor.

- t) Para el caso de la construcción de un edificio, los planos se entregarán en la Oficialía de Partes de la Secretaria de Energía, doblados en tamaño carta con el cuadro de identificación a la vista.

Además del detalle importante de orientación y localización de la obra se debe elaborar un diagrama unifilar en donde se muestren la alimentación principal y sus características de protección, así como los circuitos derivados y sus características. Esta información se obtiene a partir de las características de la instalación eléctrica para cada local, o departamento, en su caso y el resto de servicios del edificio.

Para elaborar este diagrama unifilar es necesario primero calcular la instalación eléctrica de cada departamento y/o local y sus servicios, considerando el número de departamentos o locales comerciales por piso, para lo cual es necesario hacer planos que indiquen la instalación eléctrica para una planta tipo del edificio, para la planta baja, y azotea con cuartos de servicio en el caso de que se tengan.

Para cada plano se debe elaborar su cuadro de cargas; el procedimiento es el mismo para una casa habitación que para un edificio de más de tres niveles, la variante de una casa habitación con respecto a un edificio de más de tres niveles se puede encontrar en la forma de alimentación, el cableado telefónico o el cableado para televisión (TV) cuando hay antena maestra.

Circuito No.	Lámparas de 100 Watts	Lámparas de 75 Watts	Lámparas de 60 Watts	Contactos de 180 VA	Watts Totales
1	3				
2		4	3	6	1175
				7	1230
Total					2405

Circuito No.	Lámparas de 100 Watts	Bombas de agua 1/2 HP monofásicas	Watts Totales
1		1(1 119 W)	1 119
2		1(1 119 W)	1 119
3	10		10 000

Además de lo anterior se debe presentar también un plano del corte del edificio o casa habitación, en su caso, en donde se muestre la trayectoria de alimentación a cada uno de los pisos de la edificación.

En resumen podríamos decir que los requerimientos en una instalación se deben determinar, de tal forma que, no sólo consideren factores de acomodamiento con respecto a otros elementos o instalaciones de la edificación, sino que además deben considerar la facilidad necesaria para el mantenimiento, por lo que no se recomienda la concentración de instalaciones en zonas de trabajo ya definidas.

Los requerimientos de espacio deben preverse a partir de la elaboración esquemática del anteproyecto arquitectónico, que con una coordinación adecuada puede conducir a un proyecto técnico económico y óptimo debiendo cumplir en principio con:

- a. Las normas establecidas por las Normas Técnicas para Instalaciones Eléctricas.
- b. Los espacios motivados por la estructura.
- c. Los espacios convenientes para la correcta coordinación y elaboración de las instalaciones.
- d. Las necesidades complementarias para que las instalaciones sean accesibles en su operación, mantenimiento y supervisión.
- e. Los adicionales para la construcción o ampliación de instalaciones.
- f. Las previsiones de ventilación natural para evitar concentraciones de calor que dañen el equipo eléctrico.



### V.3. ESPECIFICACIONES PARTICULARES.

#### ESPECIFICACIONES.

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

Dentro de las **especificaciones particulares** se encuentran las siguientes:

**Especificaciones Técnicas.** Estas especificaciones pueden tomar varias formas, de manera que sean las que mejor sirvan al propósito por ejecutar y las más usadas son:

Especificaciones de materiales y mano de obra. Este tipo de especificaciones casi es universal en los contratos de construcción y ejecución de las instalaciones, se incluyen en su cobertura los factores principales que se consideran dentro del desarrollo y la terminación de la obra cubierta por el contrato. Estos factores incluyen las condiciones generales y especiales que afectan el desempeño del trabajo, los requisitos de materiales, los detalles de construcción y ejecución de las instalaciones, y la medida de las cantidades de obra bajo las partidas programadas y los métodos de pago de dichas partidas.

**Especificaciones de compra o adquisición de materiales.** Estas especificaciones se usan en proyectos de considerable magnitud que requieren muchos contratos generales independientes de construcción, contratos que de ordinario operan simultáneamente y bajo los cuales las clases de construcción o instalaciones son similares.

Las especificaciones en los contratos de esta naturaleza contienen, además de los procesos de construcción e instalaciones, todos los elementos de las especificaciones de materiales y mano de obra, excepto los detalles de la ejecución de obra en campo. Si se van a considerar las partidas en las especificaciones de compra, el procedimiento es el mismo que para las especificaciones de materiales y mano de obra.

Las especificaciones particulares detalladas para cada sección o partida, en general se ordenan con los siguientes subencabezados:

1. Descripción del trabajo.
2. Materiales.
3. Métodos de construcción o ejecución de las instalaciones.

4. Cantidades de obra para efectos de pago.
5. Bases para el pago.

**Descripción del trabajo.** En este renglón se hace una descripción concisa de la naturaleza y los acabados del trabajo incluido en la sección y de sus características inherentes, y se incluyen los requisitos de operación que deben adaptarse a los planos y especificaciones.

**Materiales.** En este renglón se presentan las propiedades de los diversos materiales que se usaran durante el desarrollo del trabajo. Si se ha incluido una división de materiales independiente como parte de las especificaciones técnicas, cuando se desea conocer las propiedades del material, sencillamente se hace referencia a las especificaciones técnicas.

**Equivalencia.** Cuando un material de construcción o una pieza de equipo dados no cumplen con las especificaciones estándares o no tienen especificaciones que sea descriptibles con facilidad, los organismos públicos requieren que se proporcionen los nombres de cuando menos dos o tres proveedores o el nombre de uno de ellos con la frase “equivalente”, “o demostrado equivalente”, “equivalente de acuerdo con el supervisor”.

**Requisitos de construcción.** El objetivo principal de esta sección se encuentra en las especificaciones detalladas de cada partida de trabajo, consiste en prescribir las operaciones pertinentes a la construcción sin disminuir la responsabilidad del contratista de terminar satisfactoriamente la obra. Entre las características principales que se subrayan están la calidad de la mano de obra y del acabado, mismas a las que se deben sumar las consideraciones pertinentes a las limitaciones prácticas, de las tolerancias de la obra de las instalaciones mismas por ejecutar.

Las especificaciones para la mano de obra en las instalaciones particularmente, deben indicar los resultados que se tienen por lograr y el tipo de mano de obra calificada que se requiere para el desarrollo de algunos trabajos específicos. Por tanto, el contratista tiene la libertad al seleccionar los procesos de construcción. En algunos casos, sin embargo será necesario establecer métodos que aseguren la terminación satisfactoria de la obra.

**Cantidad de obra y pago.** En este encabezado se combinan las cantidades de obra que se deben determinar para el pago y las bases de obra. Todo contrato, independientemente de su tipo, incluirá las cláusulas para el pago. En el contrato de

precio unitario, la cantidad de obra que se determina bajo cada partida listada en el presupuesto se mide aplicando una unidad de medida convencional.

Deben definirse con claridad las cantidades que serán consideradas para propósitos de pago así como para cubrir todas las deducciones que se harán por deficiencias y por trabajo no autorizado realizado fuera de los límites establecidos en los planos u ordenados por el ingeniero supervisor. Así pueden calcularse los pagos parciales y totales que se harán por la cantidad real de trabajo determinado y aceptado.

Puesto que las especificaciones, junto con los planos, son los medios que el contratista emplea como guía para ejecutar la obra, es esencial que se correlacionen de manera que se eliminen los conflictos y los malos entendidos sobre los requerimientos. Las instrucciones se describen mejor, con palabras técnicas específicas, pero la información que pueda describirse más acertadamente en forma gráfica aparecerá en los planos y dibujos. La información que se encuentra contenida en los planos y dibujos no debe duplicarse en las especificaciones, o viceversa, ya que puede ocasionar que haya una discrepancia en la información proporcionada por los dos documentos, lo cuál puede causar dificultades.

Puesto que las especificaciones complementan a los planos y dibujos, las disposiciones especiales y las especificaciones estándares no deberán dejar duda en cuanto a la calidad del trabajo requerido. La función de los planos y dibujos consiste en mostrar la situación, dimensiones, extensión, configuración y los detalles del trabajo requeridos, en tanto que la función de las especificaciones consiste en definir los requisitos mínimos de calidad de material y mano de obra, recomendar las pruebas que se deben establecer y describir los métodos de medición y pago.

**Especificaciones concisas.** Como una alternativa con respecto al estilo tradicional, las especificaciones deben redactarse en una forma concisa, que consiste en simplificar el estilo acortando la estructura de la oración en donde sea posible. Empleadas con oportunidad, las oraciones breves representan una gran ayuda. En general, la parquedad de las oraciones consiste en omitir, en las especificaciones y sin que cambie el significado, las palabras que no tienen una aceptación legal. Solo se tienen las disposiciones necesarias. Una especificación larga puede abreviarse sin que se altere el significado; mediante una concisión puede reducirse en un tercio o más.

El papel más importante de abreviar una frase es que se obtiene una oración que no solo explica el empleo del formato conciso de la especificación sino que establece de una vez por todas en las especificaciones el requisito de disposiciones mandatorias mismas

que de ordinario se repiten en las especificaciones tradicionales. Por requisitos de disposiciones mandatorias se indican aquellas expresiones como: “El contratista deberá...”, “El contratista debe...”, “El contratista puede...”, con estas expresiones el contratista puede entender que puede hacer algo de diferente manera, con lo cuál se da lugar a que en las discusiones haya muchas interpretaciones.

Las explicaciones de las especificaciones concisas deben incluirse en las condiciones generales, como por ejemplo, la que sigue:

ARTICULO 64. Explicación de las especificaciones:

- a) Las especificaciones están abreviadas o simplificadas e incluyen oraciones incompletas. Las omisiones de palabras o frases, como “El contratista debe”, “De conformidad con”, “Debería ser”, “Como se observa en los planos”, “De acuerdo con los planos”, “uno”, “una”, “él” y “todos”, son intencionales, las palabras o frases omitidas se infieren por el contexto y lo mismo sucede cuando se encuentre una “nota” en los planos.
- b) El contratista proporcionará todas las partidas, artículos, materiales, operaciones o métodos en relación, mencionados o programados, ya sea en los planos o en las especificaciones, o en ambos, se incluirá todo el trabajo, los materiales, el equipo y los accesorios necesarios y requeridos para la terminación de la obra.
- c) Siempre que se empleen las palabras “aprobado”, “satisfactorio”, “dirigido”, “sometido”, “inspeccionado” o palabras y frases similares, se dará por sentado que las palabras “el ingeniero o su representante” las siguen como objeto de la oración.
- d) Todas las referencias a las especificaciones estándares o particulares o en su caso a las direcciones de las instalaciones del fabricante se proporcionaran en la edición final, a menos que se especifique de otra manera.

En conclusión a lo anterior se podría decir que las características básicas que deben contener las especificaciones particulares que forman parte de un proyecto de instalaciones eléctricas son:

- Descripción general de la instalación: Elementos y equipos básicos de la misma.
- Función que desempeña la instalación: Antecedentes, necesidades de energía, previsión de cargas.
- Condiciones y características del suministro eléctrico: Datos de la Compañía Suministradora.

