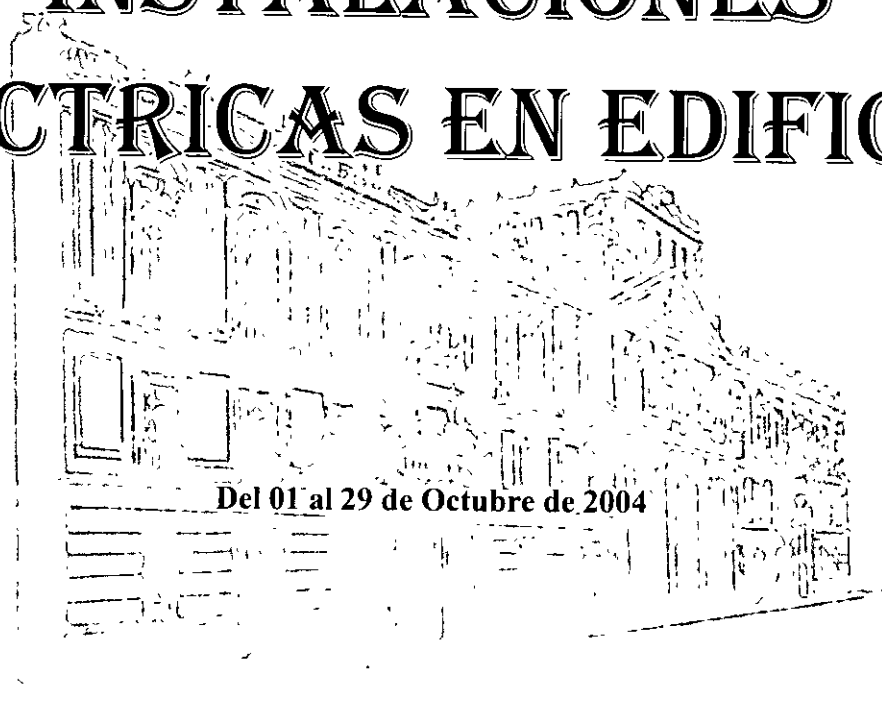




FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

## CURSOS INSTITUCIONALES

# INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS



Del 01 al 29 de Octubre de 2004

### *APUNTES GENERALES*

CI-158

Instructor: Ing. Justo Gutiérrez Moyado  
BBVA-Bancomer  
OCTUBRE 2004

### **Objetivo General:**

Al término del curso el participante estará en capacidad de manejar los criterios básicos necesarios en la solución de problemas relacionados con los sistemas de distribución y conductores, así como la protección, administración, calidad y eficiencia de energía eléctrica en instalaciones de edificios.

# INTRODUCCIÓN

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años los accidentes debidos a fallas eléctricas en edificios, residencias e industrias han tenido un incremento importante en sus estadísticas.

Las normas cada día se han vuelto más estrictas en lo que se refiere a dimensionamiento y selección de los equipos y accesorios dedicados a proporcionar la protección y el servicio continuo de energía eléctrica.

Actualmente edificaciones que cuentan con equipos con protección de falla a tierra, sistemas de energía ininterrumpible (UPS's) y mallas de puesta a tierra son más comunes, la necesidad de contar con una instalación debidamente protegida que asegure la integridad física de las personas y el buen funcionamiento y durabilidad de los equipos a proteger se ha vuelto imperante.

La correcta selección y aplicación de los equipos cuya función es proteger y alimentar cargas eléctricas representa un conocimiento detallado de los fabricantes y equipos disponibles en el país, la interpretación de la información proporcionada por los mismos en tablas de selección y catálogos técnicos es la base de un correcto dimensionamiento de equipos aplicados a funciones específicas tales como UPS's y pararrayos.

El presente estudio es el resultado de la consolidación de la información proporcionada por fabricantes y proyectistas pensando en presentar la manera de cómo se deben seleccionar correctamente los equipos que componen un sistema de protección y distribución eléctrica integral que pueda ser aplicada a cualquier nivel o tipo de proyecto.

Dentro de este estudio se presentan tablas de fabricantes y algunas recomendaciones adicionales a tomar en cuenta en el momento de proyectar y especificar los equipos que se requieren para lograr desde un buen sistema de puesta a tierra hasta una correcta coordinación de protecciones, pasando por la selección de equipos bajo diferentes estándares como pueden ser las normas NEMA/UL y las IEC, esto ultimo enfocado a conocer las diferencias en la selección de equipos equivalentes dentro de ambas normalizaciones aplicadas a un caso práctico pero las consideraciones que aquí se enlistaran serán validas y aplicables a cualquier proyecto tanto de tipo residencial como comercial o industrial.

**LAS AUTORIDADES SOBRE  
REGLAMENTACIÓN EN MÉXICO Y  
REPRESENTACIÓN DE UNA  
INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

En este capítulo se estudiarán las normas, reglamentos y recomendaciones que en México están vigentes para proyectar, construir, operar y dar mantenimiento a instalaciones eléctricas de inmuebles que tienen contratado el suministro de energía en tarifas 3, OM, HM y otras que por necesidades específicas requiera el usuario y los participantes del curso, se analizarán temas relacionados con la calidad, economía, continuidad, eficiencia energética y seguridad con base a reglamentación como:

NOM 001 SEDE 1999  
NOM 025 STPS 1999  
NOM 007 ENER 1995  
OTRAS NOM

En la representación de una instalación eléctrica se analizarán, estudiarán y diagnosticarán algunos diagramas unifilares y planos del usuario, que se consideren importantes, conforme el objetivo general del curso, mismos diagramas y planos que serán utilizados a lo largo del curso para combinar los conceptos teóricos con los requerimientos prácticos y de aplicación en proyecto, construcción y mantenimiento de las instalaciones.

# **SISTEMAS DISTRIBUIDOS Y MEDIOS DE PROTECCIÓN**

## 1.1. SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN

### 1.1.1. Funciones principales del sistema de distribución

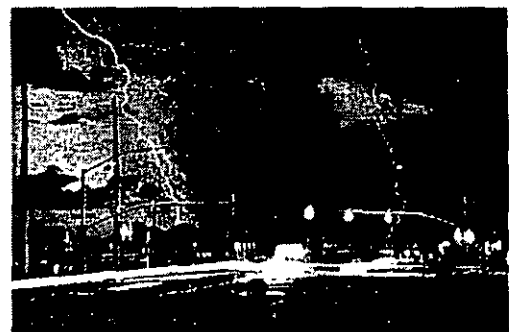
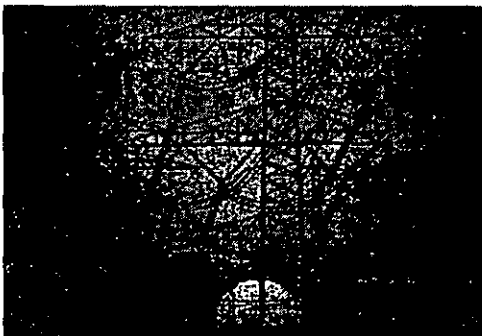
Según el manual de ingeniería eléctrica (Fink / Beaty) la función de un sistema de Distribución eléctrica es: “Recibir la energía eléctrica de las grandes y voluminosas fuentes y distribuirla entre los consumidores, a niveles de voltaje y con grados de confiabilidad que resulten adecuados para los diversos tipos de usuarios”.

Es imposible definir en valor económico que tan confiable debe ser un servicio de energía eléctrica, definitivamente factores importantes son la frecuencia y la duración de las interrupciones para medir la calidad de la misma, usuarios del tipo residencial y comercial pequeños pueden tolerar interrupciones cortas y poco frecuentes, pero en el caso de grandes industrias y muy en especial hospitales y centros de salud esas cortas interrupciones pueden resultar en grandes pérdidas económicas y en el caso de hospitales en la pérdida de vidas humanas.

Estos problemas pueden ser ocasionados debido a una inadecuada selección de los equipos involucrados en el sistema eléctrico, tanto equipos de alimentación como de protección. Muy a menudo se recurre a equipos especiales con el fin de asegurar un alto nivel de confiabilidad, tales como UPS'S, y monitores de circuitos, los cuales nos permiten tener datos constantes y actualizados de la situación de operación del sistema y en el caso de una falla indicarnos la situación y respaldar la alimentación eléctrica del circuito. Los equipos destinados a la protección de una instalación eléctrica por lo general se clasifican por su función en:

- Equipo de protección contra sobrecorrientes
- Equipo de protección contra falla a tierra
- Equipo de protección contra sobretensiones

Un sistema de distribución se debe diseñar de modo que pueda dar servicio al crecimiento anticipado en la carga con gasto mínimo. Se necesita esta flexibilidad para absorber el crecimiento en la carga de zonas ya existentes, así como el crecimiento en la carga en zonas nuevas o en desarrollo.





### 1.1.2. Equipos que componen un sistema de distribución

Dentro de los equipos que componen el sistema de distribución existen en el mercado una gran gama y diversidad de fabricantes de los cuales solo se debe seleccionar el equipo acorde con las necesidades de la instalación eléctrica, y tomando en consideración el alcance económico que se tenga.

Los equipos que integran el sistema de distribución eléctrica incorporan equipos de protección y monitoreo básicamente, pero para una descripción más completa correspondería la lista siguiente:

- A) Tablero de distribución principal tipo autoportado o tipo panel.
- B) Interruptores derivados del tablero principal tipo caja moldeada y termomagnéticos tipo pastilla.
- C) Interruptor de potencia en aire.
- D) Tableros de subdistribución tipo panel o tipo distribución de alumbrado.

Estos equipos se describen a continuación.

- A) Tablero de distribución principal tipo autoportado o tipo panel.

El tablero de distribución autoportado proporciona los medios convenientes para usarse como equipo de acometida o como centro de distribución en ampliaciones comerciales, institucionales e industriales.

Entre sus características de construcción sus estructuras son totalmente cerradas, autoportadas y contienen interruptores para la protección contra sobrecorriente, los interruptores que pueden alojar son básicamente de dos tipos: de potencia tipo abierto y de caja moldeada.

El marco del tablero es diseñado para proporcionar una estructura robusta. Las secciones individuales se construyen y se forman de canales y ángulos de acero para después asegurarse mediante tornillos de cuerda torneada que proporcionan un mejor par de apriete y resistencia al desgarre.

El tamaño de la sección se determina por el tipo, tamaño, cantidad y arreglo de los interruptores, componentes y dispositivos a instalar, todas las cubiertas y marcos están hechos de acero. Los lados están cubiertos por un canal frontal en la esquina y una placa lateral, la parte trasera se cubre con partes atornillables.

Estos tableros están disponibles en gabinetes tipo NEMA1 ( uso general) y NEMA3R (a prueba de lluvia o polvo) con lo cual se cubre cualquier tipo de ambiente de uso común. En muchos sistemas de distribución se considera mas de una acometida o fuente de alimentación ( dos o más subestaciones o un UPS) con el propósito de proveer una continuidad de servicio sobre todo a sus cargas criticas, por lo cual algunas secciones de los tableros autoportados pueden alojar solamente interruptores de potencia y funcionar como sección de enlace.

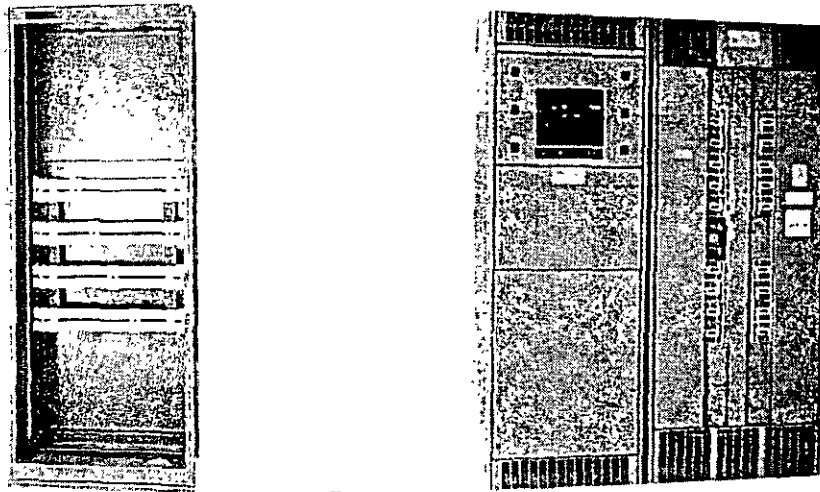


Fig. 1 Tablero de distribución principal tipo autoportado o tipo panel.

B) Interruptor de potencia en aire, caja moldeada y termomagnético tipo pastilla

La protección contra las sobrecorrientes se realiza empleando equipos como interruptores termomagnéticos o electrónicos automáticos con capacidad para interrumpir un evento peligroso en un tiempo breve antes de que se produzca daño a la instalación eléctrica.

Las condiciones de peligro que pueden presentarse se definen como:

- 1) Sobrecarga.- es el fenómeno que se presenta cuando la corriente demandada es superior a la capacidad de conducción del cable y de los equipos por los que circula. Este fenómeno debe de interrumpirse en un tiempo relativamente breve ya que si no se interrumpe se puede llegar al rápido deterioro o daño del aislamiento del cable.
- 2) Cortocircuito.- es el fenómeno que se presenta cuando dos o más fases se ponen accidentalmente en contacto entre sí. En este caso la corriente en circulación asume valores extremadamente altos y se debe de interrumpir de manera instantánea.

Los interruptores termomagnéticos o electrónicos son equipos diseñados para la protección de los conductores con características de operación precisas y confiables. Como complemento a las funciones de los interruptores se tienen equipos que ofrecen protecciones adicionales tales como falla a tierra y contra sobre tensiones.

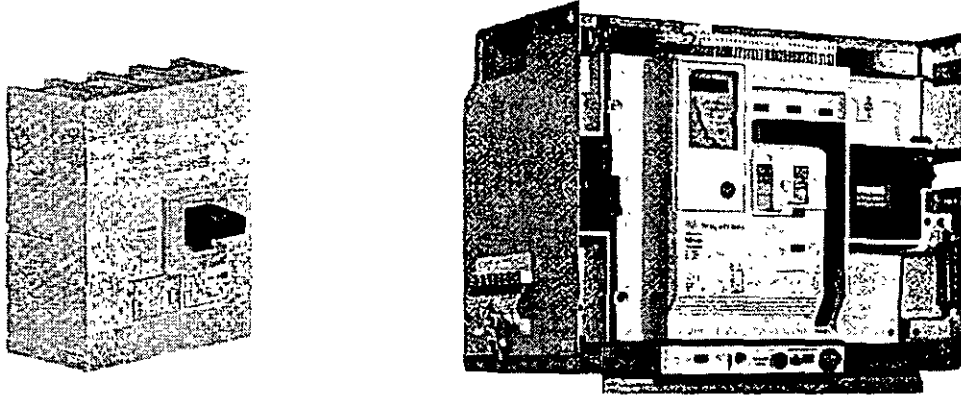


Fig. 2 Interruptor de potencia en aire, caja moldeada y termomagnético tipo pastilla

- 3) Protección contra falla a tierra.- se realiza empleando interruptores o módulos diferenciales los cuales tienen la función de interrumpir el circuito cuando una corriente de falla a tierra supera el rango de corriente de operación diferencial de interruptor, la protección contra falla a tierra garantiza un margen de seguridad óptimo ya que unos cuantos mili amperes provocan el disparo del mismo. El uso de interruptores diferenciales se debe realizar cuando la protección contra contactos directos e indirectos sea requerida. Estos interruptores tienen dos funciones extremadamente importantes, la protección contra incendios y la protección de las personas.

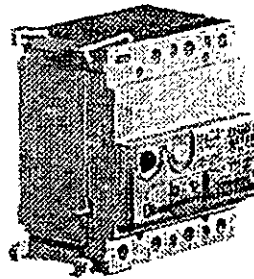


Fig.3 Interruptor diferencial contra falla a tierra

- 4) Protección contra sobretensiones.- se realiza empleando descargadores de sobretensión que permiten drenar a tierra corrientes de hasta 10 miliamperes. De estos equipos existen diferentes tipos: de gas, con varistor o con supresor por semiconductor. El descargador funciona cuando la tensión excede cierto valor, con lo cual la resistencia del equipo cambia de valor de modo que la sobrecorriente creada se drena directamente a tierra.

Todos los equipos de protección ya sean interruptores o auxiliares vienen identificados con las capacidades y características necesarias para su correcta selección en función de la operación a ejecutar.

#### Características constructivas de los interruptores

Muchos de los componentes son comunes a todos los interruptores estos son la caja moldeada, los elementos de disparo y el mecanismo de operación y los conectores de línea y carga. Estos y otros componentes se encuentran en los interruptores como sigue:

**Caja moldeada.-** La función de la caja moldeada es encapsular todos los componentes del interruptor, la caja esta moldeada en una resina fenolica la cual combina un alto poder dieléctrico y robustez.

Los valores máximos de corriente y voltaje y la capacidad de interrupción determinan el tamaño y calibre de la caja moldeada en general mientras mas grandes sean los niveles mas grande deberá ser la caja moldeada.

**Elementos de disparo.-** un elemento de disparo por sobrecorriente es un dispositivo con el cual cualquier polo de un interruptor puede transmitir la energía necesaria para dispararlo automáticamente en caso de detectar una sobrecorriente.

Esto puede ser de tres maneras: térmica, magnética o electrónicamente.

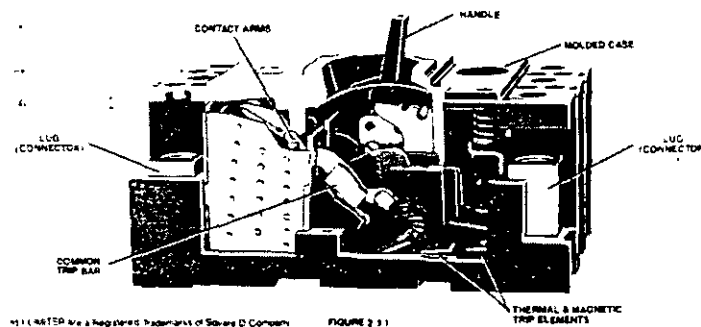


Fig. 4 Características constructivas de los interruptores

**Disparo térmico.-** el elemento de disparo térmico consiste en un bimetal construido de metales de distintas propiedades ensamblados conjuntamente.

Debido a los diferentes niveles de dilatación de estos metales, el calor generado por la corriente que pasa a través de ellos causa que el bimetal se deforme, la fuerza generada por esta deformación del bimetal es usada para disparar el interruptor (ver figura 5).

Estos elementos tienen característica de tiempo inverso ( su tiempo de disparo disminuye conforme el valor de corriente se incrementa ).

Por ejemplo en sobrecargas ligeras a un valor del 135 % debe de tomar 200 segundos el disparo del interruptor y al 500 % debe de tomar solo 2 seg.

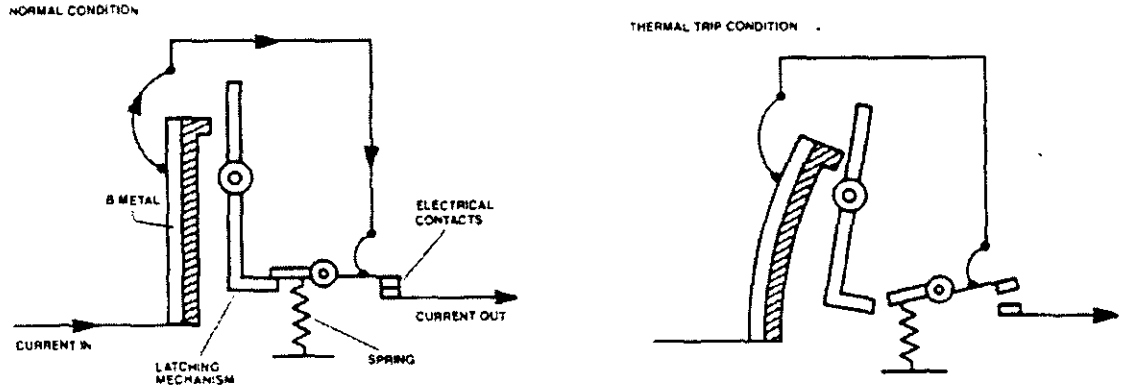


Fig. 5 Disparo térmico en interruptores

Disparo magnético.- el disparador magnético o disparador instantáneo es la parte de una unidad de disparo que contiene un ensamble electromagnético que dispara el interruptor instantáneamente o sobre un valor predeterminado de la corriente.

La mayoría de los interruptores termomagnéticos en caja moldeada tienen un elemento de disparo magnético en cada polo, este elemento responde a un valor dado de sobrecorriente y es independiente al elemento térmico (ver figura 6).

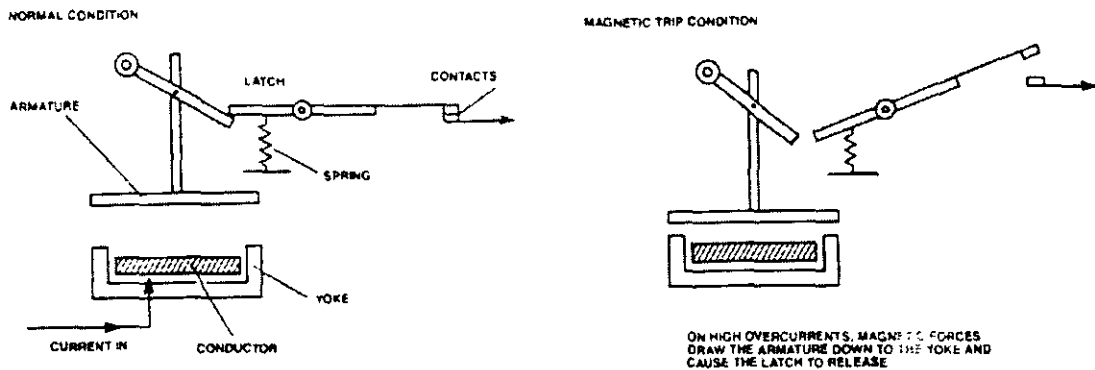


Fig. 6 Disparo magnético en interruptores

Disparo electrónico.- también llamado disparador de estado sólido, ofrece mejor desempeño y precisión censando sobrecorrientes e iniciando el disparo del interruptor. A través del uso de transformadores de corriente y componentes de estado sólido los niveles de corriente son medidos y temporizados, entonces son comparados con valores predeterminados. Cuando las corrientes y las temporizaciones han sido alcanzadas la unidad de estado sólido envía una señal a un solenoide interno de disparo el cual opera el interruptor. ( ver figura 7)

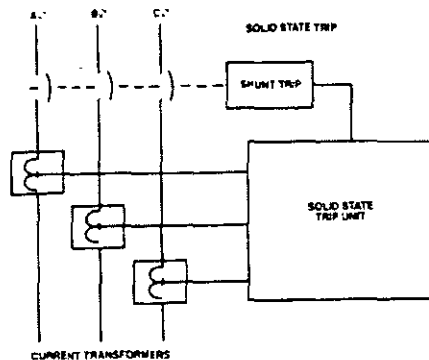


Fig. 7 Disparo electrónico en interruptores

Debido al desempeño y precisión del componente de estado sólido, el interruptor disparara en el mismo punto cada vez. En adición los interruptores electrónicos ofrecen la versatilidad de poder ser ajustados en pequeños intervalos de su característica de tiempo corriente.

Mecanismo de operación.- desde el más sencillo hasta los multipolares, todos los interruptores tienen una palanca de operación. Esta palanca actúa directamente sobre el mecanismo de operación contra los brazos de contacto, los interruptores multipolares tienen una barra de disparo común que asegura una operación correcta de todos los polos en acción manual y operación automática.

Actualmente los interruptores cuentan con un mecanismo de disparo libre el cual permite que el interruptor dispare incluso cuando la palanca esta bloqueada o enclavada con dispositivos y candados.

Sin este accesorio la palanca asume una posición central entre on y off cuando el interruptor dispare.

Conectores de línea y carga.- todos los interruptores deben estar provistos de conectores para instalarlos en un circuito eléctrico, las zapatas tipo compresión o tipo mecánica. Adicionalmente se pueden tener conectores tipo enchufables similares a los utilizados en interruptores residenciales.

Estas son diseñadas para una instalación y extracción rápida de los interruptores.

**Características eléctricas a considerar para la selección de los interruptores automáticos**

Todos los equipos de protección, sean los interruptores destinados para la protección de sobrecorrientes o los equipos para la protección diferencial, vienen identificados con las capacidades y características necesarias para su correcta selección en función de la instalación a ejecutar.

In.- Corriente nominal: para los interruptores la corriente nominal, asignada por el fabricante, coincide con la corriente térmica, al aire libre y representa el valor de corriente que el interruptor puede conducir en servicio continuo.

Inf.- Corriente convencional de no disparo: este valor representa la sobrecorriente con la cual no se efectúa el disparo de un interruptor termomagnético (o electrónico) en un tiempo dado.

If.- Corriente convencional de disparo: representa el valor de la sobrecorriente con la cual se efectúa la operación de disparo de un interruptor termomagnético o electrónico en el tiempo convencional.

Im1.- Dentro de una curva de disparo es el límite inferior de corriente que provoca el disparo electromagnético.

Im2.- Dentro de una curva de disparo es el límite superior de corriente que provoca el disparo electromagnético.

Ue.- Tensión nominal: es el valor de tensión que junto con la I nominal determina la aplicación del propio equipo. Este valor generalmente se establece por el valor de tensión entre fases.

Ui.- Tensión nominal de aislamiento: es el valor al cual se refieren las tensiones de las pruebas dieléctricas y la distancia de seguridad y de aislamiento superficial. En ningún caso la tensión nominal de empleo puede ser superior a la tensión de aislamiento.

En caso de que no se indique algún valor de tensión de aislamiento, es necesario considerar la tensión de aislamiento como el mismo valor de la tensión nominal.

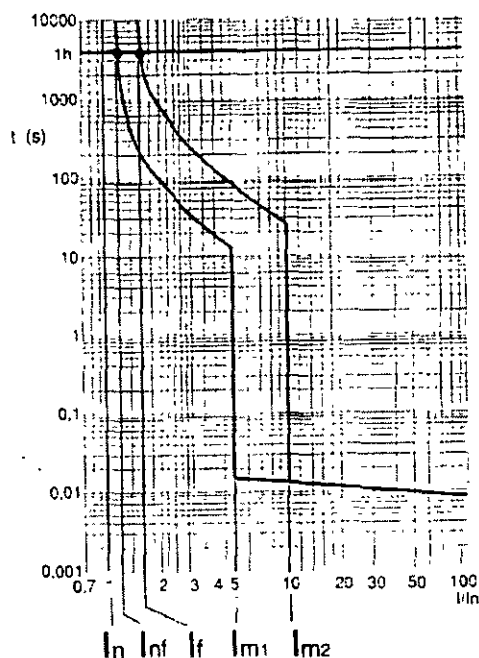


Fig. 8 Curva de disparo de un interruptor

**Uimp.-** Tensión de la prueba de impulso: es el valor pico de una tensión de impulso con características bien definidas en las normas que los aparatos pueden soportar sin dañarse. La prueba se efectúa con el interruptor abierto verificando que no se tengan descargas internas entre los contactos de una misma fase o de una fase a los componentes internos.

Este valor se emplea para la coordinación del aislamiento de la instalación.

**Icu.-** capacidad interruptiva: representa la corriente máxima que un interruptor puede interrumpir en condiciones de cortocircuito.

El fabricante puede asignar a un mismo aparato varias capacidades interruptivas a diferentes valores de tensión. No se establecen límites para la capacidad interruptiva.

**Icn.-** capacidad interruptiva nominal: conceptualmente es lo mismo que la capacidad interruptiva.

**Icm.-,** capacidad de cierre nominal en cortocircuito: es un valor expresado como el valor máximo del pico de corriente estimada en condiciones definidas para un valor determinado de tensión y con un determinado factor de potencia, este es el máximo valor de corriente que un interruptor puede manejar.



Definiciones a tomar en cuenta en la selección de protecciones contra falla a tierra.

$I_{\Delta n}$ .- corriente diferencial nominal de disparo: es el valor de corriente diferencial asignado por el fabricante del interruptor con la cual el interruptor diferencial debe actuar de acuerdo a las condiciones especificadas.

Esta característica representa la sensibilidad del interruptor diferencial.

$I_{\Delta no}$ .- corriente diferencial nominal de no disparo: es el valor de corriente diferencial asignado por el fabricante e indicado como el 50% de la corriente diferencial nominal de disparo ( $I_{\Delta n}$ ) al cual el interruptor diferencial no opere en las condiciones definidas.

$I_{\Delta m}$ .- capacidad nominal de cierre y de interrupción diferencial: es el valor de la componente alterna de la corriente diferencial, que el interruptor diferencial puede conducir e interrumpir en las condiciones definidas por las normas específicas.

Las normas establecen que el valor mínimo de  $I_{\Delta m}$  debe escogerse entre  $10 I_n$  y 500 amp seleccionando de los dos valores el más alto.

$I_{nc}$ .- corriente nominal de cortocircuito condicional: es el valor de corriente de cortocircuito, que un interruptor diferencial puede soportar sin que se degrade su capacidad o se afecte su funcionamiento cuando está coordinado con un interruptor o fusible, de tal manera que se pueda garantizar la protección adicional de sobrecorriente.

$I_{\Delta c}$ .- corriente nominal de Cortocircuito condicional diferencial es un parámetro relacionado con los interruptores diferenciales, sin protección contra sobrecorriente integrado; y que representa el valor de la corriente diferencial estimada, que el interruptor diferencial coordinado y protegido por un dispositivo idóneo de sobrecorriente, puede soportar sin sufrir alteraciones que comprometan su funcionamiento.

### C) Interruptores de Potencia en Aire

Los interruptores de potencia en aire funcionan bajo el mismo principio que las pastillas termomagnéticas y de los interruptores en caja moldeada pero a diferencia de estos, los interruptores de potencia deben de cumplir con ciertas especificaciones adicionales, las cuales se mencionan a continuación.

A diferencia de los interruptores caja moldeada y miniatura, los interruptores de potencia son fabricados en dos versiones, la versión fija que es la que se instala directamente en los tableros y la versión removible que consta de un chasis de montaje y el cuerpo del interruptor, esto nos permite hacer el mantenimiento en un tiempo más corto y en caso de requerir la sustitución del interruptor por uno de otra capacidad, solo será necesario hacer el cambio del cuerpo del equipo sin necesidad de remover el interruptor completo (chasis e interruptor) del tablero, ya que el chasis no será removido y es de uso estándar, es decir funciona de igual manera para todas las capacidades.

### Construcción

Los interruptores deberán ser diseñados con compartimientos independientes de control y fuerza. Deberán contar con banderas indicadoras del estado de operación del interruptor (abierto / cerrado) y del estado del mecanismo de energía almacenada.

Los interruptores deberán ser diseñados de tal manera que el mantenimiento pueda ser realizado en función de su uso

No se deberá requerir un perímetro de seguridad para los interruptores removibles. Para interruptores fijos, se deberán proveer 120 mm de espacio por encima de las cámaras de arqueo para poder permitir su remoción.

El mecanismo de operación deberá ser del tipo de energía almacenada abierto/cerrado/abierto. El tiempo de cierre debe ser menor o igual a 70 milisegundos.

### Contactos principales

Los contactos principales deberán ser diseñados de tal manera que no requerirán mantenimiento o ajustes bajo condiciones normales de uso.

Los contactos principales deberán estar equipados de un indicador de desgaste visual que puede ser accesado retirando las cámaras de arqueo, para la evaluación inmediata del desgaste de los contactos sin requerir mediciones o herramientas especiales.

### Cámaras de arqueo

Las cámaras de arqueo deberán ser removibles en sitio sin requerir herramientas especiales. Deberán estar equipadas con filtros metálicos para reducir las manifestaciones exteriores durante la interrupción de corriente.

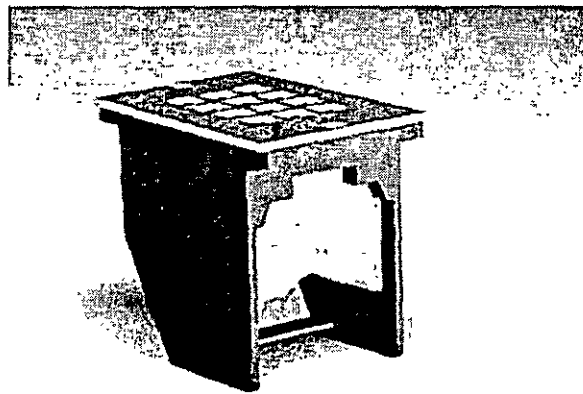


Fig. 9 Cámara de Arqueo Masterpact NW

### Mecanismo de conexión / desconexión

Deberá ser posible operar a desconectado ("OFF") el interruptor a través de la puerta cerrada por seguridad. Las tres posiciones posibles (conectado, desconectado y prueba) deberán estar indicadas en el frente del chasis con vista plena al usuario.

Antes de llevar a cabo una operación de desconexión o conexión, el operador deberá presionar un botón de liberación localizado en el chasis.

La puerta podrá ser equipada con un sistema de bloqueo para evitar su apertura con el interruptor en la posición conectada. Se podrán colocar persianas de seguridad sobre el fondo del chasis. Un sistema de prevención de no-compatibilidad deberá bloquear la

inserción de los interruptores removibles que tengan una capacidad de potencia mayor al del chasis.

#### Auxiliares eléctricos

Los auxiliares eléctricos, como bobinas de disparo, mando motorizado, bobinas de mínima tensión, contactos auxiliares, etc., deberán ser comunes para ser utilizados en toda la gama desde 800 a 6300A.

#### Indicadores mecánicos

Los indicadores mecánicos en la cara frontal del interruptor deberán indicar el estado de las siguientes condiciones:

1.- (ON) (contactos principales cerrados)	Resorte cargado
2.- (ON) (contactos principales cerrados)	Resorte descargado
3.- (OFF) (contactos principales abiertos) para cerrar	Resorte cargado- interruptor listo
4.- (OFF) (contactos principales abiertos) para cerrar	Resorte cargado- interruptor no listo
5.- (OFF) (contactos principales abiertos)	Resorte descargado

#### Protecciones / Unidad de control

##### General

La unidad de control deberá: ser autoalimentada por los sensores internos del interruptor, mantener en memoria los ajustes de disparo, aunque haya ausencia de tensión en el sistema, deberá ser intercambiable en campo para facilitar las modificaciones que se realicen de la instalación, deberá medir el valor eficaz RMS de la corriente y deberá poseer una memoria térmica para almacenar la información del incremento de temperatura en el caso de sobrecargas repetidas o fallas a tierra.

##### Selectividad.

La distribución de una instalación eléctrica generalmente se logra a través de los dispositivos de control y protección instalados en serie.

En una red de distribución del tipo radial como la que opera en este país, es necesario que en caso de una falla opere el dispositivo de protección más cercano sin que participen los dispositivos que se encuentran eléctricamente más cercanos a la fuente de alimentación.

Esta necesidad se define como selectividad. La selectividad entre aparatos de protección es necesaria cuando se quiere garantizar la máxima continuidad del servicio, aun en las condiciones más críticas de operación.

Generalmente se verifica la selectividad cuando se comparan:

Sobrecarga

Corto circuito

Falla a tierra (diferencial)

Para verificar que dos dispositivos de protección son selectivos entre si, los fabricantes ponen a disposición tablas y curvas de operación.

La selectividad puede ser total cuando el interruptor aguas abajo dispara para todos los valores de sobrecorriente hasta el limite de su capacidad interruptiva o parcial si la selectividad se limita a valores de sobrecorrientes inferiores a su capacidad interruptiva.

En el segundo caso se define un limite de selectividad ( $I_s$ ) que representa el valor de corriente por debajo del cual se tendrá la operación del interruptor mas cercano al punto de falla y por arriba de este valor se tendrá también la operación del interruptor aguas arriba.

**Selectividad Amperométrica en sobrecarga**

La característica de operación por sobrecarga de los interruptores automáticos es una característica a tiempo inverso. Para verificar la selectividad es necesario analizar sobre la escala logarítmica ( $I_{cc}/t$ ), las curvas de disparo térmico de los equipos a considerar. Los puntos de intersección que se encuentran son los limites de selectividad.

La selectividad por sobre carga estará siempre garantizada si el tiempo de no-operación del interruptor aguas arriba es superior en tiempo de apertura al del interruptor mas cercano al punto de falla, para cualquier valor de sobrecorriente de sobrecarga.

Seleccionando interruptores con una relación entre las corrientes nominales pares o superior a 2, la selectividad por sobrecarga estará garantizada.

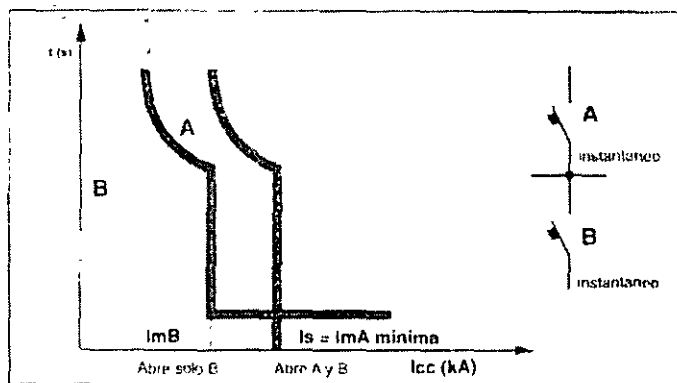


Fig. 10 Curva de disparo interruptor automático

**Selectividad Amperométrica en cortocircuito**

Para tener un nivel eficiente de selectividad entre dos interruptores automáticos en serie, es necesario seleccionarlos con el rango de operación instantánea (magnético) lo mas distanciado posible.

El análisis de las curvas de tiempo corriente de los interruptores determina el límite de selectividad ( $I_s$ ) arriba de este valor se tiene la operación instantánea de ambos aparatos. La selectividad total es efectiva cuando la corriente de cortocircuito es inferior al rango de disparo magnético del interruptor instalado aguas arriba.

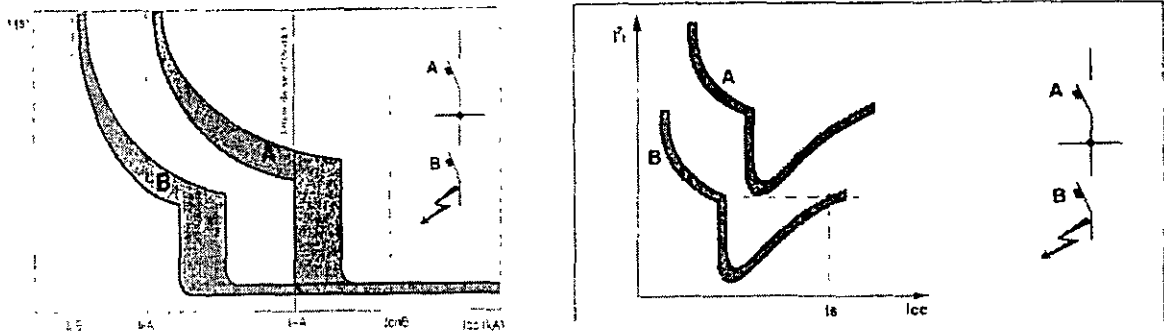


Fig. 11 Curvas de tiempo corriente de los interruptores

#### Coordinación entre interruptores

La coordinación de protecciones es la condición que se realiza cuando en una instalación se utiliza un dispositivo de protección con capacidad interruptiva inferior a la corriente estimada de corto circuito, si aguas arriba se instala otro con capacidad interruptiva adecuada para apoyar en la intervención la coordinación de protecciones entre dispositivos debe ser verificada mediante pruebas específicas de laboratorio efectuadas por el fabricante.

Este tipo de protección aprovecha la capacidad de limitación de los dispositivos de protección en serie.

Para realizar una coordinación de protecciones se pueden confrontar y sobreponer las respectivas curvas de disparo esta confrontación determina un punto de intersección P entre las dos curvas con un valor de corriente  $I_b$  llamada corriente de cambio.

En el caso de una coordinación en serie entre dos interruptores la verificación entre las curvas de disparo demuestra que no hay puntos de intersección, las dos curvas se extienden hasta el límite de la capacidad interruptiva de cada interruptor individual.

La curva de disparo resultante es más baja que la obtenida por cada interruptor individual; esto por el efecto de limitación producido por la impedancia de los interruptores en serie como consecuencia de estas consideraciones la capacidad interruptiva de la asociación de los interruptores es superior a aquella del interruptor aguas abajo y puede alcanzar los valores de corriente de cortocircuito iguales a los máximos soportables por el interruptor aguas abajo.

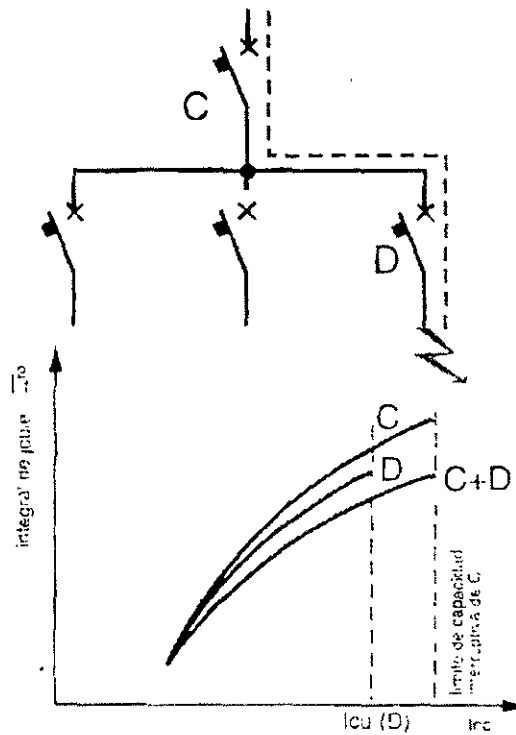


Fig. 12 Curvas de disparo tiempo corriente

#### D) Tableros de alumbrado y centros de carga

Los tableros de alumbrado y centros de carga son los equipos más pequeños para la distribución eléctrica, que reúnen las características de seguridad especificadas para tableros, se fabrican en varios tamaños dependiendo del número de circuitos y el tipo de servicio ( interior o exterior).

De acuerdo con los interruptores que se instalen en el centro de carga, pueden darse a un mismo tablero diversos usos como por ejemplo: desconectador principal o centro de alimentadores derivados.

La instalación o el cambio de interruptores se hace en campo empleando un mínimo de herramienta.

El funcionamiento de los tableros de alumbrado y centros de carga está basado en el mismo que los tableros autosoportados mencionados anteriormente, es decir pueden operar como tablero principal con o sin interruptor general y ser dimensionados de acuerdo al número de circuitos y a la carga a controlar.

### 1.1.3 Normatividad

Esta Normatividad aplica a Tableros de Distribución Autosoportados, que operan en sistemas de corriente alterna, con una tensión de alimentación igual o menor a 600 V ~ (c.a.), o en sistemas de corriente directa, con una tensión de alimentación igual o menor a 250 V --- (c.d.).

#### A) Normas de referencia

1. NOM-001 SEDE 1999 Instalaciones Eléctricas (Utilización)
2. NMX-J-118/2-ANCE Productos eléctricos – Tableros de Distribución de Fuerza en baja tensión – especificaciones y métodos de prueba.
3. UL 891 Tableros eléctricos de Frente Muerto.
4. NMX-J-235/1-ANCE Envolventes – Envolventes (Gabinetes), Para uso en equipo eléctrico – parte 1, Requerimientos generales – especificaciones y métodos de prueba.
5. NMX-J-235/2-ANCE Envolventes – Envolventes (Gabinetes), Para uso en equipo eléctrico – parte 2, Requerimientos – específicos y métodos de prueba.
6. NMX-J-266-ANCE Productos Eléctricos – Interruptores – Interruptores automáticos en Caja Moldeada – Especificaciones y Métodos de prueba.
7. NMX-J-098-ANCE Sistemas Eléctricos de Potencia – Suministro - Tensiones Eléctricas Normalizadas.
8. NEMA AB-1 Molded Case Circuit Breakers and Molded Case Switches.
9. UL 489 Molded Case Circuit Breakers.
10. IEC 60 947-1 Tableros de distribución fuerza y control en Baja Tensión – Parte 1 – Reglas Generales.
11. IEC 60 947-2 Tableros de distribución fuerza y control en Baja Tensión – Parte 2 – Interruptores Automáticos.

#### B) Generalidades

Las secciones principales o de acometida de los Tableros autosoportados de Baja Tensión o Tableros de potencia de 800 A a 4 000 A, no compartimentados, pueden ser equipados con interruptores en caja moldeada, así como con interruptores de potencia tipo abiertos versión fija o removible, estos también se pueden acoplar a secciones de derivados equipadas con barras principales.

C) Capacidades

La capacidad de conducción de corriente de los tableros autosoportados de baja tensión será determinada por la carga de los circuitos a alimentar. Los diferentes valores nominales de la capacidad de conducción de corriente se mencionan a continuación.

Capacidad del sistema

800 A

1 000 A

1 200 A

1 600 A

2 000 A

2 500 A

3 200 A

4 000 A

D) Especificaciones

Estructura

- El tablero debe ser totalmente cerrado, de frente muerto, autosoportado, alineado por el frente y por la parte posterior, requiriéndose accesibilidad desde el frente y por la parte posterior.
- La estructura debe ser de lámina de acero rolada en frío de 2,78 mm de espesor (calibre 12 USG), y las tapas y cubiertas de 1,59 mm de espesor (calibre 14 USG), de acuerdo con las normas de referencia.
- El frente, parte posterior y en los lados, se deben usar tapas de cierre removible prefabricadas. Todas las tapas de cierre deben ser removibles con una sola herramienta. Cada sección debe incluir una tapa superior removible.
- Cada sección metálica podrá contener una o más preparaciones para montaje individual de interruptor en versión fija o removible, además podrá incluir un panel de distribución para montaje de interruptores automáticos en caja moldeada, así como compartimentos para instrumentación, medición o supresores de transitorios de tensión TVSS.
- Canales metálicas removibles serán atornilladas a la estructura para soportar rigidamente la sección completa de embarque y para su montaje en piso.



### Instrumentación

- Donde se requiera espacio adicional (para instrumentación, TP's, medición, etc.) una sección auxiliar de medición podrá proporcionarse.
- Las secciones auxiliares de medición no deben bloquear las trayectorias del alambrado de control y comunicación.

### Barras y cables

#### Barras

- Las barras conductoras principales del tablero deben ser de cobre electrolítico de alta conductividad con acabado plateado como estándar o de cobre estañado como opción.
- Las barras del tablero deben ser de una sección transversal suficiente para cumplir la prueba de elevación de temperatura de acuerdo a las normas NMX-J118/2 y UL891
- Toda la distribución de barras verticales y horizontales deberán ser de capacidad plena del tablero hasta un máximo de 6300 A. Buses degradados no son aceptables.
- Todas las uniones de barras consistirán de tornillos grado 5 y roldanas Bellville (cónicas) para resistir los esfuerzos mecánicos que se presentan durante un cortocircuito.
- El acabado deberá ser aplicado continuamente sobre todas las trayectorias de barras principales.
- Se deben considerar provisiones para empalmes futuros a secciones adicionales en ambos extremos.
- La barra de neutro debe tener una capacidad de 100%, con respecto a las barras principales.

#### Cables

- Los interruptores derivados deberán tener espacio suficiente para doblez de cables adecuados, independientemente de su capacidad interruptiva

#### Interruptores

- Los interruptores deberán ajustarse para la capacidad de corriente de cortocircuito sin el uso de fusibles Limitadores de Corriente
- Los interruptores derivados de montaje en grupo deben ser accesibles y conectados totalmente desde el frente.
- Los interruptores deberán tener accesorios eléctricos intercambiables en campo incluyendo bobinas de disparo, contactos auxiliares, operadores eléctricos, bobinas de cierre y unidades de disparo
- Las conexiones secundarias deberán terminar al frente del interruptor.
- Cada interruptor deberá tener en su construcción interna indicadores de uso de contactos

### Normatividad para tableros de alumbrado

Esta normatividad aplica a los tableros de alumbrado y distribución, que operan en sistemas de corriente alterna, con una tensión de alimentación igual o menor a 240 V(ca), o en sistemas de corriente directa, con una tensión de alimentación igual o menor a 48 V(cd).

#### A) Normas de referencia

Los tableros de distribución y alumbrado son diseñados, fabricados y probados de acuerdo a los requerimientos de las últimas revisiones de las siguientes normas .

- 1) NOM-001-SEDE-1999 Instalaciones Eléctricas (Utilización).
- 2) NMX-J-266-ANCE Productos Eléctricos – Interruptores – Interruptores automáticos en Caja Moldeada – Especificaciones y Métodos de prueba.
- 3) NMX-J 118/1-ANCE Productos eléctricos – Tableros de Alumbrado y distribución en baja tensión – especificaciones y métodos de prueba.
- 4) NMX-J-098-ANCE Sistemas Eléctricos de Potencia – Suministro - Tensiones Eléctricas Normalizadas.
- 5) NMX-J-235/1-ANCE Envoltentes – Envoltentes (Gabinetes), Para uso en equipo eléctrico – parte 1, Requerimientos generales – especificaciones y métodos de prueba.
- 6) NMX-J-235/2-ANCE Envoltentes – Envoltentes (Gabinetes), Para uso en equipo eléctrico – parte 2, Requerimientos – específicos y métodos de prueba.
- 7) UL67 Panel boards (Tableros tipo Panel)
- 8) UL 50 Enclosures for Electrical Equipment (Envoltentes para equipo eléctrico)
- 9) CSA C22,2 No 29 –1989 Panelboards and Enclosed panel boards (Tableros tipo panel y Envoltentes para tableros tipo panel )
- 10) NEMA PB 1 Panelboards (Tableros tipo panel )
- 11) NFPA70 National Electrical Code (Código Eléctrico Nacional)
- 12) Federal Especification W-P-115B TYPE 1 CLASS 1 – Circuit Breaker (Interruptores automáticos para tableros tipo panel).
- 13) UL 489 Molded Case Circuit Breakers (Interruptores automáticos en caja moldeada)
- 14) CSA 22.2 No 5 –1986 Molded Case Circuit Breakers (Interruptores automáticos en caja moldeada).
- 15) NEMA AB 1 – Molded Case Circuit Breakers and Molded Case Switches (Interruptores automáticos y desconectores en caja moldeada).
- 16) Federal Especification W-C-375B / GEN- Molded Case Circuit Breakers (Interruptores automáticos en caja moldeada).

B) Características de aplicación de Tableros de Alumbrado y Distribución

Servicio

Los tableros de alumbrado y distribución son adecuados para aplicarse en sistemas de corriente alterna en tensiones de 240 Vca, en sistemas de 1fase 3 hilos y 3 fases 4 hilos y en corriente directa de 48 V(cd).

C) Interiores

Se cuenta con dos tipos de interiores, en los tableros:

I) Interior para zapatas principales

II) Interior para interruptor principal

Interior con zapatas principales:

- Están contruidos para aceptar interruptores derivados tanto atornillables como enchufables.
- La alimentación puede ser superior e inferior.
- Las zapatas principales son instaladas de fabrica.
- Tanto sus barras principales y las conectoras derivadas son de cobre estañado

Interiores para interruptor principal:

- Construidos para aceptar interruptores derivados tanto atornillables como enchufables.
- Adecuado para servicio de entrada.
- Su alimentación puede ser superior o inferior.
- Con barras de cobre estañadas.
- La construcción de barras es en un solo grupo de montaje.

Ensamble de Neutro

- Los tableros llevan un ensamble de neutro, con zapatas adecuadas, para conductor de cobre y/o aluminio.
- En los interiores de 100 a 225 A, el neutro se localiza en el mismo extremo que la alimentación principal.
- Para interiores de 400-600 A, el neutro se localiza en el lado opuesto de la alimentación principal.
- Tiene preparación para aceptar zapatas terminales de circuitos derivados mayores.
- Zapatas de neutro adecuadas para conductor de puesta a tierra.
- Las terminales sin uso de neutro pueden ser utilizadas para conductores de puesta a tierra cuando el tablero es usado como servicio de entrada.
- El tablero lleva neutro de utilización al 100%, y tiene una terminal de neutro por cada circuito del tablero.

## Interruptores

Los tableros de alumbrado y de distribución aceptan interruptores termomagnéticos derivados enchufables y/o atornillables.

De 1 polo, 2 polos, y 3 polos.

Capacidad de corriente de 10 - 100 A.

Capacidad interruptiva de cortocircuito:

10 kA. Sim. en 240 Vca.

5 kA. Sim. en 48 Vcd.

Interruptor Principal para Tableros de Alumbrado y Distribución :

Capacidad de corriente de 100 A, 225 A. y 400 A. respectivamente.

Capacidad de cortocircuito:

10 kA. Sim. en 240 VCA y 42 kA. Sim. en 240 V(ca)

### D) Selección de un Tablero de Alumbrado y Distribución

Para seleccionar un tablero, deberán seguirse los siguientes pasos:

- a) Indicar tipo de protección del gabinete (tipo 1, tipo 12 o tipo 3R)
- b) Tablero para embutir o sobreponer.
- c) Interior con zapatas principales y/ o interruptor principal, y su capacidad en amperes, con barra neutra y/o barra de puesta a tierra.
- d) Ancho del gabinete
- e) Tensión de operación: en 240 Vca, o 48 Vcd.
- f) Tipo de servicio; 1 fase 3 hilos, o 3 fases 4 hilos
- g) El número de circuitos de 1 polo.
- h) Si los interruptores son de 1 polo 2 polos o 3 polos, y su calibración.
- i) Su capacidad interruptiva (10kA.Sim., 5 kA. Sim).
- j) Tipo de interruptor, y si son para enchufar y/o atornillar.
- k) Tablero ensamblado y/o desensamblado.

Las aplicaciones de los tableros de distribución y alumbrado, pueden ser en cualquier tipo de carga de alumbrado o en servicio de entrada esencialmente para agrupar equipo eléctrico en centros de distribución

los sectores donde normalmente son utilizados son:

Sector comercial  
Edificios públicos  
Plazas comerciales  
Almacenes  
Supermercados  
Bodegas  
Hospitales

Sector industrial:  
Automotriz  
Química  
Papelera  
Cementera

# **CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

### Coordinación de aislamiento.

Los sobrevoltajes temporales ocurren en los sistemas de energía por una variedad de razones tales como fallas, operación de interruptores y rayos. Sin comparación, los sobrevoltajes más severos son los que resultan de las descargas atmosféricas que inciden en el sistema de energía. Es posible que los sobrevoltajes puedan ser muy altos y den lugar a falla del aislamiento del aparato de energía eléctrica con resultados destructivos. Es por tanto imperativo que se diseñen los sistemas de energía de tal manera que los sobrevoltajes esperados queden debajo de la capacidad de soporte del aislamiento del aparato de energía eléctrica. Muchas veces, este requisito básico se traduce en un costo excesivo por esta razón, se busca una solución de compromiso en la que los sistemas de energía se diseñen de tal manera que se pueda hacer mínima la posibilidad de falla destructiva del aparato de energía debida a sobrevoltajes. Este procedimiento se basa en la coordinación de los sobrevoltajes esperados con la capacidad de soporte del equipo.

Típicamente intervienen dos pasos:

- 1.- el diseño apropiado del sistema de energía para controlar y llevar al mínimo los posibles sobrevoltajes.
- 2.- la aplicación de dispositivos de protección por sobrevoltaje.

En forma conjunta a los dos pasos se les llama protección por sobrevoltaje o coordinación del aislamiento.

#### 1.1.4. Supresor de Transitorios (TVSS)

Un supresor de transitorios es un equipo no lineal, el cual limita la cantidad de impulsos (transitorio) de voltaje causados por efectos de las descargas eléctricas atmosféricas o las provocadas por maniobras en las redes de distribución eléctrica y operación de equipo eléctrico interno. El termino supresor de voltaje comúnmente conocido es algo engañoso, ya que el equipo no suprime sobrevoltajes e impulsos. En su lugar el equipo desvía energía no deseada y por lo tanto limita la cantidad de energía que llega a una carga.

La forma en que opera es bajando su impedancia casi a cero, generando un corto circuito durante un momento entre la fuente y la carga haciendo que la corriente transitoria se desvíe y abata la tensión dañina en el cableado de la instalación, por supuesto sin pasar por la carga a proteger, en caso de que dicha impedancia no baje considerablemente, el transitorio tomara camino a través de la carga a proteger al crearse un divisor de corriente.

Existen supresores para corriente alterna, corriente continua y radio frecuencia, entre otros.

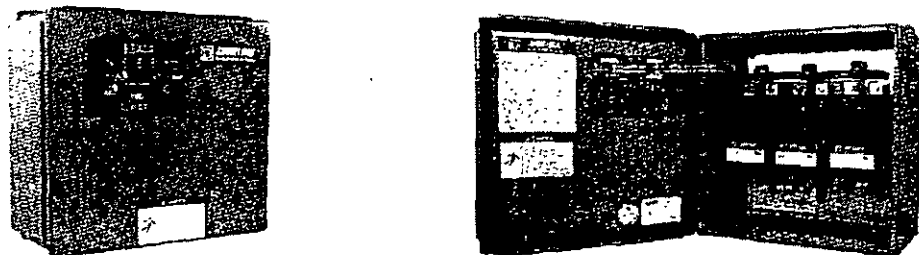


Fig. 13 Supresor de transitorios

### Transitorios.

Son picos de voltaje con magnitudes de hasta 20 kV, 10 Ka con duración de micro a nanosegundos de aparición aleatoria y bipolar en la onda senoidal, estos se dividen en transitorios externos e internos.

Transitorios externos: generados fuera de la instalación eléctrica, en la red de distribución de alta tensión o por fenómenos como rayos, descargas eléctricas, campos magnéticos, etc.

Son el menos de los casos, sin embargo son los de mayor potencia destructiva y cuando se desvían se van por tierra.

Transitorios internos: generados dentro de la instalación eléctrica normalmente por los mismos equipos internos y dispositivos de switcheo.

Son los de mayor ocurrencia, pero con magnitud pequeña que no daña a los equipos de forma instantánea. Los degrada con el tiempo y produce lo que se conoce como oxidación electrónica.

### Funcionamiento

El supresor se conecta en paralelo a las barras del tablero, entre la fuente y la carga en estado normal el supresor se comporta como un circuito abierto.

Cuando se presenta un transitorio el TVSS lo detecta como un incremento brusco de voltaje, así como una alta frecuencia (mayor a 100 KHz).

En ese momento el TVSS empieza a trabajar generando para el transitorio un camino de baja impedancia similar a un corto circuito previo a la carga.

Los equipos TVSS no se dimensionan en base al consumo de amperes de la carga a proteger, ya que por estar conectados en paralelo la corriente de la carga no es la que circula a través de ellos, por lo tanto no se dimensionan en KVA o KW, si no en base al nivel de exposición dentro de la instalación eléctrica (kAmp).

En otras palabras es la cantidad de corriente de la que puede disponer un transitorio dentro de la instalación. Conforme más nos acercamos a la acometida eléctrica más disponibilidad se tiene. Mientras más nos adentramos en la planta, oficina, o edificio debido a la impedancia de los cables y dispositivos intermedios esta disminuye.

### Descripción de categorías de ubicación

La instalación se divide en 3 niveles y se caracteriza por 5 categorías, de acuerdo con la forma de onda que se reciba en cada zona; desde la acometida de la edificación o estructura hasta el punto de consumo (contacto eléctrico).

De acuerdo a la IEEE los niveles de protección son los siguientes:

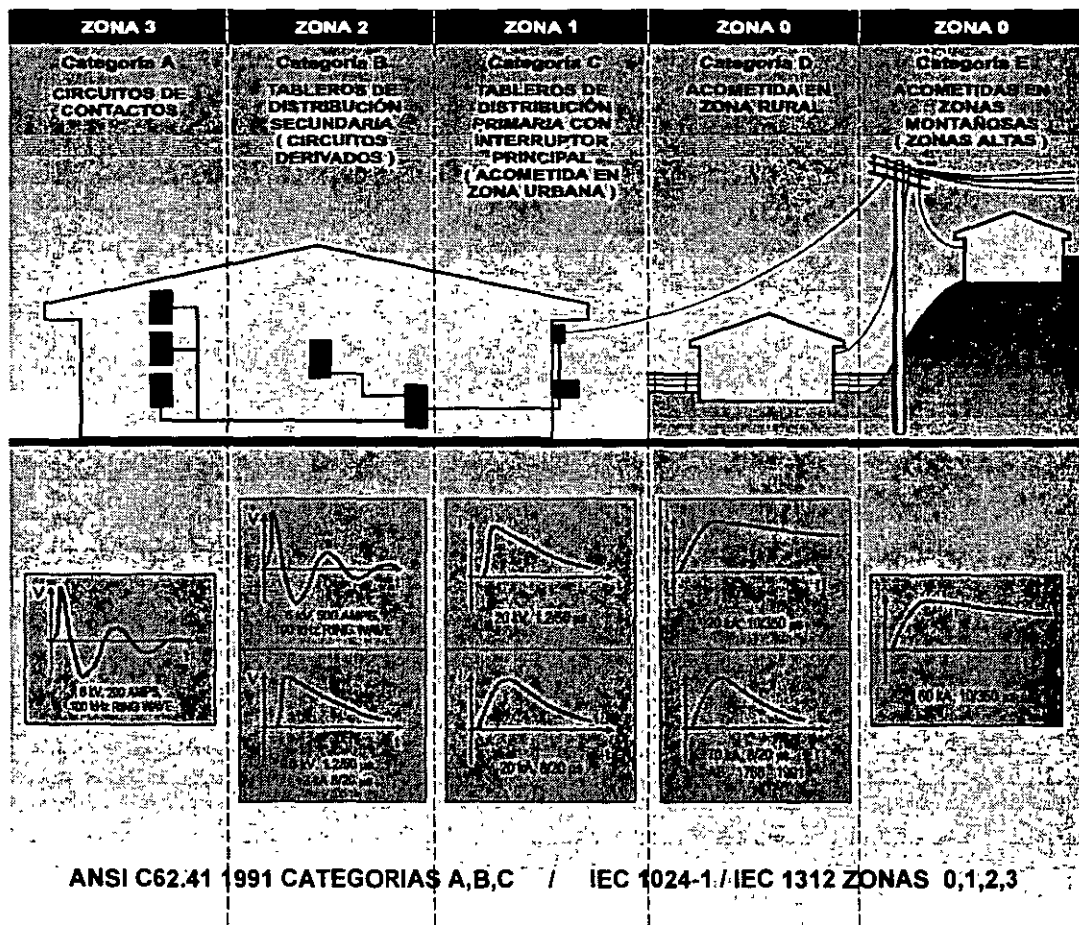
Nivel C: corresponde al de alta exposición debido a la cercanía con la fuente principal. Este nivel comprende la acometida de la instalación eléctrica. Los equipos colocados en este nivel deben de ser robustos ya que no se cuenta con mucho cableado y por lo tanto impedancia en donde atenuar la magnitud del transitorio.

Nivel B: los circuitos derivados cortos y alimentaciones mayores se encuentran ubicados en esta zona. Se cuenta con cableado y dispositivos de distribución así como nuevas fuentes como transformadores de aislamiento y UPS. Identificado normalmente por los tableros de distribución y posición de los equipos UPS'S

Nivel A: corresponde al nivel de exposición más baja. Los circuitos derivados y tomas de energía se encuentran ubicadas en esta categoría, se asume que hay una considerable cantidad de impedancia (cableado) entre la acometida de entrada y el punto de utilización. Aquí se cuida mas el filtrado que la supresión ya que si se cuenta con elementos de supresión en los niveles superiores, estos se encargarán de minimizar el rizo del transitorio.

Todos los niveles de exposición deben ser cubiertos con el sistema TVSS requerido para cada área.

Para la selección de los supresores debe observarse la zona , la categoría, la magnitud (tensión y corriente) y la forma de onda.





## Tecnologías utilizadas en los supresores de transitorios

TECNOLOGÍAS	CARACTERÍSTICAS			
	Descripción	Tensiones de ruptura o intervalo de tensión	Corriente de descarga	Tiempo de disparo Revisar 30 oct 2002
DISPOSITIVOS DE DESCARGA EN GAS	Tubos de vidrio o cerámica llenos con un gas inerte y sellados con uno o más electrodos metálicos	Tensión de ruptura desde 70 V hasta 15 kV	Hasta 60 kA	Desde 10 $\mu$ s hasta 500 $\mu$ s
VARISTORES (MOV's)	Resistencias cuyo valor esta en función de la tensión. se construyen mediante varistores de óxidos metálicos, mejor conocidos como MOV's por sus siglas en inglés (Metal Oxide Varistor)	Intervalo de tensión desde 10 V hasta 1 kV	Del orden de varios kiloamperes	Desde 35 ns a 50 ns
DISPOSITIVOS DE ESTADO SÓLIDO (SAD's)	Diodos zener especiales llamados diodos de avalancha o SAD's por sus siglas en inglés (Solid State Avalanche Diode)	Tensiones de ruptura desde 5 V hasta 200 V	Del orden de varios cientos de amperes	Del orden de 5 ns

## Aplicaciones

Dependiendo del tipo de estructura y el de los alrededores será el tipo de sistema TVSS que se empleara. Cargas reactivas en constante encendido y apagado generan picos si estas cargas son motores pesados o maquinas fotocopiadoras. Básicamente cualquier pieza de algún equipo puede causar impulso, las computadoras y sus periféricos así como calefactores, aire acondicionado y refrigeradores son otras causas.

El transitorio mas destructivo es el rayo, por lo que será importante utilizar un TVSS en aquellas zonas isoceraunicas.

Criterios de selección de supresores para líneas de (C.A.)

TIPO DE ESTRUCTURA	TIPO DE PROTECCIÓN	SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN	UBICACIÓN /CATEGORIA	ONDA DE PRUEBA	TIPO DE SERVICIO	AUTOPROTECCIÓN POR VARIACIONES DE TENSIÓN
CASA	Primaria	3F, 4H + T, 220 V/127 V	Acometida, categoría C	20 KV, 1.2/50 µs 20 KA, 8/20 µs	Interior IP 1	Recomendado
					Exterior IP 4X	Recomendado
		1F, 2H + T, 127 V	Acometida, categoría B	6 KV, 500 A 100 KHz RING WAVE 6 KV 1.2/50 µs 3 KA 8/20 µs	Interior IP 1	Recomendado
	Secundaria	1F, 2H + T, 127 V	Punto de uso categoría A	6 KV, 200 A 100 KHz RING WAVE	Interior IP 1	
EDIFICIOS COMERCIALES	Primaria	3F, 4H + T, 220 V/127 V	Acometida, categoría C	20 KV, 1.2/50 µs 20 KA, 8/20 µs	Interior IP 1	Recomendado
					Exterior IP 4X	Recomendado
	Secundaria	3F, 4H + T, 220 V/127 V	Circuito derivado categoría B	6 KV, 500 A 100 KHz RING WAVE 6 KV 1.2/50 µs 3 KA 8/20 µs	Interior IP 1	Recomendado
			Punto de uso categoría A	6 KV, 200 A 100 KHz RING WAVE	Interior IP 1	Recomendado
			Punto de uso categoría A	1F, 2H + T, 127 V	6 KV, 200 A 100 KHz RING WAVE	Interior IP 1
INDUSTRIAL	Primaria	3F, 4H + T, 480 V/277 V	Acometida, categoría C	20 KV, 1.2/50 µs 20 KA, 8/20 µs	IP 12, IP 3R y IP 4X	Recomendado
			Circuito derivado, categoría C	20 KV, 1.2/50 µs 20 KA, 8/20 µs	IP 12, IP 3R y IP 4X	Recomendado
	Secundaria	3F, 4H + T, 220 V/127 V	Circuito derivado, categoría B	6 KV, 500 A 100 KHz RING WAVE 6 KV 1.2/50 µs 3 KA 8/20 µs	IP 12, IP 3R y IP 4X	Recomendado
			Circuito derivado, categoría B	6 KV, 500 A 100 KHz RING WAVE 6 KV 1.2/50 µs 3 KA 8/20 µs	IP 12, IP 3R y IP 4X	
		1F, 2H + T, 127 V	Punto de uso, categoría A	6 KV, 200 A 100 KHz RING WAVE	Interior IP 1	

## **SUMINISTROS DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

## 1.2. SISTEMA DE ENERGIA ININTERRUMPIBLE (UPS) -

### 1.2.1. Funciones principales del sistema de energía ininterrumpible

#### UPS (Sistema de Energía Ininterrumpible)

Como su nombre lo indica, estos equipos que se ubican entre el sistema eléctrico convencional y los equipos que se desean proteger, permite entregar en forma ininterrumpida la energía en casos de corte del suministro por instantes de tiempo breves (minutos u horas). En el mercado actual hay gran cantidad de diseños de UPS. Puede llegar a ser confuso determinar que tipo de equipo es el más conveniente para la carga crítica que se posee, y cual entregará la energía con el nivel requerido de calidad y confiabilidad. Existen dos categorías principales de UPS, llamadas ON-Line y Off-Line. Ambos diseños proveen de una energía de reserva desde un grupo de baterías cuando la línea de alimentación principal falla, pero difieren en el rango y extensión de otros beneficios que ellas pueden otorgar.

#### Bloques Constructivos de una UPS

Todos los sistemas de energía ininterrumpida utilizan los mismos bloques constructivos que se enumeran a continuación.

- Entrada
- Filtro
- Inversor
- Baterías
- Cargador
- Conmutador
- Salida
- Comunicación
- Controles
- Estabilizador
- Transformador

La mayoría de las configuraciones de UPS utilizan solamente estos bloques. Cada configuración tiene sus ventajas y desventajas como: costo más bajo, mejor filtrado de ruidos, mayor eficiencia, acondicionamiento de línea, etc.

### 1.2.2. Categorías de UPS

Hay dos grandes categorías principales en equipos UPS; On-Line y Off-Line. La mayoría de las más extrañas configuraciones entra en la categoría de las UPS Off-Line.

1. Off-Line: la corriente de la carga es suministrada directamente por la línea en operación normal.
2. On -Line: el 100% de la corriente suministrada a la carga en operación normal es entregada por el inversor del UPS.

UPS Off Line

En la Figura 15 se tiene una UPS del tipo Off-Line donde el flujo de la potencia es, desde la entrada, a través del filtro y el relé de transferencia, a la salida en operación normal.

Esto realmente no difiere en mucho con conectar la carga directamente a la línea; solamente estamos protegiendo la carga contra los picos transitorios y ruidos de línea que el filtro pueda atenuar.

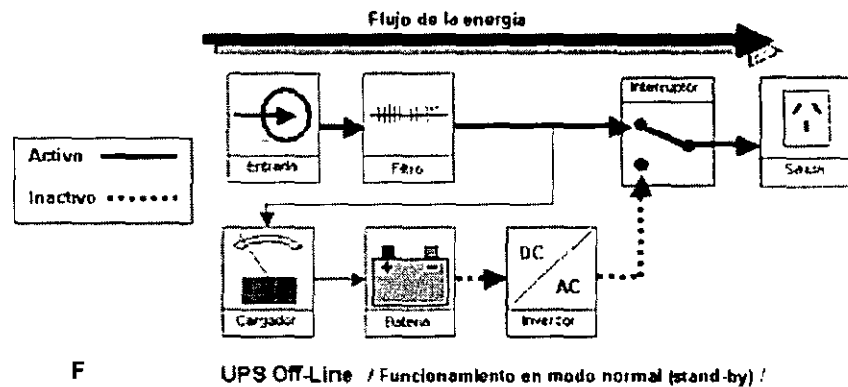


Fig. 15 UPS Off-Line

Cuando el UPS cambia al modo de reserva, la potencia fluye desde el inversor, siendo la batería la que provee la energía.

Cuando se produce una falla en la línea, es necesario transferir la carga desde la línea de alimentación al inversor. Esta transferencia tiene una duración típica de 5 a 10 milisegundos, (equivalentes  $\frac{1}{4}$  a  $\frac{1}{2}$  ciclo).

Las ventajas que ofrece este tipo de UPS son : su bajo costo, una eficiencia de entre un 95% y 98% y los transitorios eléctricos que produce este tipos de UPS son aceptados por la mayoría de las cargas eléctricas.

### UPS On Line

En un UPS On-Line, el flujo normal de la energía es desde la entrada a través del filtro, del rectificador, inversor, conmutador y salida.

El inversor provee permanentemente la energía acondicionada que la carga requiere.

Cuando la entrada de potencia desde la línea falla, el inversor entrega energía desde las baterías. Ver Figura 16. Se observa que el conmutador no opera al pasar al modo batería.

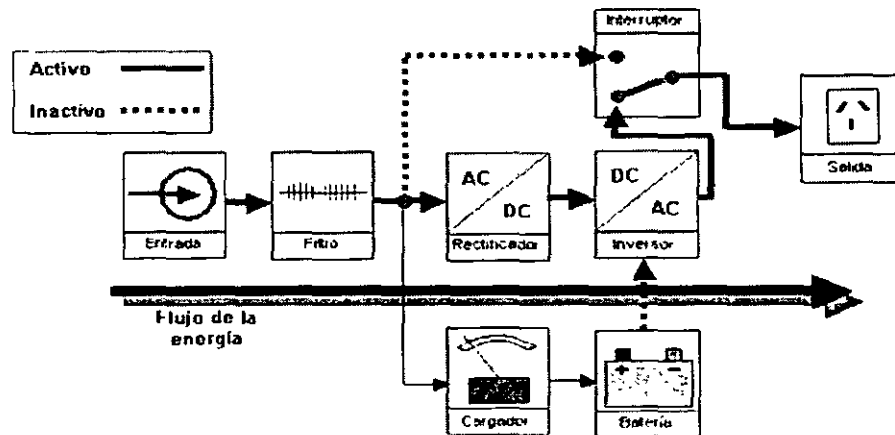


Fig. 16 UPS On-Line

Un UPS On-Line tiene un inversor que entrega una tensión de salida con una forma senoidal, y ella no cambia cuando conmuta desde modo normal a modo batería. Un UPS On-Line tiene un tercer modo de operación, el Modo Bypass, que puede ser utilizado en los casos de tareas de mantenimiento, si el UPS falla, ó para conmutar la carga a la línea si la tensión de salida cae por una sobrecarga, tal como encender un equipo con una alta corriente de arranque.

Este tipo de UPS ofrece grandes ventajas respecto a la anterior, ya que provee energía regulada y acondicionada a la carga crítica en todo momento no existiendo variaciones de voltaje ni de frecuencia.

### La UPS interactiva

Una importante mejora al UPS tipo Standby, fue agregar un regulador de tensión de entrada (estabilizador), constituido por un transformador con derivaciones seleccionables.

El regulador de tensión, a la entrada del sistema, permite operar el sistema en "Modo Normal" aun cuando se producen caídas ó sobre elevaciones en la tensión de línea, sin que sea necesario conmutar al Modo Batería.

La operación de un UPS Interactivo, en modo Batería es idéntica al de los UPS Standby. El inversor arranca, el relé de conmutación se activa, y la energía es provista por la batería.

### Las UPS Redundantes

Este tipo de UPS, fue utilizado hace tiempo sólo para grandes instalaciones. Desde el lanzamiento al mercado de UPS de mediana potencia con el mismo concepto de redundancia y modularidad, nos encontramos con una alternativa que nos ofrece una importante cantidad de ventajas.

La Figura 17 es un simple diagrama que muestra múltiples UPS modulares, y un gabinete para las conexiones de entrada y salida. Cada módulo, es en realidad un UPS completo, usando las últimas tecnologías: doble conversión, salida perfectamente sinusoidal, cargador de baterías incorporado, factor de potencia de entrada corregido, etc.