- Condiciones especiales de la instalación: cruzamientos, paralelismo, pasos por zonas, etc.
- Límites de funcionamiento y exigencias funcionales: Tensiones e intensidades, potencias, temperaturas, posibilidad de dejar fuera de servicio alguna parte de la instalación, suministros especiales.
- Condiciones de utilización: puesta en servicio, maniobras, enclavamientos, medidas de seguridad, prohibiciones.
- Condiciones de evolución y ampliación: Cambios de tensión previstos en la red de suministro, cambios en el sistema de alimentación (punta, anillo, etc.), cambios en la potencia y en las unidades de transformación.
- Condiciones de calidad, seguridad y fiabilidad: Requisitos de calidad (ensayos, transporte y montaje, en el caso que se requiera), diseño de la puesta a tierra (tensión de paso y contacto, normas de seguridad, condiciones de trabajo de equipos y elementos).
- Características de mantenimiento: Predictivo, preventivo, correctivo (diagnóstico y localización de averías).
- Condiciones específicas de funcionamiento: Zonas de ubicación del CT (subterráneo, bajo rampa de garaje, etc.), condiciones atmosféricas, instalación contra incendios, ventilación forzada, niveles de contaminación.
- Recursos necesarios: Materiales, equipo y mano de obra.
- Plazo de acabado: Aproximado.
- Precio estimativo: Aproximado.
- Información: Reglamentación electrotécnica y norma administrativa necesaria y preceptiva para la elaboración del proyecto o anteproyecto (si procede).

#### **V.4. CONTROL EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.**

Como ya se mencionó en el subtema I.5, los insumos y procedimientos de ejecución en obra que se controlarán en la construcción de una edificación, ya sea de uso habitacional, oficinas, comercial o de hospitales son de diversa índole, desde el punto de vista de la ejecución del proyecto de instalaciones eléctricas, pero pueden quedar agrupados en aquellos que formarán parte de la estructura como tal y de los que participaran en las instalaciones y los acabados; a su vez en los que llegan a la obra en forma de materiales o de productos terminados, como es el caso de todo el equipo que forma parte de la instalación eléctrica.

Lo anterior, sin perder de vista que los trabajos relativos a las instalaciones eléctricas, de intercomunicación, sonido, teléfono, así como especiales, deberán sujetarse a los requisitos establecidos en el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas de la ley de la Industria Eléctrica en vigor, a las Normas Técnicas Complementarias, y a las especificaciones generales y particulares.

##### ***Control en la calidad de los materiales y equipos eléctricos en una Instalación Eléctrica.***

Todos los materiales con que se ejecutan las instalaciones deben de ser nuevos y de primera calidad, tomando en cuenta el tipo y marca comercial especificados o, en su caso, de calidad similar, previamente especificados o autorizados por el cliente.

Al inicio de los trabajos el contratista debe tomar en cuenta los trabajos de albañilería y pintura que se requieran para la ejecución total de los trabajos, incluyendo entre otros, perforaciones, ranuraciones, resanes y construcción de las bases para los distintos equipos, etc. Estos trabajos deberán ejecutarse a lo indicado por el Residente de Supervisión y a las especificaciones particulares de obra civil.

Para poder controlar la calidad de las instalaciones y su calidad durante la ejecución, se debe tomar en cuenta el tipo de material y que su colocación y ejecución de obra sea de acuerdo a lo especificado en los planos, las normas y al catalogo de instalaciones.

También la mano de obra debe ser de primera calidad, ejecutada por obreros especializados y con las herramientas adecuadas para este trabajo.

El contratista tendrá en la obra y durante todo el tiempo que duren los trabajos, a una persona idónea, en calidad de residente responsable de la ejecución y total terminación de su contrato.

A continuación se menciona un ejemplo de cómo controlar la calidad de los materiales a utilizar y la ejecución de los trabajos de instalaciones eléctricas en un edificio, contando con el personal suficiente, de acuerdo con el programa elaborado:

### ***En tuberías y ductos***

#### *En calidad de materiales*

Se debe verificar: que las canalizaciones eléctricas, tanto de alimentadores como de derivación, se hagan con la tubería y diámetro especificados, tipo de pared de la tubería, si se va a unir a otro tubo por medio de un cople, si va ser roscado en uno o ambos extremos, etc.

#### *Durante la ejecución de los trabajos:*

Se deben verificar los diámetros de las tuberías que se especifican en los planos del proyecto respectivo.

Siempre que la distancia lo permita, se procurará instalar los tubos enteros, evitando el uso de pedacería y coples, con el fin de dar mayor rigidez a la instalación.

Todas las tuberías y ductos para canalizaciones eléctricas, serán lisas en su interior y sus extremos estarán libres de rebabas y aristas cortantes.

Todas las tuberías soportadas de losas, trabes o muros, se sujetarán firmemente por medio de los soportes y abrazaderas metálicas. De ninguna manera se aceptarán sujeciones con soportes de madera o amarres de alambre. Las tuberías verticales de alimentación irán firmemente sujetadas con abrazaderas metálicas a la estructura del edificio.

Ninguna tubería, por delgada que sea, se aceptará sujeta de otra tubería, o elementos de otras instalaciones, como tuberías de plomería, ductos de aire acondicionado, estructuras de falsos plafones, etc.

Las tuberías, se instalan soportadas en el lecho de las losas, salvo en los casos específicos en que se indique que se instalen ahogadas en las losas o firmes.

En los casos en que se requieran instalar canalizaciones ahogadas en las losas, las tuberías y cajas se sujetarán firmemente a la cimbra después de que se haya colocado el armado, con el objeto de evitar que sean desplazadas al efectuarse el colado.

Todas las tuberías para instalaciones eléctricas, se colocarán separadas de otras instalaciones, principalmente aquellas que puedan elevar la temperatura de los conductores.

Se evitará instalar tuberías eléctricas en los ductos o trincheras horizontales, destinadas a las instalaciones hidráulicas. En los casos en que sea indispensable, se

procurará llevarlas en la parte superior del ducto, en tuberías herméticas, con registros tipo condulet en previsión de inundaciones.

Todas las tuberías o canalizaciones se colocarán en tal forma que no reciban esfuerzos provenientes de la estructura del edificio. Cuando se requiera instalar tuberías que atraviesen juntas constructivas, se unirán con elementos flexibles capaces de absorber los movimientos de los edificios.

Todas las tuberías para alimentaciones a motores y equipos que pudieran tener vibraciones, se rematarán en las cajas de conexiones con tuberías flexibles y se sujetarán por medio de conectores especiales.

Toda tubería se sujetará a las cajas de registro, a las cajas de salida, a las cajas de interruptores y tableros, por medio de dos contratueras y monitor.

En la instalación de tuberías entre dos registros consecutivos no se permitirán más de dos curvas de 90°, o su equivalente.

Cuando sea necesario hacer curvas o dobleces en tuberías se harán con dobladores de mano. Para diámetros mayores, se harán con doblador hidráulico. Para curvas de 90°, en diámetros de tubería de 25 mm, y mayores, se utilizarán curvas hechas por los mismos fabricantes de tuberías.

En tendidos de tuberías muy largas, se colocarán registros cada quince metros, procurando que queden en los lugares accesibles.

Las ranuras que se usan para alojar tuberías en los muros, se harán en posición vertical; las ranuras horizontales podrán practicarse únicamente cuando se indiquen en los planos del proyecto y con la autorización con la Supervisión, tratando de evitarlas en todos los casos posibles.

Todas las instalaciones soportadas en losas o trabes, se sujetarán perfectamente por medio de anclas de balazo o con taquetes expansores de plomo. Queda prohibido el uso de taquetes de fibra, madera o similares.

No se aceptarán por ningún motivo tuberías que al doblarlas hayan sufrido disminuciones en sus diámetros interiores (chupados) o roturas. Tampoco se aceptarán si sus dobleces son defectuosos por no haber sido hechos con herramientas adecuadas.

Las curvas de los tubos se ejecutarán con herramientas apropiadas, para evitar la disminución en las secciones.



Los radios interiores de dichas curvas, estarán de acuerdo con el diámetro de las tuberías, en las formas siguientes:

Diámetro del tubo	Radio interior de la curva
13 mm (1/2")	85 mm
19 mm (3/4")	126 mm
25 mm (1")	160 mm
32 mm (1 1/4")	210 mm
38 mm (1 1/2")	245 mm
51 mm (2")	376 mm

Todas las tuberías conduit, se conservarán siempre limpias en su interior. Para lograrlo, una vez terminada de colocar cada tubería, deberá taponarse en sus extremos para evitar la entrada de cuerpos extraños, principalmente de escurrimientos del concreto, que al solidificarse forman tapones difíciles de desalojar.

En todas las tuberías para teléfono, sonido e intercomunicación se dejarán guías de alambre galvanizado del número 14.

#### ***En coples***

Se debe de cuidar y controlar los siguientes aspectos: que sean del material especificado; de buena calidad, si será conduit de pared gruesa o delgada, de manufactura nacional o internacional, si es roscado o no y hasta el tipo de herramientas a utilizar en el caso de ser conduit delgado.

#### ***Codos***

Tipo de tubería, diámetro, cambios de dirección, si se utilizarán curvas prefabricadas, marca, tipo de sección, tipo de fabricación. Tomando en cuenta que el radio exterior será de 6 veces el diámetro interno del tubo.

#### ***Tubo conduit flexible***

Se deberá utilizar en instalaciones de motores, mobiliario, etc., uniones, conexiones, tipo de fijación. No deberá tener defectos de fabricación y su uso requiere apego a las especificaciones de Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.

#### ***Ductos cuadrados, embisagrados***

Se verificará que se suministren de la marca especificada, con sus accesorios y lugar en donde se van a utilizar.

### ***Electroducto***

Se verificará que se suministre de la marca especificada. Se usará cuando se trate de transmitir cargas eléctricas a baja tensión, superiores a los 600 amperes de capacidad.

### ***Cajas de conexiones y registros***

#### *En calidad de materiales*

Se debe verificar: si son reforzadas, el tipo de material, las dimensiones, conexiones, que traigan, además de las perforaciones para los tubos, deberán aparecer de fábrica en el fondo de las cajas, las perforaciones para la sujeción de los ganchos de las unidades de alambrado y dos orejas previstas de tornillos, para facilitar la colocación de las tapas, apagadores y otros accesorios. Las cajas para el servicio telefónico deben cumplir con las Normas de la Compañía de Teléfonos.

Para las tapas de cajas de conexiones, se debe cuidar que sean del mismo material que las cajas.

Para instalaciones visibles, aparentes, o especiales, en zonas donde haya humedad, vapor, gases inflamables o explosivos, etc.. Se verificará el tipo de material, empaques selladores y accesorios adecuados para cada caso.

#### *Durante la ejecución de los trabajos:*

En los casos en que se requieran empotrarlas en losas o muros, las cajas quedarán remetidas como máximo 4 mm., del paño del muro o de la losa.

Las cajas para apagadores, contactos, tableros, registros, teléfonos e intercomunicación colocadas en los muros, se instalarán sin ninguna desviación con respecto a la posición horizontal, vertical o de profundidad.