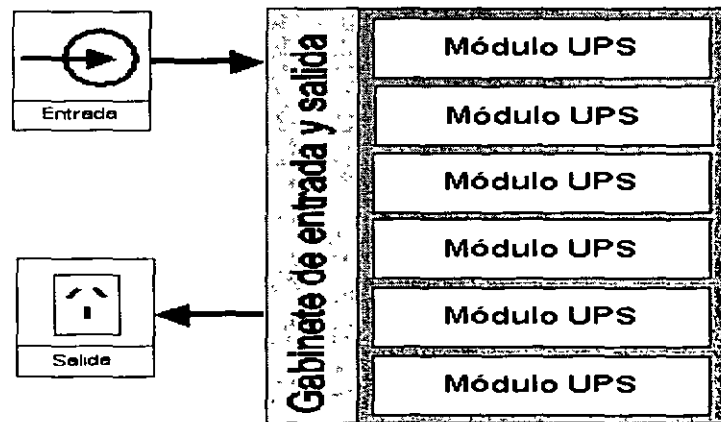


Figura 5.3 Fig. 17 UPS Modular y Redundante

En una UPS de tipo redundante, al menos un módulo se encuentra en reserva. Si un módulo falla, es excluido del sistema y la UPS continua operando normalmente. Algunas de las fundamentales ventajas de éste tipo de UPS son: la posibilidad de ampliación (por crecimiento de los sistemas a proteger), la facilidad de cambio del módulo con fallas (tiempos mínimos de reparación sin perder la protección de la UPS), y su muy alta confiabilidad.

#### 1.2.3. Dimensionamiento de una UPS

Hay que dimensionar el UPS para poder manejar toda la carga y futuros aumentos de esta. Al seleccionar un UPS se debe tener en cuenta los siguientes factores principales:

- Requerimientos de Potencia (actuales y futuros)
- Requerimiento de frecuencia
- Tiempo de respaldo requerido
- Futuras Expansiones
- Picos por corriente de arranque
- Servicio de Mantenimiento
- Soporte Técnico (antes, durante y después de la instalación)

# **SISTEMAS DE TIERRA Y PARARRAYOS**



### 1.3. SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

#### 1.3.1. Funciones principales de los sistemas de protección contra descargas atmosféricas (Rayo)

Con el incremento de los centros de población creados por la globalización de la economía, los seres humanos tienden a ocupar conjuntos habitacionales, comerciales e industriales de mayor densidad por unidad de superficie con estructuras que se construyen de gran altura.

Así mismo, se presenta el fenómeno poblacional de crecimiento horizontal sobre las periferias de las grandes ciudades. Esto provoca que en las regiones geográficas con gran actividad de descargas eléctricas atmosféricas (rayos), desarrollen sus actividades cotidianas con mayor riesgo, creando un problema de seguridad de las personas y sus propiedades.

Como todos sabemos todo efecto tiene una causa. Para protegerse del fenómeno natural del rayo, el ser humano ha investigado su comportamiento para diseñar, fabricar e instalar sistemas con tecnología de vanguardia de: captación, conducción y disipación de su energía en las estructuras o en áreas abiertas, para que su efecto no provoque fatalidades o destrucción de patrimonios.

El rayo es un suceso aleatorio, que puede ocurrir durante una tormenta, dichas descargas atmosféricas se deben principalmente a nubes cargadas con un potencial elevado cuya polaridad es opuesta a la de la tierra.

Puede compararse al fenómeno del rayo con el salto de una chispa entre las placas de un condensador de enormes dimensiones, donde las nubes forman una placa y la superficie de la tierra forma la otra placa y el aire se comporta como el dieléctrico dando paso a que cuando la carga de algunas nubes adquiere una elevada concentración de electrones y el gradiente de potencial supera la rigidez dieléctrica del aire, produciéndose en ese instante la ruptura del aire y formándose una corriente de rayo.

Valores del rayo.

- El 50% de todos los rayos consta de dos descargas, y el 10% aproximadamente de siete descargas sucesivas.
- Del 60 al 95% de los rayos que caen en la tierra son electronegativos, lo que hace suponer que el rayo proviene de la parte inferior de la nube. Sólo cuando la tormenta se encuentra en un estado más avanzado se registran rayos con carga positiva, lo que hace suponer que provienen de la parte superior de la nube.

La duración promedio de un rayo, con sus sucesivas descargas, es de 0.15 segundos. La duración máxima no excede de 1.5 segundos.

Se supone que en la tierra caen aproximadamente 100 rayos por segundo.

- El 50% de las descargas atmosféricas acusa una intensidad de corriente inferior a los 20 KA.
- Sin embargo, el 5% de los rayos que caen en la tierra acusa intensidades de corriente de hasta 160 KA, habiéndose registrado descargas de hasta 400 KA”
- El potencial total necesario para producir una descarga del rayo de 2.8 Km de longitud es de 20 a 30 millones de volts”

Nivel ceraúnico.

Es norma universal caracterizar la severidad tormentosa de una región por su nivel ceraúnico que se define como:

El número de días al año en que se oye el trueno

Nivel isoceraúnico.

El nivel isoceraúnico, indica el número de días por mes y año en que se pueden oír truenos en un área de 10 Km. de radio, cuyo centro viene siendo el sitio en cuestión.

Debido al fenómeno antes mencionado en la actualidad se han desarrollado sistemas de protección contra descargas atmosféricas comúnmente llamadas pararrayos. Los cuales, proporcionan un camino de baja impedancia de la corriente de rayo que atrapan descargándola hacia la masa terrestre.

Generalidades sobre los pararrayos

Pararrayos. Dispositivo formado por una o más barras metálicas terminadas en punta y unidas entre sí y con la tierra, o con el agua, mediante conductores metálicos y que se coloca sobre edificios o los buques para preservarlos de los efectos del rayo.

La mayoría de los pararrayos están fundados en el efecto de las puntas, o tendencia de las cargas a escapar por las regiones de máxima curvatura, en este efecto se basó el pararrayos de Benjamín Franklin.

El campo eléctrico en el extremo del pararrayos es lo suficientemente intenso para ionizar el aire y estas cargas, opuestas a la nube, escapan hasta neutralizar o disminuir la diferencia de potencial existente entre la tierra y la nube, que podría dar lugar a la descarga eléctrica en forma de rayo. Por otro lado, cuando el rayo descarga sobre el pararrayos, la carga se desliza hasta el suelo sin causar daño.

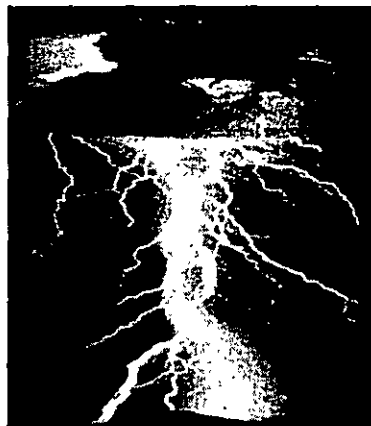


Fig. 18 Fenómeno del Rayo

La protección de inmuebles e instalaciones contra la acción de las descargas atmosféricas como ya se menciono se realiza por medio de pararrayos, este dispositivo eléctrico capaz de conducir y disipar un rayo a tierra, se divide en dos clases:

**Pararrayos activo.-** Es el elemento receptor colocado en la parte mas alta del inmueble, el cual actúa con el gradiente electrostático de la atmósfera, generando un avance de iones (cebado) y formando su propia nube iónica capturando el rayo a una cierta distancia que puede variar dependiendo del tipo de construcción del mismo y conduciéndolo a tierra.

**Pararrayos pasivo.-** este elemento como su nombre lo dice espera a que el rayo incida directamente sobre la punta para descargar a tierra, sin interactuar con la atmósfera

Las protecciones pasivas son las más usuales. La instalación de pararrayos más perfecta dentro de este grupo, se basa en el experimento físico conocido como “jaula de Faraday”, según el cual, si tenemos una envoltura metálica, cerrada y conectada a tierra, no se transmitirá a su interior ningún fenómeno eléctrico que se produzca en el exterior o en la estructura de dicha envoltente.

Se ha comprobado, experimentalmente, que una barra metálica conectada a tierra y colocada verticalmente sobre el terreno, define una zona de protección contra las descargas directas, limitada a un cono cuyo eje es la punta de la barra y con un radio igual a la altura de esta sobre el terreno, en protecciones poco importantes puede considerarse un radio igual al doble de la altura de la barra y en casos muy críticos igual a la mitad.

De la misma forma, un conductor dispuesto horizontalmente arriba del nivel del piso y conectado a tierra define una zona de protección análoga a la de una barra vertical.

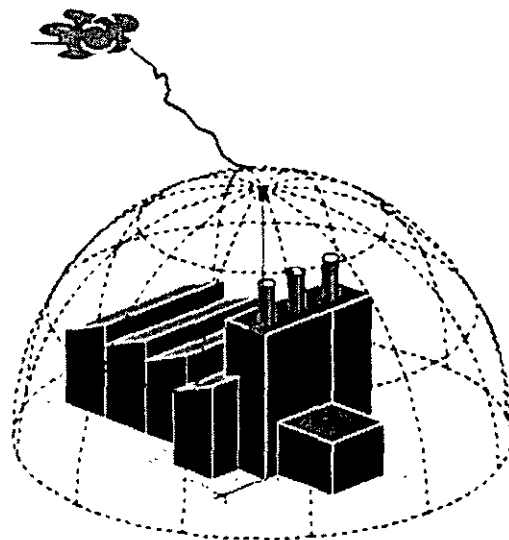


Fig. 19 Protección que ofrecen los pararrayos

### 1.3.2. Componentes de un sistema de protección contra descargas atmosféricas

Cualquiera que sea el tipo de pararrayos adoptado para la protección de un inmueble o instalación estará formado por los siguientes elementos básicos:

A).- Elemento receptor. Puede estar constituido por puntas metálicas o conductores dispuestos de varios modos según sea el dimensionamiento y la estructura de la instalación a proteger. En el caso de puntas metálicas estas pueden estar constituidas por una punta captora la cual recibirá el impacto de la corriente de rayo, una barra soporte que esta permanentemente conectada a la punta captora.

B).- Conductor a tierra. puede estar formado por uno o varios conductores de cobre especialmente fabricado para conducir corrientes de gran magnitud y tiene la misión de conducir a tierra la corriente del rayo, según el camino perfectamente seleccionado y de baja impedancia .

C).- Electrodo de puesta a tierra. Este es el elemento que nos proporciona tener un mejor contacto entre el terreno y el conductor de puesta a tierra y así obtener un valor bajo de la resistencia a tierra y como consecuencia reducir los potenciales de paso y de contacto a valores que no pongan en riesgo la integridad física de los operadores y usuarios de la energía eléctrica.

Existe una variedad de electrodos que son utilizados para la puesta a tierra los cuales presentan ventajas unos con respecto de otros desde su instalación, costo y mantenimiento.

### 1.3.3. Normatividad

#### IEC 1024-1

Debe notificarse que el sistema de pararrayos no puede prevenir la formación de un rayo.

El sistema de pararrayos, diseñado e instalado de acuerdo con la norma, no puede garantizar absoluta protección a la estructura, personas u objetos; como sea, la aplicación de esta norma significara la reducción del riesgo del daño causado por el rayo a la estructura protegida.

El tipo y la localización del sistema de pararrayos debe ser cuidadosamente considerado, así como el diseño del escenario de la nueva estructura, el aspecto global estético puede ser perfeccionado, y la eficiencia del sistema de pararrayos puede ser incrementado a un costo y esfuerzo mínimo.

Para evitar el trabajo innecesario, la consulta regular entre diseñadores del sistema de pararrayos, arquitectos y constructores son esenciales, esta norma provee información del levantamiento del sistema de pararrayos (SP) para protección de estructuras.

El diseño, instalaciones y materiales del sistema de pararrayos deben cumplir completamente con las previsiones de esta norma.

## NOM 022 –STPS

### Selección de pararrayos

Queda prohibido utilizar pararrayos que funcionen a base de materiales radiactivos. Los factores que se deben considerar para la determinación de la obligación de instalar pararrayos y, en su caso, el tipo de pararrayos a utilizar para drenar a tierra la descarga eléctrica atmosférica, son:

- a) el nivel isocerámico de la región;
- b) las características fisicoquímicas de las sustancias inflamables o explosivas que se almacenen, manejen o transporten en el centro de trabajo;
- c) la altura del edificio en relación con las elevaciones adyacentes;
- d) las características y resistividad del terreno;
- e) las zonas del centro de trabajo donde se encuentren sustancias químicas, inflamables o explosivas;
- f) el ángulo de protección del pararrayos;
- g) la altura de instalación del pararrayos y el sistema para drenar a tierra las corrientes generadas por la descarga eléctrica atmosférica.

### Resistencia de la red de tierras

#### Instrumentos.

- a) megger de tierras; para medir la resistencia de la red de tierras;
- b) óhmetro; para medir únicamente la continuidad de las conexiones a tierra.

#### Procedimiento de medición.

- a. se debe utilizar el método de caída de tensión que consiste en hacer circular una corriente entre dos electrodos fijos, uno auxiliar y el otro de prueba, midiendo la caída de tensión entre otro electrodo auxiliar y un electrodo bajo medición; el segundo electrodo auxiliar se desplaza y conforme esto ocurre se van tomando las lecturas y graficando éstas hasta obtener una gráfica similar a la que se ilustra en la parte inferior de la figura 9.1, la parte superior de esa figura es un esquema de la ubicación física de los electrodos;
- b. el valor de la resistencia de la red de tierras es el que se obtiene en la intersección del eje de resistencia con la parte paralela de la gráfica al eje de las distancias;
- c. si la curva no presenta un tramo paralelo quiere decir que la distancia entre los electrodos no es suficiente, por lo que se debe alejar la red de tierras; los valores de la resistencia que se obtengan en esta prueba deben estar comprendidos entre 0 y 25 ohms, y para sistemas de pararrayos, la resistencia de la red de tierras debe tener un valor no mayor a 10 ohms.

## 1.4. SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

### 1.4.1. Funciones principales del sistema de puesta a tierra

En la planeación de las instalaciones eléctricas es necesario considerar una protección para que el personal que está en contacto continuo u ocasional con la maquinaria o accesorios eléctricos no portadores de corriente, que quede expuesta a sufrir descargas eléctricas; así como también proteger la propia maquinaria e instalación eléctrica, dicha protección deberá ser un sistema que sirva para derivar a tierra las corrientes producidas por la formación de arcos durante las maniobras de interruptores accionados bajo condiciones de carga, corrientes que puedan existir en el sistema o las corrientes producidas de las distintas fallas a tierra.

Al sistema capaz de proporcionar las condiciones descritas se le conoce como sistema de puesta a tierra

Generalmente un sistema de puesta a tierra esta formado por conductores o barras de cobre o aluminio, que interconectan materiales metálicos (gabinetes, carcazas, estructuras, tanques, placas, contenedores etc.), equipos (eléctricos, electrónicos, de computo, de comunicación, de voz, datos, etc.) y circuitos eléctricos, entre otros, con mallas o electrodos enterrados.

La masa del globo terráqueo es tan grande que su potencial se mantiene prácticamente invariable independientemente de la cantidad y polaridad de las cargas que se le aplican

La necesidad de contar con una red de tierras en las instalaciones eléctricas es la de cumplir con las funciones siguientes:

- 1.- proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de corrientes de falla a tierra producidas por la operación de un apartarrayos o el deterioro en los aislamientos de los equipos y materiales
- 2.- evitar que durante la circulación de estas corrientes a tierra, puedan producirse diferencias de potencial entre diferentes puntos de la instalación, que puedan ser peligrosos para el personal.
- 3.-facilitar mediante relevadores la eliminación de las fallas a tierra en los sistemas eléctricos.
- 4.- Dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio eléctrico.

En la actualidad no existe un número limitado de sistemas sin embargo, debido a la diversidad de equipos y principios de operación los fabricantes han establecido por separado recomendaciones de aterrizado (puesta a tierra de equipos) y valores máximos de resistencia a tierra.

Es importante señalar que un sistema de tierra no es eterno, ya que su vida útil depende de la agresividad o reacción del terreno que esta en contacto con el cable desnudo y de la afectación por recocido, fusión o elongación debida a altas temperaturas que son consecuencia de cortocircuitos; por lo cual debe ser diseñada bajo el concepto eléctrico, mecánico y químico, para una duración en promedio de 30 años.

Un sistema típico de conexión a tierra para una casa habitación, oficina o taller está integrado por uno o más electrodos enterrados en el suelo o jardín e interconectados con un cable de cobre desnudo, que se desarrolla a lo largo de las instalaciones para ser interconectado con los equipos directamente o a través de contactos aterrizados.

#### 1.4.2. Componentes de un sistema de puesta a tierra

Para la construcción de los sistemas de tierra se debe de considerar, tres elementos clave los cuales son:

##### Conductores, electrodos y conectores

De los cuales debemos considerar la clase y materiales de fabricación de cada uno, estos componentes son combinados para ser enterrados en un área determinada para formar el sistema de tierras, por lo tanto el material de cada uno de ellos deberá ser resistente a la corrosión.

Conductores: el conductor del electrodo de tierra debe ser de cobre o de otro material conductor que no se corra excesivamente bajo las condiciones existentes, pudiendo ser sólido o trenzado y desnudo.

El conductor de puesta a tierra de equipos puede estar constituido por alguno de los medios que a continuación se indica o una combinación de ellos.

- 1.- un conductor de cobre u otro material resistente a la corrosión que se tienda junto con los conductores del circuito; pudiendo ser sólido o trenzado, aislado o desnudo y en forma de alambre o de barra de cualquier forma de sección transversal.
- 2.- tubo metálico rígido.
- 3.- la cubierta metálica de un cable blindado.
- 4.- otras canalizaciones metálicas específicamente aprobadas para fines de puesta a tierra.

##### Conectores

Son aquellos elementos que nos sirven para unir los componentes del sistema de tierras, es decir, ligar los conductores con los electrodos profundos, las estructuras, los neutros de los bancos de transformadores, etc. La conexión entre el conductor de puesta a tierra o los puentes de unión y los tubos, gabinetes, equipo, etc. Que requieren ser puestos a tierra debe hacerse por medio de zapatas, conectores de presión abrazaderas u otros accesorios semejantes.

Los conectores utilizados en los sistemas de tierra son principalmente de tres tipos:

- Conectores atornillables
- Conectores a Presión
- Conectores soldables

Todos los tipos de conectores mencionados anteriormente deben tener la capacidad de soportar la corriente de falla a la que puede estar sometido el sistema de tierras.

### Electrodos de puesta a tierra

Existe cierta confusión en lo que respecta al electrodo de puesta a tierra, ya que en algunas ocasiones se piensa que el electrodo es solamente una varilla enterrada, sin embargo, un electrodo puede estar formado por un conductor enterrado en forma horizontal o vertical, o bien puede ser una placa enterrada, una varilla con compuesto químico, varias varillas en paralelo o mallas de cables enterrados, etc.

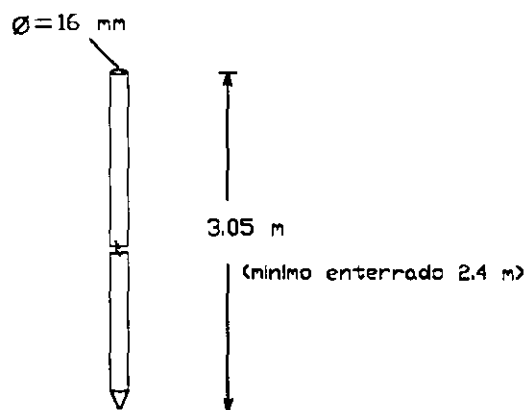
En realidad lo que importa es el valor de la puesta a tierra, y por consecuencia reducir los potenciales de paso y de contacto, a valores que no pongan en riesgo la integridad de los operadores y usuarios de la energía eléctrica.

A continuación se hace una breve descripción de los electrodos más comunes.

#### Varilla copperweld

Es una varilla de acero recubierta de cobre de 3.05Mts de longitud, de sección circular de 16 mm de diámetro, este elemento se debe instalar en posición vertical, de modo que se encuentre en contacto con la tierra.

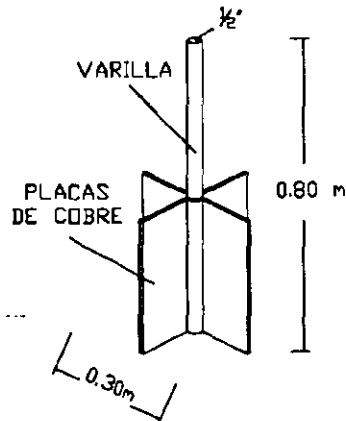
Este tipo de electrodo es utilizado debido a su bajo costo de material y mano de obra, aunque tiene poca área de contacto, gracias a su longitud es muy probable que se encuentre en contacto con capas de terreno húmedas lo cual favorece a la continuidad





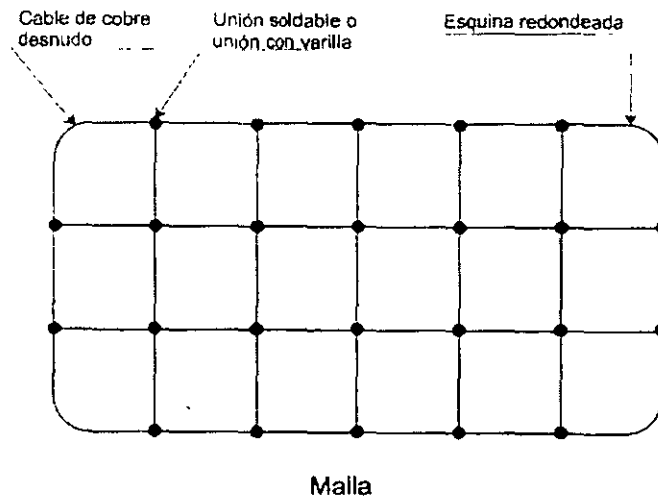
### Electrodo tipo rehilete

Está formado por 2 placas de cobre cruzadas, interconectadas y soldadas. Este electrodo es adecuado en terrenos donde excavar es un problema, como en terrenos de mucha piedra o tepetate; la gran ventaja de este tipo de electrodos es la de tener un mayor área de contacto con el terreno.



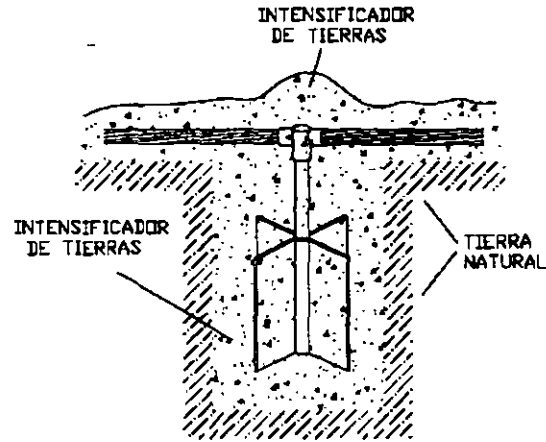
### Malla de puesta a tierra

Se forma armando una red de conductores de cobre tipo cuadrícula, que se puede complementar con electrodos. Este tipo de arreglo es uno de los más utilizados en las instalaciones eléctricas por tender a reducir el gradiente de potencial, disminuyendo el potencial de paso.



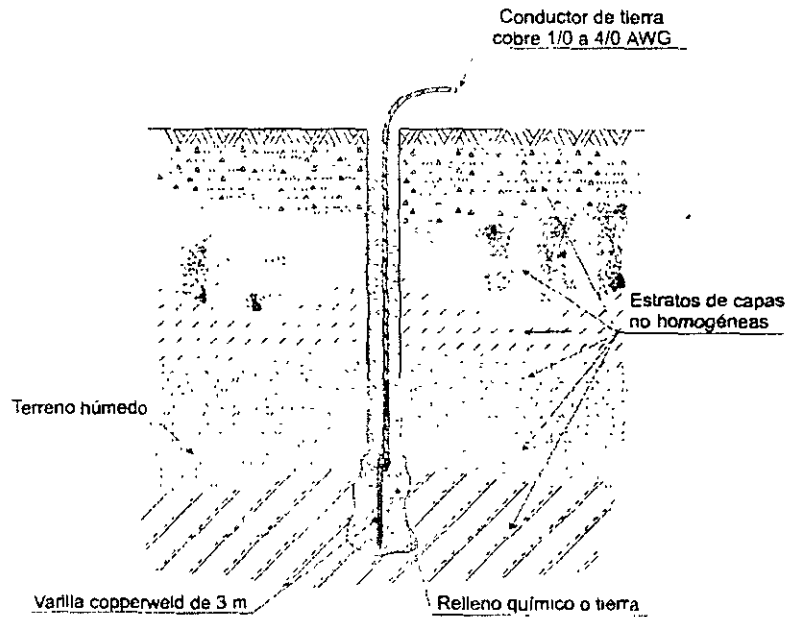
### Electrodos químicos

Se denomina electrodo químico porque al electrodo seleccionado se le agrega algún material de mayor conductividad que el terreno para reducir la resistencia y facilitar la dispersión de la corriente inducida, de falla o defecto.



### Electrodo profundo

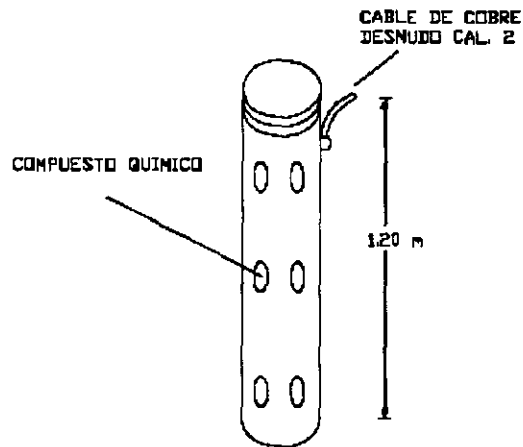
Esta formado por un conductor de cobre desnudo de baja impedancia en cuyo extremo se conecta una varilla copperweld. Se instala en perforaciones verticales profundas en zonas de roca volcánica hasta que se encuentra el nivel friático o las capas de baja resistividad por incremento de la humedad.



Electrodo profundo de tierra

### Electrodos prefabricados

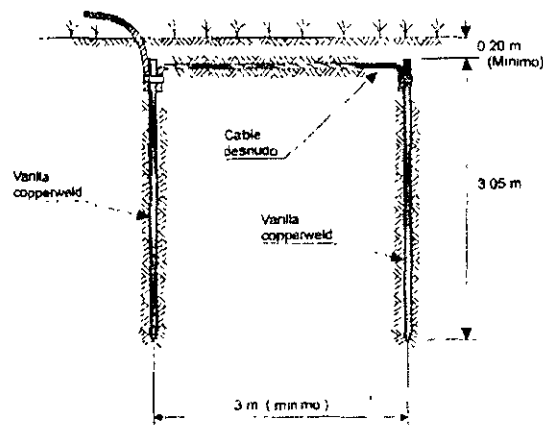
Existen varios tipos unos están formados por tubos de cobre de corta dimensión con pequeñas perforaciones que permiten el escape del material químico contenido en su interior. Otros electrodos constan de un elemento como cinta de cobre en forme helicoidal rodeada por un material químico compacto de corta longitud, para que requiera poca profundidad de excavación. La ventaja de este tipo de electrodos es que se puede obtener resultados favorables de inmediato, pero requieren ser vigilados o monitoreados cada semestre para garantizar que se encuentren en buenas condiciones.



#### 1.4.3. Características y configuraciones

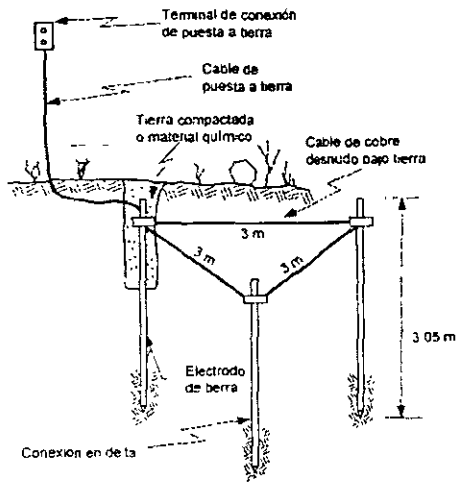
De los electrodos mencionados con anterioridad su objetivo es estar en contacto con estratos húmedos, de tal forma que deben clavarse en forma vertical u horizontal, para así obtener un valor de resistencia bajo.

Si no se logra obtener el valor adecuado de resistencia a tierra, se pueden multiplicar los elementos dispuestos en diferentes configuraciones, espaciados a una distancia que por lo menos iguale la longitud del electrodo y conectados entre si con un conductor de cobre desnudo, los arreglos más comunes se muestran en las figuras siguientes:

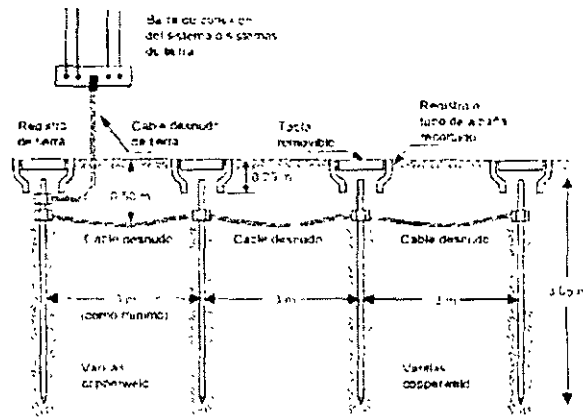


Interconexión de dos varillas de tierra

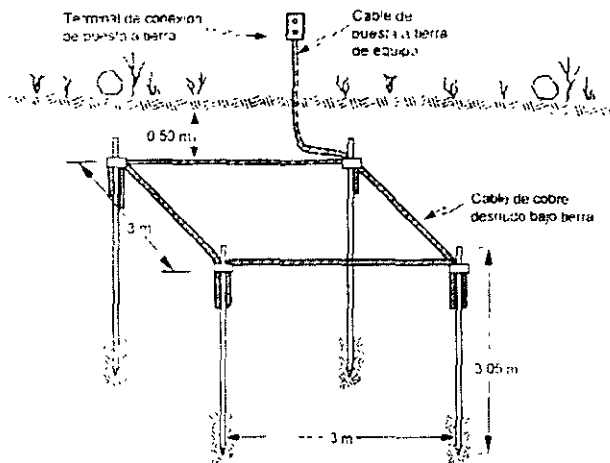
Configuraciones



Instalación de tres vanillas de tierra en conexión delta



Instalación de 3 o 4 vanillas en línea



Instalación de cuatro vanillas de tierra eléctricamente en paralelo

#### 1.4.4. Normatividad

La normatividad de puesta a tierra en México esta referida al artículo 250 de la NOM 001-SEDE 1999 de instalaciones eléctricas, como se enlista a continuación:

#### ARTÍCULO 250 - PUESTA A TIERRA

##### A. Disposiciones generales

250-1. Alcance. Este Artículo cubre los requisitos generales para la puesta a tierra y sus puentes de unión en las instalaciones eléctricas y, además, los requisitos específicos que se indican a continuación:

- a) En sistemas, circuitos y equipos en los que se exige, se permite o donde no se permite que estén puestas a tierra.
- b) El conductor del circuito que es puesto a tierra en sistemas puestas a tierra.
- c) Ubicación de las conexiones a tierra.
- d) Tipos y tamaños nominales de los conductores, puentes de unión y electrodos de conexión para puesta a tierra.
- e) Métodos de puesta a tierra y puentes de unión.
- f) Condiciones en las que se puede sustituir a los resguardos, separaciones o aislamiento por la puesta a tierra.

##### Puesta a tierra de los equipos

250-42. Equipo fijo o conectados de forma permanente. Las partes metálicas expuestas y no-conductoras de corriente eléctrica del equipo fijo que no estén destinadas a transportar corriente, deben ponerse a tierra si se presenta cualquiera de las circunstancias mencionadas en los siguientes incisos:

- a) Distancias horizontales y verticales. Si están a menos de 2,5 m en vertical o de 1,50 m en horizontal de tierra u objetos metálicos puestas a tierra y que puedan entrar en contacto con personas.
- b) Lugares mojados o húmedos. Cuando estén instaladas en lugares mojados o húmedos y no estén aisladas.
- c) Contacto eléctrico. Cuando estén en contacto eléctrico con metales.
- d) Locales peligrosos (clasificados). Cuando estén en un local peligroso (clasificado) de los cubiertos en los Artículos 500 a 517.

250-43. Equipo fijo o conectado de forma permanente. Se deben poner a tierra, independientemente de su tensión eléctrica nominal, las partes metálicas expuestas y no-conductoras de corriente eléctrica del equipo descrito a continuación, y las partes metálicas no destinadas a conducir corriente eléctrica del equipo y de envolventes:

- a) Armazones y estructuras de tableros de distribución. Los armazones y estructuras de tableros de distribución en los que esté instalado equipo de interrupción.  
Excepción: Los armazones de tableros de distribución de c.c. a dos conductores que estén eficazmente aislados de tierra.

250-51. Trayectoria efectiva de puesta a tierra. La trayectoria a tierra desde los circuitos, equipo y cubiertas metálicas de conductores debe ser: (1) permanente y eléctricamente continua; (2) de capacidad suficiente para conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica de falla que pueda producirse, y (3) de una impedancia suficientemente baja como para limitar la tensión eléctrica a tierra y facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección del circuito. El terreno natural no se debe utilizar como el único conductor de puesta a tierra de equipo.

250-53. Trayectoria de puesta a tierra hasta el electrodo de puesta a tierra en la acometida.

a) Conductor al electrodo de puesta a tierra. Se debe usar un conductor para conectar al electrodo de puesta a tierra, los conductores de puesta a tierra de equipo, los envolventes de equipo de acometida y, si el sistema está puesto a tierra, el conductor de puesta a tierra de la acometida.

250-54. Electrodo común de puesta a tierra. Cuando se conecta un sistema de c.a. a un electrodo de puesta a tierra en, o a un edificio, ese mismo electrodo se debe usar para poner a tierra los envolventes y el equipo en o a ese edificio. Cuando al mismo edificio lleguen dos acometidas independientes y haya que conectarlas a un electrodo de puesta a tierra, se debe usar el mismo electrodo.

Dos o más electrodos de tierra eléctricamente unidos entre sí se deben considerar a este respecto, un solo electrodo.

Electrodo empotrado en concreto. Un electrodo empotrado como mínimo 50 mm en concreto, localizado en y cerca del fondo de un cimiento o zapata que esté en contacto directo con la tierra y que conste como mínimo de 6 m de una o más varillas de acero desnudo o galvanizado o revestido de cualquier otro recubrimiento eléctricamente conductor, de no-menos de 13 mm de diámetro o como mínimo 6,1 m de conductor de cobre desnudo de tamaño nominal no-inferior a 21,15 mm<sup>2</sup> (4 AWG)

Anillo de tierra. Un anillo de tierra que rodee el edificio o estructura, en contacto directo con la tierra y a una profundidad bajo la superficie no-inferior a 800 mm que conste como mínimo en 6 m de conductor de cobre desnudo de tamaño nominal no-inferior a 33,62 mm<sup>2</sup> (2 AWG).

250-83. Electrodos especialmente contruidos. Cuando no se disponga de ninguno de los electrodos especificados en artículos anteriores, se debe usar uno o más de los electrodos especificados en los incisos a continuación. Cuando sea posible, los electrodos contruidos especialmente se deben enterrar por debajo del nivel de humedad permanente.

Los electrodos especialmente contruidos deben estar libres de recubrimientos no-conductores, como pintura o esmalte. Cuando se use más de un electrodo para el sistema de puesta a tierra, todos ellos (incluidos los que se utilicen como varillas de pararrayos) no deben estar a menos de 1,8 m de cualquier otro electrodo o sistema de puesta a tierra.

Dos o más electrodos de puesta a tierra que estén efectivamente conectados entre sí, se deben considerar como un solo sistema de electrodos de puesta a tierra.

Sistema de tubería metálica subterránea de gas. No se debe usar como electrodo de puesta a tierra un sistema de tubería metálica subterránea de gas.

Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos. Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos, como tubería y tanques subterráneos.

Electrodos de varilla o tubería. Los electrodos de varilla y tubo no deben tener menos de 2,4 m de longitud, deben ser del material especificado a continuación y estar instalados del siguiente modo:

1) Los electrodos consistentes en tubería o tubo (conduit) no deben tener un tamaño nominal inferior a 19 mm (diámetro) y, si son de hierro o acero, deben tener su superficie exterior galvanizada o revestida de cualquier otro metal que los proteja contra la corrosión.

2) Los electrodos de varilla de hierro o de acero deben tener como mínimo un diámetro de 16 mm. Las varillas de acero inoxidable inferiores a 16 mm de diámetro, las de metales no-ferrosos o sus equivalentes, deben estar aprobadas y tener un diámetro no inferior a 13 mm.

El electrodo se debe instalar de modo que tenga en contacto con el suelo un mínimo de 2.4 m. Se debe clavar a una profundidad no inferior a 2,4 m excepto si se encuentra roca, en cuyo caso el electrodo se debe clavar a un ángulo oblicuo que no forme más de 45° con la vertical, o enterrar en una zanja que tenga como mínimo 800 mm de profundidad. El extremo superior del electrodo debe quedar a nivel del piso, excepto si el extremo superior del electrodo y la conexión con el conductor del electrodo de puesta a tierra están protegidos contra daño físico.

Electrodos de placas. Los electrodos de placas deben tener en contacto con el suelo un mínimo de 0,2 m<sup>2</sup> de superficie. Los electrodos de placas de hierro o de acero deben tener un espesor mínimo de 6,4 mm. Los electrodos de metales no-ferrosos deben tener un espesor mínimo de 1,52 mm.

Electrodos de aluminio. No está permitido utilizar electrodos de aluminio.

250-84. Resistencia de los electrodos fabricados. Un electrodo único que consista en una varilla, tubería o placa y que no tenga una resistencia a tierra de 25 ohms, o menos, se debe complementar con un electrodo adicional de cualquiera de los tipos especificados en incisos anteriores. Cuando se instalen varios electrodos de barras, tubos o placas para cumplir los requisitos de esta Sección se deben colocar a una distancia mínima de 1,83 m entre sí y deben estar efectivamente conectados entre sí.

# **CONDUCTORES, SELECCIÓN MEDIOS DE SOPORTE Y PROTECCIÓN**



## CAÍDA DE TENSIÓN

Para hacer una leve introducción de lo que representa la caída de tensión en un circuito eléctrico, comenzaremos por recordar algunos principios básicos y conceptos fundamentales, cuando circula una corriente eléctrica a través de un conductor siempre tendrá que vencer una resistencia eléctrica que se le va presentando a su paso, esta resistencia es directamente proporcional a la distancia por recorrer, es decir a mayor distancia mayor será la resistencia, ya sea para un circuito trifásico o monofásico.

Esta situación se puede comparar a un circuito de agua, la cual circula a través de una tubería a cierta presión, a la entrada la presión es grande, pero a la salida ya disminuyó mucho debido a que en su recorrido, la tubería por mas lisa que esté, de cualquier manera representa una fricción que el agua tiene que vencer.

Este fenómeno eléctrico se puede comprobar fácilmente, cuando medimos la tensión en el tablero de distribución o en el interruptor general de un alumbrado público y la comparamos con la tensión que están recibiendo la luminarias notándose que es menor que la inicial y mucho menor cuando nos alejamos del centro de control.

Para poder calcularlo tenemos que apoyarnos en dos fórmulas fundamentales:

$$\text{La ley de ohm} \quad I = \frac{V}{R} \quad \Rightarrow e = R I$$

I = corriente eléctrica      V = tensión aplicada      R = resistencia      e = caída de tensión

La corriente que circula por un conductor, es directamente proporcional a la tensión aplicada e inversamente proporcional a su resistencia.

$$\text{Concepto de resistividad} \quad R = \rho L / a$$

R = resistencia      L = a su longitud      a = sección o área       $\rho$  = resistividad del material

La resistividad de un conductor, es directamente proporcional a la resistividad del mismo, y a su longitud, e inversamente proporcional a su sección o área. Siendo la resistividad del cobre de  $0.0175 \Omega \text{ mm} / \text{m}$  una propiedad del material.

Normativamente, únicamente se debe aceptar un 3% como caída de tensión máxima en un circuito eléctrico, con el objeto de que las luminarias o equipos conectados a el funcionen satisfactoriamente.

Por ejemplo si se conectaran a:

127 volts se aceptan	123 volts mínimo
220 volts se aceptan	213 volts mínimo

CÁLCULO POR CAÍDA DE TENSIÓN

$$I = \frac{V}{R}$$

$$R = \rho \frac{l}{s}$$

$$\Delta V = V_2 - V_1$$

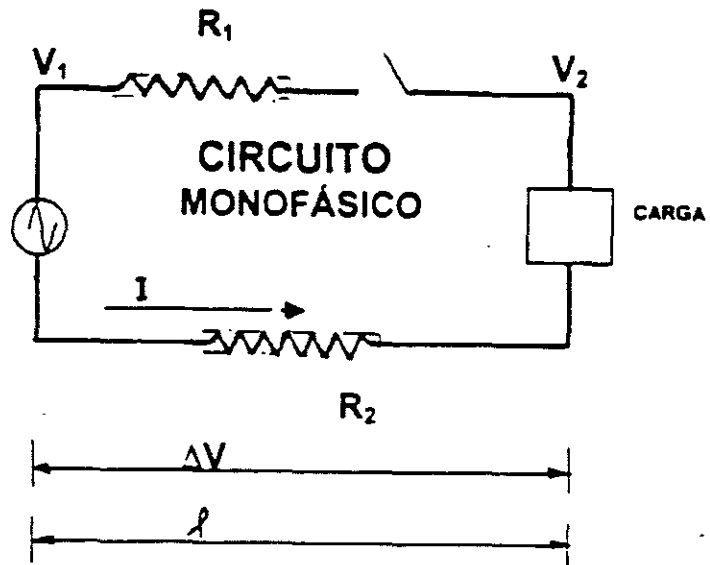
$$\Delta V = RI = \rho \frac{l}{s} I$$

Pero  $R_1 = R_2$

$$\Delta V = 2 \rho \frac{l}{s} I$$

Si  $V_1$  ..... 100 %  
 $\Delta V$  ..... e %

$$\rho_{20^\circ} = 0.0175 \left[ \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right] \text{CONSTANTE}$$



En función de la tensión inicial

$$e \% = \frac{100 \Delta V}{V_1}$$

$$= 100 \times 2 \times 0.00175 \frac{l I}{V_1 s}$$

$$e \% = \frac{3.5 l I}{V_1 s}$$

Cuando proyectamos un sistema de alumbrado por ejemplo para una avenida y al calcular el conductor por capacidad de conducción, no nos responde por caída de tensión, lo que procede es despejar de la fórmula antes mencionada, la sección o área y aplicar los demás parámetros hasta recalcularla.

$$S = \frac{3.5 LT}{V e \%}$$

Y de esta manera corregir la sección del conductor para que cumpla con la norma

Para poner a prueba los conceptos vertidos, se me ocurre proponer un ejemplo para el uso de los mismos y apoyarnos con las fórmulas propuestas.

En un kilómetro de avenida, instalarán 20 luminarias vapor de sodio de 400 watts a 220 volts, calcular el calibre del conductor de tal forma que pase la norma del 3% de caída de tensión, es decir que por lo menos la mas alejada reciba 213 volts.

Primero tenemos que calcular la carga total y por consiguiente su corriente:

$$\text{Potencia} = V \cdot I \cdot \cos. \varphi \eta \Rightarrow$$

$$I = 400 / 220 \cdot 0.9 \cdot 0.8 = 2.5 \text{ amps/lamp.}$$

$$\text{Para las 20 lamparas } I = 20 \cdot 2.5 = 50 \text{ amps.}$$

De conformidad con las tablas para un-conductora 90°C su sección es 8.367 mm<sup>2</sup> (8)

Pero en un km. de distancia hay una gran caída de tensión.

$$\text{Aplicando la fórmula } e\% = 3.5 \cdot 500 \cdot 50 / 220 \cdot 8.367 = 47.5\% \text{ altísima}$$

$$\text{Recalculando } S = 3.5 \cdot 500 \cdot 25 / 220 \cdot 3 = 66.29 \text{ mm}^2$$

Seleccionando en la tabla 310-13 de la norma la sección mas próxima a lo calculado resulta ser 67.43 mm (2/0) AWG

Para la selección se tomo únicamente la mitad de la distancia total y la mitad de la corriente total porque allí se encuentra el centro de gravedad.

COMPROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE CAÍDA DE TENSIÓN

DISTANCIA	CORRIENTE	e %
50	50	0.589
100	47.5	1.121
150	45.0	1.592
200	42.5	2.005
250	40.0	2.359
300	37.5	2.654
350	35.0	2.889
400	32.5	3.066
450	30.0	3.184
500	27.5	3.243
550	25.0	3.243
600	22.5	3.184
650	20.0	3.066
700	17.5	2.889
750	15.0	2.654
800	12.5	2.359
850	10.0	2.005
900	7.5	1.592
950	5.0	1.121
1000	2.5	0.589

Para cada uno de los cálculos de la tabla se utilizó la fórmula de la caída de tensión e%

Pero por facilidad se redujo a:

$$e\% = 0.00023593489 \cdot L \cdot I$$

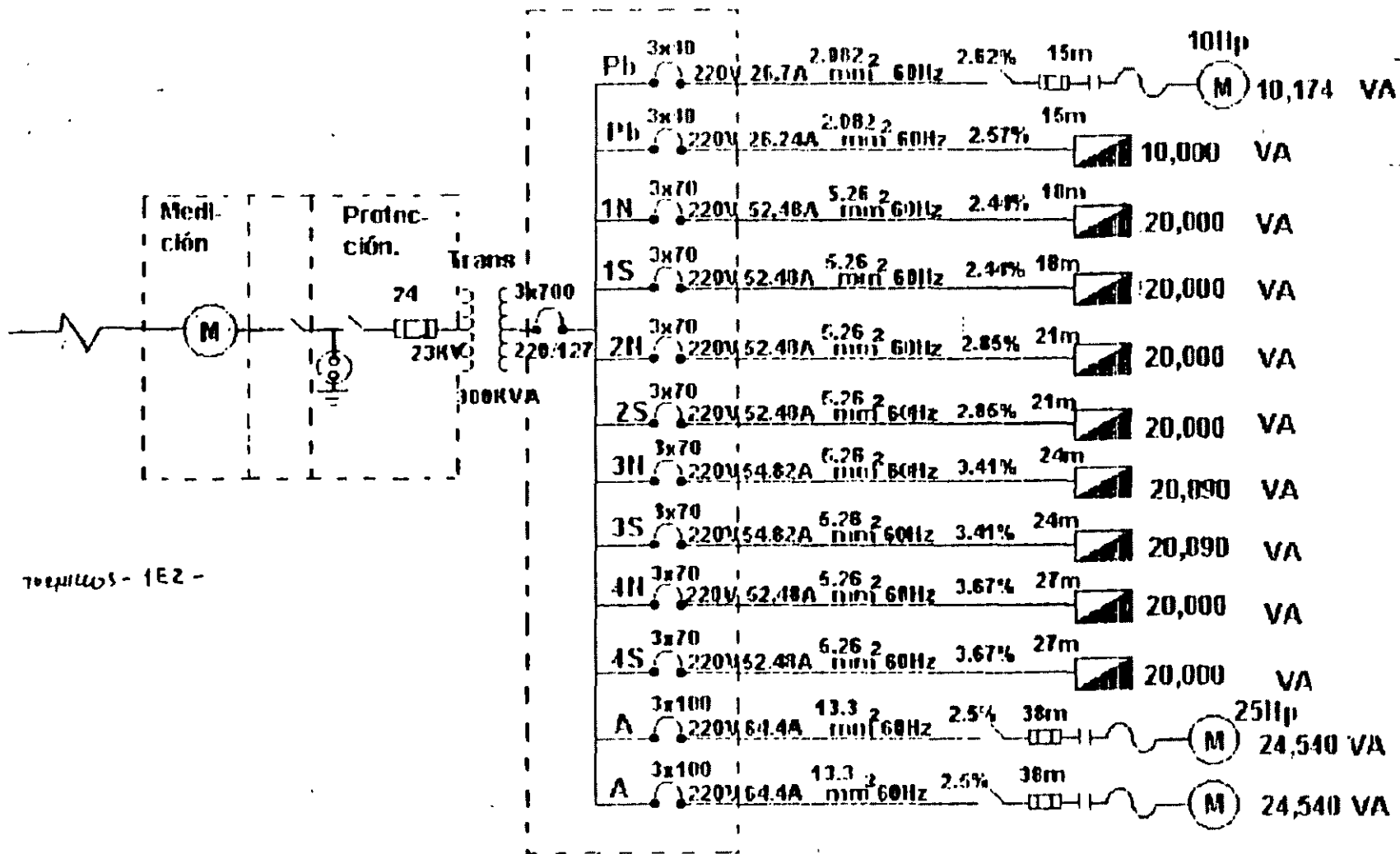
al revisar cada uno de ellos se nota que al llegar a la mitad se encuentra el mayor e inclusive se repite para nuestro caso dio 3.243% que puede ser tolerable.

Pero si quisiéramos no sobrepasar el 3% lo único que debemos hacer es cablear con un calibre mayor.

Es decir con 85.01mm<sup>2</sup> (3/0) AWG

Comprobando con la fórmula para el caso mas extremo:

$$e\% = 3.5 \times 500 \times 27.5 / 220 \times 85.01 = 2.57\% \text{ para la mayor}$$



Área de la sección transversal mm <sup>2</sup> (AWG -KCM)	Temperaturas máximas de operación (Véase Tabla 310 - 13).					
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
	TIPOS TW* UF*	TIPOS RHW*, THW* THHW*, THW-LS THHW-LS THWN*, XHHW* USE*	TIPOS SA, SIS, FEP* FEPB*, RHH* RHW-2, THW-2 THHW* THHW-LS, TT THWN-2, THHN* USE-2, XHHW* XHHW-2	TIPOS TW* UF*	TIPOS RHW*, THW* THHW*, THW-LS THHW-LS THWN*, XHHW* USE*	TIPOS SA, SIS RHH*, RHW-2 THW-2, THHW* THHW-LS THWN-2, THHN* USE-2, XHHW* XHHW-2
C O B R E			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
0.8235 (18)	....	....	14	....	....	....
1.307 (16)	....	....	18	....	....	....
2.082 (14)	20*	20*	25*	....	....	....
3.307 (12)	25*	25*	30*	20*	20*	25*
5.260 (10)	30	35*	40*	25*	30*	35*
8.367 (8)	40	50	55	30	40	45
13.30 (6)	55	65	75	40	50	60
21.15 (4)	70	85	95	55	65	75
33.62 (2)	95	115	130	75	90	100
42.41 (1)	110	130	150	85	100	115
53.48 (1/0)	125	150	170	100	120	135
67.43 (2/0)	145	175	195	115	135	150
85.01 (3/0)	165	200	225	130	155	175
107.2 (4/0)	195	230	260	150	180	205
126.7 (250)	215	255	290	170	205	230
152.0 (300)	240	285	320	190	230	255
177.3 (350)	260	310	350	210	250	280
202.7 (400)	280	335	380	225	270	305
253.4 (500)	320	380	430	260	310	350
304.0 (600)	355	420	475	285	340	385
380.0 (750)	400	475	535	320	385	435
506.7 (1 000)	455	545	615	375	445	500

**NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-SEMP-1994**

**Tabla 310-16 Capacidad de conducción de corriente en amperes de conductores aislados de 0 a 2 000 V, 60 °C a °C. No más de 3 conductores en un cable, en una canalización o directamente enterrados y para una temperatura ambiente de 30 °C**

Área de la sección transversal mm <sup>2</sup> (AWG -kCM)	Temperaturas máximas de operación (Véase Tabla 310 - 13).					
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C
	TIPOS TW <sup>a</sup> UF <sup>a</sup>	TIPOS RHW <sup>a</sup> , THW <sup>a</sup> THHW <sup>a</sup> , THW-LS THHW-LS THWN <sup>a</sup> , XHHW <sup>a</sup> USE <sup>a</sup>	TIPOS SA, SIS, FEP <sup>a</sup> FEPB <sup>a</sup> , RHH <sup>a</sup> RHW-2, THW-2 THHW <sup>a</sup> THHW-LS, TT THWN-2, THHN <sup>a</sup> USE-2, XHHW <sup>a</sup> XHHW-2	TIPOS TW <sup>a</sup> UF <sup>a</sup>	TIPOS RHW <sup>a</sup> , THW <sup>a</sup> THHW <sup>a</sup> , THW-LS THHW-LS THWN <sup>a</sup> , XHHW <sup>a</sup> USE <sup>a</sup>	TIPOS SA, SIS RHH <sup>a</sup> , RHW-2 THW-2, THHW <sup>a</sup> THHW-LS THWN-2, THHN <sup>a</sup> USE-2, XHHW <sup>a</sup> XHHW-2
C O B R E			ALUMINIO O ALUMINIO RECUBIERTO DE COBRE			
0.8235 (18)	....	....	14	....	....	....
1.307 (16)	....	....	18	....	....	....
2.082 (14)	20*	20*	25*	....	....	....
3.307 (12)	25*	25*	30*	20*	20*	25*
5.260 (10)	30	35*	40*	25*	30*	35*
8.367 (8)	40	50	55	30	40	45
13.30 (6)	55	65	75	40	50	60
21.15 (4)	70	85	95	55	65	75
33.62 (2)	95	115	130	75	90	100
42.41 (1)	110	130	150	85	100	115
67.43 (2/0)	125	150	170	100	120	135
85.01 (3/0)	145	175	195	115	135	150
107.2 (4/0)	165	200	225	130	155	175
126.7 (250)	195	230	260	150	180	205
152.0 (300)	215	255	290	170	205	230
177.3 (350)	240	285	320	190	230	255
202.0 (400)	260	310	350	210	250	280
230.0 (500)	280	335	380	225	270	305
260.0 (600)	320	380	430	260	310	350
300.0 (750)	355	420	475	285	340	385
350.0 (900)	400	475	535	320	385	435
506.7 (1 000)	455	545	615	375	445	500
Factores de corrección						

## SUMINISTRO Y USO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Tabla 430.150 Corriente a plena carga de motores trifásicos de corriente alterna

kW	(C.P.)	Motor de inducción de jaula de ardilla y rotor devanado (A)			Motor síncrono, con factor de potencia unitario (A)		
		220 V	440 V	2 400 V	220 V	440 V	2 400 V
.373 466	(1/2)	2.1	1.0				
.560 760	(3/4)	2.5	1.5				
.746	(1)	3.8	1.9				
1.119	(1 1/2)	5.4	2.7				
1.49	(2)	7.1	3.6				
2.23	(3)	10.0	5.0				
3.73	(5)	15.9	7.9				
5.60	(7 1/2)	23.0	11.0				
7.46	(10)	29.0	15.0				
11.19	(15)	44.0	22.0				
14.92	(20)	56.0	28.0				
18.65	(25)	71.0	36.0		54	27	
22.38	(30)	84.0	42.0		65	33	
29.84	(40)	109.0	54.0		86	43	
37.3	(50)	136.0	68.0		108	54	
44.76	(60)	161.0	80.0	15	128	64	11
55.95	(75)	201.0	100.0	19	161	81	14
74.60	(100)	259.0	130.0	25	211	106	19
93.25	(125)	326.0	163.0	30	264	132	24
119.90	(150)	376.0	188.0	35	-	158	29
149.20	(200)	502.0	251.0	47	-	210	38



Capacidad de conducción nominal o ajuste del dispositivo automático de sobrecorriente ubicado antes del equipo, tubería, etc. No mayor en amperes	<u>Sección transversal</u>		<u>Sección transversal</u>	
	Cobre		Aluminio	
	mm <sup>2</sup>	AWG KMC	mm <sup>2</sup>	AWG KMC
15	2.082	14	3.307	12
20	3.307	12	5.260	10
30	5.260	10	8.367	8
40	5.260	10	8.367	8
60	5.260	10	8.367	8
100	8.367	8	13.30	6
200	13.30	6	21.15	4
300	21.15	4	33.62	2
400	27.67	3	42.41	1
500	33.62	2	53.48	1-0
600	42.41	1	67.43	2-0
800	53.48	1-0	85.01	3-0
1000	67.43	12-0	107.2	4-0
1200	85.01	3-0	126.7	250

**Tabla 3A. Número máximo de conductores en tubo conduit o tubería**  
(Basado en la Tabla 1, Capítulo 10)

Tipo	Área de la sección transversal del conductor mm <sup>2</sup> (AWG)		Diámetro nominal del tubo mm											
			13	19	25	32	38	51	63	76	89	102	127	152
THW	2.082	(14)	9	15	25	34	60	99	142					
THW-LS	3.307	(12)	7	12	19	35	47	78	111	171				
THHW	5.260	(10)	5	9	15	26	36	60	85	131	176			
XHHW	8.367	(8)	2	4	7	12	17	28	40	62	84	108		
RHW	2.082	(14)	6	10	16	29	40	65	93	143	192			
RHH	3.307	(12)	4	8	13	24	32	53	76	117	157			
	5.260	(10)	4	6	11	19	26	43	61	95	127	163		
	8.367	(8)	1	3	5	10	13	22	32	49	66	85	133	
THW	13.30	(6)	1	2	4	7	10	16	23	36	48	62	97	141
	21.15	(4)	1	1	3	5	7	12	17	27	36	47	73	106
THW-LS	33.62	(2)	1	1	2	4	5	9	13	20	27	34	54	78
	53.48	(1/0)		1	1	2	3	5	8	12	16	21	33	49
THHW	67.43	(2/0)		1	1	1	3	5	7	10	14	18	29	41
	85.01	(3/0)		1	1	1	2	4	6	9	12	15	24	35
	107.20	(4/0)			1	1	1	3	5	7	10	13	20	29
RHW y RHH (Sin cubiertas)	126.70	(250)			1	1	1	2	4	6	8	10	16	23
	152.00	(300)			1	1	1	2	3	5	7	9	14	20
	177.30	(350)				1	1	1	3	4	6	8	12	18
	202.70	(400)				1	1	1	2	4	5	7	11	16
	233.40	(500)				1	1	1	1	3	4	6	9	14
	380.00	(750)					1	1	1	2	3	4	6	9

Nota: Esta tabla es sólo para conductores con cableado concéntrico normal.

ILUMINACIÓN EFICIENTE DE VIALIDADES Y ÁREAS EXTERIORES

CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE EN AMPERES EN ALAMBRES Y CABLES CON AISLAMIENTO TERMOPLASTICO									
CALIBRE MCM AWG	TERMOPLASTICO NORMAL				TERMOPLASTICO ESPECIAL				
	TIPO TW (60° C) No. DE CONDUCTORES EN:				TIPO TW (75° C) No. DE CONDUCTORES EN:				
	AIRE	TUBO CONDUIT			AIRE	TUBO CONDUIT			
	1	1 A 3	4 A 6	7 A 9	1	1 A 3	4 A 6	7 A 9	
500	515	320	256	224	620	380	304	266	
400	455	280	224	196	545	335	268	234	
350	420	260	203	182	505	310	248	217	
300	375	240	192	168	445	285	228	199	
250	340	215	172	150	405	255	204	178	
4/0	300	195	156	136	360	230	184	161	
3/0	260	165	132	115	310	200	160	140	
2/0	225	145	116	101	265	175	140	122	
1/0	195	125	100	87	230	150	120	105	
1	165	110	88	76	200	130	106	92	
2	140	95	76	66	170	115	92	80	
4	105	70	56	49	125	85	68	59	
6	80	55	44	38	95	65	52	45	
8	55	40	32	28	85	45	36	31	
10	40	30	24	21	40	30	24	21	
12	25	20	16	14	25	20	16	14	
14	20	16	12	10	20	15	12	10	

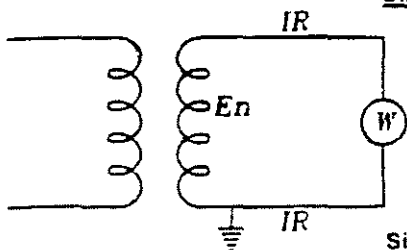
  

FACTORES DE CORRECCION PARA TEMPERATURA AMBIENTE SUPERIOR A 30° C									
TEMPERATURA		Multiplique los valores de corriente por							
°C	°F	0.82	0.82	0.82	0.82	0.88	0.88	0.88	0.88
40	104	0.82	0.82	0.82	0.82	0.88	0.88	0.88	0.88
45	113	0.71	0.71	0.71	0.71	0.82	0.82	0.82	0.82
50	122	0.58	0.58	0.58	0.58	0.75	0.75	0.75	0.75
55	131	0.41	0.41	0.41	0.41	0.67	0.67	0.67	0.67
60	140					0.58	0.58	0.58	0.58

CARACTERISTICAS DE CABLES CONDUCTORES DE COBRE		
	CALIBRE MCM y AWG	SECCION TRANSVERSAL mm <sup>2</sup>
C	1500	760.1
	1250	633.3
	1000	506.7
	750	380
A	600	304.1
	500	253.3
	400	202.7
B	350	177.4
	300	152
	250	126.7
L	4/0	107.2
	3/0	85
	2/0	64.7
E	1/0	53.5
	2	33.6
	4	21.15
S	6	13.3
	8	8.37
	10	5.26
	12	3.31
	14	2.08
	16	1.308
	18	0.823
ALAMBRE	10	5.26
	12	3.31
	14	2.08
	16	1.308
	18	0.823

DIMENSIONES DE TUBO CONDUIT					
DIMENSIONES		DIAMETRO INTERIOR		AREA INTERIOR	
PULGADAS	mm	Ø mm	PULGADAS	mm <sup>2</sup>	puig <sup>2</sup>
1/2	13	15.80	0.622	193.55	0.30
3/4	19	20.95	0.824	341.93	0.53
1	25	26.65	1.049	554.84	0.86
1 1/4	32	35.05	1.380	967.74	1.50
1 1/2	38	40.90	1.610	1316.13	2.04
2	51	52.50	2.067	2167.74	3.36
2 1/2	63	62.71	2.469	3090.32	4.79
3	76	77.93	3.068	4761.28	7.38
3 1/2	89	90.12	3.548	6387.08	9.90
4	102	102.26	4.026	8206.44	12.72

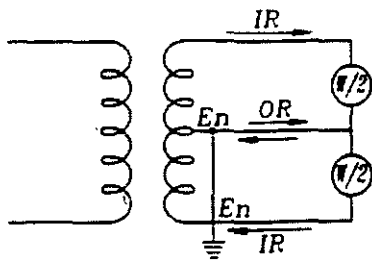
**Sistema Monofásico 2 hilos**



$$W = E_n I \cos \theta$$

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

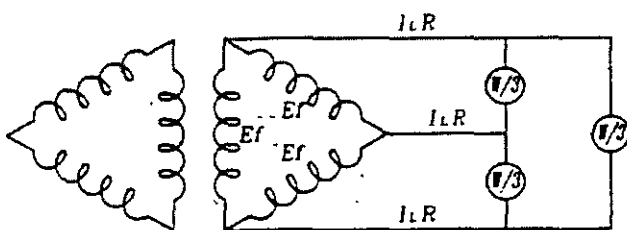
**Sistema Monofásico 3 hilos**



$$W = 2 E_n I \cos \theta$$

$$S = \frac{2 L I}{E_n e}$$

**Sistema Trifásico 3 hilos**



$$I_L = \sqrt{3} I_r$$

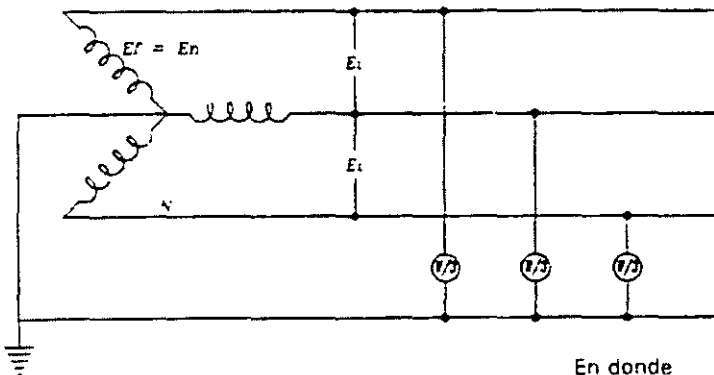
$$E_L = E_r$$

$$W_T = \sqrt{3} E_L I_L \cos \theta = 3 W \text{ fase}$$

$$W \text{ fase} = E_r I_r \cos \theta$$

$$S = \frac{2 \sqrt{3} L I}{E_L e}$$

**Sistema Trifásico 4 hilos**



$$W_T = \sqrt{3} E_L I_L \cos \theta = 3 E_n I_r \cos \theta$$

$$W \text{ fase} = E_r I_r \cos \theta$$

$$S = \frac{2 L I}{E_n e}$$

En donde

$$e = \text{Caída de tensión en \%} = \frac{100 \% e_r}{E_n} = \frac{100 \% e_L}{E_L}$$

$I_L$  = Corriente de línea en amperes

$e_r$  = Caída de tensión entre línea y neutro.

$L$  = Longitud de la línea en metros.

$e_L$  = Caída de tensión entre líneas.

$S$  = Sección del conductor desnudo en  $\text{mm}^2$ .

$E_n = E_r$  = Tensión entre líneas o línea y neutro.

$I$  = Corriente del conductor en amperes.

$E_L$  = Tensión entre líneas

$W$  = Potencia en Watts.

# **EFICIENCIA ENERGÉTICA EN INSTALACIONES**

## FUNDAMENTACION

En la actualidad, las constantes crisis energéticas y económicas mundiales con sus impactos negativos en los niveles de bienestar de los habitantes de los países, obligan a los gobiernos a diferir sus proyectos de construcción de centrales generadoras de energía eléctrica, y a impulsar programas de uso eficiente y ahorro de energía eléctrica. Asimismo, la irreversible explosión demográfica que demanda cada vez mas servicios de energéticos primarios, derivados del petróleo, aunado a las grandes cantidades de hidrocarburos utilizados en la operación de las grandes centrales termoeléctricas, es una preocupación mundial de supervivencia ya que estudios fundamentados revelan que el petróleo se puede acabar en un corto plazo no mayor de 40 años.

No menos importante es señalar que los programas nacionales de eficiencia y ahorro de energía persiguen como beneficios colaterales el cuidado del medio ambiente, ya que al quemar combustóleo en el proceso de generación, se envía a la atmósfera grandes cantidades de contaminantes.

Hay que destacar que en un país como México, que históricamente participa en una economía globalizada, con nuevos proyectos llenos de tecnología de punta, las instituciones educativas incorporan a sus planes de estudio asignaturas con programas de ahorro de energía, para que los egresados tengan más recursos académicos que los hagan competitivos. Finalmente se considera que cualquier empresa de bienes y servicios que incluye los programas de uso eficiente y ahorro de energía eléctrica en su filosofía administrativa, responde a las exigencias de productividad y competitividad de los tiempos modernos.

Finalmente debe tomarse en consideración que en el caso particular de las instalaciones eléctricas en media y baja tensión, actualmente se incorporan con carácter de obligatorias, las Normas Oficiales Mexicanas denominadas de eficiencia energética.

El objetivo general de este trabajo es el de capacitar al lector en la administración de la energía eléctrica, en las instalaciones de los usuarios, mediante una metodología de diagnóstico energético y el desarrollo de proyectos integrales de ahorro de energía, aplicando tecnologías de punta en ese campo de especialidad, y cuyo fin último es la reducción del consumo de energía (KWH) y de la demanda KW. Es el deseo sincero del autor que la ley de la sinergia, permita que el cúmulo de conocimientos obtenidos en esta obra, aunado a las aportaciones y dedicación de los lectores interesados en el uso eficiente de la energía eléctrica, el cuidado del medio ambiente y la preservación de nuestros recursos no renovables, contribuyan a "crear un México más próspero y soberano". (2)

- 1) Ing. Mateo Treviño Gaspari "el nuevo enfoque de los programas de ahorro de energía eléctrica en México, revista. Energía racional, FIDE. México D.F., año 5, No. 18, Enero-Marzo de 1996.
- 2) Dr. Ernesto Zedillo Ponce de León, "el ahorro de energía, prioritario dentro del programa de reestructuración del sector 1995-2000, "revista energía racional. FIDE Año 5 No. 19 Abril- junio de 1996.

## **La explosión demográfica y su vínculo con el consumo de la energía, la ecología y sus recursos naturales no renovables.**

"*Cuando el destino nos alcance* "... Título de una película que destaca cuando la humanidad llena de habitantes cada rincón de las grandes metrópolis en el mundo y llegan a tener problemas muy serios, dentro de los cuales se aprecia la falta de alimento, así como la de los energéticos. En la actualidad las personas vinculadas con los energéticos, su uso eficiente y el ahorro de energía agregarían al título de dicha película: ... *¿o ya nos alcanzo?*

Basta y sobra con viajar en el metro de la Cd. de México, de preferencia entre las 7:00 y 9:00 A.M. o de las 18:00 a 20:00 para corroborar lo mencionado en el anterior párrafo, en efecto esta ciudad, incluyendo la zona conurbana con los mayores índices de población en el mundo, presenta serios problemas de sobrevivencia ya que sus cerca de 20,000,000 de habitantes demandan no solo alimentos, sino servicios de transporte y por supuesto de energéticos.

Una información que refuerza la problemática de los gobiernos de los países para dotar a sus pobladores de servicios básicos, apareció en el periódico "*el financiero*" el día 23 de Agosto de 1997, el cual fue escrito por Roxana Gonzáles García, en el artículo, se destaca que el problema de crecimiento de la población es causa de hambrunas y olas migratorias hacia el norte por lo cual alerta la ONU sobre explosivo crecimiento demográfico en África, Asia, y América Latina, y que proyecta más de 8 mil millones de habitantes en el año 2025. Asimismo se cita que la acelerada explosión demográfica en zonas subdesarrolladas de África, América latina, Asia y el caribe ha agravado los problemas de pobreza, marginación y provocando una creciente ola migratoria que en muchos casos se traduce en conflictos internacionales.

Aunque el incremento de población es un fenómeno mundial se calcula que en la actualidad habitan en el planeta 5,800,000 millones de habitantes- los países en desarrollo registran el mayor porcentaje del crecimiento -97%-, lo cual agudiza la pobreza del tercer mundo y dificulta el desarrollo social y económico sostenible. En el mismo artículo se puntualiza, la entrevista concedida al diario por el representante del Fondo de Población de las Naciones (FPNUM), Rainer Rosenbaum, quien señaló: "En la actualidad los países llamados en desarrollo no disponen de recursos suficientes para atender a la nueva población que crece de manera acelerada. El funcionario de la ONU dijo que la falta de educación sexual y la falta de recursos económicos agudiza el problema de crecimiento de la población en sectores de los países en desarrollo, donde se vuelve una carga para el gobierno.

El gráfico proporcionado por el importante diario de circulación nacional del cual se extrajo el artículo cita es por demás elocuente.

En el caso de México, el Gobierno Federal hace verdaderos esfuerzos para dotar a la población de servicios de energía eléctrica, como se verá en temas subsecuentes.

En tomo al consumo de energía que demanda la creciente población, Joseph Puig y Joaquín Corominas nos mencionan: "la pasmosa facilidad con que obtenemos un torrente de fuerza eléctrica simplemente apretando un botón; la comodidad de apretar solo un poco el acelerador y, casi mágicamente salir disparados a mil por hora... nos hace olvidar demasiado a menudo la increíble complejidad del mundo, con todas sus implicaciones políticas, económicas, sociales y medioambientales, a escala incluso planetarias.

Tres ejemplos muy recientes lo confirman: Japón a detectado sobre su cielo las primeras partículas de humo procedentes de pozos petroleros incendiados en la guerra del Golfo Pérsico, aquel conflicto internacional que costo miles de vidas, y cientos de miles de dólares.

Las centrales termoeléctricas de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y de Luz y Fuerza del Centro (LyF) en México, para su proceso de generación de energía eléctrica queman gran cantidad de combustóleo potencialmente contaminante, ya que según Enrique M. Coperias, experto en energía, los combustibles fósiles como recursos naturales no renovables, junto con la energía nuclear, son los que mayor fama tienen, por haberse demostrado que son capaces de provocar grandes contaminantes, contribuyendo a fenómenos como el efecto de invernadero y la llamada lluvia ácida.

### **El ahorro de energía eléctrica y el cuidado del medio ambiente.**

El ingeniero Mateo Treviño Gaspari, en una valiosa aportación más a este tema de particular importancia, en un artículo escrito en la Revista Energía Racional del FIDE, aborda el delicado y actual tema y que a la fecha se ha convertido en un problema social muy serio: la contaminación ambiental. En el artículo denominado "EL FIDE EN LA PROTECCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE", el autor destaca que de manera general, los programas y proyectos emprendidos por el FIDE tienen un doble propósito, por un lado contribuir a elevar la productividad y competitividad tanto del sector eléctrico, como de los usuarios de energía eléctrica, y por el otro, fortalecer el esfuerzo que se realiza en el mundo para disminuir el uso de los hidrocarburos. Así, además de participar en el desenvolvimiento de la economía del país se logra minimizar el impacto en el medio ambiente provocado por la quema de combustibles fósiles para la producción eléctrica. En el mismo artículo se destaca una vez más la importancia de la energía eléctrica para el medio ambiente, señalándose que a partir de los proyectos que el FIDE ha puesto en marcha el ahorro de energía eléctrica alcanzado hasta 1993 asciende a 155 GWh, lo que equivale a un ahorro considerable de barriles de combustóleo. Cabe aclarar que estos barriles de combustóleo serían los requeridos para producir este volumen de energía eléctrica. En cuanto al medio ambiente, esto se traduce en una reducción anual de cientos de toneladas de gases contaminantes que se enviarían a la atmósfera. Se apunta que si bien es cierto que los resultados son sustanciales, actualmente los esfuerzos del FIDE se orientan a tener mayores ahorros que sean producto del efecto multiplicador de los proyectos demostrativos que se han desarrollado hasta ahora.



Por otra parte en el período comprendido de 1990 y 1993 los ahorros obtenidos ascienden a 3,345 GWh que son aproximadamente, el 3.8% del consumo de energía eléctrica que se registró en el año de 1989.

El ahorro de energía eléctrica estimado, permite reducir la emisión de 52,517 toneladas de dióxido de azufre, 3,487 toneladas de óxidos de nitrógeno, 9,632 toneladas de bióxido de carbono, 243 toneladas de monóxido de carbono y 3,579 toneladas de partículas. De esta manera ha sido posible que las metas de ahorro establecidas por el FIDE al inicio de su operación, se superen. Se pronostica que las metas para el ahorro para 1994 son de 5,485 GWh y para el año 2000 de 12,177 GWh; que contribuirán significativamente a una mayor disponibilidad de hidrocarburos como resultado de una menor utilización de los mismos.

En cuanto a la preservación de los recursos naturales, se menciona que otro de los beneficios que aporta el ahorro de energía eléctrica es evidentemente la disminución del consumo de combustibles fósiles para su generación. Por cada 10 barriles de combustóleo que se produjeron en 1992, casi 7 barriles, los consumió el sector eléctrico de nuestro país. Esta cantidad es significativa si se considera que en este mismo año se consumieron 16 millones de metros cúbicos de combustóleo. En cuanto al gas, un poco más del 15% de la producción se empleó con el mismo fin, consumiéndose un total de 4, 418 millones de metros cúbicos. El consumo de diesel ascendió a 312, 000 metros cúbicos en 1992, mientras que se utilizó un total de 4, 249 mil toneladas de carbón; el 63% de la producción nacional de este energético. En este sentido, cualquier esfuerzo para lograr ahorros de energía eléctrica, en este sector se va reflejando directamente y en forma determinante, en la conservación de recursos naturales. Es importante hacer notar que los combustibles mencionados provienen de recursos no renovables. Los hidrocarburos en particular, son un factor básico para la generación de divisas.