Para instalaciones visibles, aparentes o especiales, en zonas donde haya humedad, vapor, gases inflamables o explosivos, etc., se usarán cajas fundidas del tipo conduit, con tapa, empaques selladores y accesorios adecuados para cada caso. Se vigilará que los registros de piso, que reciben ductos de asbesto cemento, se construyan con los muros aplanados y que, los ductos que confluyan a él, se coloquen cuando menos a la tercera parte de la altura sobre el nivel del fondo.

Los ductos que confluyan a registros de paso, se colocarán centrados en el sentido horizontal en las caras del registro tanto la entrada como la salida.

En los registros de piso que sirvan para cambio de dirección, los ductos irán colocados descentrados en tal forma, que al colocarse el cable, permitan a éste obtener el mayor radio posible dentro del registro.

En todo tramo recto de ductos, se colocarán registros cuando más a cada 25 metros así como registros en cada cambio de dirección. Los ductos se instalarán a una profundidad mínima de 50 cm, y serán protegidos por una capa perimetral de 5 cm, de concreto y deberán tener una pendiente de 2% para escurrimientos hacia el registro.

#### ***Contratuercas***

Se debe verificar si son troqueladas, el material, la forma, con el número de dientes, el roscado interno en buenas condiciones sin presentar defectos de fábrica.

#### ***Conectores para tubo flexible***

Se verifica la marca, y si serán curvos o rectos.

#### ***Apagadores, contactos y su colocación***

##### *En calidad de materiales*

Se debe especificar el tipo y marca.

Los apagadores deberán reunir las características de ser interruptores de apertura brusca de pequeña capacidad, para operarse manualmente en circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza, de acuerdo con el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas.

Todos los apagadores estarán provistos de caja para apagador y estarán diseñados de manera que pueda colocarse sobre ellos una placa de recubrimiento asegurada a la caja.

Los apagadores sencillos serán de 10ª, 125 V. El cliente aprobará en cada caso, la muestra que se proponga en el proyecto, o en su defecto por el Contratista.

##### *Durante la ejecución de los trabajos:*

El contratista principiará a colocar los apagadores, contactos, etc., únicamente en las zonas que previamente ordene la Supervisión de Obra, ya que el cliente no se hace responsable de los materiales y de la instalación, hasta que se haya efectuado la entrega oficial.

#### ***Alumbrado***

El material de los conductores, tipo de aislamiento y temperatura en las líneas de alimentación internas y externas, así como el tipo de forro. La manufactura será de acuerdo a las Normas Técnicas y a la A.S.T.M. (American Society, for Testing and materials), esto se indicará en los planos y listas de materiales del proyecto respectivo.

#### ***Cables y conexiones de alta tensión***

Tipo y marca de los cables de energía, de acuerdo al proyecto. Formas de las terminales y empalmes, del tipo interior o intemperie, según se indique en el proyecto.

### **Tableros derivados e interruptores**

#### *En calidad de materiales*

Tipo, marca y conexión. En los circuitos marcados en reserva, deberán incluirse los interruptores correspondientes indicados en el proyecto.

#### *Durante la ejecución de los trabajos:*

En todos los tableros se dejará una lista de los interruptores, con una leyenda claramente escrita y protegida con mica, indicando los circuitos controlados.

Se conectarán las cargas a los tableros, en los circuitos indicados en el proyecto.

Los conductores dentro de los tableros, estarán perfectamente alineados y marcados.

### **Cableado y conexiones**

Antes de iniciar los trabajos de alambrado, se procederá a comprobar que la tubería se encuentre limpia y debidamente acoplada. No se deberá introducir más de 12 conductores en un tubo conduit excepto cuando se trate de hilos de control. El número de conductores permisibles en un tubo conduit, depende del diámetro de los mismos, pero en todo caso se seguirán las tablas autorizadas por el Reglamento de Obras Eléctricas y las Normas Técnicas. Por ningún motivo se permitirá más del 40% del relleno.

El calibre mínimo utilizado en alambrado será del número 12 AWG, y del número 10 AWG en contactos y fuerza.

No se deben aceptar que las conexiones eléctricas entre conductores queden en el interior de los tubos conduit, aún en el caso de que éstas queden perfectamente aisladas, invariablemente quedarán todas las conexiones dentro de las cajas de registros, expreso colocadas para tal objeto.

Si los tramos de tubería para alambrear, son relativamente cortos y en los registros intermedios no es necesario hacer derivaciones, los conductores serán de un solo tramo, sin hacer cortes en los registros.

No se debe permitir el uso de aceites o grasa lubricantes para facilitar la colocación de los conductores, en el tubo conduit. Cuando la longitud y el número de conductores en el tubo conduit lo requieran, se usará talco, gráfico u otra sustancia inocua para el aislamiento de los conductores. Esto debe hacerse con la autorización y bajo la vigilancia del Ingeniero responsable y la Supervisión.

Todas las conexiones hasta del número 10 AWG, irán soldadas, utilizando soldadura de estaño de 50 X 50 y soldarán, irán cubiertas con cintas scotch número 33.

Al hacerse una conexión o empalme, se tomaran en cuenta tres condiciones necesarias:

La resistencia mecánica de las terminales conectadas, serán equivalentes a la del conductor.

Eléctricamente las terminales proporcionarán una conductividad eléctrica equivalente a la del conductor, considerando de una sola pieza.

La rigidez dieléctrica del aislamiento debe ser cuando menos la del aislamiento original de los conductores.

### ***Prueba de rigidez***

En el caso necesario y sí así se especifica en el proyecto se deberá realizar una prueba de rigidez dieléctrica, a todos los circuitos. El tipo de prueba será de acuerdo a lo especificado en el proyecto, en el caso de que se encontrará alguna falla el contratista corregirá o cambiará los conductores dañados.

De igual manera a lo anterior, para continuar con un buen control de calidad en las instalaciones eléctricas, se debe de tener el cuidado de cumplir cabalmente con el proyecto especificado en los planos y manuales de operación, con respecto a la colocación de la planta de subestación y del sistema de tierras.

Finalmente, para cumplir el control en su totalidad de las instalaciones eléctricas de alumbrado, contactos, fuerza, alimentaciones en alta y baja tensión y tableros, es obligación del contratista entregar el visto bueno de la Dirección General de electricidad, o de la Unidad Verificadora, en su caso, para efectuar el contrato de suministro de energía eléctrica.

## **VI. SUPERVISIÓN Y CONTROL DE CALIDAD EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

### **VI.1. CONTROL DE CALIDAD.**

El Control de Calidad más que un método de verificación en el cumplimiento de requisitos preestablecidos, es una filosofía de superación que cuenta con sus propios criterios y normas orientados a mejorar cualquier proceso productivo y en este caso constructivo o de ejecución. Para que su función sea eficiente debe tener un marco de referencia dado por las especificaciones internacionales, las gubernamentales, las del mercado y las propias, que fijarán criterios y estándares de calidad que deberán cumplir durante el proceso de planeación, programación, ejecución y entrega de las instalaciones eléctricas y en general de cualquier construcción o producción.

Lo anterior exigirá que sea coparticipe en:

- Planeación del proyecto
- Selección de insumos (marcas)
- La verificación y supervisión cuidadosa durante: el inicio, la ejecución de los trabajos, prueba y puesta en marcha de las instalaciones eléctricas y finalmente la entrega al cliente.
- La entrega de manuales de mantenimiento y operación, apegados a las normas y especificaciones aplicables.

La importancia de mantener una calidad adecuada durante las diferentes etapas de la ejecución de los trabajos de una instalación eléctrica es definitivamente con el fin de que lo ejecutado cumpla con el objeto para lo cual fue diseñado y además en lo posible sea perdurable, baste como ejemplo ver la majestuosidad de obras construidas hace cientos e incluso miles de años, por egipcios, griegos, romanos, mayas o aztecas.

Para cumplir con sus objetivos un buen control de calidad debe participar adecuadamente en las etapas de planeación y ejecución de proyecto de gabinete, ejecución de los trabajos en obra y finalmente la entrega al cliente.

Al diseñar el proyecto ejecutivo, los ingenieros proyectistas y diseñadores, deben tomar en cuenta que el control de calidad plasmado en un papel no permite garantizar la calidad de toda la obra, motivo por el cual es recomendable recurrir a una supervisión interna o externa que cuente con los conocimientos técnicos necesarios para verificar que se cumpla con lo establecido en el proyecto técnico, en las normas, códigos y

especificaciones generales y particulares aplicables; sin olvidar que el costo del control de la calidad durante la ejecución de los trabajos, obliga al cliente a limitar sus alcances al cumplimiento de las especificaciones en lo general y no particularizando cada caso.

Para que el control de calidad opere en forma eficiente se requiere contar simultáneamente con su aceptación y compromiso de cumplimiento por los diversos grupos de trabajo y con un marco de referencia que tome en cuenta las condiciones reales de trabajo.

En cuanto a los grupos de trabajo: Es necesario que todas las áreas técnicas involucradas en la construcción y ejecución de los trabajos de ingeniería participen en el control de calidad: La dependencia o cliente, la supervisora, la constructora y el laboratorio ó laboratorios de materiales. Este último iniciará el proceso al proporcionar a los demás los resultados de los insumos recibidos y de los diferentes materiales y elementos fabricados en la obra durante la ejecución de los trabajos.

*Así mismo es necesario e indispensable para un buen control de calidad:*

Que el personal involucrado durante la ejecución de los trabajos, ya sea por parte de la constructora o la supervisora, estén capacitados técnicamente, legalmente y que cuenten con la experiencia necesaria.

- Que se cuente en obra con el equipo y los auxiliares adecuados al trabajo que se le ha encomendado.
- Que sean oportunos en la entrega de resultados y toma de decisiones, para evitar frenar la ejecución de los trabajos.
- Sea capaz de diferenciar entre lo bien ejecutado y lo mal ejecutado, previendo los alcances de una decisión suya.
- Pueda deducir y aceptar si es el caso, cuándo un resultado de laboratorio desfavorable es consecuencia de un proceso de obra indebido o de un mal manejo de la muestra, por parte del ó los laboratorios involucrados.
- Tenga la autoridad y el criterio para vetar elementos indebidamente fabricados sin generar fricciones, ofreciendo alternativas de solución.
- Distinga cuando hay incongruencia entre el proyecto y las normas con las condiciones reales de construcción y ejecución de los trabajos.

Como medio de comunicación con los demás participantes de la obra de ingeniería, el laboratorio de materiales elaborará un informe que contenga las evaluaciones parciales y la final, si es un proceso; y los resultados, si es un insumo.

En todos los casos conviene se acompañe a los resultados con una adecuada interpretación y que ésta:

- Sea eminentemente realista.
- Se fundamente en pruebas de significación relevante y tomadas en campo.
- Sea producto del análisis de aspectos esenciales, no accesorios.

Para que este informe quede completo deberá abordar todo el proceso seguido, por lo que se recomienda formen parte de él:

- Análisis de la calidad de los materiales participantes.
- Revisión del proceso empleado, incluyendo una evaluación de la capacidad de los operarios y el tipo y condiciones de las máquinas usadas.
- Calidad del producto final.
- Recomendaciones.

#### **VI.1.1. Cumplimiento de códigos, normas, especificaciones.**

En base a lo anterior es importante tomar en cuenta a la hora de desarrollar un proyecto de una instalación de distribución de energía eléctrica que la ley y normas vigentes, exigen la elaboración de una serie de documentos que definen las características de dicha instalación.

Estos documentos deben especificar con la suficiente claridad todos los datos necesarios para la construcción de la misma, con el objeto de que la persona encargada de dirigir la obra, no tenga en ningún momento dudas de cómo ha sido proyectada, por tanto la actitud del ingeniero al desarrollar un proyecto eléctrico debe ser la de conseguir la mayor claridad posible en la elaboración del proyecto.

Por otra parte, cada día, las instalaciones son más complejas y en su desarrollo se debe tomar en cuenta aquellas normas, códigos y leyes que actualmente estén en vigor, para lo cuál se debe de utilizará la reglamentación adecuada.

Durante el proceso constructivo se debe verificar el factible cumplimiento de las normas y procedimientos que se aplicarán incluyendo sus tolerancias, para ello es indispensable que las residencias de obra civil y electromecánica manifiesten con precisión aquello que requieren sea controlado y hasta donde es posible admitir errores y deficiencias.



En caso de usarse nuevas tecnologías, ya sea en el área civil o eléctrica, es importante que las residencias antes mencionadas las conozcan para poder sancionar los procesos que se emplearán, revisando las especificaciones internacionales, nacionales, generales y particulares, así como las de los fabricantes a que se sujetará la obra.

### **VI.1.2. Proveedores nacionales e internacionales.**

Durante el desarrollo industrial de nuestro país se ha logrado conjuntar a un grupo de industrias destinadas a la fabricación de materiales, equipos eléctricos y electromecánicos, entre los que se encuentran: dispositivo de protección, como los fusibles, todos ellos con el único fin de distribuir, controlar y proteger las instalaciones durante el uso de la energía eléctrica.

Al hablar de distribuidores y proveedores de material y equipo eléctrico, a continuación se enlista a las empresas que han logrado el reconocimiento del cliente, mediante el respaldo de información, capacitación, asesoría y proveeduría de materiales y equipo eléctrico a través de los departamentos específicos y de sus páginas Web.

Por ejemplo al hablar de fusibles, es necesario conocer quiénes son los principales fabricantes de estos dispositivos en México con el propósito de que las personas relacionadas con el área eléctrica recurran a éstos para una adecuada selección y solución a sus problemas de protección de sistemas eléctricos.

Así mismo, se mencionará en este trabajo a algunos fabricantes de fusibles.

#### **Federal Pacific Electric de México S.A de C.V. (FPE)**

Esta compañía está dedicada a la fabricación de equipo eléctrico, entre ellos los fusibles de tipo no renovable, limitadores de corriente, tipo miniatura, etc.

- **Mercury Electric products S.A.**

Compañía dedicada a la manufactura de fusibles de cartuchos renovables y eslabones fusibles eléctricos.

- **Industrias unidas S.A. (IUSA)**

Compañía dedicada a la manufactura de equipo eléctrico entre los que se encuentran los fusibles de tipo tapón roscado, que generalmente se utilizan en instalaciones eléctricas del tipo doméstico y residencial.

- **Siemens S.A. (SIEMENS)**

Compañía fabricante de equipo eléctrico industrial, cuenta con una línea de fusibles para protección de circuitos y rectificadores de tipo limitador de corriente.

A continuación se enlista una pequeña descripción de las marcas que se manejan más comúnmente en nuestro país con sus productos principales, todos ellos fabricados bajo las normas de calidad más altas.

## **CONDUCTORES ELECTRICOS**

### **CONDUMEX**

Cables y alambres forrados, desnudos, uso rudo, telefónicos, cable de control, cable de telecomunicación y manufacturas especiales en baja y media tensión, cables BTC y 23TC con aprobación de compañía de luz y fuerza, cable para bomba sumergible, cable de aluminio tipo ACSR o AAS.

Soportería para cable tipo charola y tubería de aluminio.

### **LATINCASA**

Cables y alambre forrados, desnudos, uso rudo, de control y manufacturas especiales en baja y media tensión, cables vulcanel, tipo XLP, EP en cobre y aluminio, cables BTC y 23TC con aprobación de compañía de luz y fuerza.

### **CONDULAC**

Cable y alambre forrado, para la construcción, (con aprobación del INFONAVIT)

### **ALCAN**

Cable de aluminio para construcción en instalaciones comerciales, industriales, residenciales y urbanas, monopolares XHHW con cubierta tipo XLP, tripolares tetrapolares con engargolado y cubierta de PVC.

## **EQUIPO DE DISTRIBUCIÓN**

### **SQUARE'D**

Tableros de alumbrado 220 y 440 VCA, tableros de distribución, CCM, interruptores termomagnéticos, interruptores de seguridad, centro de carga, ductos cuadrados embisagrados, transformadores de control y tipo seco, equipos de monitores y control de energía eléctrica, unidades de respaldo de energía UPS'S, filtros para armónicas, arrancadores a tensión plena, arrancadores a tensión reducida, arrancadores eléctricos

suaves, variadores de velocidad, botonería, selectores, pilotos, contactores, interruptores, gabinetes, refacciones y accesorios.

### **FEDERAL PACIFIC**

Interruptores termomagnéticos de uso residencial e industrial, tableros de alumbrado, equipos de medición, unidades de transferencia, electroducto, bancos de capacitares fijos y CCM.

### **TELEMECANIQUE**

Contactores, arrancadores, relevadores auxiliares, botones, pilotos, selectores, clemas, riel din, gabinetes, interruptores optima, arrancadores a tensión reducida, interruptores integral CCM, proxicaptos, gabinetes tipo Himel, paneles de control y en general equipo de control de alta tecnología.

### **TELEMECANIQUE CLUB DE ELECTRÓNICA**

Arrancadores suaves, variadores de velocidad, controles programables PLC, monitoreo y control.

### **SIEMENS**

Tableros de alumbrado 220 Y 440 VCA, tableros de distribución CCM, interruptores termomagnéticos, interruptores de seguridad y centros de carga.

## **APAGADORES Y CONTACTOS**

### **BTICINO**

Apagadores, contactos y accesorios, en todas sus líneas quinciño tradicional, quinciño evolución, modus magic, living, lighth, interlink, megaticker y watt stopper

### **LEGRAND**

Apagadores, contactos y accesorios, en todas sus líneas colección II, prestigio, armonix, luminex ambia, luminex clásica, luminex futura.

### **LEVITON**

Apagadores, contactos y accesorios, extensiones, sockets, barras multicontacto y bases fluorescentes.

**ARROW HART.**

Apagadores, contactos y accesorios, fusibles kart, mercury y bussmann.

**ROYER**

Apagadores, contactos y accesorios, en todas sus líneas, interruptores de navaja.

**LUTRON**

Todo tipo de dimmers residenciales e industriales, controles luminicos y controles de intensidad.

**TRANSFORMADORES****PROLEC**

Transformadores monofásicos, trifásicos, tipo poste, pedestal y subestación con protocolo norma K, y uso general norma J.

**IEM**

Transformadores monofásicos, trifásicos, tipo poste, pedestal, motores de inducción eléctrica tipo vertical, horizontal, a prueba de goteo, totalmente cerrados y a prueba de explosión desde 0.5 hasta 400 H.P. de estándar y especiales a más de 2500 H.P.

**VOLTRAN**

Transformadores de distribución monofásicos, trifásicos, tipo poste, pedestal y subestación en aceite o líquidos especiales, con protocolo norma K y uso general norma J.

**VIGINIATR TRANSFORMER**

Transformadores eléctricos de media tensión, tipo seco tradicionales y encapsulados en resina epoxi o poliéster, desde 500 kVA, en tensiones de 5 kV, 15 kV, 25 kV, y 34.5 kV con y sin gabinete.

**SQUARED.**

Transformadores tipo seco para servicios propios con o sin gabinete NEMA 1 Y 3R. desde 15 kVA, hasta 1000 kVA, en tensiones de 27, 220 y 440 Volts, transformadores especiales tipo seco, de aislamiento, elevadores en clase 1.2 kV.

## **EMSA**

Transformadores monofásicos, trifásicos, tipo poste, pedestal y subestación con protocolo norma K y uso general norma J y con norma de luz y fuerza.

## **ZETRAK**

Transformadores tipo seco para servicios propios, gabinete NEMA 1, 12 ó 3R. Norma NOM 002, transformadores tipo poste, pedestales norma J.

## **ILUMINACIÓN INDUSTRIAL**

### **COOPER LIGHTING**

Luminarias para diferentes estilos de instalación y en todos sus tipos: fluorescentes, incandescentes, fluorescentes compactas, halógenas y aditivos metálicos, para uso residencial, industrial y doméstico.

### **CONSTRULITA**

Luminarias para diferentes estilos de instalación, techo, pared, suspendidos, empotrados, de riel o canope, y lámparas en todos sus tipos: fluorescentes, incandescentes, compactas, halógenas y aditivos metálicos.

### **ELECTROMAGG**

Luminarias para techo, pared, suspendidos, empotrados, de riel o canope, y lámparas en todos sus tipos: fluorescentes, incandescentes, compactas, halógenas y aditivos metálicos.

### **ELECTRO LIGHTING**

Gabanes industriales en sus diferentes tipos: sobreponer, empotrar, canales, canaletas con o sin luovers.

### **GENERAL ELECTRIC LIGHTING MÉXICO**

Fabricante y líder en América de lámparas de descarga, alta intensidad, fluorescentes, fluorescentes compactas, alógenas y ahorradoras de energía.

## **TECNO LITE**

Luminarias para techo, pared, suspendidos, empotrados, de riel o canope, y lámparas en todos sus tipos: fluorescentes, incandescentes, compactas, halógenas y aditivos metálicos.

## **OSRAM**

Fabricante y líder nacional de iluminación, distribuidor de lámparas incandescentes, decorativas, reflectores, lámparas de vapor de sodio, halógeno, leds.

## **TUBERIA**

### **JUPITER**

Tubería pared delgada, pared gruesa, celda 40 y accesorios.

### **CONDUIT (RYMCO)**

Tubería pared delgada, pared gruesa y accesorios.

### **TUBOS FLEXIBLES MEXICANOS**

Tubería flexible galvanizada y tubería flexible con cubierta de PVC.

### **REX**

Tubo conduit de PVC en tipo pesado, ligero, codos, coples y conectores en todas sus medidas, pegamento (cemento) para PVC.

### **DURMAN**

Tubo conduit de PVC en tipo pesado, ligero, codos, coples y conectores en todas sus medidas, pegamento (cemento) para PVC.

### **DURALON**

Tubo conduit de PVC en tipo pesado, ligero, codos, coples y conectores en todas sus medidas, pegamento (cemento) para PVC.