Un aspecto de gran importancia para estudiosos del ahorro de energía eléctrica, es saber CUANTO SE CONTAMINA PARA PRODUCIR UN KWh, que de manera clara se desarrolla en el artículo. Por poner un ejemplo, de acuerdo con la información proporcionada por la Comisión Federal de Electricidad, la emisión de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) a la atmósfera es de 15.7 Kg. Por cada MWh que se produce a partir del combustóleo. El SO<sub>2</sub> es uno de los gases más peligrosos que junto con la lluvia produce ácido sulfúrico, el cual daña considerablemente bosques y ecosistemas. De manera similar por cada KWh producido se emiten casi 3 grms. De SO<sub>2</sub> cuando se emplea gas y 8.6 Kg. Cuando se emplea carbón en plantas generadoras. Esta información pone de relieve la trascendencia del ahorro de energía eléctrica alcanzable en 1989 que ascendió a 110, 100 GWh, se logrará reducir la emisión de 17, 286 toneladas de bióxido de azufre, 1,266 toneladas de óxidos de nitrógeno, 3,171 toneladas de bióxido de carbono, 79 toneladas de monóxido de carbono y 1,178 toneladas de partículas.

**- Retos y desafíos del sector eléctrico en México.**

La inversión necesaria para construir la infraestructura eléctrica necesaria en nuestro país, que permita dotar de energía eléctrica a la mayoría de la población es de aproximadamente 352 mil millones de pesos, esto durante los próximos diez años.

El principal reto del sector eléctrico es asegurar de manera confiable, al menor costo posible y con la mejor calidad la creciente demanda de electricidad.

De 1988 a 1997 la demanda de electricidad creció a una tasa promedio anual de 5.3% y la prospectiva del sector eléctrico para el período 1998-2007 prevé un crecimiento promedio anual de 5.8% en las ventas de electricidad. El aumento anual esperado para las regiones de Baja California, Occidental, Peninsular y Noroeste es mayor al promedio.

El proceso de generación-distribución, distribución, utilización, representa un enorme consumo de recursos energéticos, siendo en su mayoría no renovables y potencialmente contaminantes, el 51.7% de la capacidad efectiva instalada de generación en México se basa en hidrocarburos, con el impacto negativo en el medio ambiente.

Con las inversiones antes mencionadas, se deberá aumentar la capacidad instalada de generación en 13 mil megavatios (MW) en los próximos seis años y de 21 mil 700 MW en los próximos diez años, cifras que se comparan con la capacidad instalada actual de 35 mil MW. Con inversiones del orden de 25 mil millones de dólares USD.

La realidad económica que vive nuestro país, impide que el gobierno federal pueda invertir en la totalidad de los nuevos proyectos mencionados para los próximos 10 años, de aquí que se busquen por el sector eléctrico alternativas, como puede ser el concurso y participación de los inversionistas privados mediante la licitación de proyectos de generación independiente de energía (IPP).

En opinión del Banco Mundial para Minas, Energía y Telecomunicaciones, es necesario privatizar la industria eléctrica y que el Banco Mundial apoyaría una decisión mexicana en ese sentido.

El reto pues, en materia de energía eléctrica es cada vez más grande. Las ramas económicas de mayor dinamismo y que aportan mayor valor agregado son intensivas en el fluido eléctrico. Además, el crecimiento poblacional representa un factor que aumenta las necesidades del suministro eléctrico a los casi 96 millones de mexicanos que actualmente habitan este gran país y a los aproximadamente 3 millones de nuevos habitantes que llegarán cada año durante los próximos diez años. El problema es serio.

Para poder doblar el PIB per cápita de la población, México requiere crecer a un ritmo sostenido del 5% anualmente en un periodo de 18 años. Para respaldar ese crecimiento, la oferta de energía debe crecer, por lo menos, en esta misma tasa, y desde luego a una tasa superior si se desea abatir los rezagos existentes.

El consumo per cápita en México es de alrededor de 1400 KWH por residente, en Canadá y E.U.A. es casi de 12 y casi 9 veces superior al de México respectivamente.

En Febrero de 1999, prácticamente el poder ejecutivo en México anunció reformas a los artículos 27 y 28 constitucionales y con ellos iniciar los preparativos para la privatización eléctrica, y con ello permitir a los particulares- nacionales y extranjeros puedan invertir en la generación, distribución y comercialización de energía eléctrica.

Es importante para el estudioso de temas vinculados con el uso eficiente de la energía eléctrica conocer lo que estipulan los artículos 27 y 28 constitucionales.

El artículo 27 señala: "corresponde exclusivamente a la nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares..."

El artículo 28 constitucional también define a la electricidad como una área estratégica en la que el estado ejerce funciones de manera exclusiva.

Fuentes oficiales en nuestro país, mencionan que la Comisión Federal de Electricidad es una empresa que deberá seguir cumpliendo con objetivos prioritarios como la electrificación de zonas rurales y colonias populares, así como promover el ahorro de energía. Así mismo se informa que en la actualidad 95% de una población total de más de 96 millones de mexicanos disfruta del sector eléctrico, lo cual significa que en menos de 40 años la industria a crecido para darle servicio a 75 millones más de mexicanos y que además ese avance se sustentó en inversiones hechas exclusivamente por el estado, y que los objetivos de ésta importante etapa se han cumplido, y que para los próximos seis años se requerirán inversiones por 250 mil millones de pesos. Esto es más de los que se gasta en salud y seguridad social en tan solo un año. Por lo cual es definitiva la posibilidad de que los particulares puedan invertir en la generación, distribución y comercialización de la energía eléctrica sin perder la rectoría del estado.

En 1998 el sector eléctrico contaba *con una* capacidad efectiva de 34,791 MW con la siguiente conformación de las centrales generadoras:

Hidrocarburos:	51.7%
Hidroeléctrica:	28.8%
Dual:	6.0%
Nuclear:	3.8%
Geotérmica y eólica:	2.2%
Carboeléctrica:	7.5% ,

El panorama expuesto sobre el estado actual del sector eléctrico en México es en verdad un reto y un desafío, tanto para el gobierno como para todos los que habitamos en este país, ya que sin lugar a dudas, proporcionar energía eléctrica a casi 96 millones de habitantes actuales, mas los millones que se vayan acumulando anualmente, incluyendo los aproximadamente 26 millones de mexicanos en pobreza extrema, es un problema que atañe a todos en lo económico (recuérdese que para construir la capacidad requerida en infraestructura eléctrica durante los años venideros se estiman 25 mil millones de dólares), ecológico, de desarrollo social, etc... El ahorro de energía se presenta pues como una alternativa para coadyuvar en la solución del problema del suministro.

La Secretaría de Energía a través de la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía (CONAE), estiman que desarrollando proyectos de cogeneración en nuestro país, preliminarmente, se determinó que el potencial total nacional. Incluyendo industrias e instalaciones de PEMEX- en el escenario bajo es de 2,900 MW, el medio de 4,000 MW y el alto de 6,000 MW. Sin embargo existen barreras de tipo técnico, económico, de actitud que generan un alto grado de incertidumbre, sobre la pronta y efectiva incorporación de este esquema en nuestro país.

Por parte del Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica (FIDE), en base a metas al año 2000, estimadas por empresas consultoras especializadas en el ramo, se logró establecer una: proyección ponderada para el año 2000. Se ha estimado un ahorro de aprox. 20,500 GWH, que representan el 21 % de las ventas de energía eléctrica en 1992.

Para el logro de las metas mencionadas; se requiere en el futuro inmediato de la participación y la sinergia de las compañías suministradoras de energía eléctrica en México, así como de los usuarios del fluido eléctrico en una proporción del 30% y 70% respectivamente.

### **El estado actual de la privatización de la energía eléctrica al 2 de febrero de 1999**

#### **LOS ARTÍCULOS CONSTITUCIONALES COMO SE ENCUENTRAN Y COMO QUEDARÍAN**

ACTUAL.

##### **Artículo 27, párrafo sexto**

..Corresponde exclusivamente a la nación generar, conducir, transformar, distribuir y abastecer de energía eléctrica que tenga por objeto la prestación de servicio público. En esta materia no se otorgarán concesiones a los particulares y la nación aprovechará los bienes y recursos naturales que se requieran para dichos fines.

**Artículo 28, párrafo cuarto**

No constituirán monopolios las funciones que el estado ejerza de manera exclusiva en las siguientes áreas estratégicas: correos, telégrafos y radiotelegrafía; petróleo y los demás hidrocarburos; petroquímica básica; minerales radioactivos y generación de energía nuclear; electricidad y las actividades que expresamente señalan las leyes que expide el congreso de la unión la comunicación via satélite y los ferrocarriles son áreas prioritarias para el desarrollo nacional en los términos del artículo 25 de esta constitución; el estado al ejercer en ellas su rectoría, protegerá la seguridad y la soberanía de la nación, y al otorgar concesiones y permisos mantendrá o establecerá el dominio de las respectivas vías de comunicación de acuerdo con las leyes de la materia.

**PROPUESTA**

**Artículo 27, párrafo sexto**

...Corresponde exclusivamente a la nación el control operativo de la red nacional de transmisión de electricidad, el cual no podrá ser concesionado a los particulares.

**Artículo 28, párrafo cuarto.**

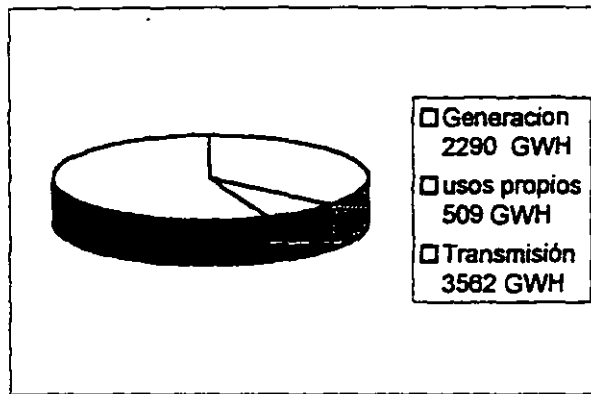
No constituirán monopolios las funciones que el estado ejerza de manera exclusiva en las siguientes áreas estratégicas: correos, telégrafos y radiotelegrafía; petróleo y los demás hidrocarburos; petroquímica básica; minerales radioactivos; generación de energía nuclear; el control operativo de de la red nacional de transmisión de electricidad y las actividades que expresamente señalen las leyes que expida el Congreso de la Unión. La comunicación vía satélite, los ferrocarriles y la generación, transmisión distribución y comercialización de energía eléctrica son áreas prioritarias para el desarrollo nacional en los términos del artículo 25 de ésta constitución; el estado al ejercer en ellas su rectoría, protegerá la seguridad y la soberanía de la nación, y al otorgar concesiones o permisos mantendrá o establecerá el dominio de las respectivas vías de comunicación, así como de las redes generales de transmisión y de distribución de energía eléctrica, de acuerdo con las leyes de la materia.

**Razones importantes para ahorrar energía eléctrica**

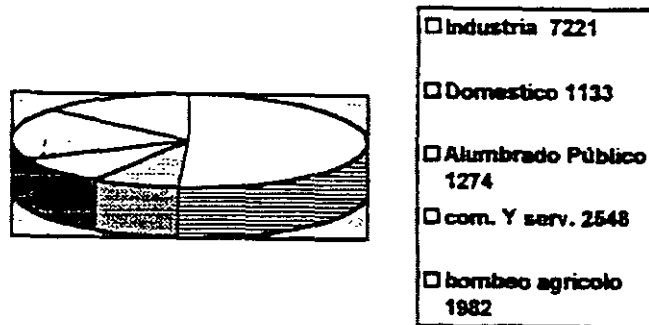
Fundamentalmente los programas de uso eficiente y ahorro de energía en México, así como el desarrollo de diagnósticos energéticos y de proyectos de ahorro en industrias, centros comerciales e inmuebles de servicios, casas habitación, servicios públicos, etc..., persiguen beneficios de tipo económico, de impacto ambiental y de preservación de los recursos naturales no renovables, tal es el caso del petróleo, sin dejar a un lado el beneficio de modernizar instalaciones electromecánicas e incrementar la productividad de las empresas como resultado de incorporar en las instalaciones de los inmuebles equipos eléctricos, de control, de aire acondicionado, etc ..., catalogados como tecnologías de punta o "high tech" como ocurre en las edificaciones catalogadas como inteligentes.




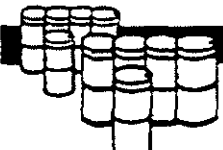



Prueba de lo anterior resultan las metas de ahorro de energía eléctrica en el periodo 1992-2000 fijadas por la Comisión Federal de Electricidad a través de su programa de Ahorro de Energías del Sector Eléctrico como se aprecia en la siguiente figura:

**METAS DE AHORRO INTERNAS  
1992-2000  
AHORRO TOTAL. 6,361 GWH**



**METAS DE AHORRO EXTERNAS 1992-2000  
AHORRO TOTAL 14,159 GWH**



<p><b>AHORRO</b></p> <p>20 <b>529</b> GW-</p>		<p><b>EQUIVALENCIA</b></p> <p>CONSUMO ANUAL DEL AREA DE LA CD. DE MEXICO</p>
<p>3 125 MW</p>		<p>3 VECES LA CAPACIDAD INSTALADA EN EL VALLE DE MEXICO</p>
<p>4.866 MLLD. DLL.</p>	<p><b>RESERVA MONETARIA</b></p> 	<p>28 6% de 17.000 MLLS. DLLS</p>
<p>53.35 MILLONES DE BARRILES</p>	<p><b>PRODUCCION PETROLERA MENSUAL</b></p> 	<p>71% de 75 MILLONES DE BARRILES</p>
<p>15.32 BILLONES DE PESOS</p>	<p><b>CONSTRUCCION DE SUPERCARRETERAS</b></p> 	<p>4.000 KILOMETROS</p>
<p>15.32 BILLONES DE PESOS</p>	<p><b>CONSTRUCCION DE AULAS</b></p> 	<p>106.300 AULAS TIPO CAPFCE</p>
<p>15.32 BILLONES DE PESOS</p>	<p><b>CREACION DE EMPLEOS</b></p> 	<p>540 MIL EMPLEOS</p>

Los esfuerzos del Gobierno Federal a través de la Secretaría de Energía y la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, del Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica, de instituciones educativas como el Instituto Politécnico Nacional asimismo de las firmas consultoras actualmente establecidas en México, de los fabricantes de equipo y material eléctrico, y en general de las personas y organismos dedicados al uso eficiente y ahorro de la energía, encuentran su razón de ser en cinco puntos básicos:

- 1.- Cuidado de los recursos naturales no renovables, del medio ambiente y la creación de una cultura energética en México.
- 2.- Beneficiar técnica y económicamente a los usuarios industriales, de comercios y servicios, residenciales, etc...
- 3.- Beneficiar a toda empresa relacionada con la fabricación y comercialización de equipo ahorrador.
- 4.- Beneficiar a las empresas dedicadas a brindar servicios de consultoría, o bien a aquellas empresas de servicios eléctricos orientadas a proporcionar servicios energéticos.
- 5.- Beneficiar a las compañías suministradoras de energía eléctrica, a la sociedad y al país en conjunto.

**Cuidado de los recursos naturales no renovables, del medio ambiente y la creación de una cultura energética en México.**

Históricamente las centrales termoeléctricas en México han representado el mayor porcentaje de la capacidad de infraestructura eléctrica instalada, en 1998 de los 34,978 MW de capacidad total del país, a dichas centrales les correspondían 20,468 MW. Al utilizar combustóleo en su proceso de generación dichas centrales son potencialmente contaminantes y fuertes consumidoras de derivados del petróleo producido por Petróleos Mexicanos. Se estima que de no aplicar medidas de uso racional del petróleo como energético primario, México corre el riesgo de convertirse de exportador en importador, con su impacto negativo en la economía.

Una de las causas del aumento de la contaminación atmosférica en el valle de México en la última década fue la sustitución de gas natural por combustóleo en las plantas termoeléctricas que suministran energía eléctrica a la Ciudad de México y en las industrias localizadas en la zona metropolitana. El problema del cuidado de los recursos naturales no- renovables, es de índole mundial. Tres cuartas partes de la energía producida en el mundo provienen de los combustibles fósiles. Dependemos de ellos. Pero se trata de una adicción peligrosa: las reservas se nos están terminando. Las plataformas petrolíferas se multiplican, y hasta se diseñan por computadora. Cada vez se adentran más en los océanos; las perforaciones alcanzan mayores profundidades. Estamos sorbiendo los últimos litros de oro negro.

En México desafortunadamente no contamos con una cultura en ahorro de energía eléctrica, como también ocurre en otros servicios de uso cotidiano como el agua, la limpieza, etc... El Fideicomiso para el ahorro de energía y La Comisión Nacional para el ahorro de Energía, realizan esfuerzos supremos para llegar a sectores amplios de de población con su publicidad y difusión que comprende desde los niveles de educación primaria hasta diplomados y maestrías en las escuelas de educación superior.



**Beneficiar económica y técnicamente a los usuarios industriales, de comercios y servicios, residenciales, etc.**

Efectivamente el ahorro de energía eléctrica es una opción rentable. La tarifa eléctrica generalmente está formada por los cuatro siguientes conceptos: Consumo de energía eléctrica (KWH), por cargos fijos, por bajo factor de potencia (Cuando es menor a 90%) y por demanda máxima (KW). Ahorrar incide favorablemente en los conceptos citados, porque tiende a reducir la corriente, aunque no afecta los cargos fijos. El caso del factor de potencia es un caso particular, porque así como puede representar un recargo de hasta 120%, también puede convertirse en una bonificación de 2.5%.

El ahorro de energía en sistemas eléctricos, gira en torno de una cuestión fundamental: De la cantidad de energía disipada al medio en forma de calor. El proceso es un fenómeno irreversible, es una pérdida absoluta. Las pérdidas pueden ser de origen eléctrico (efecto Joule) o magnético (histéresis y corrientes parásitas). Las pérdidas por efecto Joule ( $I^2R$ ) son las más importantes.

Por lo antes expuesto, se deduce que una disminución de corriente favorece en general a la eficiencia de los sistemas eléctricos. Existen excepciones; un motor o un transformador trabajando en vacío manejan corrientes mínimas y sin embargo su eficiencia es cero, ya que no transfieren energía alguna a la carga.

En el caso de los conductores, independientemente del calibre y tipo, la resistencia ( $R = \rho \cdot L / A$ ) depende del calibre, del material del que este construido, de la longitud, de la frecuencia y de la temperatura a la que trabaje. La temperatura esta determinada a su vez por la técnica de instalación y del ambiente en el cual se opere, pero de forma definitiva de la corriente que se maneje. Un conductor que conduzca corriente alta se calentará y con ello elevará sus pérdidas. Por ejemplo, un alambre de cobre que debido a la corriente trabajen  $100^\circ\text{C}$ ; presentará una resistencia 1.314 veces mayor que cuando se encuentra a  $20^\circ\text{C}$ . También el aislamiento de los conductores sufre consecuencias negativas por el deterioro sufrido a causa del calentamiento. Estos conceptos también son válidos para motores, reguladores, arrancadores, reactores, balastos, transformadores, etc.

Al reducir la corriente, hay mejoras en la regulación de tensión, a mayor corriente mayor caída de voltaje. Por ejemplo, ignorando el efecto térmico, si la corriente se duplica, la caída de tensión también aumenta al doble, pero si la corriente se reduce 20% la caída decrece también 20%.

Una reducción de la corriente de diversos puntos de la instalación eléctrica, reduce la corriente de todo el sistema, reflejándose directamente en la demanda instantánea y por lo tanto en la demanda máxima facturable, ya que ellas están en función del voltaje, del número de fases, del factor de potencia y de la corriente.

En los sistemas de acondicionamiento ambiental, se disminuye la carga térmica. Cada KWH de pérdidas requiere 3,412 BTU de aire acondicionado (a/c). Como cada tonelada de a/c equivale a 12,000 BTU, cada 3.5 KWH evitados, ahorran una tonelada de a/c.

Ahorrar energía también permite ahorrar en cableado para obras nuevas o existentes, en KVA de transformadores, en equipo de protección, en mantenimiento, etc., sin embargo el beneficio más inmediato está en la reducción del importe de la facturación eléctrica, a través de la optimización del consumo (KWH), demanda máxima (KW) y factor de potencia (FP).

Finalmente, para un usuario, la energía eléctrica representa un cierto porcentaje de sus costos de producción. Existe un índice energético llamado intensidad energética que relaciona la energía consumida para lograr una unidad de producto terminado, por ejemplo joules/lanta o KWH/tonelada de cemento. En la siguiente figura se aprecian las intensidades energéticas de varias ramas industriales en México, y las correspondientes a los países avanzados. Con las firmas de tratados comerciales de nuestro país con otros del orbe, las empresas mexicanas tendrán que mantener o elevar la calidad de sus productos o servicios pero a un costo igual o menor al internacional para poder competir con las empresas extranjeras. Las acciones encaminadas para lograr ahorros de energía son cada día más necesarias, más factibles y rentables.

**Beneficiar a todas aquellas empresas relacionadas con la fabricación y comercialización de equipo ahorrador.**

Derivado de la apertura comercial, en nuestro país actualmente han aumentado el número de empresas que comercializan una multiplicidad de marcas y líneas de motores, compresores, balastos, lámparas, etc., de alta eficiencia y con aplicación en proyectos de ahorro de energía eléctrica. Algunos de estos productos no son siempre confiables, ni satisfacen los requerimientos técnicos de las instalaciones eléctricas en México. En lugar de ser un impedimento para el desarrollo de la industria nacional, esa situación se está volviendo positiva, ya que está dando oportunidades para desarrollar productos idóneos para el mercado interno. Existen programas de apoyo para tal fin auspiciados por el Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica, como es el caso del denominado sello FIDE, que es un aval de calidad en el cumplimiento de ahorro de energía por los equipos eléctricos que lo porten. Así mismo para el industrial mexicano, productos idóneos para el mercado interno. Existen programas de apoyo para tal fin auspiciados por el Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica, como es el caso del denominado sello FIDE, que es un aval de calidad en el cumplimiento de ahorro de energía por los equipos eléctricos que lo porten. Así mismo para el industrial mexicano, resulta sumamente conveniente participar como aliado comercial del FIDE, dentro de un programa denominado de incentivos y desarrollo de mercado apoyado y financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), orientado a ofrecer descuentos especiales a los usuarios finales que compren productos ahorradores de energía lo cual beneficia al industrial mexicano y/o al comercializador de productos nacionales y extranjeros. De ésta actividad, derivan mayores fuentes de empleo para, los mexicanos.

**Beneficiar a las empresas dedicadas a brindar servicios de consultoría o bien a aquellas empresas de servicios eléctricos orientadas a proporcionar servicios energéticos.**

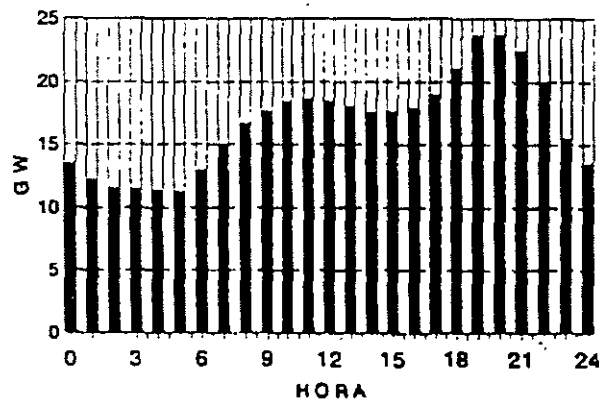
Las actividades relacionadas con el ahorro de energía están siendo un buen negocio en México. La concientización está creando la necesidad de especialistas en ahorro de energía en todas las ramas lo que está propiciando la creación de múltiples microempresas y también la creación de nuevas áreas especializadas en ahorro de energía dentro de empresas consultoras ya establecidas y con amplia experiencia en áreas afines. Las oportunidades se están dando también para profesionistas con amplia experiencia quienes están desarrollando una positiva labor de consultoría. Vale la pena mencionar que tanto FIDE como la CONAE, así como asociaciones civiles de profesionistas en aplicación energética, impulsan fuertemente la creación y desarrollo de Empresas de Servicios Energéticos Integrales, el FIDE las identifica como ESEI'S y en E.U.A. se conocen como las ESCO'S (Energy Services Companies).

**Beneficiar las compañías suministradoras de energía eléctrica,  
A la sociedad y al país.**

Un incremento de carga provoca un aumento de corriente en diversos puntos del sistema eléctrico nacional con los inconvenientes en regulación, control de frecuencia, pérdidas en líneas de transmisión y distribución, pérdidas en transformadores, etc.

La suma de los perfiles de las cargas individuales, produce el perfil de carga nacional con un pico de demanda que se presenta muy marcadamente entre las 19:00 y las 21:00 hrs., demanda que es satisfecha con plantas pequeñas con altos costos de operación, lo que supone además la inversión en equipo costoso que trabaja con factor de carga baja, es decir pocas horas al año. En general las empresas suministradoras de energía eléctrica en el mundo, enfrentan nuevos retos cuya solución puede requerir cambios estructurales de gran importancia.

GENERACION HORARIA DURANTE UN DIA LABORABLE EN EL SISTEMA ELECTRICO NACIONAL



agrr/depfi/6-92

Figura I-3

Son requisitos adicionales, la protección del medio ambiente y la conservación de recurso energéticos; especialmente los no renovables.

Con su participación mayoritaria del 51.7 % de las centrales termoeléctricas en el proceso de generación de la energía eléctrica en México, representan una causa importante en la contaminación ambiental.

El utilizar combustibles fósiles-carbón, combustóleo y gas natural, en este tipo de plantas, da lugar a impactos ambientales de mayor o menor importancia, dependiendo de la capacidad (MW) de la planta y el combustible usado.

Una de las causas de la contaminación atmosférica en el valle de México en la última década fue la sustitución de gas natural por combustóleo en las plantas termoeléctricas que suministran energía a la ciudad de México y en las industrias localizadas en la zona metropolitana.

En las gráficas correspondientes, se comparan las emisiones de contaminantes resultantes de la combustión de dos energéticos al producir un KWH en una planta termoeléctrica convencional.

A manera de ejemplo de como impacta el efecto de la generación de energía eléctrica en la zona del Valle de México, se tiene que en 1991 el consumo de energía en la región correspondiente al área de control central, fue de 29,371 GWH, que correspondió aproximadamente a la cuarta parte del total nacional. De esa cantidad el 84% se consumió en la zona metropolitana del valle de México, lo que significa que en esa zona que abarca menos del 1% de territorio nacional se consumió aproximadamente el 21% de la energía eléctrica producida en todo el país.

También se tiene que el 78 % de la energía consumida en la zona central se produjo en 27 plantas generadoras comprendidas en el área de control central, de las cuales 20 de ellas son hidroeléctricas y 7 termoeléctricas. Estas cifras pueden ser engañosas, porque aunque las termoeléctricas representan en número solo el 26%, su generación de energía eléctrica representó el 72% en 1992.

En cuanto a la ubicación de las plantas generadoras, se tiene que todas las hidroeléctricas se encuentran fuera de la cuenca del valle México, mientras las 7 termoeléctricas se localizan en la parte norte de la cuenca. Estas son potencialmente contaminantes por la producción de óxido de nitrógeno (NOx) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), causantes de la lluvia ácida, y también emiten bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que contribuye al efecto invernadero en la atmósfera, lo que producirá a largo plazo un incremento de la temperatura en la superficie terrestre y un cambio global del clima.

Los vientos dominantes en el valle, provienen del norte, acarreado la contaminación hacia el centro y sur de la cuenca. La contaminación no se limita al aire; cada megawatt de generación termoeléctrica, requiere un consumo de agua para enfriamiento de un litro de segundo.

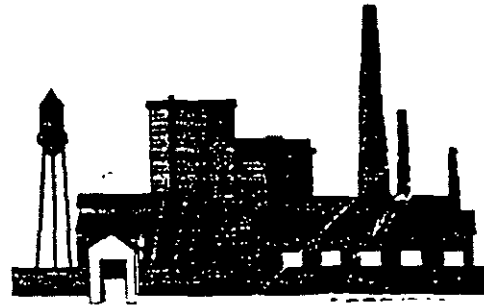


**CADA KWH AHORRADO  
EVITA LOS SIGUIENTES  
CONTAMINANTES:**



Gramos

<b>NOx</b>	<b>1.22</b>	<b>0.82</b>
<b>SO2</b>	<b>3.41</b>	<b>1.6</b>
<b>CO2</b>	<b>263.1</b>	<b>214.83</b>
<b>CH4</b>	<b>0.00268</b>	<b>0.00195</b>



### **Dependencias y organismos dedicados en México a programas de ahorro de energía eléctrica.**

#### **FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (FIDE)**

Es un organismo de carácter privado no lucrativo, creado en el año de 1990 para promover acciones que induzcan y fomenten el ahorro y uso racional de la energía eléctrica, dedicado a demostrar y difundir con actividades y resultados concretos la viabilidad técnica y rentabilidad económica del ahorro de energía eléctrica. Las acciones emprendidas en los últimos años para promover el ahorro de energía eléctrica en México, han demostrado que las inversiones aplicadas con éste fin son técnicamente factibles y económicamente rentables para todos los sectores de la sociedad.

Su estructura organizacional, a partir de su Dirección General, le permite promover y concretar proyectos de ahorro de energía eléctrica y diagnósticos energéticos a través de firmas de consultoría, en industrias, comercios y servicios, usuarios menores y servicios públicos municipales. Vale la pena destacar que a través del Fideicomiso se administra el programa nacional del horario de verano, se coordina el programa de sello FIDE y se impulsa el programa de incentivos y desarrollo de mercados de reciente creación y con el financiamiento y los auspicios del Banco Interamericano de Desarrollo. El FIDE participa fuertemente en la difusión y promoción del ahorro de energía eléctrica y de esta manera coadyuva a la creación de una cultura energética dentro de la sociedad mexicana. Asimismo el FIDE tiene el propósito de difundir las normas oficiales mexicanas de eficiencia energética a nivel nacional con el fin de que el público en general esté informado acerca de la eficiencia energética que deben cumplir los sistemas, equipos y dispositivos.

## COMISIÓN NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGÍA (CONAE)

Es una comisión intersecretarial del Gobierno Federal, creada por acuerdo presidencial el 28 de septiembre de 1989, para promover y facilitar las acciones en materia de ahorro y uso eficiente de energía.

La CONAE esta constituida por las siguientes dependencias y entidades:

- Secretaría de Energía (SE)
- Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI)
- Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP)
- Secretaría de de Comunicaciones y Transportes (SCT)
- Secretaría de Educación Pública (SEP)
- Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP)  
Departamento del Distrito Federal (DDF)
- Petróleos Mexicanos (PEMEX)
- Comisión Federal de Electricidad (CFE)

## OBJETIVOS DE LA CONAE

Coordinar y apoyar las medidas que faciliten y estimulen el ahorro y uso eficiente de los recursos energéticos en la República Mexicana. A través de sus áreas, promueve estudios, proyectos y diagnósticos energéticos demostrativos, así como los mecanismos para facilitar la aplicación generalizada de estas medidas. De igual forma, activa las fuerzas del mercado y apoya el desarrollo de recursos técnicos, educativos, financieros e institucionales necesarios para lograr se instrumenten en la práctica las medidas de ahorro y uso eficiente de energía.

Con sus servicios la CONAE pretende beneficiar a todos los sectores sociales del país, mediante la aplicación de sus programas de atención a los usuarios de mayor consumo de energía.

## ÁREAS OPERATIVAS

La CONAE cuenta para su operación con las siguientes áreas:

- 1.- Industria.
- 2.-Cogeneración y fuentes no convencionales de energía.
- 3.-Transporte.
- 4.-Normalización.
- 5.-Sector energético.
- 6.-Inmuebles y alumbrado público.
- 7.-Educación.
- 8.-Cooperación internacional.
- 9.-Promoción regional y financiamiento.

Actualmente, las oficinas de la Comisión se encuentran en insurgentes sur 1582, en la Ciudad de México y cuenta con su página en Internet <http://www.conae.gob.mx>, que forma parte de un sistema de información compuesto por dicha hoja y de ligas informáticas en la red.

### **Programa de ahorro de energía del sector eléctrico (PAESE) de la Comisión Federal de Electricidad (CFE).**

Prácticamente este programa (PAESE) lo opera un departamento creado por la Comisión Federal de Electricidad, tiene oficinas y representantes en toda la República Mexicana. Opera coordinadamente con el Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica y dentro de otras importantes funciones tiene bajo su responsabilidad el seguimiento y la evaluación permanente del PAESE cuya meta de ahorro para el período 1992-2000 como ya se ha mencionado es de 20520 GWH. El domicilio y números telefónicos del PAESE en la Ciudad de México, son los mismos que el FIDE.

### **Asociación de Técnicos y Profesionistas en Aplicación Energética A.C. (ATPAE).**

Actualmente ésta asociación que es la más importante en su género, tiene establecida como misión; "promover y propiciar el uso de la energía de manera permanente, con rigor técnico, con independencia de criterios, con un enfoque multidisciplinario y plural, con calidad y presencia reconocidos y con estricto apego a la ética profesional".

Dentro de sus líneas estratégicas, por su importancia se mencionan las siguientes:

- desarrollar profesionales y técnicos de excelencia y prestigio en ahorro y uso óptimo de energía.
- convertirse en organismo certificador de especialistas en eficiencia energética. Entre los apoyos disponibles en la asociación para los socios, destacan: - estar en contacto con los especialistas más destacados en los principales temas relacionados con la energía, en distintos ámbitos, desde lo académico y de investigación, hasta el productivo, pasando por organismos públicos y empresas paraestatales tanto en México como en el extranjero.
- Contar con información oportuna sobre eventos, bibliografía y en general lo más relevante en materia de eficiencia energética, planeación y aspectos ambientales.
- Posibilidad de obtener becas hasta por el 100% para asistir a seminarios, cursos y viajes de estudio al extranjero.
- Recibir información sobre oportunidades de negocios en su ámbito de actividad. - Contar con apoyo para la gestión de financiamientos para proyectos.
- En un futuro próximo utilizar los servicios de certificación de especialistas en eficiencia energética que la ATPAE pondrá a disposición de sus socios y promoverá su aceptación entre organismos públicos y privados.

- Acceso a participar como consultor en los proyectos que realiza la ATPAE, así como instructor en sus programas de capacitación y en las solicitudes de otros organismos y empresas nacionales y extranjeras.

Para mayor información

### **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO.**

Opera su Programa de Uso eficiente de Energía PUE, ofrece cursos de actualización y educación continua, así como diplomados y la Maestría en ahorro de energía.

### **Ahorro de energía en centrales generadoras.**

Hablar de ahorro de energía en las centrales generadoras del sistema eléctrico nacional es un tema complejo e interesante, ya que se trata de un trabajo de investigación cuyas fuentes de investigación son precisamente las empresas suministradoras del fluido eléctrico en México es decir de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), y Luz y Fuerza del Centro, así mismo de las compañías privadas dedicadas en la actualidad a brindar tan importante servicio a la nación, de igual forma la mayor empresa dentro del sector energético, Petróleos Mexicanos genera en algunas de sus grandes plantas en la república mexicana su energía eléctrica, y en casos especiales le vende a la propia CFE sus excedente de energía eléctrica generada.

Dentro de la estructura de la CONAE, descrita en capítulos anteriores la dirección del sector energético es la encargada de promover la eficiencia energética, realizar diagnósticos energéticos y desarrollar proyectos y recomendaciones a las industrias pesadas CFE y PEMEX, de particular importancia en la economía de México.

En la CFE existe la coordinación del programa de ahorro de energía del sector eléctrico (PAESE) que conjuntamente con el Fideicomiso para el ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), fija metas de ahorro, promueve el ahorro, realiza diagnósticos y apoya la realización de proyectos y aplicación de medidas de ahorro de energía del sector eléctrico.

Es el PAESE quien estableció la meta de ahorro de energía al interior del sector eléctrico durante el periodo 1992-2000, de 6451 GWH en generación, transmisión, etc...

Asimismo estableció para los usuarios finales, industriales, comercios y servicios, etc. la cantidad de 14,159 GWH como meta. De particular interés, y relacionado con las metas a alcanzar en el período de ocho años antes mencionado, son las declaraciones efectuadas recientemente por el director del FIDE a importante diario de circulación nacional a saber:



- En los últimos 9 años, México se ahorró cerca de dos mil millones de dólares en inversiones para la producción de energía gracias a los planes y programa que se implantaron para reducir el consumo de esos energéticos.
- Se comentó que mediante las acciones desarrolladas por el FIDE, se han ahorrado alrededor de 8,000 KWH en consumo y cerca de 2,000 MW en potencia.
- A grosso modo, se informó, se habla de un ahorro anual de consumo de facturación de 4000,000,000 de pesos anuales, aunque esta cifra depende en mucho de la estructura tarifaria y del tipo de usuario.
- Un beneficio adicional es lo que se aseguró, en términos de que actualmente la eficiencia energética es un factor fundamental para el desarrollo nacional y mundial, esto es, la preocupación principal es producir más bienes y servicios con menor consumo de energía, lo que además de representar una disminución en el pago de insumos, contribuye a conservar el entorno ecológico.
- Congruente con la necesidad del gobierno federal, a través de la CFE de invertir en proyectos de infraestructura en el sistema eléctrico nacional y de esta forma aumentar en la capacidad instalada, se especifica que la participación del sector productivo, a quienes se solicita participen y se comprometan a llevar a cabo acciones correctivas que propicien una eficiencia en el trabajo al producir mas con menos energía eléctrica, de las dependencias gubernamentales, y de la población en general, se ha traducido en un ahorro importante de energía que permitió aprovechar los 2000,000,000 de dls. ahorrados en otro sectores, al no tener que invertir dicho monto en programas para generar electricidad.

Destaca la información, que en 1998, se ahorraron 1,179 M W, de los cuales 683, correspondieron a la reducción en el consumo logrado con el horario de verano, 143 se ahorraron en el uso domestico y en las pequeñas y medianas empresas industriales y comerciales 137 MW se redujeron en el consumo industrial; 125 en el agropecuario, y 61 gracias a la adaptación de nuevos sistemas de alumbrado, entre otros.