### **NACOBRE**

Fabricante y distribuidor de productos de cobre, latón y sus aleaciones, aluminio y plásticos.

## **MATERIAL ELÉCTRICO INDUSTRIAL**

### **CROUSE HINDS DOMEX**

Condulet serie 9 y 7 de fundición, luminarias industriales, urbanos y públicos, equipo a prueba de explosión, charolas y accesorios, tubería cédula 40 con recubrimiento con recubrimiento exterior de PVC e interior de uretano.

### **ANCLO**

Material para anclaje y fijación en instalaciones.

### **BURNDY**

Conectores industriales a compresión y mecánicos, en aluminio y cobre, herramientas y accesorios, sistemas de tierras completos.

### **THERMOWELD**

Sistemas de tierras y apartarrayos, cargas y moldes.

### **HERRAJES**

Herrajes para instalaciones de alta tensión con protocolos de CFE, soportaría de transformadores tipo poste, crucetas, abrazaderas, alfileres, soportes y parrillas.

### **SOLA BASIC**

Balastros, reguladores, soportes de energía, correctores de voltaje.

### **3M MEXICO**

Cintas de aislar, zapatas de conexión, cintas para uso específico, tubos termocontractiles interiores y exteriores para media y alta tensión.

### **IUSA - AB CHANCE - OHIO BRASS - SYC SELMEC**

Apartarrayos, aisladores, corta circuitos, cuchillas, interruptores Alduti, herrajes, varillas copperweld, electrodos, bentonita, Gem, cables pararrayos, puntas Faraday, moldes y cargas cadweld.

## **MATERIAL ELECTRICO COMERCIAL**

### **INTEC**

Sistemas de interfonos, video porteros, cercas electrificadas y alarmas vecinales.

### **POLIFLEX**

Poliducto flexible, en naranja, negro y café en todas sus medidas, poliducto guiado en 13 y 19 mm.

### **POLIDUCTO LYRA**

Poliducto liso, en naranja y negro en todas sus medidas y poliducto flexible en color naranja.

### **THORSMAN**

Canaletas y accesorios, materiales de fijación y pegamentos.

### **SERVICIOS ESPECIALES:**

- **CABLES.** Cuenta con máquinas cortadoras donde podemos realizar cortes a la medida en menos de 48 hrs, los cortes se realizan en cables forrados de cal. 8 en adelante, así como en desnudos de aluminio y cobre.

- **ILUMINACIÓN.** Cuenta con un departamento de proyectos de iluminación, con personal capacitado para ayudar en sus proyectos desde el inicio de estos. Se pueden hacer recomendaciones de estilos y marcas, presentando cálculos de iluminación, fichas técnicas y la accesoría necesaria.

- **EQUIPOS ESPECIALES.** Contamos con un departamento especializado en cotizaciones de equipo especial, (tableros autosoportados, subestaciones, transferencias, CCM'S motores, transformadores) misma que se realizan con autorización de los fabricantes. El personal tiene certificación de Grupo Schneider.

Mantiene en existencia tableros autosoportados tipo combinación y distribución, en los amperajes más usuales en marca Square'd y Federal Pacific Electric, centros de control de motores (CCM'S) con silletas hasta de 15 H.P. en 20 y 25 H.P. en 440 V, en marca



Square'd y subestaciones compactas Federal Pacific Electric, con tiempo de entrega menor a 48 hrs.

- **CHAROLAS** CROUSE HINDS DOMEX, Cuenta con maquinaria especial para el armado de charolas en tiempos de entrega menores a 1 semana con personal calificado por el propio CROUSE HINDS DOMEX

- **EXISTENCIAS.** Lleva en inventario más de 10,000 productos.- Entrega material a domicilio, en materiales de línea en un lapso no mayor a 48 hrs. En materiales especiales de acuerdo a la programación del fabricante.

## **VI.2. CONTROL EN OBRA.**

**CONTROLAR** es ver si lo sucedido es conforme a las previsiones (verificar), y si hay desvíos actuar para corregir.

El control del que se hace mención arriba abarca tanto desde el punto de vista administrativo, como de calidad. La misión del control administrativo, corresponde fundamentalmente al cuidado de que los recursos destinados, se empleen en la forma más eficiente posible, logrando construir, y ejecutar los trabajos de instalaciones con la calidad especificada al mínimo costo. En cambio el control de calidad verificará que la construcción tenga la localización y forma proyectada y que las instalaciones brinden seguridad, eficiencia y el confort para el que fueron diseñadas, además de que la mano de obra y los materiales empleados cumplan con las Normas y especificaciones proyectadas.

Estos controles deberán implementarse desde el inicio de la obra, hasta la entrega definitiva de la misma y comprenderá en un edificio, tanto la cimentación, como estructura, acabados, detalles e instalaciones eléctricas y especiales.

Hay que reiterar que los trabajos anteriormente mencionados son llevados a cabo por la Supervisión, ya sea interna o externa, la cuál se encarga también de coordinar las labores de los distintos contratistas, o los distintos equipos de trabajo, para que sus labores se encaminen hacia la misma meta.

Para poder efectuar estas actividades en forma eficiente es indispensable que la supervisión conozca su obra de la manera más detallada posible, por lo que su primera función es compenetrarse perfectamente del proyecto, tanto en planos como especificaciones.

Como ya se mencionó para poder llevar un control de obra adecuado es necesario que la supervisión involucrada, realice las siguientes labores previas a la ejecución de la obra.

- Estudio y conocimiento del proyecto arquitectónico que incluye (Planos de planta de conjunto, Planta, fachadas y corte, amueblado)

- Estudio del proyecto estructural (conociendo la distribución de elementos, alturas y claros, verificando la congruencia de los planos estructurales con los planos arquitectónicos)
- El estudio del proyecto de instalaciones eléctricas, sanitarias, hidráulicas, gas, contra incendio, telefonía, voz y datos y especiales para el caso de industrial y hospitales.
- Finalmente el estudio de las especificaciones generales y particulares, así como las Normas aplicables.

Para poder llevar a cabo un buen control de la obra, es necesario que el supervisor realice las siguientes labores durante la ejecución de la obra:

a) Bitácora de obra.

El supervisor preparará una bitácora de obra, para registrar, en su oportunidad, los aspectos sobresalientes durante la ejecución de la obra, tales como: Registro de órdenes, Iniciación de las distintas etapas de la obra, Modificaciones propuestas y autorizadas, entradas de equipo y mobiliario, cambios de bancos de nivel o referencias, apertura de nuevos frentes de trabajo, suspensiones de la obra y sus causas, avances de obra, terminación y entrega de obra.

b) Programa de obra.

Revisar el programa de obra realizado por el contratista, verificando que sea congruente con la ejecución de otros conceptos de obra e instalaciones. Dicho programa será presentado según el procedimiento de ruta crítica.

El supervisor deberá llevar el control del avance real de obra, así como de las modificaciones al programa en el caso de que existan, tomando en cuenta que los tiempos de ejecución de los contratistas se deberán adaptar con los plazos del programa general de la obra.

c) Entrega de información

Entregará la información que requiera el contratista, anotando en bitácora recabando la firma correspondiente.

d) Contratos

Preparará los datos necesarios para poder elaborar los contratos, pedidos de mobiliario y equipo a proveedores

e) Materiales

Ordenará la adquisición de materiales que el cliente para la cual trabaja suministre al contratista o bien adquiera directamente.

f) Cumplimiento del programa

Vigilará que la obra se ejecute de acuerdo con el programa, de no ser así hará al contratista, por escrito, con copia al cliente, las observaciones necesarias con la debida oportunidad.

g) Costo de la obra

Cuidará que la obra debidamente ejecutada, no resulte de inferior calidad a lo establecido en el proyecto y sea lo más económica posible, tomando en cuenta para ello, el citado proyecto, los materiales, los precios unitarios y demás factores involucrados.

h) Control de materiales suministrados por la instalación.

Cuidará que el contratista emplee los materiales suministrados, precisamente en la obra, en forma adecuada y en las cantidades señaladas.

i) Modificaciones.

La supervisión proporcionará a su jefe inmediato superior las modificaciones que juzgue pertinentes y en beneficio de la obra, tomando en cuenta la función de economía, conveniencia y rapidez en la ejecución de la misma. A este respecto sólo entregará al contratista los datos correspondientes a las modificaciones autorizadas por el cliente.

Valorizará cuidadosamente las modificaciones autorizadas y consignará la afectación resultante en el presupuesto de la obra, para mantenerlo al día.

j) Precios unitarios.

Solicitará al contratista los análisis de precios unitarios correspondientes a aquellos conceptos de obra no provistos o por cambio de especificaciones.

Elaborará, adicional e independientemente de los solicitados al contratista, los análisis de precios unitarios correspondientes.

k) Control de inversión de la obra.

Con el fin de tener un mayor control de inversiones de la obra, el supervisor deberá llevar un programa del avance financiero programado y real.

l) Finalmente entrega de informes y finiquito de obra.

Elaborará los informes escritos, gráficos y fotográficos que le solicite el cliente, ya sea semanal, quincenal y mensual, y entrega de informe de finiquito de obra.

**La supervisión adicionalmente debe demostrar responsabilidad en el cumplimiento de los siguientes requisitos:**

- Control de calidad. La revisión de los resultados obtenidos en el producto del muestreo, relacionados con la calidad de los insumos, partes, componentes, procesos y mano de obra que cumplan con las normas, códigos y especificaciones relevantes de calidad que correspondan; en caso de que no cumplan con la calidad requerida, se identifican y realizan las acciones para su corrección y cumplimiento.
- Proveedores y Subcontratación. La adecuada administración de los servicios de proveeduría y de los subcontratos, resulta de vital importancia para el cumplimiento de los requisitos del proyecto.
- Servicios de proveeduría. Los supervisores deben dar seguimiento a los proveedores de bienes y de servicios (subcontratistas), para que cumplan con los requisitos de calidad y tiempo, en el suministro de los mismos y se apeguen a lo establecido en la legislación aplicable en materia de seguridad y protección al medio ambiente.
- Exigir oportunamente a la contratista, mediante órdenes por escrito que corrija las deficiencias que observe en la mano de obra, herramientas, materiales, obra

terminada, maquinaria y equipos, o del propio proceso constructivo, que conduzcan evidentemente a una obra ejecutada que no cumpla con la calidad pactada contractualmente.

- Evitar que progrese la ejecución de una parte de la obra instalada, cuando la contratista no se apegue al procedimiento establecido por el proyecto con carácter de obligatoriedad.
- Ordenar a la contratista que repare o reponga por su cuenta y con la mayor brevedad, la obra que no haya quedado ejecutada con la calidad pactada.
- Verificar como ya se mencionó antes, de que el programa se cumpla, con las fechas establecidas por el cliente, en cuanto a suministros, entregas parciales, terminación de obra, pruebas y puesta de servicio, comparando el cumplimiento del programa comparando el avance real de la obra contra el programado.
- Verificar que los cálculos de cuantificación de obra consignados en los números generadores corresponden a las mediciones efectuadas y estén clasificados correctamente por concepto, clave y precio unitario, con estricto apego al alcance establecido en el catálogo vigente, o bien corresponda a los porcentajes del precio alzado pactado, según el avance de una porción determinada de obra.
- No cuantificar la obra que no cumpla la calidad pactada en tanto no se corrija o reponga, hasta que quede liberada o sancionada económicamente, a criterio de la dependencia, informándolo por escrito.
- Coadyuvar en la prevención de accidentes y en la seguridad general de la obra, en la medida que esto sea previsible, vigilando que la contratista observe las normas contenidas en el reglamento de seguridad e higiene en el trabajo y sus instructivos, las disposiciones que fije la dependencia sobre dicha materia, y los procedimientos constructivos de carácter obligatorio.
- Exigir a la contratista que mantenga la limpieza debida en la obra y zonas adyacentes.
- Certificar que la obra haya sido terminada en su totalidad, constatando la correcta aplicación de los suministros de la dependencia.
- Verificar y dar el visto bueno de las pruebas y puesta en servicio de las instalaciones y equipos que forman parte de la obra.

### **VI.3. LABORATORIOS.**

Los laboratorios de pruebas de calidad acreditados son una Infraestructura aprobada por una entidad de acreditación con la capacidad para prestar servicios de asesoría y asistencia técnica mediante la realización de ensayos o pruebas a los materiales, sistemas o instalaciones de una obra, con equipo suficiente, personal técnico calificado y que reúnen los requisitos para prestar servicios relacionados con la normalización.

La vigencia de la acreditación y aprobación de un laboratorio de pruebas, es de cuatro años y su validez queda sujeta a las evaluaciones que realice la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía o la Entidad Mexicana de Acreditación, A.C. (EMA), en sitio a efecto de constatar que el laboratorio de pruebas en su estructura y funcionamiento, cumple cabalmente con las disposiciones de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y los ordenamientos que derivan de ella.

La misión de cualquier laboratorio certificado es la de contribuir con el Sistema Nacional de Calidad, participando en la realización de las pruebas y ensayos requeridos para la evaluación de la calidad de los equipos eléctricos, enfocando sus esfuerzos a satisfacer las expectativas de los clientes mediante la innovación, la calidad y la excelencia de los servicios que se ofrecen. Implementando una firme filosofía que asegure el desarrollo humano y el compromiso de sus colaboradores con los objetivos propuestos.

Así mismo la de contribuir con el desarrollo de una cultura que integre en los procesos de gestión de calidad de los clientes, el concepto e importancia de un sistema de mediciones confiable; a través del ofrecimiento de servicios de calibración, capacitación y asesoría en metrología eléctrica.

#### **Procedimientos de prueba para productos exportados a México**

Los productos sometidos a pruebas pueden agruparse en familias de productos. Los parámetros que definen una familia de productos se refieren a su construcción, sus especificaciones eléctricas, así como al uso final del producto. Las pruebas habitualmente involucran una muestra de un modelo representativo por familia. Las pruebas para algunas categorías de productos pueden llevarse a cabo en los laboratorios de UL en los Estados Unidos. Para todas las categorías de productos, UL de México podrá asistirlo en la coordinación de las pruebas y ensayos a realizarse en laboratorios mexicanos

acreditados nacionalmente y para realizar la gestión de certificados ante los organismos de certificación correspondientes.

### **Pruebas y ensayos realizados en los laboratorios de UL en los EUA**

UL ha establecido acuerdos de intercambio de resultados de las pruebas y ensayos con laboratorios mexicanos. Estos acuerdos permiten a UL llevar a cabo pruebas y ensayos para la marca NOM que pueden ser aceptadas y usadas para obtener un certificado de cumplimiento con la NOM correspondiente.

El acuerdo de intercambio de resultados de las pruebas aplica a las siguientes categorías de productos:

- Equipos autónomos de telecomunicaciones.
- Interruptores encapsulados.
- Equipos para tecnología de la información.
- Interruptores de circuito de falla a tierra.
- Enseres operados con motor de uso casero o comercial para elaboración de alimentos.
- Gabinetes para equipos eléctricos.
- Cafeteras eléctricas para uso doméstico.
- Tableros de distribución.
- Herramientas portátiles.
- Tableros de control y protección.
- Fusibles.
- Contactores y arrancadores.
- Interruptores de caja moldeada.
- Conductores metálicos.
- Centros de control de motores.



## **Pruebas y ensayos realizados en México**

Las pruebas sólo pueden ser realizadas en laboratorios acreditados por EMA (Entidad Mexicana de Acreditación). Es importante hacer notar que para que sean liberadas por la aduana todas las muestras para pruebas enviadas a México, éstas deberán estar acompañadas por una "Carta de Autorización" emitida por el respectivo organismo de certificación. En todos los casos, UL de México supervisará la generación del Reporte de Pruebas NOM y asegurará que éste sea enviado al organismo certificador para su revisión y aceptación.

## **Referencias sobre las normas**

Las normas NOM no están generalmente disponibles para su compra a través de la DGN (Dirección General de Normas) y se encuentran disponibles en la página de internet de la Secretaría de Economía. Sin embargo, las normas NMX pertenecen al organismo emisor y debe acudir a éste para adquirir las normas respectivas.

UL de México dispone para su venta de versiones en inglés de algunas normas seleccionadas, publicadas en el boletín de la federación.

## **Normas oficiales de México disponibles para compra**

**NOM-001-SCFI-1993: "Aparatos Electrónicos para uso doméstico alimentados por diferentes fuentes de energía eléctrica - requisitos de seguridad y métodos de prueba para la aprobación de tipo."**- Esta norma es técnicamente equivalente a la publicación internacional IEC 65 (1985): "Requisitos de seguridad para aparatos electrónicos funcionando con energía de la red y similares para uso general y en el hogar - Safety requirements for mains-operated electronic and related apparatus for household and similar general use" y su primera modificación.

**NOM-003-SCFI-2000: "Productos Eléctricos – Especificaciones de Seguridad"** Esta norma se basa en la publicación internacional IEC 335 (1976): "La seguridad en aparatos eléctricos para uso doméstico y similares - "Safety of household and similar electrical appliances" sus modificaciones 1, 2, 3, 4, también se refiere a las siguientes normas:

- Sección 1: Aparatos Eléctricos (NMX-J-508-ANCE)

- Sección 2: Aparatos y Equipos de Uso Doméstico (NMX-J-521/1-ANCE-1994)
- Sección 3: Seguridad de Herramientas Eléctricas Manuales Operadas por Motor (NMX-J-524/1-ANCE 2000)
- Sección 4: Equipos de Control y Distribución(NMX-J-515-ANCE-2001)
- Sección 5: Luminarios para uso en interior y exterior, NOM-064-SCFI-2000 (NMX-J-521/1-ANCE-1994)

**NOM-016-SCFI-1993: "Aparatos Electrónicos"**– Aparatos electrónicos de uso en oficina, alimentados por diversas fuentes de energía eléctrica – requisitos de seguridad y métodos de prueba. Esta norma se basa en publicaciones internacionales, tales como: IEC 335 Parte 1: "La seguridad en aparatos eléctricos para el hogar y similares " e ISO 4882: "Equipos de oficina y de procesamiento de datos; el espaciado de líneas y caracteres."

**NOM-019-SCFI-1998: "Seguridad de Equipo de Procesamiento de Datos."** Esta norma es parecida a la UL 478 (1980): "Unidades y sistemas de procesamiento de datos" y está parcialmente de acuerdo con publicaciones internacionales, como las normas IEC 950 y IEC 65.

**NOM-024-SCFI-1998: "Información comercial para empaque, instructivos y garantías de los productos electrónicos, eléctricos y electrodomésticos"**– Aparatos electrónicos y electrodomésticos – Instructivos y garantías de productos fabricados en México e importados." Esta norma establece las informaciones a los consumidores (instrucciones, avisos y criterios de garantía) que los fabricantes mexicanos e importadores de productos eléctricos y electrónicos deben comunicar a los consumidores, de acuerdo con la Ley Federal de Protección al Consumidor para todos los productos y aparatos que sean comercializados en territorio mexicano.

### **Servicios de Seguimiento y Pruebas**

El procedimiento de los Servicios de Seguimiento varía de acuerdo con el organismo certificador. El seguimiento puede consistir en una visita periódica a la planta o punto de distribución para una inspección física del producto. Adicionalmente puede incluir alguna verificación periódica de pruebas al producto.

- ANCE exige una visita anual de seguimiento por uno de sus técnicos para renovar la certificación. La visita incluye una inspección del producto con base en el informe preparado durante la evaluación original, para determinar que la muestra representativa sea idéntica a la usada en la evaluación original. En caso de discrepancia se necesita volver a realizar las pruebas / ensayos.
- En el caso de productos importados que sean introducidos en lotes pequeños o esporádicamente, a solicitud del titular de la certificación, ANCE programará la visita de seguimiento para verificar el producto.

El Procedimiento de Seguimiento de NYCE es similar al de ANCE, excepto que la prueba de verificación podrá ser realizada durante cada visita. La primera visita de seguimiento es programada 6 meses después de la fecha de la emisión del Certificado, y la segunda 10 meses después.

## **VI.4. PRUEBAS EN LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS.**

En este subtema se plantea la necesidad de realizar ciertas pruebas que permitan comprobar que la ejecución de una instalación cumple con la especificación de proyecto, con las normas vigentes, y que la calidad de los materiales y mano de obra es adecuada.

Las pruebas de una instalación eléctrica deben desarrollarse a lo largo de las etapas de proyecto y construcción de acuerdo con un programa, cuya elaboración dependerá de la magnitud de la obra, de la existencia de equipos especiales (por ejemplo: a prueba de explosión) y del avance correspondiente. En una obra debe supervisarse el colado de losas y columnas para verificar las trayectorias de los ductos, así como su estado físico (que no tengan obstrucciones o deformaciones). También debe ponerse atención a la colocación exacta de las cajas de salida y a su firmeza con respecto a la estructura. La supervisión del avance permite corregir fallas antes de terminar con el acabado y así certificar la calidad de la instalación.

Todos los resultados de las pruebas efectuadas deben registrarse en una bitácora, con observaciones detalladas de las situaciones que se presenten.

Las pruebas de las instalaciones eléctricas pueden agruparse de la siguiente manera: Inspección visual, pruebas de operación, de aislamiento, mecánicas y del equipo.

### **1. Inspección visual.**

La supervisión de la ejecución es importante ya que permite detectar deficiencias en los materiales utilizados y en la forma en que se colocan e instalan. La inspección visual debe hacerse desde el inicio de la construcción hasta la recepción final.

La revisión implica asegurarse de que se instalaron todas las tapas, empaques y tornillos necesarios; que las unidades de alumbrado estén colocadas correctamente; que todas las uniones estén debidamente apretadas; que las secciones de los conductores correspondan a las especificaciones del proyecto; que la pintura utilizada sea la especificada; etc. Se recomienda que una persona dedique el tiempo que sea necesario a la supervisión de todos los detalles. En algunos casos necesarios los servicios de uno o varios ingenieros de tiempo completo.