En reciente declaración el secretario técnico de la Comisión Nacional para el Ahorro de energía (CONAE), informó que durante 1999 como resultado de la aplicación del horario de verano en México, se evitó el consumo de 8,000,0011 de barriles de petróleo, cantidad suficiente para movilizar durante cuatro meses a toda la flotilla vehicular de la ciudad de México, que con la reducción de la demanda de energía eléctrica durante las horas pico, se difirieron permanentemente inversiones de \$7,000,000,000, que equivalen al costo de u a central generadora con capacidad para encender simultáneamente 10.2 millones de focos de 60 Watts. Asimismo agregó que la aplicación del horario de verano se tradujo en 1999, en un ahorro por abatimiento de la demanda de energía eléctrica en hora pico de 613 mega watts. La reducción en el consumo de energía eléctrica que se ha acumulada durante los primeros cuatro años de aplicación del horario de verano equivale a la electricidad consumida por los 19.6 millones de hogares del país durante casi 7 semanas.

Dicho en otras palabras, éstos ahorros equivalen a la energía que consumirían 200,000,000 de focos de 60 watts encendidos una hora diaria durante un año. Si estos focos estuvieran alineados formarían una línea recta de 12,075 km. de largo. Es importante destacar que con el horario de verano y otros programas de ahorro de energía, México está a punto de llegar a la meta que se impuso para el año 2000. Una disminución anual en el consumo de fluido eléctrico del orden de 8,051 millones de Kwh y una reducción de más de 1,436 Megawatts de la demanda en las horas pico.

En opinión del autor de esta antología y discrepando de comentarios de connotados políticos en contra de los avances del FIDE y de los programas de ahorro de energía del sector eléctrico, haciendo propia la frase de *"zapatero a tus zapatos, políticos a la política y consultor a tu especialidad en ahorro de energía"* considero válidos los datos y las estadísticas proporcionadas por el director del FIDE, que falta mucho por hacer, en un México falto de cultura en ahorro de energía, es cierto, pero solamente con el concurso y la participación de todos, suministradores y usuarios del valioso fluido, se podrán elevar las condiciones de usos eficiente de la energía con todas sus bondades, y podremos así poner nuestro granito de arena, para coadyuvar al engrandecimiento de nuestro país, ahora más globalizado y exigido que nunca por las grandes economías mundiales, para hacer más productivo y competitivo y con grandes oportunidades para lograr su estabilidad económica y su pleno desarrollo.

Actualmente estamos investigando en la Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, en el PAESE y en el Centro Nacional de Control de Energía (CENACE) los avances en los programas de ahorro al interior del sector eléctrico, para tener una referencia oficial que nos sirva de parámetro para aproximarnos a los avances relacionados con los 6,451 GWH planteados en las metas 1992-2000 del PAESE descritas en otro capítulo de esta antología.

## **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

- 1.- Programa de cálculo en alumbrado VISUAL Lithonia Lighting.
- 2.- Administración de energía en ingeniería eléctrica. Gutiérrez Moyado Justo. 2000.
- 3.- Memoria de experiencias profesionales, auditoria de obra pública, ejecución de una obra en alumbrado público. Jerónimo Martínez Martínez.
- 4.- Ley de obras públicas y servicios relacionados con las mismas.
- 5.- NOM 001 001 SEDE 1999
- 6.- NOM 013 ENER 1996
- 7.- Sistema de puesta a tierra. Ing. Alfredo Juárez Torres.
- 8.- Manual de ingeniería de iluminación AXA Lumisistemas.
- 9.- Iluminación Artificial. Procobre México.
- 10.- Iluminación de exteriores Croyse Hinds Cooper.
- 11.- Guía para diseño de proyectores. Lithonia Lighting.
- 12.- Información de luminarias y componentes. Sello FIDE.



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

**INSTALACIONES  
ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS**

*EFICIENCIA ENERGÉTICA EN  
INSTALACIONES*

Del 01 al 29 de Octubre de 2004

***ANEXOS***

CI-158

Instructor: Ing. Justo Gutiérrez Moyado  
BBVA-Bancomer  
OCTUBRE 2004

## Tarifa 2 (2003 - 2004)

### Servicio general hasta 25 kW de demanda

#### 1.- Aplicación

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda hasta de 25 kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

2.- Cuotas aplicables en el mes de 

OCTUBRE
---------

 de 2004.

#### 2.1 Cargo fijo

**\$ 37.54**

#### 2.2 Cargos adicionales por energía consumida

**\$ 1.465** por cada uno de los primeros 50 kilowatts-hora.

**\$ 1.770** por cada uno de los siguientes 50 kilowatts-hora.

**\$ 1.952** por cada kilowatt-hora adicional a los anteriores.

#### 3.- Mínimo mensual

Cuando el usuario no haga uso del servicio cubrirá como mínimo el cargo fijo a que se refiere el punto 2 de esta tarifa.

#### 4.- Demanda por contratar

La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario con base en sus necesidades de potencia. Cualquier fracción de kilowatt se considerará como kilowatt completo.

Cuando el usuario exceda la demanda de 25 kilowatts, deberá solicitar al suministrador aplique la tarifa 3. De no hacerlo, a la tercera medición consecutiva en que exceda la demanda de 25 kilowatts, será reclasificado por el suministrador, notificándole al usuario.

#### 5.- Depósito de garantía

Es el importe que resulte de aplicar el cargo adicional por energía consumida del primer bloque del numeral 2.2 a los consumos mensuales que se indican según los casos:

- a) 125 kilowatts-hora para los servicios suministrados con 1 hilo de corriente.
- b) 350 kilowatts-hora para los servicios suministrados con 2 hilos de corriente.
- c) 400 kilowatts-hora para los servicios suministrados con 3 hilos de corriente.

En el caso de los servicios con facturación bimestral, el depósito de garantía será dos veces el importe que resulte de aplicar lo anterior.

**NOTA:** Las cuotas indicadas, estarán sujetas a un ajuste automático en los términos del resolutivo TERCERO del Acuerdo de Autorización de Ajuste del 28 de diciembre de 2001.

2004
------

Consultar tarifas de:

---

**Tarifa 3 (2003 - 2004)**

**Servicio general para más de 25 kW de demanda**

**1.- Aplicación**

Esta tarifa se aplicará a todos los servicios que destinen la energía en baja tensión a cualquier uso, con demanda de más de 25 kilowatts, excepto a los servicios para los cuales se fija específicamente su tarifa.

2.- Cuotas aplicables en el mes de **OCTUBRE** de 2004.

**2.1 Cargo por demanda máxima**

**\$ 170.49** por cada kilowatt de demanda máxima medida

**2.2 Cargo adicional por la energía consumida**

**\$ 1.072** por cada kilowatt-hora.

**3.- Mínimo mensual**

El importe que resulte de aplicar 8 veces el cargo por kilowatt de demanda máxima.

**4.- Demanda por contratar**

La demanda por contratar la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor de 60% de la carga total conectada ni menor de 25 kilowatts o de la capacidad del mayor motor o aparato instalado. Cualquier fracción de kilowatt se tomará como kilowatt completo.

**5.- Demanda máxima medida**

La demanda máxima medida se determinará mensualmente por medio de instrumentos de medición que indiquen la demanda media en kilowatts durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el período de facturación.

**6.- Depósito de garantía**

Es 2 veces el importe que resulte de aplicar el cargo por demanda máxima a que se refiere el inciso 2.1 a la demanda contratada.

**NOTA:** Las cuotas indicadas, estarán sujetas a un ajuste automático en los términos del resolutivo TERCERO del Acuerdo de Autorización de Ajuste del 28 de diciembre de 2001.

Consultar tarifas de: **2004**

### Tarifa O-M (2003 - 2004)

Tarifa ordinaria para servicio general en media tensión, con demanda menor a 100 kW

#### 1.- Aplicación

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda menor a 100 kW

2.- Cuotas aplicables en el mes de **OCTUBRE** de 2004.

Se aplicarán los siguientes cargos por la demanda máxima medida y por la energía consumida:

Baja California	82.68	0.632
Baja California (verano)	91.24	0.769
Baja California Sur	89.97	0.766
Baja California Sur (verano)	101.06	1.037
Central	103.23	0.770
Noreste	94.92	0.718
Noroeste	92.13	0.702
Noroeste (verano)	110.48	0.760
Norte	95.29	0.719
Peninsular	106.54	0.775
Sur	103.23	0.744

#### 3.- Mínimo mensual

El importe que resulta de aplicar 10 veces el cargo por kilowatt de demanda máxima medida.

#### 4.- Demanda contratada

La demanda contratada la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de 10 kilowatts o la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90%.

#### 5.- Temporadas de verano y fuera de verano

Para la determinación de las cuotas aplicables en las regiones Baja California, Baja California Sur y Noroeste se definen las siguientes temporadas:

Verano:

Región Baja California: del 1º de mayo al sábado anterior al último domingo de octubre.



Región Baja California Sur: del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre.

Noroeste: del 16 de mayo al sábado anterior al último domingo de octubre.

Fuera de verano:

Región Baja California: del último domingo de octubre al 30 de abril.

Región Baja California Sur: del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril.

Región Noroeste: del último domingo de octubre al 15 de mayo.

#### 6.- Demanda máxima medida

La demanda máxima medida se determinará mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 minutos, en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo de facturación.

Cualquier fracción de kilowatt de demanda máxima medida se tomará como kilowatt completo.

Cuando la demanda máxima medida exceda de 100 kilowatts, el usuario deberá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa H-M. De no hacerlo, al tercer mes consecutivo en que exceda la demanda de 100 kilowatts, será reclasificado por el suministrador en la tarifa H-M, notificándolo al usuario.

#### 7.- Depósito de garantía

Resulta de aplicar 2 veces el importe del cargo por demanda máxima medida a la demanda contratada.

NOTA: Las cuotas indicadas, estarán sujetas a un ajuste automático en los términos del resolutive TERCERO del Acuerdo de Autorización de Ajuste del 28 de diciembre de 2001.

### Tarifa H-M (2003 - 2004)

Tarifa horaria para servicio general en media tensión, con demanda de 100 kW o más

#### 1.- Aplicación

Esta tarifa se aplicará a los servicios que destinen la energía a cualquier uso, suministrados en media tensión, con una demanda de 100 kilowatts o más.

#### 2.- Cuotas aplicables en el mes de **OCTUBRE** de 2004.

Se aplicarán los siguientes cargos por la demanda facturable, por la energía de punta, por la energía intermedia y por la energía de base.

Baja California	\$ 154.28	\$ 2.1086	\$ 0.5834	\$ 0.4587
Baja California Sur	\$ 148.26	\$ 1.6920	\$ 0.8100	\$ 0.5733
Central	\$ 106.95	\$ 2.0206	\$ 0.6464	\$ 0.5399
Noreste	\$ 98.33	\$ 1.8666	\$ 0.6002	\$ 0.4918
Noroeste	\$ 185.73	\$ 1.7891	\$ 0.6408	\$ 0.5153
Norte	\$ 98.80	\$ 1.8800	\$ 0.6060	\$ 0.4932
Peninsular	\$ 110.48	\$ 2.1139	\$ 0.6771	\$ 0.5194
Sur	\$ 106.95	\$ 1.9791	\$ 0.6181	\$ 0.5138

#### 3.- Mínimo mensual

El importe que resulta de aplicar el cargo por kilowatt de demanda facturable al 10% de la demanda contratada.

#### 4.- Demanda contratada

La demanda contratada la fijará inicialmente el usuario; su valor no será menor del 60% de la carga total conectada, ni menor de 100 kilowatts o la capacidad del mayor motor o aparato instalado.

En el caso de que el 60% de la carga total conectada exceda la capacidad de la subestación del usuario, sólo se tomará como demanda contratada la capacidad de dicha subestación a un factor de 90%.

#### 5.- Horario

Para los efectos de la aplicación de esta tarifa, se utilizarán los horarios locales oficialmente establecidos. Por días festivos se entenderán aquellos de descanso obligatorio, establecidos en el artículo 74 de la Ley Federal del Trabajo, a excepción de la fracción IX, así como los que se establezcan por Acuerdo Presidencial.

**6.- Periodos de punta, intermedio y base**

Estos periodos se definen en cada una de las regiones tarifarias para distintas temporadas del año, como se describe a continuación.

**Región Baja California**

**Del 1º de mayo al sábado anterior al último domingo de octubre**

lunes a viernes		0:00 - 12:00 18:00 - 24:00	12:00 - 18:00
sábado		0:00 - 24:00	
domingo y festivo		0:00 - 24:00	

**Del último domingo de octubre al 30 de abril**

lunes a viernes		0:00 - 17:00 22:00 - 24:00	17:00 - 22:00
sábado		0:00 - 18:00 21:00 - 24:00	18:00 - 21:00
domingo y festivo		0:00 - 24:00	

**Región Baja California Sur**

**Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre**

lunes a viernes		0:00 - 12:00 22:00 - 24:00	12:00 - 22:00
sábado		0:00 - 19:00 22:00 - 24:00	19:00 - 22:00
domingo y festivo		0:00 - 24:00	

**Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril**

lunes a viernes		0:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00
sábado		0:00 - 18:00 21:00 - 24:00	18:00 - 21:00
domingo y festivo		0:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00

**Regiones Central, Noreste, Norte y Sur**

**Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre**

--	--	--	--

lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 20:00 22:00 - 24:00	20:00 - 22:00
sábado	0:00 - 7:00	7:00 - 24:00	
domingo y festivo	0:00 - 19:00	19:00 - 24:00	

**Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril**

lunes a viernes	0:00 - 6:00	6:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00
sábado	0:00 - 8:00	8:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00
domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

**Región Noroeste**

**Del 16 de mayo al sábado anterior al último domingo de octubre**

lunes a viernes		0:00 - 13:00 17:00 - 20:00 23:00 - 24:00	13:00 - 17:00 20:00 - 23:00
sábado		0:00 - 24:00	
domingo y festivo		0:00 - 24:00	

**Del último domingo de octubre al 15 de mayo**

lunes a viernes	0:00 - 17:00 22:00 - 24:00	17:00 - 22:00	
sábado	0:00 - 18:00 22:00 - 24:00	18:00 - 22:00	
domingo y festivo	0:00 - 19:00 21:00 - 24:00	19:00 - 21:00	

**Región Peninsular**

**Del primer domingo de abril al sábado anterior al último domingo de octubre**

lunes a viernes	0:00 - 8:00	8:00 - 19:00 22:00 - 24:00	19:00 - 22:00
sábado	0:00 - 9:00	9:00 - 24:00	
domingo y festivo	0:00 - 18:00	18:00 - 24:00	

**Del último domingo de octubre al sábado anterior al primer domingo de abril**

lunes a viernes	0:00 - 9:00 23:00 - 24:00	9:00 - 18:00 21:00 - 23:00	18:00 - 21:00
-----------------	------------------------------	-------------------------------	---------------

sábado	0:00 - 17:00	17:00 - 24:00	
domingo y festivo	0:00 - 18:00 23:00 - 24:00	18:00 - 23:00	

#### 7.- Demanda facturable

La demanda facturable se define como se establece a continuación:

$$DF = DP + FRI \times \max (DI - DP, 0) + FRB \times \max (DB - DPI, 0)$$

Donde:

DP es la demanda máxima medida en el periodo de punta

DI es la demanda máxima medida en el periodo intermedio

DB es la demanda máxima medida en el periodo de base

DPI es la demanda máxima medida en los periodos de punta e intermedio

FRI y FRB son factores de reducción que tendrán los siguientes valores, dependiendo de la región tarifaria:

Baja California	0.141	0.070
Baja California Sur	0.195	0.097
Central	0.300	0.150
Noreste	0.300	0.150
Noroeste	0.162	0.081
Norte	0.300	0.150
Peninsular	0.300	0.150
Sur	0.300	0.150

En las fórmulas que definen las demandas facturables, el símbolo "max" significa máximo, es decir, que cuando la diferencia de demandas entre paréntesis sea negativa, ésta tomará el valor cero.

Las demandas máximas medidas en los distintos periodos se determinarán mensualmente por medio de instrumentos de medición, que indican la demanda media en kilowatts, durante cualquier intervalo de 15 minutos del periodo en el cual el consumo de energía eléctrica sea mayor que en cualquier otro intervalo de 15 minutos en el periodo correspondiente.

Para las regiones Baja California, Baja California Sur y Noroeste, DP tomará el valor cero durante la temporada que no tiene periodo de punta.

Cualquier fracción de kilowatt de demanda facturable se tomará como kilowatt completo.

Cuando el usuario mantenga durante 12 meses consecutivos valores de DP, DI y DB inferiores a 100 kilowatts, podrá solicitar al suministrador su incorporación a la tarifa O-M.

#### 8.- Energía de punta, intermedia y de base

Energía de punta es la energía consumida durante el periodo de punta.

Energía intermedia es la energía consumida durante el periodo intermedio.

Energía de base es la energía consumida durante el periodo de base.



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

**INSTALACIONES  
ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS**

SUBESTACIONES Y CENTROS DE  
DISTRIBUCIÓN EN INSTALACIONES  
EN EDIFICIOS

Del 01 al 29 de Octubre de 2004

**ANEXOS**

CI-158

Instructor: Ing. Justo Gutiérrez Moyad  
BBVA-Bancomer  
OCTUBRE 2004

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA, D.E.C.  
BANCOMER  
INSTALACIONES ELÉCTRICAS PARA EDIFICIOS.**

**I.- PLANEACIÓN.**

**EL OBJETO DE TODO SISTEMA ELÉCTRICO ES SUMINISTRAR TENSIÓN O VOLTAJE ADECUADO A CADA UNA DE LAS CARGAS O APARATOS ELÉCTRICOS DE UTILIZACIÓN, DENTRO DE UN RANGO DE  $\pm 5\%$  DE SU TENSIÓN DE PLACA, CON LA CAPACIDAD DE CORRIENTE SUFICIENTE EN LA RED PARA MANEJAR LA POTENCIA REQUERIDA, SIN SUFRIR CALENTAMIENTO EXCESIVO EN TODOS LOS CONDUCTORES.**



## ***POTENCIA ELÉCTRICA***

- **LA POTENCIA MONOFÁSICA ACTIVA SE DEFINE:**

$$P = V \times I \cos \emptyset \text{ (WATTS)} ; \emptyset = \text{ANGULO ENTRE V e I}$$

**Y LA POTENCIA APARENTE:**

$$S = V \times I \text{ (VOLT-AMPERS)}$$

**LA POTENCIA TRIFÁSICA:**

$$P = \sqrt{3} V \times I \cos \emptyset \text{ (WATTS O KILOWATTS)}$$

$$S = \sqrt{3} V \times I \text{ (VA O KV}^{\wedge}$$

- **LA POTENCIA ACTIVA, KILOWATTS, SIRVE DE BASE PARA INTEGRAR EL COBRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (POTENCIA X TIEMPO = KWH), PERO LA POTENCIA APARENTE, KVA, ES LA QUE DETERMINA LAS CAPACIDADES DE LOS EQUIPOS Y CONDUCTORES, SALVO PLANTAS GENERADORAS.**

**LAS CARGAS ELÉCTRICAS SE PUEDEN CLASIFICAR:**

**ALUMBRADO: INCANDESCENTE O FLUORESCENTE  
CON 127 O 220 VOLTS DE ALIMENTACIÓN, ALGUNAS  
DECENAS DE WATTS.**

**ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA (HID), METALES  
ADITIVOS O SODIO ALTA PRESIÓN, 220 O 277 VOLTS  
DE ALIMENTACIÓN, CENTENAS DE WATTS. USO  
INTERIOR O EXTERIOR.**

**MOTORES:**

**FRACCIONARIOS: 127 VOLTS, MONOFÁSICO**

**1 - 50 H.P.: ALIMENTACIÓN 220 VOLTS TRIFÁSICO**

**1-250 H.P.: ALIMENTACIÓN 460 VOLTS TRIFÁSICO**

**250-5000 H.P.: ALIMENTACIÓN 4000 VOLTS TRIFÁSICO**

- **EXISTEN OTRAS CARGAS TALES COMO:**

- \* **CONTACTOS DE 127 VOLTS, 180 V.A.**

- \* **ALIMENTACIÓN A MÁQUINAS O APARATOS MAYORES:**

- 2 POLOS 220 VOLTS, TRIFÁSICA 220 VOLTS**

- \* **EQUIPOS ESPECIALES**

**EN SUMA, EN UN EDIFICIO SE ESTIMA QUE TODAS LAS CARGAS SON ALIMENTADAS EN BAJA TENSION**

**SIN EMBARGO, SUMADAS TODAS ELLAS, PUEDEN REPRESENTAR UNA POTENCIA TOTAL DE VARIOS CENTENARES O MILES DE KILOWATTS**

**UNA DEMANDA DE VARIOS CIENTOS DE KW, SE DEBE ALIMENTAR CON UNA ACOMETIDA EN MEDIA TENSIÓN Y EN EL CASO DE UNA INSTALACIÓN SUMAMENTE GRANDE, CON ALTA TENSIÓN.**

**ENTONCES LAS TENSIONES DE SUMINISTRO DE CFE O LFC SERÁN:**

**BAJA TENSIÓN: 220 VOLTS, 3 FASES, 4 HILOS.**

**TARIFAS 2, CON DEMANDA HASTA 25 KW  
TARIFA 3 SI LA DEMANDA ES MAYOR A 25 KW)**

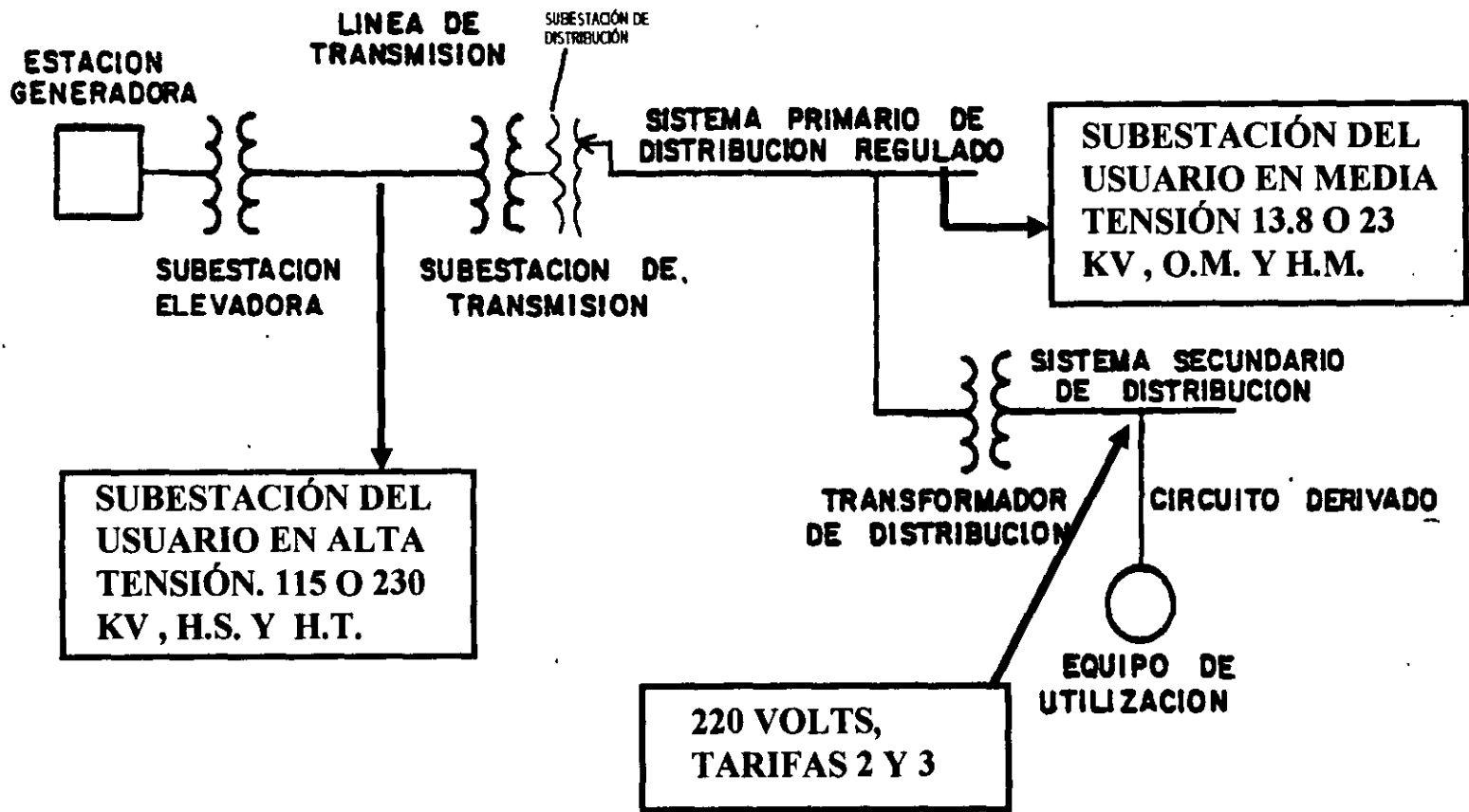
**NOTA: PUEDE RESULTAR ECONOMICO TENER SUBESTACIÓN DESDE 50 KW EN ADELANTE**

**MEDIA TENSIÓN: 13,200 Y 34,500 VOLTS, CFE, Y  
23,000 VOLTS, LFC, 3 FASES, 3 HILOS.**

**TARIFAS O.M, Tarifa ordinaria para general  
en media tensión, con demanda menor de  
100 kW**

**TARIFAS H.M, Media tensión, con demanda  
de 100 kW o más  
(HASTA LLEGAR A 5,000 KVA)**

**NOTA: EN ESTE CASO SE REQUIERE  
SUBESTACIÓN, MT-BT; EN TODOS LOS CASOS SE  
REQUIERE VERIFICACIÓN DE UNA U.V.I.E.**



**ES IMPORTANTE TENER UN PRONÓSTICO DE CARGA ADECUADO PARA SABER LA TARIFA A QUE SE DEBERÁ CONTRATAR**

**POR OTRO LADO, SE REQUIERE SOLICITAR EL SUMINISTRO A LA EMPRESA ELÉCTRICA CON MUCHA ANTICIPACIÓN, Y ES POSIBLE QUE EL PROYECTO NO ESTÉ LISTO, ENTONCES LA CARGA DEBERÁ SER ESTIMADA A CONTAR DE ÍNDICES POR M<sup>2</sup>.**

**\* COMPARACIÓN CON EDIFICIOS SIMILARES**

**\* ÍNDICES EN LA NORMA NOM-001-SEDE-1999**

**\* ÍNDICES EN LA NORMA NOM-007.**



**ES RAZONABLE ESPERAR CARGAS ENTRE 20 A 200 VA  
POR METRO CUADRADO COMO CARGA INSTALADA.**

**LA DEMANDA SERÁ:**

**DEMANDA = CARGA INST.x FACTOR DE DEMANDA**

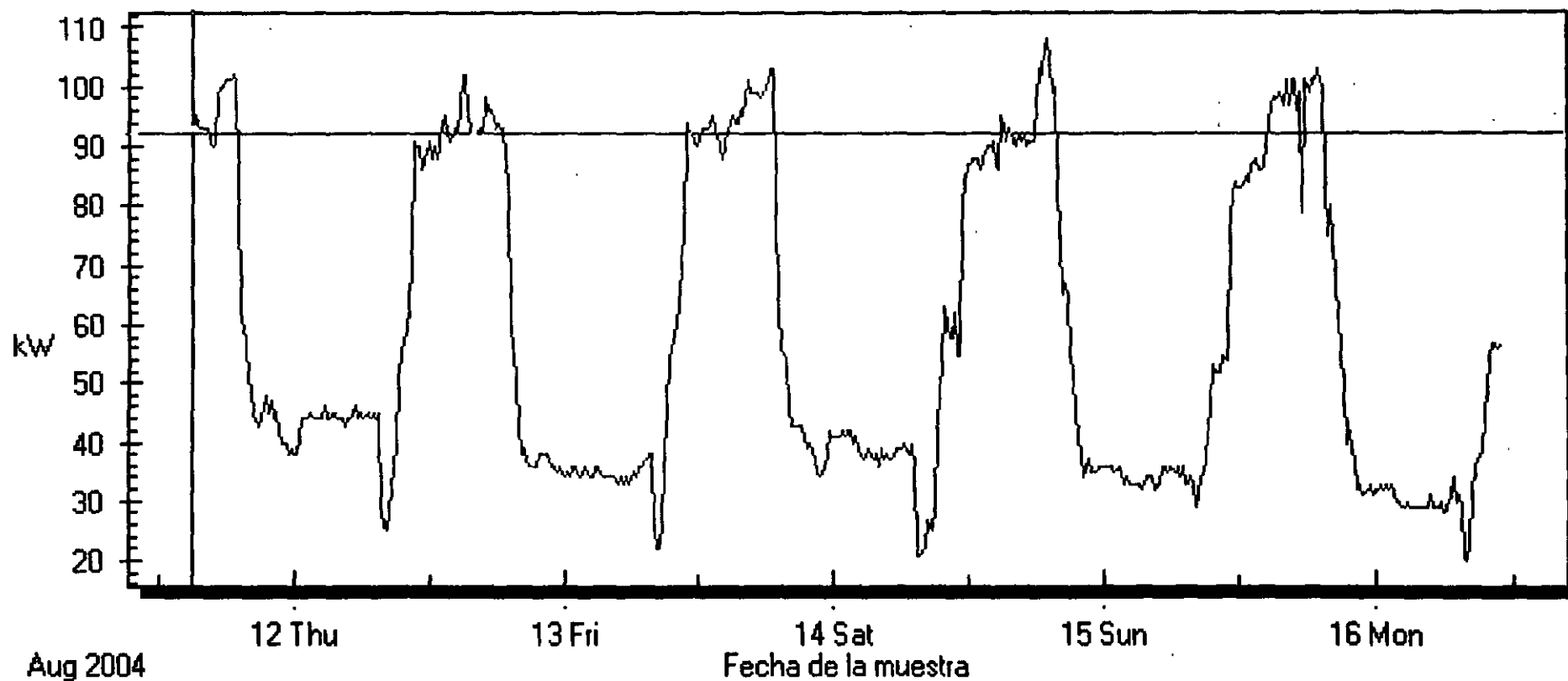
**POR LO GENERAL, LOS F.D. SE ENCUENTRAN ENTRE  
20 A 60 %**

**POR EJEMPLO, UN EDIFICIO DE 1000 MTS  
CUADRADOS, PUEDE TENER 200 KVA INSTALADOS Y  
SI F.D=0.3, TENER 60 KVA DEMANDADOS O SEA 54 KW.  
PUEDE ESTAR EN TARIFAS 3 U O.M.**

**LO IDEAL ES TENER LAS CURVAS DE DEMANDA PRONOSTICADAS O EN SU CASO MEDIDAS Y SOBRE ESA BASE DIMENSIONAR EL TAMAÑO DEL SUMINISTRO Y DE LAS SUBESTACIONES, PERO LOS DATOS SERÁN TODAVÍA ESCASOS.**

**EN OCASIONES EL MEDIR EL PERFIL DE LA DEMANDA HORARIA ES IMPORTANTE PARA ESTUDIOS DE AHORRO DE ENERGÍA O DE CONFIABILIDAD EN EL SUMINISTRO**

Gra\_inmo.a5m (Pot. Activa: Fase III +)



Aug 2004

Act: [11/08/2004 15:00:00]  
Act: 92 [kW]

Desde: [11/08/2004 15:00:00]  
Máx: 108 [kW]

Hasta: [16/08/2004 11:00:00]  
Mín: 20 [kW]

**EL COSTO DE UNA CONEXIÓN EN TARIFAS OM Y HM, CONSIDERA:**

**A) COSTO POR CAPACIDAD EN SUBESTACION DE CFE O LFC, 110 U.S.D. EL KVA**

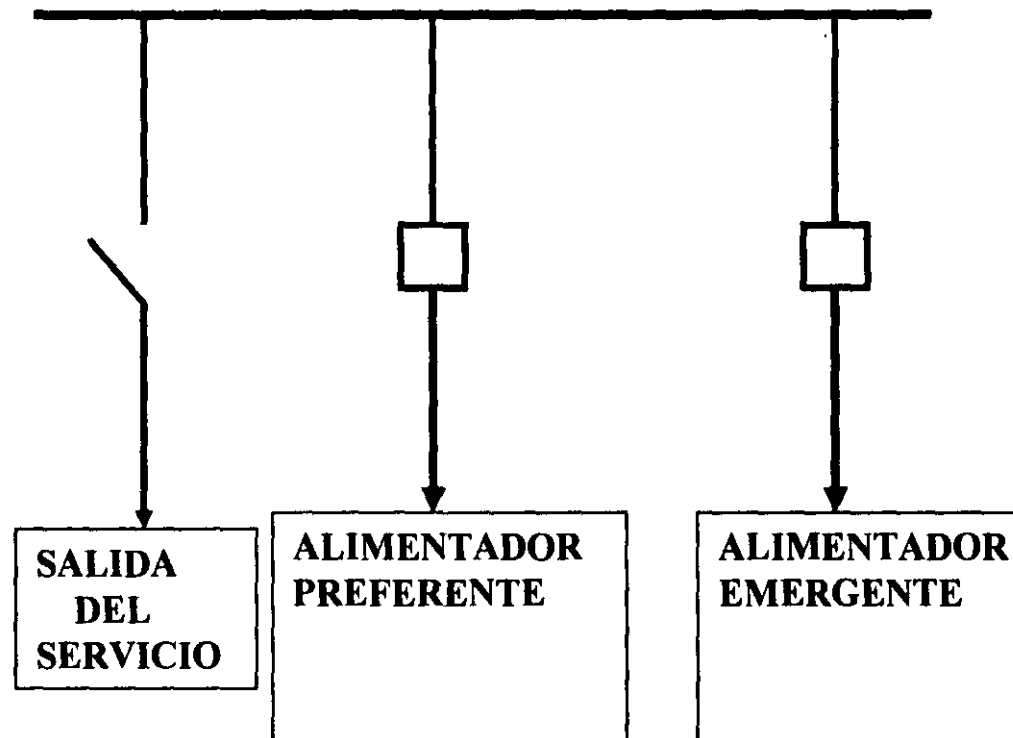
**B) COSTO POR OBRA ESPECÍFICA, 2,000 A 10,000 USD.**

## **CONFIABILIDAD**

**LA CAUSA FUNDAMENTAL DE LAS FALLAS EN EL SUMINISTRO SON CFE O LFC. ENTONCES SE PUEDE PENSAR EN CONTAR CON DOS ACOMETIDAS EN MEDIA TENSIÓN PARA TARIFA H.M., JUSTIFICADAS DE ACUERDO A QUE TAN IMPORTANTE SEA LA CONTINUIDAD ELÉCTRICA**

# ESQUEMA DE TRANSFERENCIA

BUS DE 13.2 O 23 KV.