## **2. Pruebas de operación.**

El objeto de estas pruebas es verificar el funcionamiento de todos los elementos de la instalación de tal forma que en condiciones de plena carga no presenten temperaturas anormales.

En la primera fase se deben hacer operar los equipos y elementos en el mayor número de combinaciones o posibles situaciones que pudieran presentarse.

En la prueba de elevación de temperatura deben conectarse todas las cargas que podrían operar simultáneamente durante un lapso mínimo de 8 horas. Ninguno de los equipos, materiales y parte de la instalación en general debe rebasar el límite de temperatura marcado en sus especificaciones.

## **3. Pruebas de aislamiento.**

La vida de una instalación y su operación segura depende en gran medida de la vida del aislamiento. Por esta razón la comprobación del nivel de aislamiento resulta fundamental.

El nivel de aislamiento de una instalación eléctrica se entiende como la capacidad del aislamiento para oponerse a las corrientes de conducción y de fuga cuando se aplica una tensión entre todas las partes vivas conectadas entre sí y las estructuras metálicas y partes normalmente conectadas a tierra.

Las pruebas de aislamiento deben comprobar que el nivel de aislamiento mínimo esté por encima de cierto valor establecido en las especificaciones del proyecto, o en otras normas aplicables. Estas pruebas son precisas y dan poco margen de interpretaciones subjetivas.

Para el caso de un conductor eléctrico aislado el problema es encontrar la corriente de conducción a través de su aislamiento, que normalmente está en contacto con otros materiales conductores. Esta corriente de conducción depende de varios factores:

- Calidad y espesor del material aislante.
- Diámetro del conductor (sin considerar el material aislante).
- Longitud del conductor.
- Superficie de contacto entre el material aislante y el conjunto de materiales conductores adyacentes.
- Temperatura del material aislante.

En la medición deben considerarse también corrientes de fuga, es decir, las corrientes que aparecen en la superficie de los materiales aislantes. Estas dependen de:

- Tipo y calidad del material.
- Acabados de la superficie.
- Características ambientales: humedad, temperatura y presencia de contaminantes.
- Dimensiones geométricas.

Debido a esta gran variedad de factores no es posible precisar de manera exacta los valores de la resistencia de aislamiento de cierto conjunto.

#### **4. Prueba de aislamiento con megger**

Existe un instrumento conocido con el nombre de *megger*, que es muy útil en la medición de valores de resistencia muy altos (del orden megohms). El megger aplica una tensión y mide la resistencia entre un conjunto de elementos conductores conectados a una de sus terminales y las partes unidas a tierra a la otra terminal también se puede medir el nivel de aislamiento entre fases.

En la prueba del nivel de aislamiento de una instalación, debe tenerse especial cuidado, con el neutro de trabajo, ya que está conectado con partes vivas (de hecho pertenece a éstas). Por esta razón se desconecta el neutro de la alimentación y se evita el retorno por su conexión con la tierra de la subestación.

#### **5. Otras pruebas.**

Las pruebas al equipo deben estar especificadas en el contrato de compra-venta y normalmente son responsabilidad del fabricante aunque son supervisadas y aceptadas por el comprador o en su defecto, por la supervisión interna o externa en el caso de que exista.

En algunas circunstancias se pueden requerir de ciertas pruebas mecánicas para una instalación eléctrica. Por lo general se refieren a la rigidez mecánica de los tableros, de las unidades de alumbrado, de las salidas y de los soportes en general. Tales pruebas deberán definirse en las especificaciones del proyecto.

## **VI.5. MANTENIMIENTO (manuales).**

Dentro del campo de la ingeniería civil y eléctrica en México, el mantenimiento ocupa un lugar inexplorado; comparado con las filosofías ampliamente usadas en el ramo industrial, generalmente el mantenimiento en nuestro país no se elabora desde la etapa de proyecto de una obra; en la forma de un programa de tareas que junto con las programaciones de otros proyectos, forme parte del proyecto ejecutivo de la misma.

El mantenimiento es una inversión dentro de la empresa constructora debido a que uno de sus objetivos es el de preservar el valor de los bienes inmuebles; dentro de tal enfoque el mantenimiento se refiere a lograr la maximización de la vida útil de la edificación, a través de acciones ejecutadas por el responsable del mantenimiento, junto con el equipo técnico calificado; a fin de que la obra tenga la misma fiabilidad, disponibilidad y productividad proyectadas inicialmente. Por lo tanto el mantenimiento es ajustable, programable y hace evidente su efectividad.

En nuestro país, generalmente se ha definido el mantenimiento dentro de la planeación o como un costo directo de la operación; sin embargo, hace falta una metodología para que el proyectista defina con anticipación las futuras tareas de mantenimiento que su proyecto generará; en concreto, un objetivo de este subtema es plantear su diseño como un programa, tomando en cuenta la planeación y organización propias de cada tipo de obra.

Tradicionalmente, se distinguen cuatro etapas dentro de la planeación de una obra:

1. PLANEACIÓN.
2. DISEÑO.
3. CONSTRUCCIÓN.
4. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.

La finalidad de este subtema es que el mantenimiento se tome en cuenta en todas las fases. De acuerdo a lo anterior, los nuevos proyectistas de ingeniería civil y eléctrica deben tomar en cuenta que la elaboración de un programa de mantenimiento adecuado, junto con la aplicación de los demás programas convertirá un proyecto en algo real y productivo.

Las labores del diseño del mantenimiento desde la etapa del proyecto concluyen con la elaboración inicial del manual de mantenimiento de la edificación y en su caso de la instalación, este es un documento dinámico que deberá ajustarse y modificarse en función de las condiciones de operación del inmueble.

- Definición de Manual de Mantenimiento.

Un manual de mantenimiento es un conjunto de documentos que contiene definiciones, políticas y procedimientos administrativos y técnicos que describen de manera ordenada las actividades necesarias para garantizar la existencia del servicio de un edificio o de una instalación en general, dentro de los parámetros establecidos de funcionalidad, confiabilidad, confort y economía así como para maximizar su vida útil.

- Utilidad del Manual.

El manual es un documento normativo toda vez que establece políticas y procedimientos congruentes con el esquema de organización y métodos generales de la empresa u organización. El manual de mantenimiento es útil porque:

- Sirve de guía a los mantenedores, aprendices e incluso a los operadores de equipo y sistemas.
- Incrementa la eficiencia de la organización.
- Permite estimar los recursos humanos y materiales requeridos.
- Facilita la evaluación de mantenimiento respecto a los estándares predeterminados.
- Auxilia en la elaboración de presupuestos y el control de costos.
- Es una fuente de información para la administración de taller y almacén de mantenimiento.
- Establece reglas para el control de documentos.

### ***DESARROLLO DEL MANUAL:***

Se recomienda desarrollar el Manual de Mantenimiento de una edificación en cinco partes:

- **Primera**, que indique el propósito, los objetivos, y filosofía de la organización que son establecidos por la Dirección General del propietario o usuario de la edificación, así como los procedimientos generales.
- **Segunda**, que contenga lo relativo de la organización del área de mantenimiento, incluyendo sus objetivos, funciones, perfiles recomendados y capacitación.
- **Tercera**, que comprenda la información relativa a la construcción como son planos y licencias, la documentación de orden legal para la operación, permisos y licencias municipales y federales, contratos celebrados, garantías de equipos o instalaciones, pólizas de seguros entre otros.
- **Cuarta**, que corresponde a las tareas y procedimientos específicos para cada una de las tareas de mantenimiento, incluyendo inventarios, registros, procesos,



programas y reportes. Estas actividades se denominan programa de mantenimiento preventivo.

- **Quinta**, que comprende a todos los documentos anexos que son de utilidad a los objetivos del mantenimiento.

### ***ANEXOS DEL MANUAL***

Además del manual de mantenimiento autorizado y actualizado, es conveniente que el responsable de aplicarlo sea la persona encargada de guardarlo, así como la siguiente lista de documentos:

- Planos originales y completos de la construcción aprobados.
- Bitácoras, memorias de cálculo y especificaciones.
- Permisos, licencias, autorizaciones y actas de inspección.
- Copias de las pólizas de servicio.
- Garantía de equipos y sistemas.
- Pólizas de seguros de todos los equipos e instalaciones de la edificación.
- Un directorio de proveedores de equipos, refacciones, insumos y mantenimiento externo; así como de instaladores y operarios externos en caso de emergencia.
- Copias de los contratos, facturas y manuales de operación de telefonía, agua, energía eléctrica, gas, combustibles, elevadores, escaleras eléctricas, comunicaciones, TV, cable, audio, computo, microondas, alarmas extinguidotes, bombas, subestaciones, transformadores, hornos, amasadoras, fumigadores y en general de todos los sistemas e instalaciones que requieran una acción de conservación.
- Una copia de los manuales de operación de los trabajadores y empleados de la edificación terminada, para revisar que sean congruentes con el manual de mantenimiento y que ambos se complementen.
- Un directorio de servicios de emergencia tanto de: bomberos, policías, ambulancias, médicos, hospitales, antirrábico, mecánicos, automotrices, grúas, por solo mencionar algunos.

## ***CONTENIDO DEL MANUAL DE MANTENIMIENTO***

1. Objetivo y misión de la organización.
2. Organigrama de la organización.
3. Procedimientos ante emergencias.
4. Objetivos del área de mantenimiento.
5. Organización del área de mantenimiento.
6. Definiciones fundamentales de mantenimiento.
7. Esquema de capacitación para el personal de mantenimiento.
8. Relación de planos de la edificación.
9. Relación de documentos legales de la edificación.
10. Relación de pólizas de garantía.
11. Relación de pólizas de servicio contratadas.
12. Normas de seguridad del área de mantenimiento.
13. Índice general de disciplinas.
14. Cédula de mantenimiento por disciplinas.
15. Programa de mantenimiento por disciplinas.
16. Reporte mensual y anual.
17. Directorio de proveedores de mantenimiento.
18. Relaciones de documentos complementarios.

### ***Relación de planos de la edificación***

- Nombre del plano
- Arquitectónicos
- Estructurales
- Instalación Eléctrica
- Instalación Hidráulica
- Instalación Sanitaria
- Previsiones contra incendio
- Elevadores y escaleras eléctricas
- Combustible y gas
- Calderas y generadores de vapor
- Aire Acondicionado y Ventilación
- Instalaciones especiales
- Señal de voz, datos y video.

Para cada uno se recomienda incluir: Clave o Código, nombre del plano, elaboración, fecha de elaboración o última revisión, contenido general y observaciones.

#### ***Relación de documentos legales de la edificación***

- Acta constitutiva de la empresa
- Poder para actos de administración a favor de:
- Escritura del terreno, Licencia de construcción
- Aviso de terminación de obra
- Visto bueno de operación
- Constancia de uso de suelo
- Planos aprobados
- Contrato de energía eléctrica
- Contrato de líneas telefónicas

#### ***Relación de pólizas de garantías***

En este punto los diversos componentes de la edificación como son: impermeabilización, domos, calentadores, tinacos, llaves mezcladoras, etc., gozan de un período de garantía por parte del fabricante. La mayoría de equipos, herramientas y aparatos en general tienen ciertos períodos de garantía, los cuales para hacerse efectiva requieren del documento que acredite la fecha de compra

Llevar un registro de los equipos que cuentan con estas garantías facilita su reclamación.