# **ARREGLOS ELÉCTRICOS**

**LA CONTINUIDAD DE LOS SERVICIOS EN UN EDIFICIO ES TAN CONFIABLE, COMO LO ES SU SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICO**

**GENERALMENTE SE DISEÑA EN BASE AL MENOR PRECIO, QUE NO NECESARIAMENTE REFLEJA EL MENOR COSTO Y PUEDE ESTO ORIGINAR:**

***A) PROBLEMAS DE CALIDAD***

***B) IMPOSIBILIDAD PARA DAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO***

***C) POCA FLEXIBILIDAD***

***D) POCA CONFIABILIDAD***

***E) PÉRDIDA DE PROCESOS, FALLAS, CORTOS CIRCUITOS, INCENDIOS O ACCIDENTES***

***F) PÉRDIDAS DE ENERGÍA.***

**LA DIFERENCIA EN COSTO ENTRE UN SISTEMA BIEN PLANEADO Y UNA INSTALACIÓN MEDIOCRE ES GENERALMENTE PEQUEÑA. TÓMESE EN CUENTA QUE EL SISTEMA ELÉCTRICO, EN GENERAL, SERÁ DE ALREDEDOR DEL 2 AL 10 % DEL COSTO GLOBAL DEL INMUEBLE**

**EL SISTEMA DEBE DISEÑARSE SIEMPRE PARA AISLAR LAS FALLAS CON UN MÍNIMO DE DAÑOS A LA INSTALACIÓN**

**UNA DE LAS PREGUNTAS QUE USUALMENTE SE HACE DURANTE EL DISEÑO DEL SISTEMA ELÉCTRICO ES COMO HACER UNA COMPARACIÓN CUANTITATIVA DE LA TASA DE FALLA EN TÉRMINO DE SALIDAS FORZADAS EN HORAS AL AÑO PARA DIFERENTES ARREGLOS DEL SISTEMA, INCLUYENDO EL RADIAL, SELECTIVO- PRIMARIO, SELECTIVO SECUNDARIO, ETC.**

**EL COSTO ESTIMADO DE LAS INTERRUPCIONES DE ENERGÍA EN DIFERENTES PUNTOS DEBE CONSIDERARSE EN LA DECISIÓN DE QUE ARREGLO ELÉCTRICO USAR.**

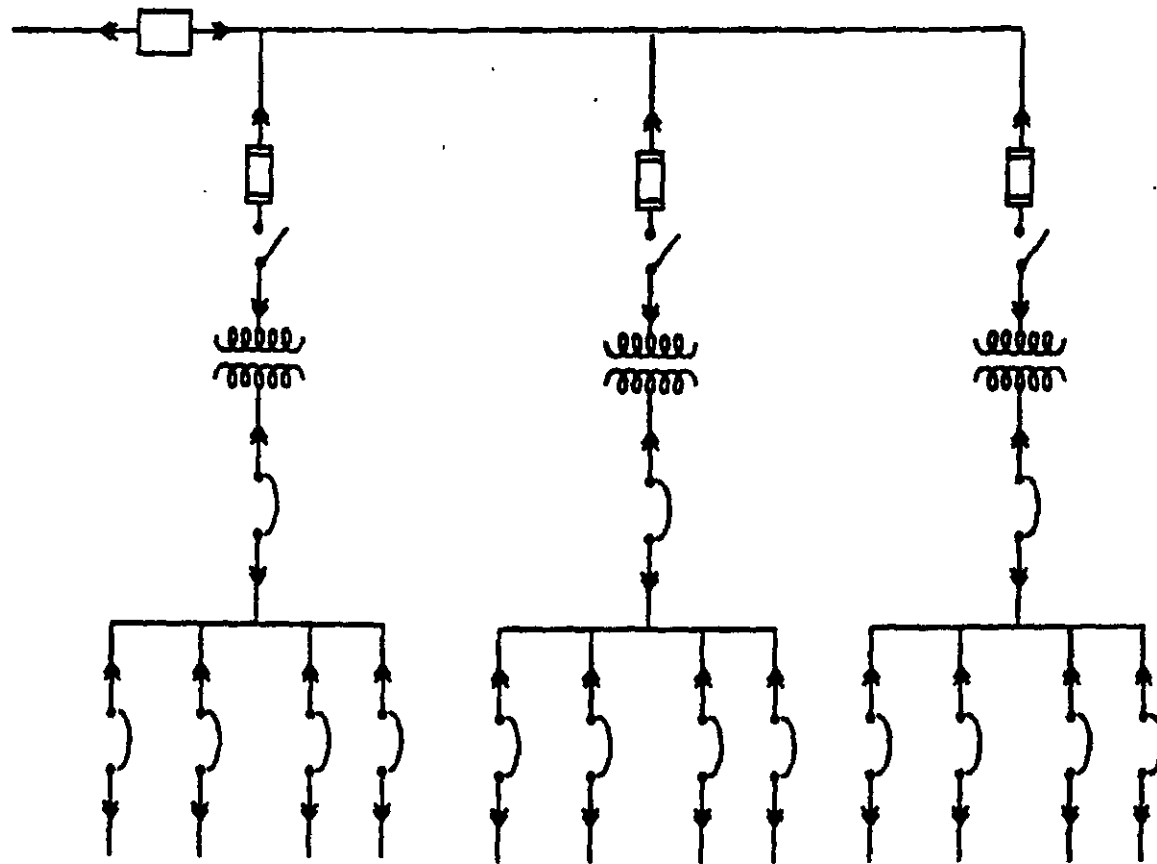


**LA DECISIÓN DEBERÁ BASARSE SOBRE EL COSTO TOTAL DE LA OBRA DURANTE LA VIDA ÚTIL DEL EQUIPO EN LUGAR DE SOBRE EL COSTO INICIAL.**

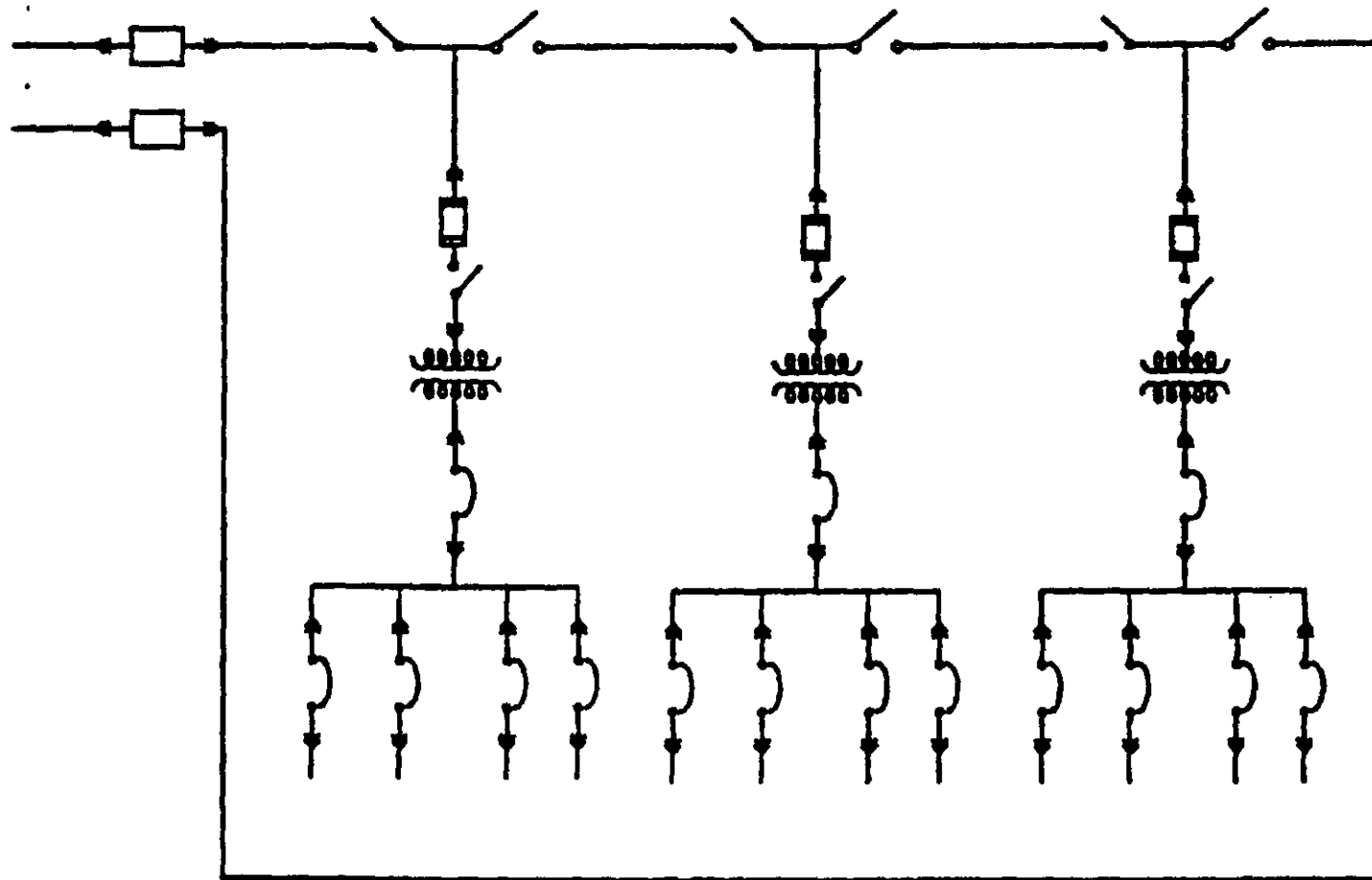
**EL INCREMENTO DEL COSTO PARA PROVEER DETERMINADOS SERVICIOS ELÉCTRICOS ES USUALMENTE PEQUEÑO COMPARADO CON EL COSTO TOTAL DE LA PLANTA.**

**PARA CALCULAR LA TASA DE FALLA Y LAS SALIDAS FORZADAS POR AÑO, ES NECESARIO CONTAR CON UNA BASE DE DATOS DEL COMPORTAMIENTO DE CADA UNO DE LOS EQUIPOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN ASÍ COMO DEL SUMINISTRO POR PARTE DE LA CÍA. SUMINISTRADORA.**

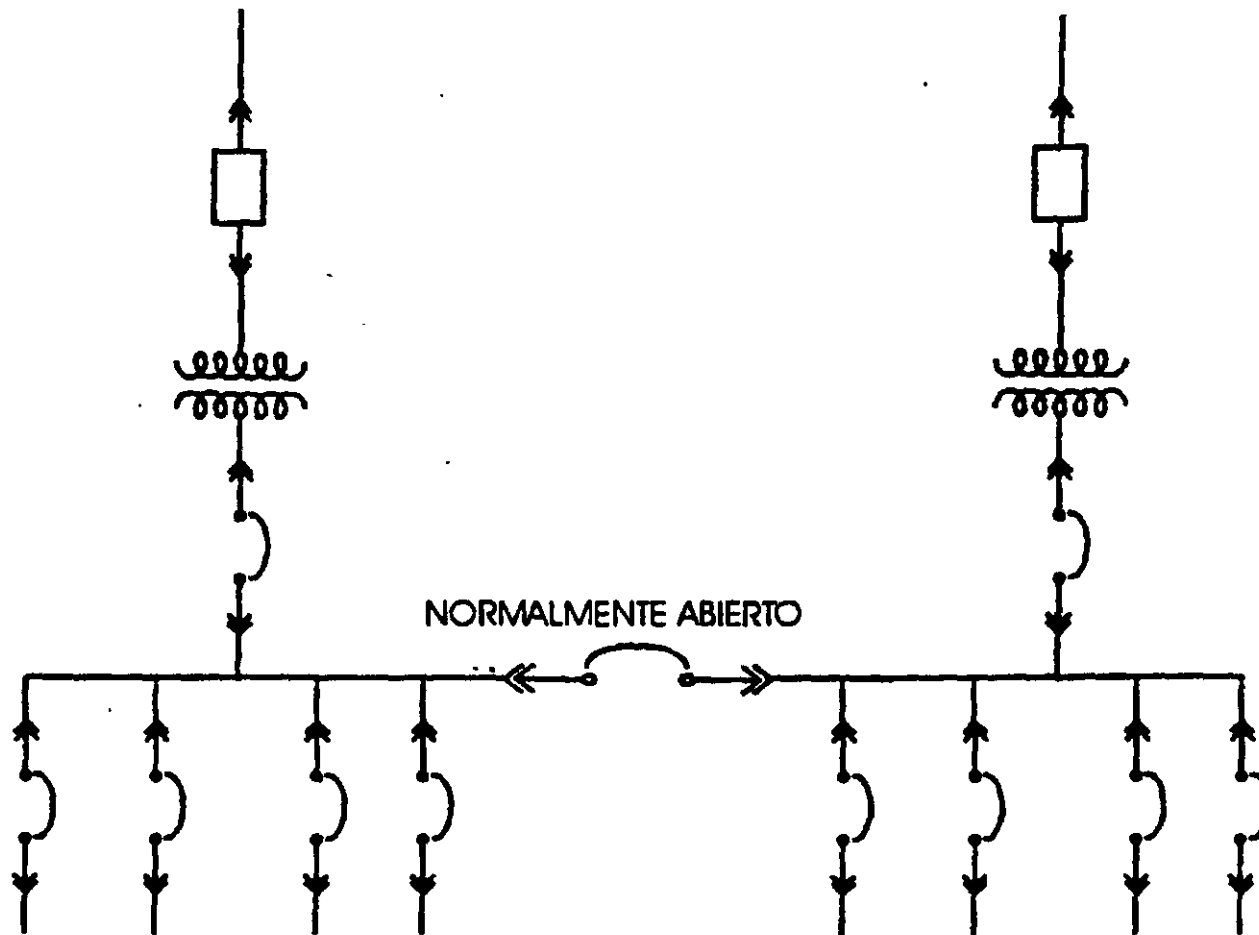
**ENSEGUIDA SE VERÁN ALGUNOS DE LOS ARREGLOS MAS TÍPICOS ....**



SISTEMA RADIAL EXPANDIDO



SISTEMA PRIMARIO EN ANILLO



**SISTEMA SECUNDARIO SELECTIVO**

**EVALUACIÓN DE ARREGLOS DE ACUERDO Al Std.  
IEEE 493-1997, LIBRO DORADO DEL IEEE.**

**EL ARREGLO MÁS CONFIABLE ES EL SECUNDARIO  
SELECTIVO. SIN EMBARGO OBSERVEMOS LOS COSTOS:**

	Radial simple	Primario selectivo acometida en 13.8 KV	Primario selectivo al primario del transformador	Secundario selectivo	Radial simple con cogeneración
Costo Global Dólares E.U	309,840	186,895	410,521	225,325	208,530
	1.0	0.6	1.33	0.727	0.673

**ASUMIENDO LA NECESIDAD DE UNA SUBESTACIÓN EN MEDIA TENSIÓN, ES IMPORTANTE SELECCIONAR ADECUADAMENTE:**

**1) LA TECNOLOGÍA DEL EQUIPO DE INTERRUPCIÓN, MEDIANTE INTERRUPTORES O RUPTO-FUSIBLES**

**2) LA TECNOLOGÍA DE LOS GABINETES, CON AISLAMIENTO AL AIRE O EN SF6**

**3) LA SELECCIÓN ADECUADA DE LOS TRANSFORMADORES, MEDIANTE UNA BUENA ESPECIFICACIÓN QUE CONSIDERE LÍQUIDO AISLANTE DE ALTO PUNTO DE FLAMABILIDAD (SILICÓN O R-TEMP), O DE TIPO SECO, ADEMÁS DE BAJAS PÉRDIDAS**

**4) LOS LOCALES PARA SUBESTACIONES Y CUARTOS ELÉCTRICOS**

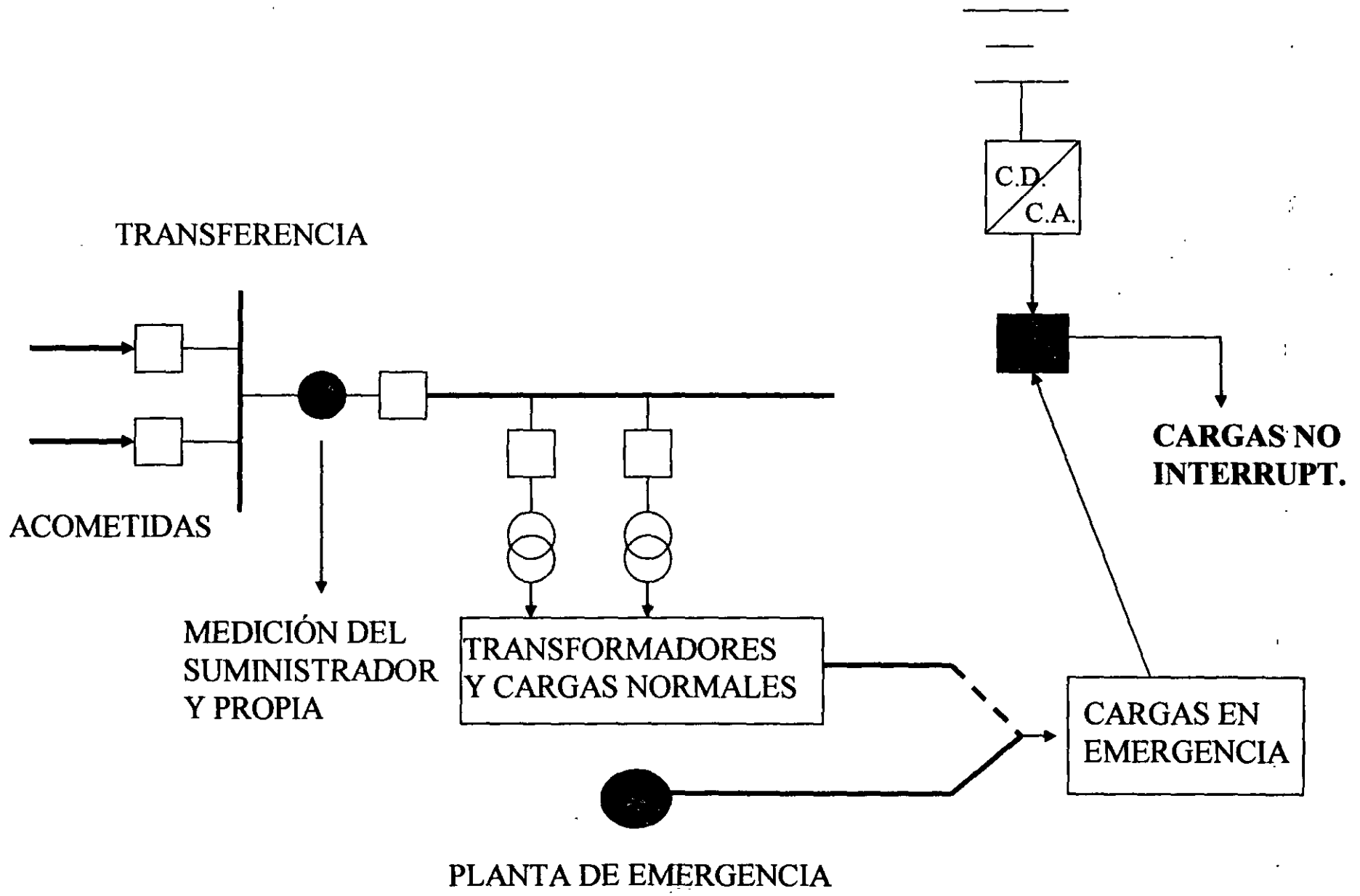
**5) LOS DUCTOS Y CANALIZACIONES, CON PREVISIONES DE CRECIMIENTO FUTURO**

**COMO PARTE DE LA PLANEACIÓN O DEL ANTE-PROYECTO, SE DEBE CONSIDERAR CONTAR CON BUENAS ESPECIFICACIONES PARA LOS EQUIPOS MENCIONADOS Y PARA LOS CONDUCTORES Y ACCESORIOS DE MEDIA TENSIÓN.**

**NO SE DEBE OMITIR LA NECESIDAD DE CONTAR CON PLANTAS DE EMERGENCIA, LAS CUALES CUBRIRÍAN ENTRE UN 20 A UN 30 DE LA CARGA DEMANDADA. EN ESTE PUNTO DEBE CONSIDERARSE LA ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR, PARA TENER UNA POTENCIA GARANTIZADA**



**SIN EMBARGO, SE REQUIEREN ADEMÁS OTROS SISTEMAS, TALES COMO LOS SISTEMAS ININTERRUPTIBLES O U.P.S., LOS CUALES SOPORTAN LOS SISTEMAS INFORMÁTICOS, DE TELECOMUNICACIÓN, SISTEMAS DE CONTROL PARA SEGURIDAD Y DE DETECCIÓN DE HUMOS**



## **II.- PROYECTO Y OBRA ELÉCTRICOS**

**DEFINIDOS LOS PARÁMETROS BÁSICOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DURANTE LA FASE DE PLANEACIÓN, SE INICIARÁN LAS OBRAS PÚBLICAS DE LA EMPRESA ELÉCTRICA SUMINISTRADORA Y EL PROYECTO DE DETALLE.**

**ESTAS SON ALGUNAS CONSIDERACIONES BÁSICAS:**

**\* POR EL TAMAÑO Y TIPO DE INSTALACIÓN SE REQUIERE EL CERTIFICADO DEL CUMPLIMIENTO DE LAS NORMAS NOM-001-SEDE 1999, NOM-007-SENER Y NOM-013-SENER, POR UNA UNIDAD DE VERIFICACIÓN ACREDITADA EN CADA UNA DE ESAS NORMAS .**

**CONVIENE REALIZAR ESTO DESDE LA FASE DE PROYECTO, APROBANDO LOS PLANOS Y REALIZAR INSPECCIONES DURANTE LA OBRA, HACIENDO COMO MÍNIMO LAS PRUEBAS ESTABLECIDAS EN EL P.E.C.**

**\* SE DEBE CUIDAR EL USO DE CONDUCTORES BIÉN CALIBRADOS Y CON EL AISLAMIENTO ADECUADO, PARA EVITAR INCENDIOS, REDUCIR PÉRDIDAS Y TENER POCA CAIDA DE TENSIÓN; APLICANDO CUIDADOSAMENTE LOS CALIBRES DE LA NORMA NOM-001-SEDE-1999, NO HABRÁ NINGÚN PROBLEMA A FUTURO.**

**-CABLE M.T. CON AISLAMIENTO XLPE EN MEDIA TENSIÓN Y TEMPERATURA DE 90 °c Y CABLE DE 75° O 90°C, TIPO THW-L.S. EN BAJA TENSIÓN**

**- USO DE TERMINALES ADECUADAS EN CABLES DE MEDIA TENSIÓN TERMOCONTRÁCTILES O PREMOLDEADAS.**

**\* DEBEN SELECCIONARSE ADECUADAMENTE LOS EQUIPOS DE PROTECCIÓN E INTERRUPCIÓN, INTERRUPTORES ELECTROMAGNÉTICOS PARA CIRCUITOS DE MAS DE 1000 AMPERS E INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS DE CAPACIDAD INTERRUPTIVA ADECUADA**

**•DEBE DE CONSTRUIRSE LOS SISTEMAS DE TIERRA, A PARTIR DE LAS PRUEBAS DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO Y DE UN CÁLCULO ADECUADO, DURANTE LA FASE DE CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES**

**\* USAR TUBERÍAS DE ESPESOR ADECUADO, CON CONTINUIDAD ELÉCTRICA O BIÉN CABLE DESNUDO PARA RETORNO DE LAS CORRIENTES DE FALLA A TIERRA**

**•USO DE CHAROLAS: EN CONDUCTORES MAYORES A CALIBRE No. 4 AWG, NO REBASAR LA CANTIDAD DE ELLOS Y QUE TENGAN RESISTENCIA MECÁNICA Y CONTINUIDAD ELÉCTRICA ADECUADAS**

**UN PRINCIPIO IMPORTANTE ES UBICAR LAS SUBESTACIONES Y TABLEROS LO MAS CERCANO A LAS CARGAS MAYORES O AL CENTRO DE CARGA. CUIDAR TENER LOCALES DE DIMENSIONES ADECUADAS.**

**\* OTRO PRINCIPIO ES USAR LA TENSIÓN MAS GRANDE EN LO POSIBLE**

**\* USAR CONECTORES Y CUIDAR NO CONECTAR COBRE CON ALUMINIO.**

**\* COMPRA DE EQUIPO Y MATERIALES BAJO ESPECIFICACIONES Y CON REVISIONES EN FÁBRICA, ASÍ COMO TENER PROTOCOLOS DE PRUEBA. TODOS LOS MATERIALES Y EQUIPOS DEBEN DE TENER EL SELLO ANCE**

**SI LA TENSIÓN ELÉCTRICA REBASA LOS 220 VOLTS, SE DEBE CONTAR CON PROTECCIÓN CONTRA ARQUEO POR FALLA A TIERRA**

**\* SE DEBE REALIZAR EL ESTUDIO DE CORTO CIRCUITO Y EL DE COORDINACIÓN DE PROTECCIONES. SOLO CON ESTO SE PODRÁN AJUSTAR LOS RELEVADORES DE PROTECCIÓN Y LAS PERILLAS DE LOS INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS .**

**\* SE DEBE HACER UN PROGRAMA DE PRUEBAS, PREVIO A LA PUESTA EN MARCHA:**

**- HI-POT A CABLES DE MEDIA TENSIÓN (TENSIÓN DE CORRIENTE DIRECTA, 2 A 3 VECES EL VOLTAJE NOMINAL).**

**- RESISTENCIA DE AISLAMIENTO A CABLES DE BAJA TENSIÓN O MEGGER.**

**- CONTINUIDAD A TUBERÍAS.**

**- PRUEBAS AL SISTEMA DE TIERRAS. RESISTENCIA A TIERRA Y CONDUCTANCIAS DE C R C J TOS.**



**- PRUEBAS DE DISPARO A INTERRUPTORES ELECTROMAGNÉTICOS Y TERMOMAGNÉTICOS.**

**- REVISIÓN EXHAUSTIVA DE GABINETES Y DE OPERACIÓN DE SECCIONADORES Y RUPTOFUSIBLES, ASÍ COMO LOS INTER-LOCKS.**

**- PRUEBAS DE NIVEL DE ILUMINACIÓN Y DESLUMBRAMIENTO.**

**- PRUEBAS DE CAMPO A TRANSFORMADORES: MEGGER, RELACIÓN DE TRANSFORMACIÓN MEDIANTE TTR Y AL ACEITE.**

**- DETERMINAR ADECUADAMENTE LOS TAPS EN QUE QUEDARÁN LOS TRANSFORMADORES, MEDIANTE EL ESTUDIO DE PERFIL DE VOLTAJE EN TODA LA INSTALACIÓN.**

**- PRUEBAS EXHAUSTIVAS SOBRE LA CAPACIDAD, TEMPERATURA DE AGUA Y ACEITE Y FUNCIONAMIENTO DE TRANSFERENCIA EN PLANTAS DE EMERGENCIA**

**- PRUEBAS DE CAPACIDAD Y DE PARÁMETROS ELÉCTRICOS ENTREGADO POR EL SISTEMA U.P.S.**

**- EN TODAS LAS PRUEBAS DEBE ESTAR PRESENTE LA UNIDAD DE VERIFICACIÓN DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y EL EQUIPO QUE SE QUEDARÁ CON LA OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

**UNA VEZ REALIZADAS LAS PRUEBAS, SE PUEDE PROCEDER CONFIABLEMENTE A LA PUESTA EN MARCHA DE LA INSTALACIÓN, CUIDANDO ADEMÁS ENTREGAR AL ÁREA OPERATIVA LOS PROTOCOLOS.**

**SE DEBEN DE RECOPILAR ADECUADAMENTE LOS CAMBIOS REALIZADOS DURANTE LA CONSTRUCCIÓN, A TRAVÉS DE LOS PLANOS AS-BUILT.**

### **III.- OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

**\* UNO DE LOS ASPECTOS MAS IMPORTANTES, ES CONTAR CON TODOS LOS PLANOS, LOS MANUALES Y LOS PROTOCOLOS DE PRUEBA.**

**\* SE DEBE TENER EL EQUIPO DE SEGURIDAD, TARIMAS, GUANTES, PÉRTIGAS, CASCOS, ROPA DE ALGODÓN, ZAPATOS DIÉLECTRICOS.**

**\* SE DEBE ESTABLECER UN PROGRAMA ADECUADO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO, BASADO EN EL DIAGNÓSTICO MEDIANTE EQUIPO DE PRUEBA Y DE DIAGNÓSTICO**

**\* ES IMPORTANTE DETERMINAR LOS PERIODOS DE MANTENIMIENTO DE ACUERDO AL MEDIO AMBIENTE Y AL TIPO DE USO, ASÍ COMO EN LA CALIDAD Y FACILIDADES DEL EQUIPO EN CUESTIÓN, DE ACUERDO A RECOMENDACIONES DE LOS PROPIOS FABRICANTES. LAS PRUEBAS SON LAS MISMAS QUE LAS REALIZADAS AL INICIO.**

**•EL TRABAJO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN EQUIPOS ELÉCTRICOS CONSISTE EN:**

**•PRUEBAS, DIAGNÓSTICO, LIMPIEZA, APRIETE, RECAMBIO DE PIEZAS MENORES.**

**• FILTRADO DE ACEITES, OPERACIÓN DE SECCIONADORES E INTERRUPTORES, DISPARO DE INTERRUPTORES**

**• OBSERVACIÓN DE PUNTOS CALIENTES CON TERMOGRAFÍA Y APRIETE DE CONEXIONES O CAMBIO DE CONECTORES**

**• CAMBIO DE BALEROS EN MOTORES, REVISIÓN DE SISTEMAS DE VENTILACIÓN.**

**•EL EQUIPO ELÉCTRICO, UNA VEZ PUESTO EN SERVICIO, COMIENZA A ENVEJECER. UN ASPECTO IMPORTANTE ES PODERSE ANTICIPAR A UNA FALLA FUTURA Y PARA ESO SE REQUIEREN PRUEBAS Y MONITOREO FRECUENTE, DE AHÍ LA IMPORTANCIA. DE UN ARREGLO ELÉCTRICO QUE LO FACILITE**

**•SE DEBE ASUMIR LA NECESIDAD DE QUE EL PERSONAL DE MANTENIMIENTO ESTÉ BIEN EQUIPADO, CON HERRAMIENTAS Y EQUIPO DE MEDICIÓN Y PRUEBAS.**



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

INSTALACIONES  
ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

CALIDAD DE LA ENERGÍA

Del 01 al 29 de Octubre de 2004

*ANEXOS*

CI-158

Instructor: Ing. Justo Gutiérrez Moyado  
BBVA-Bancomer  
OCTUBRE 2004

## INDICE

I	OBJETIVO.	3
II	INTRODUCCIÓN.	3
III.	CALIDAD DE LA ENERGÍA	4
IV.	DEFINICIONES.	5
V	FACTOR DE POTENCIA.	5
VI.	ARMÓNICAS	8
	FUENTES ARMONICAS	9
	ELECTRONICA DE POTENCIA.	9
	DISPOSITIVOS FERROMAGNÉTICOS.	9
	DISPOSITIVOS DE ARCO ELECTRICO.	9
	EFFECTOS DE LAS ARMONICAS.	9
	NORMAS RECOMENDABLES.	10
	LIMITES DE CORRIENTES ARMONICAS RECOMENDADOS EN %.	10
	LIMITES DE VOLTAJES ARMÓNICOS RECOMENDADOS EN %	10
VII.	DESCARGAS ATMOSFÉRICAS Y TRANSITORIOS.	11
VIII	PROTECCION A LOS EQUIPOS CONTRA DESCARGAS Y TRANSITORIOS QUE LLEGAN POR LA ACOMETIDA .	11
IX.	PROTECCION A LOS EQUIPOS CONTRA DESCARGAS Y TRANSITORIOS EN LAS LINEAS DE COMUNICACIÓN.	12
X	PLAN DE PROTECCION DE SEIS PUNTOS.	12

## **I Objetivo.**

En este modulo se pretende que cada participante conozca los fundamentos, herramientas, normas y criterios para optimizar el uso de la energía eléctrica en sus instalaciones, con el beneficio de mejorar la confiabilidad, estabilidad, estandarización, y reducir fallas y riesgos eléctricos en las mismas.

## **II Introducción.**

En todo sistema eléctrico ocurren perturbaciones y problemas inesperados y en algunos casos inevitables, causados por fenómenos naturales, accidentes o por la operación misma de la red, lo cual provoca variaciones en la calidad de la energía eléctrica. Esta situación afecta la continuidad de las actividades productivas, en particular de las industriales que emplean equipos electrónicos cada vez más avanzados, pero a la vez más sensibles.

Debido a la importancia que representa la energía eléctrica en nuestra vida, para su uso en la iluminación, la operación de diversos equipos, vídeo, aire acondicionado, datos y sistemas de cómputo.

La energía eléctrica se ha empleado en la fabricación de la mayoría de las cosas que utilizamos. Por consiguiente, los disturbios y variaciones de voltaje que se producen tienden a afectarnos de alguna u otra manera.

Dentro de los problemas que suelen presentarse se encuentran: interrupciones del servicio eléctrico, depresiones o impulsos de voltaje, variaciones en la frecuencia y la generación de armónicas. Otro problema que en últimas fechas ha causado gran atención y preocupación, es el problema del bajo factor de potencia. Por lo cual los usuarios requieren la instalación de bancos de capacitores, pasando éstos a ser equipo necesario e indispensable, que en forma independiente proporciona beneficios económicos muy interesantes a los usuarios, además de lograr el uso más eficiente y racional de la energía eléctrica en sus instalaciones.

Por otro lado, la distorsión armónica en los sistemas eléctricos de distribución, ocasionada por el incremento en la utilización de la electrónica de potencia, presenta un problema creciente tanto para las empresas suministradoras de energía eléctrica como para sus usuarios.

Idealmente, los generadores de energía eléctrica suministran a la red eléctrica formas de voltaje perfectamente senoidales. En consecuencia, esperaríamos que la forma de onda de la corriente resultante de alimentar los diferentes tipos de carga fuera también una senoidal pura. Sin embargo, en la práctica las condiciones de generación, transmisión y utilización de la electricidad no son ideales: es común que se obtengan formas de onda distorsionadas. La distorsión de las formas de onda reales se expresa usualmente en términos de la distorsión "armónica" de las formas de onda de la corriente y el voltaje

El fenómeno de la Distorsión armónica no es nuevo; la implantación de procedimientos para su control constituye una preocupación permanente de los ingenieros comprometidos en las diversas etapas de la utilización de la energía eléctrica desde los primeros sistemas eléctricos. En éstos, la única fuente de distorsión de las formas de onda de las señales de voltaje lo constituía la saturación del núcleo magnético de transformadores o de máquinas rotatorias. Sin embargo, más adelante comenzaron a



aparecer algunas cargas no lineales, tales como hornos de arco eléctrico, soldadores eléctricos, rectificadores de corriente alterna a corriente directa., controladores de velocidad de motores, lámpar fluorescentes, computadoras, etc. Lo cual trajo como consecuencia una deficiencia en la calidad de energía eléctrica.

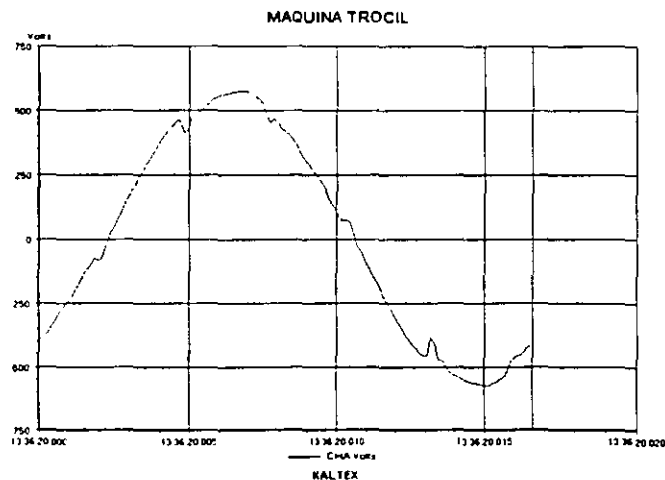
### III. Calidad de la energía.

Aunque se tiene muchas definiciones de Power Quality el estándar 1159 de la IEEE define un alto nivel de calidad de la energía cuando tenemos un bajo nivel de disturbios, entendiéndose por disturbio como cualquier anomalía en la forma de onda de voltaje o de corriente.

En otras palabras podríamos decir que se tiene calidad de la energía eléctrica cuando hay ausencia de fallas, producto de sobre tensiones, interrupciones, variaciones de voltaje, contenido armónico, etc. Estas fallas traen como consecuencia altos costos de reparación de los equipos dañados, y cuantiosas pérdidas por interrupciones en los procesos industriales y desperdicio de materia prima.

Observamos como día con día como con el incremento masivo que ha tenido la utilización de equipo basado en electrónica de potencia se ha creado un doble problema: en primer lugar, estos equipos al igual que todos los equipos que incorporan electrónica de potencia son muy sensibles a las variaciones rápidas de voltaje. En segundo lugar este equipo genera distorsión armónica y bajo ciertas condiciones puede deteriorar la magnitud y la forma de onda del voltaje suministrado a tal grado que sea inadecuado de utilizar por la mayoría de los usuarios que comparten la misma fuente de suministro.

Así por ejemplo en empresas con procesos continuos, en donde muchas de las fallas en el sistema de transmisión ocasionan depresiones de voltaje de tal magnitud y duración que disparan a los equipos utilizados para controlar la velocidad de los motores (drives). El disparo de estos equipos interrumpen dichos procesos, con un consecuente impacto económico importante, debido principalmente a la pérdida de producción y al desperdicio de material.



#### **IV. Definiciones.**

La idea primordial de mostrar algunas de los términos más utilizados en el campo, es para familiarizarnos en la medida que avanzamos con estos, usted puede encontrar todas las definiciones en el capítulo 2 del libro esmeralda "Powering and grounding sensitive electronic equipment", de la IEEE.

Interrupciones (interruption).

Completa pérdida de voltaje por un periodo de tiempo.

Depresiones de voltaje (sags).

Reducción en el voltaje nominal rms a la frecuencia de trabajo, con una duración de medio ciclo a 2.5 seg. (150 ciclos).

Elevaciones de voltaje (swell).

Incremento en el voltaje nominal rms a la frecuencia de trabajo, con una duración de medio ciclo a 2.5 seg. (150 ciclos).

Bajo voltaje (undervoltage).

Reducción en el voltaje rms ac , a la frecuencia de trabajo, con una duración mayor a 2.5 Seg.

Alto voltaje (overvoltage).

Aumento el voltaje rms ac , a la frecuencia de trabajo por un periodo de tiempo mayor a 2.5 seg.

Impulso (transient).

Pulso unidireccional con duración a dos milisegundos.

Distorsión armónica. (harmonic distortion).

Representación matemática de la distorsión de una forma de onda pura (senoidal).

El origen de estos disturbios puede ser interno o externo, dentro de los primeros encontramos la conexión y desconexión de cargas, fallas en el propio sistema, la instalación de cargas no lineales, etc. En el segundo grupo tenemos por ejemplo a los rayos.

#### **V. Factor de Potencia.**

En toda industria predominan los siguientes tipos de cargas:

- Transformadores.
- Motores de inducción.
- Reguladores.
- Equipos de aire acondicionado.
- Equipos y máquinas de soldar.
- Hornos de inducción.

- Balastos electromagnéticos, etc.

Estas cargas son inductivas y si no se tiene equipo de compensación de potencia reactiva (*Capacitores*), el Factor de Potencia suele ser muy bajo.

El Factor de Potencia es el coseno del ángulo formado entre el vector tensión y el vector corriente, cuyo valor es expresado en centésimas (0.60, 0.80, 0.90, etc.), en realidad representa el tanto por ciento que se aprovecha de la energía que se proporciona por la compañía suministradora, por lo que se considera como un índice para evaluar la eficiencia con la que se utiliza la energía eléctrica en una instalación. Por tal razón cuando el Factor de Potencia es bajo se penaliza.

Es importante mantener el Factor de Potencia en un valor superior a 0.90 para evitar las multas que aplica *Comisión Federal de Electricidad y Luz y Fuerza del Centro* y obtener las bonificaciones correspondientes.

- El cargo por un Factor de Potencia menor a 0.90 se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{MULTA} = (3 / 5) * ((90 / \text{F.P.}) - 1) * \text{FACTURACIÓN POR CONSUMO DE ENERGÍA}$$

EJEMPLO:

Si una planta paga por consumo mensual de energía eléctrica el importe de \$ 100,000 y tiene un factor de potencia de 0.80, la multa será de:

$$\text{MULTA} = (3/5) * ((90/80) - 1) * 100,000 = \$ 7,500$$

El importe total que deberá pagar a la empresa suministradora de energía eléctrica será de \$107,500 es decir, el 7.5 % más que el importe derivado de su consumo de energía eléctrica.