#### ***En conclusión a lo anterior se tiene:***

- Que hay que desarrollar ventajas competitivas para los clientes, como el diseño y manual de mantenimiento desde la etapa de proyecto.
- El diseño y elaboración de los manuales de mantenimiento, es altamente rentable para el cliente, al bajarle los costos de operación del inmueble y aún más, de las instalaciones eléctricas, electrónicas y especiales.
- Con el diseño y manual de mantenimiento, se incrementa la satisfacción del cliente.
- Finalmente, para los dueños o usuarios de la obra es de gran valor contar con un Manual de Mantenimiento, que les permita realizar un Mantenimiento Preventivo, planeado, en lugar de una Mantenimiento Correctivo ó de Falla, con los beneficios que implica.

## **VI.6. OPERACIÓN (manuales).**

Un manual de operación, es un conjunto de documentos que contiene indicaciones técnicas y de uso para conservar el buen funcionamiento de los inmuebles, instalaciones, mobiliario y equipo con los que cuentan los espacios educativos, de oficinas, hospitales y de uso comercial.

En este manual se encuentran instrucciones y/o símbolos de seguridad adicionales. Estos sirven para alertar al personal de mantenimiento y operadores sobre las situaciones potencialmente peligrosas. A continuación se mencionan algunas:

- Inspeccionar el equipo para evitar condiciones diarias inseguras y para reemplazar todas las partes gastadas o defectuosas.
- Mantener el área de trabajo limpia y ordenada
- Verificar que solo el personal capacitado opere y de servicio al equipo instalado, como pueden ser, plantas de emergencia, subestaciones, etc.
- No dar servicio ni limpiar el equipo mientras se encuentre en funcionamiento.
- Apagar el equipo y cortar la energía de entrada en el suministro antes de intentar darle mantenimiento al equipo.
- Seguir las instrucciones de mantenimiento y servicio que se incluyen en los manuales.

### **SEÑALES**

- Leer y obedecer todas las etiquetas de advertencia, señales y frases de precaución en el equipo, principalmente, en plantas de emergencia, subestaciones, transformadores, etc.
- No retirar ni deformar ninguna de las etiquetas de advertencia, señales y frases de precaución en el equipo anteriormente mencionado.
- Reemplazar cualquier etiqueta de advertencia, señales y frases de precaución que se hayan quitado o deformado.

### **CONSIDERACIONES ADICIONALES**

- Para asegurar el funcionamiento adecuado del equipo, hay que utilizar los recursos eléctricos y/o suministros especificados en los manuales.
- No intentar alterar el diseño del equipo a menos que reciba una aprobación por escrito de los productores u operadores.

- Conservar todos los manuales de manera que estén siempre a la mano y puedan consultarse con frecuencia para lograr el mejor rendimiento del equipo electromecánico.

La optimización de la operación y el mantenimiento cubren un rango amplio de aspectos a considerar y trabajos a realizar, incluyendo el mantenimiento adecuado del equipo eléctrico suministrado en el edificio, industria, centro comercial u hospital, así como una adecuada política de operación de los sistemas eléctricos en función de la demanda real, la correcta supervisión y control de los parámetros críticos como las sobrecargas dentro del sistema.

Durante la etapa de operación, la medición, monitoreo y supervisión de los sistemas eléctricos y equipos deben ser diseñados e implementados para lograr una eficacia y eficiencia global de toda la instalación y el equipo eléctrico. A través de un mantenimiento adecuado a la instalación y equipo eléctrico suministrado en la edificación, se puede cuidar en todo momento la calidad de la energía suministrada y distribuida dentro del edificio, produciendo beneficios como prevenir paros inesperados y largos, aumentar el tiempo de vida de los equipos y reducir pérdidas ahorrando energía.

Hay acciones simples que no dependen de la tecnología sino de simple lógica común como no operar equipos cuando el sistema no lo requiere y algunos otros, sin embargo otras acciones de alto costo beneficio como instalar sistemas de medición y monitoreo pueden darnos datos rápidamente de las pérdidas tanto de energía en los sistemas, dándonos la oportunidad de implementar medidas tanto de operación como de mantenimiento, que nos pueden reducir hasta un 10% el costo de la energía eléctrica.

Con base a lo anterior se puede concluir que todas las operaciones del sistema y equipo eléctrico se deben de realizar siguiendo estrictamente las normas de seguridad y lo especificado en los manuales suministrados por los proveedores para evitar daños a equipos, bienes, muebles e inmuebles y sobre todo las vidas humanas.

## **VI.7. REPOSICIÓN.**

Dentro del contexto eléctrico, se puede definir a la **reposición**, como el cambio o el reemplazo de los materiales y equipo eléctrico gastado o defectuoso.

Es muy difícil precisar la frecuencia con la que se debe de realizar la reposición total o parcial de una instalación ó equipo eléctrico, ya que influyen muchos factores, entre los que se encuentran, la ejecución misma, las condiciones de uso, el mantenimiento y el medio ambiente en el que opera.

Hablando de reposición, hay instalaciones donde sólo se requiere una revisión de los elementos de protección y cambio de accesorios eléctricos como son: fusibles, lamparas, transformadores de lamparas, contactos, apagadores etc.

## **CONCLUSIONES.**

La supervisión y el control de calidad de las instalaciones eléctricas en un edificio tiene características y problemas muy particulares, sin embargo se deben resolver tomando en cuenta las Normas Técnicas aplicables, las especificaciones generales y particulares, así como la aplicación del criterio y experiencia del responsable del proyecto ejecutivo y construcción de la misma instalación.

Este trabajo lo he elaborado con el fin de que el ingeniero civil, particularmente los que se dedican a la supervisión y los constructores en general tengan una visión más concreta de cómo realizar la supervisión y control de calidad en las instalaciones eléctricas en una edificación, tomando en cuenta la planeación, programación, diseño, control, operación y mantenimiento de las mismas, verificando en todo momento el cumplimiento de la normatividad y especificaciones aplicables vigentes.

He abordado temas que son áridos y poco explorados por el ingeniero civil, como es el caso de las normas y especificaciones aplicadas a las instalaciones eléctricas, sus planos, su control de calidad, proveedores, laboratorios, pruebas, manuales de mantenimiento y operación, en la forma más sencilla posible para que se entienda fácilmente.

Es importante hacer notar que la adecuada supervisión y control durante la etapa de planeación, diseño y ejecución de los trabajos nos va a llevar a una edificación más segura, económica y eficiente, es por eso que estos aspectos se han tratado lo más detallado posibles.

Considerando que por lo general el ingeniero civil es uno de los profesionistas principales que intervienen en la construcción de un edificio y en muchos casos es el encargado de supervisar la obra en forma general, es indispensable que éste conozca los elementos básicos que constituyen una instalación eléctrica, las normas, reglamentos y el control de la misma, para que en un momento dado pueda tomar decisiones sobre las condiciones de planeación, proyecto y ejecución, así como las características y operación de las mismas.

En virtud a lo anterior, el ingeniero civil y los constructores en general deben tener elementos de consulta, con este trabajo pretendo conjuntar todos los elementos que permitan la comprensión de una instalación eléctrica desde el punto de vista de planeación, programación, control y supervisión de las instalaciones eléctricas.

Otro de los objetivos es el de familiarizar al ingeniero civil con el lenguaje técnico de los ingenieros electricistas y con el aspecto normativo de operación y mantenimiento de

las instalaciones eléctricas. Para lograr lo anterior me he apoyado en los fundamentos conceptuales básicos de las instalaciones eléctricas, de la supervisión enfocada a las instalaciones, operación, mantenimiento y control de las mismas con un lenguaje claro y preciso.

Considero que para un desarrollo integral en el ámbito profesional, el ingeniero civil debe complementar su formación con el estudio de todos los aspectos vinculados con el ejercicio de su profesión y sin duda alguna las instalaciones eléctricas se encuentran vinculadas en forma ineludible a prácticamente toda obra civil.

Actualmente el campo de trabajo del ingeniero civil se encuentra muy competido y ante los cambios que se han dado con el tratado de Libre Comercio es necesario tener una mayor y mejor preparación. Ampliar nuestros conocimientos en general, y sobre todo en las áreas íntimamente ligadas con el ejercicio de nuestra profesión, nos permita sin duda alguna consolidarnos como profesionistas y lograr el éxito que seguramente pretendemos al término de nuestros estudios profesionales.



## **BIBLIOGRAFÍA**

1. W.Fisher Howar. Especialidades técnicas, lectura de planos y elaboración de diagramas. Editorial Diana, S.A. México (1971).
2. Kart Volver. Instalaciones técnicas en la construcción de viviendas. Editorial Labor, S.A. España (1968).
3. Honrad Sage. Instalaciones técnicas en edificios VOLUMEN 1. Editorial Gustavo Gili, S.A. Barcelona (1975).
4. Camarena M. Pedro. Manual de instalaciones eléctricas residenciales. Compañía Editorial Continental, S.A. México. (1975).
5. Enriquez Harper Gilberto. Fundamentos de instalaciones eléctricas de mediana y alta tensión. Editorial Limusa, S.A. México (1982).
6. Enriquez Harper Gilberto. Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales. Editorial Limusa, S.A. México (1996).
7. Enriquez Harper Gilberto. El ABC de las instalaciones eléctricas residenciales. Editorial Limusa, S.A. México (1984).
8. Becerril L. Diego Onésimo. Instalaciones eléctricas prácticas. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del instituto Politécnico Nacional. México (1973)
9. Ramírez Vázquez José. Instalaciones eléctricas. Ediciones Ceac, S.A. Barcelona (1980).
10. Neagu Bratu Serban Campero Silva E. Instalaciones eléctricas conceptos básicos y diseño. Ediciones Alfa Omega, S.A. de C.V. México (1990).
11. Square D. Catalogo General. México (1989).

12. Sheinbaum Pardo Claudia. Economía del uso eficiente de la energía eléctrica en la iluminación. Tesis para Maestría en Ingeniería Energética. México (1990).
13. Enriquez Harper Gilberto. Líneas de transmisión y redes de distribución de potencia eléctrica, V.1 . Editorial Limusa, S.A. México (1984).
14. J Pansini Anthony. Transporte y Distribución de energía eléctrica, tomo 1 y 2. Editorial Glem, S.A. (1975)|
15. Normas Técnicas para instalaciones eléctricas. Dirección General de Normas. México. (SEDE 2005).
16. Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas y su Reglamento. (SEDE 2001).
17. El diseño de mantenimiento en edificaciones desde la etapa de proyecto. Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura del instituto Politécnico Nacional. México (1985).
18. ¿Qué es el control de calidad?. Kaoru Ishikawa. Grupo Editorial Norma.
19. Círculos de calidad. Philip C. Thompson. Grupo Editorial Norma.