- La bonificación por un Factor de Potencia superior al 0.90 se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{BONIFICACIÓN} = (1 / 4) * (1 - (90 / \text{F.P.})) * \text{FACTURACIÓN POR CONSUMO DE ENERGÍA}$$

EJEMPLO:

Volviendo al ejemplo de la planta que paga \$ 100,000 por consumo de energía eléctrica, suponiendo que tuviera un factor de potencia de 0.96, la bonificación correspondiente sería de:

$$\text{BONIFICACIÓN} = (1/4) * (1-(90/96)) * 100,000 = \$ 1,600$$

El importe que deberá pagar a la empresa suministradora de energía eléctrica será de \$98,400 es decir, tendría una bonificación de 1.6 % sobre el importe derivado de su consumo de energía eléctrica.

- Con los datos anteriores se puede calcular el ahorro total mensual obtenido por corregir el Factor de Potencia y es el siguiente:

<b>AHORRO</b>	<b>=</b>	<b>MULTA</b>	<b>+</b>	<b>BONIFICACIÓN</b>
AHORRO	=	\$ 7,500+	\$ 1,600=	<b>\$ 9,100</b>

- Además del beneficio económico, se libera capacidad del transformador, por ejemplo, para un transformador de 1.000 kVA, con una carga de 800 kW, se tiene:

Con Factor de Potencia de 0.80:

$$kVA1 = (kW \text{ MÁXIMOS}) / (F.P.) = (800) / (0.80) = 1,000 \text{ kVA}$$

Con Factor de Potencia corregido a 0.96:

$$kVA2 = (kW \text{ MÁXIMOS}) / (F.P.) = (800) / (0.96) = 833 \text{ kVA}$$

$$POTENCIA \text{ LIBERADA DEL TRANSFORMADOR} = kVA1 - kVA2 = 1,000 - 833 = 167 \text{ kVA ( 16.7\% )}$$

Es decir de esta forma el transformador tiene más capacidad disponible para alimentar a más carga o bien que trabaje a una menor temperatura y no se dañe sus aislamientos.

En general los beneficios que se obtiene al corregir el Factor de Potencia son:

- ✓ Liberación de potencia del transformador.
- ✓ Reducción de corrientes en alimentadores.
- ✓ Reducción de pérdidas en alimentadores.
- ✓ Disminución de caída de tensión.
- ✓ **Evitar pago de multas.**
- ✓ Obtener bonificaciones.

El Factor de Potencia es el mecanismo más fácil para lograr beneficios inmediatos que se ven

directamente reflejados en el costo de la energía. LA INVERSIÓN EFECTUADA EN LA ADQUISICIÓN EN BANCOS DE CAPACITORES SE JUSTIFICA INMEDIATAMENTE.

### VI. Armónicas.

Significa simplemente que la forma de onda de la tensión o corriente no es una senoidal pura, esto resulta de la adición de una o más ondas armónicas que se superponen a la onda fundamental o de 60 Hz. Las armónicas pueden conceptualizarse entonces como voltajes y/o corrientes que existen en un sistema eléctrico para algunos múltiplos de la frecuencia fundamental.

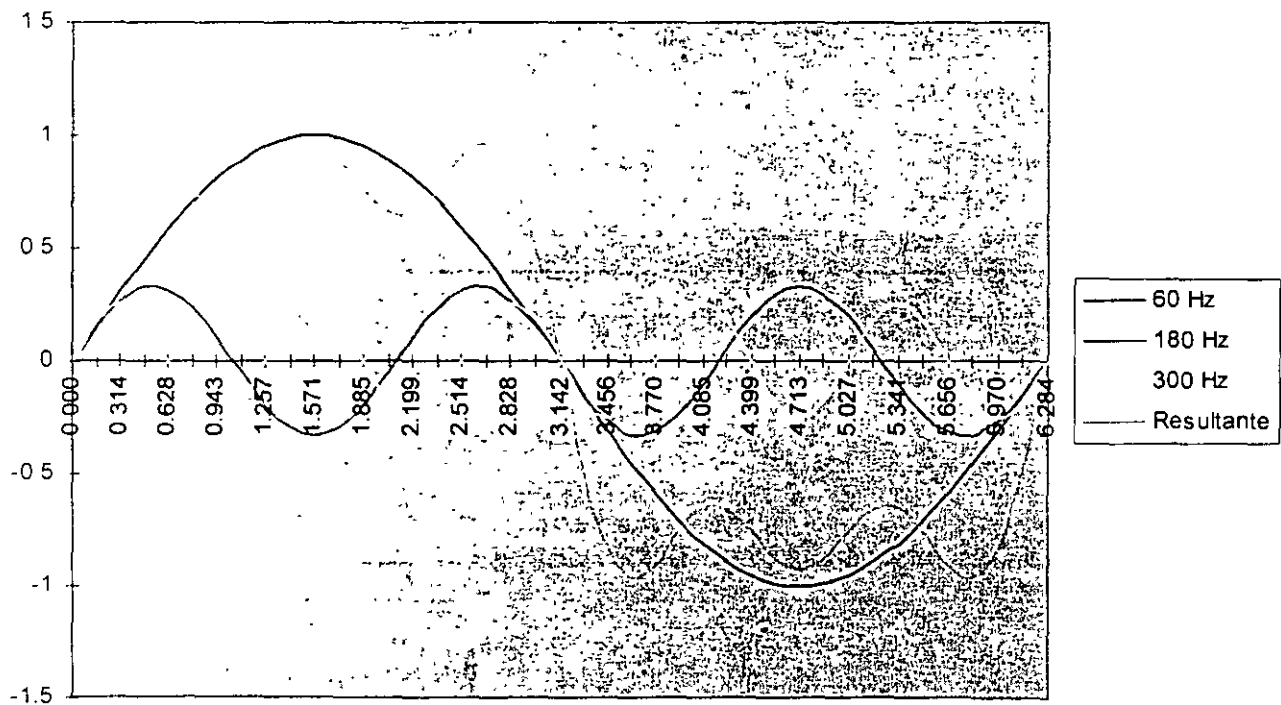
Las señales armónicas pueden ser descompuestas a través del análisis de Fourier en una onda senoidal perfecta a frecuencia fundamental más otras similares a frecuencias que son múltiplos de la fundamental.

Esto es, en sistemas eléctricos donde la frecuencia fundamental es de 60 Hz, la frecuencia de una señal senoidal armónica se encuentra definida por:

$$f_{arm} = n \times 60 \text{ Hz} \quad \dots\dots\dots \text{donde } n \text{ es un número entero y consecutivo}$$

De la expresión anterior se puede definir que la frecuencia de una segunda armónica es 120 Hz, de una tercera de 180 Hz, de una quinta es 300 Hz, y así sucesivamente.

A continuación se incluyen curvas, en donde se pueden apreciar las formas de onda a frecuencia fundamental y las armónicas que son señales senoidales a diferentes frecuencias múltiplos de 60 Hz.



### **Fuentes Armónicas.**

En nuestros días, la distorsión armónica constituye un problema creciente debido al uso masivo de cargas no lineales (fuentes armónicas) en las redes eléctricas.

### **Electrónica de Potencia.**

Bajo esta clasificación se incluyen los rectificadores, los variadores de velocidad, las fuentes ininterrumpibles y los inversores. Además de ser actualmente la fuente más significativa de corrientes armónicas, tales equipos son muy sensibles a la distorsión de la forma de onda de voltaje.

### **Dispositivos Ferromagnéticos.**

En esta clase se agrupan dispositivos como los transformadores, los cuales generan armónicas si la tensión aplicada es superior a la nominal del transformador, a causa del incremento en la corriente de magnetización y a la saturación del núcleo magnético.

### **Dispositivos de Arco Eléctrico.**

Elementos tales como los hornos de arco generan grandes cantidades de corrientes armónicas en virtud de las características no lineales del arco. No obstante, la iluminación fluorescente presenta prácticamente las mismas características y es de un uso más extenso.

### **Efectos de las Armónicas.**

La distorsión armónica incrementa las pérdidas y las temperatura de prácticamente todas las componentes de las redes eléctricas. El efecto neto es el incremento en los valores RMS del voltaje y la corriente, pero sin el desarrollo de trabajo útil alguno.

Los efectos que producen las armónicas en una instalación pueden resumirse en:

- Problemas de funcionamiento en dispositivos de regulación tanto de potencia como de control.
- Mal funcionamiento de los dispositivos de protección y medición.
- Interferencia en sistemas de telecomunicación y telemando.
- Sobrecalentamiento de los equipos eléctricos (motores, transformadores, generadores, etc.) y el cableado de potencia, con la disminución consecuente de vida media en los mismos e incremento considerable de pérdidas de energía en forma de calor.
- Efectos de resonancia que amplifican los problemas anteriores.
- Daños irreparables a bancos de capacitores.

### Normas recomendables.

A nivel internacional existen normas recomendadas para evaluar los efectos de las armónicas en las redes eléctricas y en los equipos industriales, en donde a través de una comparación del % de THD de voltaje de y corriente y de las magnitudes de las armónicas individuales, se determina si existen o no problemas potenciales debido a la circulación de armónicas.

Las normas se aplican dependiendo del voltaje de alimentación y del tamaño de la red eléctrica en estudio. A continuación se presentan los límites recomendados por la norma 519 del IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) la cual es una de las de mayor aceptación en el ramo eléctrico a nivel internacional.

Estas normas se refieren para la relación entre el suministrador de energía eléctrica el consumidor.

### Límites de Corrientes Armónicas Recomendados en %.

Orden de las Armónicas.

$I_{sc}/IL$	$>11$	$11 \leq h < 17$	$17 \leq h < 23$	$23 \leq h < 35$	$35 \leq h$	THD %
$< 20$	4.0	2.0	1.5	0.6	0.3	5.0
$20 < 50$	7.0	3.5	2.5	1.0	0.5	8.0
$50 < 100$	10.0	4.5	4.0	1.5	0.7	12.0
$100 < 1000$	12.0	5.5	5.0	2.0	1.0	15.0
$< 1000$	15.0	7.0	6.0	2.5	1.4	20.0

### Límites de Voltajes Armónicos recomendados en %

	De		
	Baja Tensión < 69 KV	69 < 138 KV	$\geq 138$ KV
Máximo para armónicas individuales	3.0	1.5	1.0
Distorsión armónica Total	5.0	2.5	1.5

La relación  $I_{sc}/IL$  es la razón de la corriente de corto circuito disponible en el punto de acoplamiento común para la máxima corriente de carga fundamental.

Para una mejor comprensión de la aplicación de la norma IEEE 519 se muestra un ejemplo a continuación. Supongamos que tenemos un sistema de baja tensión con los siguientes datos:

Distorsión Armónica Total de Corriente (THDI) = 18 %  
 Distorsión Armónica Total de Voltaje (THDV) = 6 %  
 Corriente de Corto Circuito ( $I_{sc}$ ) = 36,600 Amperes  
 Corriente de carga ( $IL$ ) = 1,000 Amperes.

Con estos datos obtenemos que :  $I_{sc}/I_L = 36.60$

Por lo tanto, para este caso la norma establece que el THD de corriente no debe ser mayor del 8 %. Como podemos observar los valores que tenemos están fuera de los límites permitidos; de tal manera que será necesario tomar alguna alternativa para mitigar los niveles de distorsión armónica.

## **VII. Descargas Atmosféricas y Transitorios.**

Las Descargas atmosféricas y las tensiones transitorias causan millones de Dólares en pérdidas a las instalaciones, cada año los daños a los equipos de Telecomunicaciones y Celulares en los Estados Unidos de América se estiman en \$1.2 billones de Dólares, sin incluir los costos que se originan por pérdida de productividad y tiempos de no-operación de los sistemas.

Los transitorios de alta energía y sobretensiones son producto directo de las descargas atmosféricas que inciden directamente sobre las instalaciones o descargas que inciden directamente en las líneas de alimentación del edificio tanto de energía como de telecomunicaciones. Los transitorios de sobretensiones también se pueden originar por descargas que inciden en puntos cercanos a nuestras instalaciones y que se inducen por acoplamiento capacitivo o inductivo.

Instalaciones en áreas elevadas como las torres de telecomunicaciones son particularmente vulnerables a los efectos de las descargas atmosféricas y transitorios de sobretensiones debido a su localización. Esto significa que instalaciones que se encuentran localizadas en la cima de montañas o en la parte superior de edificios de gran altura, ofrecen el camino más fácil y corto para que las descarga llegue a tierra. También y en adición a las descargas atmosféricas, las instalaciones aisladas al final de grandes líneas de distribución son propensas a sufrir daño en los equipos por sobretensiones temporales originados por maniobras de interruptores o una pobre regulación de tensión en las líneas.

## **VIII. Protección a los equipos contra descargas y Transitorios que llegan por la Acometida .**

A pesar de que en una instalación se encuentre protegida por un sistema integral de protección contra descargas atmosféricas, existe aun un riesgo de que estas descargas o transitorios nos lleguen vía las acometidas ó cableados externos que entran a nuestras instalaciones. Alta energía y sobretensiones transitorias pueden llegar por medio de acoplamiento capacitivo e inductivo de descargas atmosféricas que ocurren cerca de nuestras instalaciones o por maniobras de interconexión en las líneas de distribución. Un sistema de protección y filtro eficiente en el punto de entrada de nuestras instalaciones para estos transitorios es esencial para evitar el daño del equipo, no poner en riesgo la seguridad del personal, evitar las pérdidas por interrupciones en la operación y eliminar pérdidas económicas.

Sistemas sencillos de protección o de derivación de fallas instalados en los tableros de distribución de C.A. no proveen la protección adecuada. Para brindar una protección a equipos sensibles es necesario el limitar las tensiones residuales dentro del limite de inmunidad del equipo. Para equipos operando en



sistemas con una fuente de tensión de 120 VRMS, daños a los componentes se puede tener con transitorios con tensión picos bajas como de 500 V. Muchos fabricantes de cargadores de baterías y rectificadores indican una tolerancia de sobretensiones debajo de los 800 V.

Mientras algunos dispositivos de protección TVSS (Transient Voltaje Surge Supresor) pueden operar debajo de las tensiones recomendadas, estos hacen muy poco para limitar el rápido incremento del frente de onda de energía ( $di/dt$  y  $dv/dt$ ) antes de llegar al umbral de acción. Valores de incremento de corrientes pueden ser tan grandes como 10 KA/ $\mu$ s desde la descarga atmosférica inicial y en orden de magnitudes superiores para las descargas subsecuentes. Este valor alto de  $di/dt$  y  $dv/dt$  pueden inducir altas tensiones destructivas a través de los componentes, originando fallas y daños a los equipos.

Diseños adecuados que incluyan tecnologías con filtros pasa bajas seguidos de protectores en paralelo reducirán el riesgo de picos residuales de tensión y también reducirán en forma considerable la magnitud de la corriente y la tensión que puedan llegar a los equipos. Los dispositivos de protección con filtros (SRFs) proveen diferentes etapas de atenuación de las descargas y filtran los transitorios para equipos electrónicos sensibles tales como rectificadores. Protección a los equipos contra descargas y Transitorios que llegan por la Acometida.

## **IX. Protección a los equipos contra descargas y Transitorios en las líneas de comunicación.**

Los protectores para los sistemas de telecomunicación y/o datos son indispensables, porque a pesar de existir un sistema de protección externa, nuestras instalaciones no quedan exentas de recibir transitorios o descargas atmosféricas que sin llegar a caer directamente en nuestras instalaciones pueden viajar por estos medios y llegar a nuestro equipo originando daños y pérdidas materiales.

Por lo anterior es muy importante brindar con los diferentes tipos de protección que se ofrecen para los sistemas de telecomunicaciones y/o datos la protección adecuada considerando la magnitud de la energía a disipar como también el tiempo de respuesta del dispositivo. Esto último es lo que debe prevalecer en estas protecciones ya que estamos hablando de equipo muy sensible en periodos de tiempo muy cortos y con niveles extremadamente bajos de energía pueden sufrir daños irreparables.

## **X. Plan de Protección de Seis Puntos.**

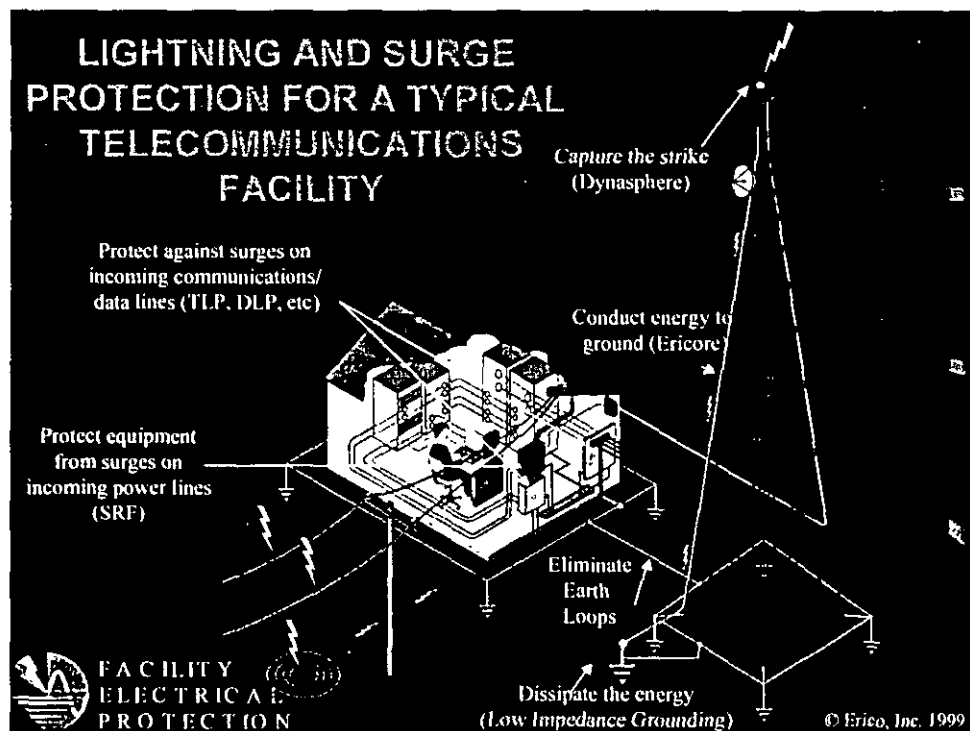
No existe una sola tecnología que pueda eliminar el riesgo de las descargas atmosféricas y los transitorios que estas originan. Se requiere de un enfoque de un sistema integral. El siguiente Plan es Propuesto por la empresa ERICO que cuenta con más de 20 años de estudiar y analizar los fenómenos naturales de las descargas atmosféricas, sus transitorios y sus consecuencias.

El Plan de seis puntos recomienda:

- 1.- Capturar la descarga atmosférica en un punto preferencial en una terminal aérea diseñada especialmente para eso.

- 2.- Conducir la corriente de la descarga atmosférica en tierra en forma segura por medio de un sistema de conductor de bajada aislado que minimiza los peligros de arcos laterales y de inducción a equipo o cables adyacentes.
- 3.- Disipar la energía en un sistema de tierra de baja impedancia con un mínimo de incremento de potencial a tierra.
- 4.- Eliminar los circuitos de tierra y diferencias de potencial por medio de crear un plano equipotencial de tierra bajo condiciones de transitorios.
- 5.- Proteger al equipo de descargas y transitorios que lleguen por las acometidas.
- 6.- Proteger al equipo de descargas y transitorios que lleguen por las acometidas de comunicaciones y señalización o datos para prevenir daños al equipo y costosas salidas de operación.

La siguiente figura representa en forma esquemática y sencilla una representación del plan de seis puntos en una típica instalación de telecomunicaciones



Sistema Ideal para protección contra descargas atmosféricas y transitorios.



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

**INSTALACIONES  
ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS**

CONDUCTORES, SELECCIÓN Y MEDIOS DE  
SOPORTE Y PROTECCIÓN

Del 01 al 29 de Octubre de 2004

*ANEXOS*

CI-158

Instructor: Ing. Justo Gutiérrez Moyado  
BBVA-Bancomer  
OCTUBRE 2004

6	<p><b>PROTECCIÓN DE LOS CONDUCTORES</b></p> <p>La protección de los conductores se protege de sobre corriente según su capacidad de conducción (ver tablas 310-16 y 310-17 y demás).</p> <p>Riesgo de pérdida de energía no se debe proteger contra la sobrecarga cuando la apertura del circuito podría crear un riesgo; por ejemplo circuitos de una grúa de transporte de materiales o de bombeo contra incendio.</p> <p><u>Dispositivos de 800 A o menos.</u></p> <p>Se permite usar el dispositivo de protección contra sobrecorriente de valor inmediato superior a la capacidad de conductores que protega, de acuerdo a lo siguiente.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Que los conductores protegidos no formen parte de un circuito derivado con varias salidas para cargas portátiles con cordón y clavija.</li> <li>2) Que la capacidad de conducción de corriente de los conductores no corresponda con la capacidad nominal de un fusible o interruptor.</li> <li>3) Que el valor nominal inmediato no supere 800 A.</li> </ol> <p><b>DISPOSITIVOS DE MAS DE 800 A.</b></p> <p>La capacidad de conducción de corriente de los conductores a proteger debe ser igual o mayor que la capacidad nominal del dispositivo</p>	240-3	
---	--	-------	--

( a )

( b )

( c )

**CONDUCTORES PARA ALAMBRADO GENERAL**

NO -	ACTIVIDAD DE LA INSPECCION	REF NOM-001 -SEDE-1999	COMENTARIOS
1	<p><u>MATERIAL DE CONDUCTORES</u> Cuando se usan cables de aluminio a aleaciones el calibre mínimo debe ser no.- 6</p>	310-3 (b)	
2	<p><u>CONDUCTORES CABLEADOS</u> Los conductores de tamaño No.- 8 AWG y mayores deben ser cableados, cuando van en canalizaciones.</p>	310-3	
3	<p><u>CONDUCTORES EN PARALELO</u> Los conductores de cobre o aluminio de calibre 1/0 AWG y mayores, pueden conectarse en paralelo (unidos eléctricamente en ambos extremos. Deben ser. De la misma longitud, del mismo material del mismo largo, del mismo tipo de aislamiento, con terminales de las mismas características.</p>	310-4	
4	<p><u>TAMAÑO NOMINAL MÍNIMO DE LOS CONDUCTORES</u> DE 0-2000V-----calibre No.- 14 ---- Cobre DE 0-2000V-----calibre No.- 6 ---- Aluminio DE 2001-5000V-----calibre No.- 8 ---- Cobre DE 2001-5000V-----calibre No.- 6 ---- Aluminio DE 5001- 8000V-----calibre No.- 6 ---- Cobre ó Aluminio DE 8001- 15000V-----calibre No.- 2 ---- Cobre ó Aluminio DE 15001- 25000V---calibre No.- 1 --- - Cobre ó Aluminio</p>	310-5	
5	<p><u>IDENTIFICACION DE LOS CONDUCTORES</u> Conductores puestas a tierra. Los conductores aislados calibre No.-6 AWG, o mas pequeños, deben tener una identificación exterior de color blanco o gris claro. Para tamaños superiores al calibre 6 AWG; en conductores aislados, se debe identificar por medio de un forro exterior continuo blanco o gris claro, que cubra toda la longitud o por una marca blanca en sus extremos en el momento de la instalación. <u>CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA.</u> Se permite instalar conductores desnudos o cubiertos, deben tener un acabado exterior o continuo verde o verde con una o mas franjas amarillas. <u>CONDUCTORES DE FASE</u> Los conductores de las fases se deben distinguir por colores distintos al blanco, gris claro o verde o por cualquier combinación de colores y sus correspondientes marcas. Las marcas de los conductores de fase no deben ser de blanco, gris claro o verde y deben consistir en una franja o franjas iguales que se repitan periódicamente.</p>	310-12 (a)  (b)  (c)	

<p>CORRIENTE ELECTRICAS INDUCIDAS EN LAS CANALIZACIONES METALICAS</p>	<p>300-20</p>	
<p>Agrupamiento de conductores.          Cuando se instalan conductores que llevan C.A. en canalizaciones o envolventes metálicos, deben disponerse de tal manera que no se produzca calentamiento por inducción en los metales que lo rodean.</p>	<p>( a )</p>	
<p>SOPORTE TIPO CHAROLA CABLES USOS PERMITIDOS.</p>	<p>318 318-3</p>	
<p>Con cables con recubrimiento metálico y aislamiento mineral.          Cables con cubierta no metálica.          Cables para entrada de acometida.          Cables monoconductores tipo THW-LS, THHW-LS.          Tubo conduit metálico pesado y semipesado tubo conduit no metálico tipo pesado otras.</p>		
<p>USOS NO PERMITIDOS          En cubos de elevadores o donde puedan estar sujetos a daño físico severo.          En espacio de manejo de aire ambiental, excepto lo permitido en el artículo 300-22 (caso ducto o cámaras de distribución de aire usados para aire ambiental, donde se tiene el alambrado necesario para la función del sistema de conducto y están restringidos los métodos de alambrado.</p>	<p>318-4</p>	
<p>TUBO CONDUIT DE POLIETILENO.          Esta compuesto de un material que es resistente a la humedad, a atmósferas químicas, este tubo no es resistente a la flama</p>	<p>332</p>	
<p>USO PERMITIDOS          En cualquier edificio que no supere los 3 pisos sobre nivel de la calle.</p>	<p>332-3 ( 1 )</p>	
<p>Embebido en concreto colado, siempre que se utilice para las conexiones accesorios aprobados para ese uso.</p>	<p>( 2 )</p>	
<p>Enterrados a una profundidad no menor a 50 cm, protegido con un recubrimiento de concreto de 5 cm de espesor como mínimo.</p>	<p>( 3 )</p>	
<p>USO NO PERMITIDOS.</p>	<p>332-4</p>	
<p>En lugares peligrosos.</p>	<p>1 )</p>	
<p>Cuando este sometido a temperaturas ambiente superiores a las que este aprobado el tubo.</p>	<p>3 )</p>	
<p>Como soporte de aparatos o equipo.</p>	<p>2 )</p>	
<p>Directamente enterrado.</p>	<p>5 )</p>	
<p>Para tensiones eléctricas superiores a 150 V a tierra.</p>	<p>6 )</p>	
<p>En lugares expuestos.</p>	<p>7 )</p>	
<p>En teatros y lugares similares</p>	<p>8 )</p>	
<p>En lugares de reunión.</p>	<p>10 )</p>	
<p>En instalaciones ocultas por plafones.</p>	<p>11 )</p>	
<p>En cubos y ductos de instalaciones en edificios.</p>	<p>12 )</p>	

## ANEXO 1

LOS CONDUCTORES DE LOS ALIMENTADORES DEBEN TENER UNA CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE IGUAL O MAYOR A LA SUMA DE LOS CARGAS DE LOS CIRCUITOS DERIVADOS.

EJEMPLO:

SE TIENE UN TABLERO DE ALUMBRADO DE  
8 CIRCUITOS DE ALUMBRADO DE 1800 W C/U  
8 CIRCUITOS DE CONTACTOS DE 1260 W C/U

DATOS:

EL VOLTAJE ES 125 V DE FASE A NEUTRO, SISTEMA TRIFASICO, 4 HILOS  
LA TEMPERATURA AMBIENTE ES 30° C  
LA CANALIZACION ES TUBO CONDUIT METALICO  
CON NO MAS DE 3 CONDUCTORES DENTRO DE EL  
LOS CABLES SON TIPO THW-75, 600 V

PROCEDIMIENTO

$$I_1 = \text{AMPERES POR CIRCUITO} = \frac{1800}{125} = 14.4 \text{ A.}$$

$$I_2 = \text{AMPERES POR CIRCUITO} = \frac{1260}{125} = 10.08 \text{ A.}$$

CARGA DE ALUMBRADO:  $14.4 \times 6 = 86.4$  AMPERES

CARGA DE CONTACTOS:  $10.08 \times 6 = 60.48$  AMPERES

CALIBRE DEL CONDUCTOR

$$86.4 \times 1.25 = 108 \text{ AMPERES}$$

$$\underline{60.48 \text{ AMPERES}}$$

$$\text{SUMA } 168.48 \text{ AMPERES}$$

$$\text{ASI, } \frac{168.48}{3} = 56.16 \text{ A.}$$

QUE CORRESPONDE A UN CALIBRE No. - 4 AWG, QUE SOPORTA 70 A

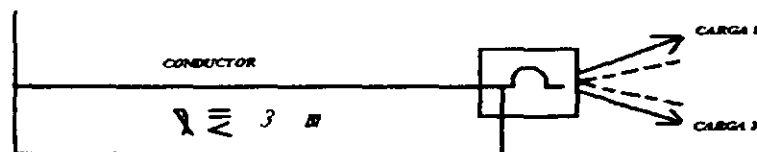
LA PROTECCION DEL TABLERO SERA UN INTERRUPTOR TIPO  
TERMOMAGNETICO DE 3 X 70 A.

EL TABLERO SELECCIONADO SERA DE 3 Ø, 4 HILOS

## ANEXO 2

EL DISPOSITIVO DE SOBRECORRIENTE SE DEBE CONECTAR A CADA CONDUCTOR DE FASE DEL CIRCUITO.

- A) ALIMENTADORES Y CIRCUITOS DERIVADOS ESTOS DEBEN PROTEGERSE POR DISPOSITIVOS DE SOBRECORRIENTE CONECTADOS EN EL PUNTO EN QUE LOS CONDUCTORES RECIBEN ENERGIA, EXCEPTO LO QUE SE PERMITE A CONTINUACION.
- B) DERIVACIONES NO SUPERIORES A 3 m DE LARGO NO NECESITA PROTECCION.



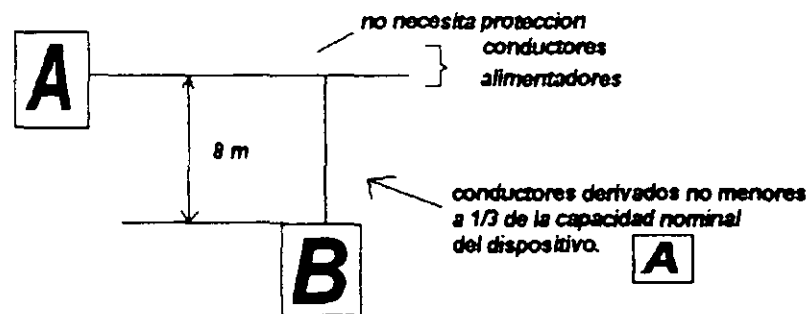
$$I = \sum \text{CARGA 1} + \text{CARGA 2} + \text{ETC.}$$

NO MENOR A LA CAPACIDAD NOMINAL DEL DISPOSITIVO ALIMENTADO.

LOS CONDUCTORES EN DERIVACION NO DEBEN IR MAS ALLA DEL TABLERO DE DISTRIBUCCION, CENTRO DE CARGA O MEDIO DE DESCONEXION A LOS QUE SUMINISTRA ENERGIA.

LOS CONDUCTORES EN DERIVACION DEBEN IR EN UNA CANALIZACION.

- C) DERIVACIONES DE ALIMENTADORES NO SUPERIORES A 8 m DE LARGO.



Terminar en un solo dispositivo de proteccion (A) que limita la carga a la capacidad de conduccion de corriente de los conductores.



## **ANEXO 3**

### **TABLEROS DE ALUMBRADO Y CONTROL PARA CIRCUITO DERIVADOS DE ALUMBRADO Y DE APARATOS ELECTRICOS**

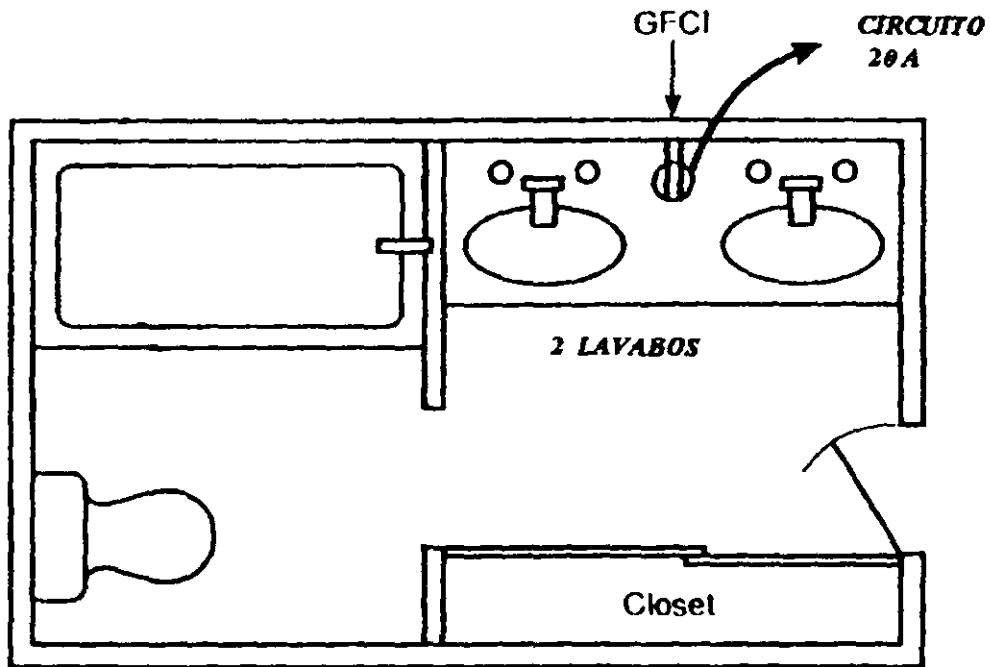
PARA CONSIDERARLO ASI EL TABLERO DEBE TENER 10% DE SUS DISPOSITIVOS DE PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE DE 30A NOMINALES O MENOS CON CONEXIONES PARA EL NEUTRO.

NO DEBE HABER EN EL TABLERO MÁS DE 42 DISPOSITIVOS DE SOBRECORRIENTE, MÁS EL PRINCIPAL DE LA ALIMENTACION.

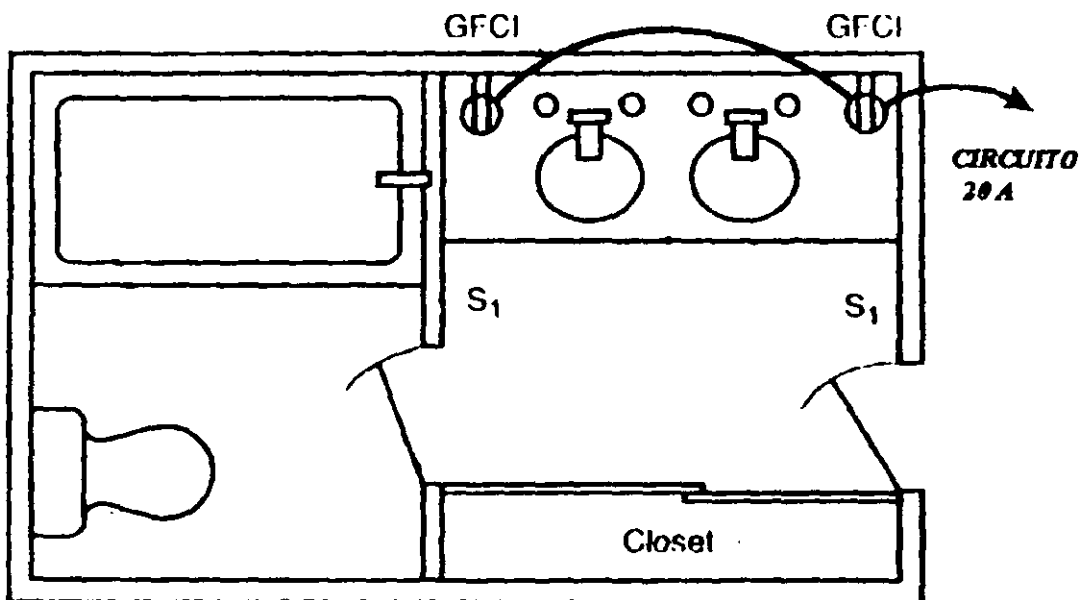
LOS TABLEROS DE ALUMBRADO Y CONTROL EQUIPADOS CON RESORTE DE 30 A NOMINALES O MENOS DEBE TENER UN DISPOSITIVO DE PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE QUE NO EXCEDA DE 200 A.

LA CARGA CONTINUA DE CUALQUIER DISPOSITIVO DE SOBRECORRIENTE SITUADO DENTRO DEL TABLERO NO DEBE SUPERAR 80% DE SU CAPACIDAD NOMINAL CUANDO EN CONDICIONES NORMALES LA CARGA SE MANTENGA DURANTE 3 HORAS O MAS.

## RECEPTACULO DUPLEX



## 2 RECEPTACULOS SENCILLO O UN DUPLEX



RECEPTACULO GFCI EN BAÑOS  
(INTERRUPTOR CON PROTECCION DE  
FALLA A TIERRA)

# ANEXO 5

Tabla 210-21(b) (3). Capacidad de conducción de corriente admisible de receptáculos en circuitos de diversa capacidad

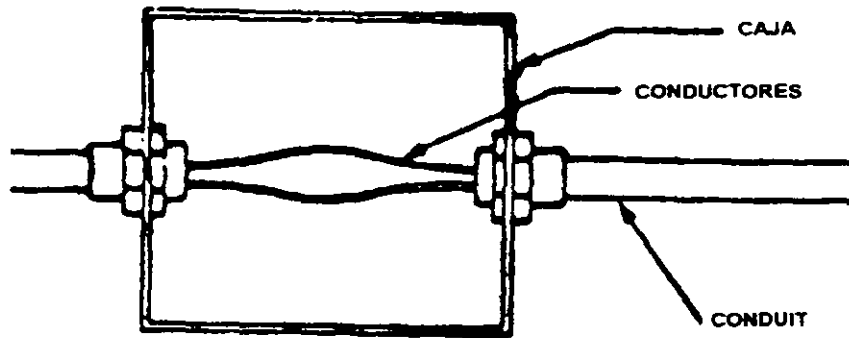
Capacidad de conducción de corriente nominal circuito (A)	Capacidad de conducción de corriente admisible del receptáculo (A)
15	No más de 15
20	15 o 20
30	30
40	40 o 50
50	50

Tabla 210-24. Resumen de requisitos de los circuitos derivados

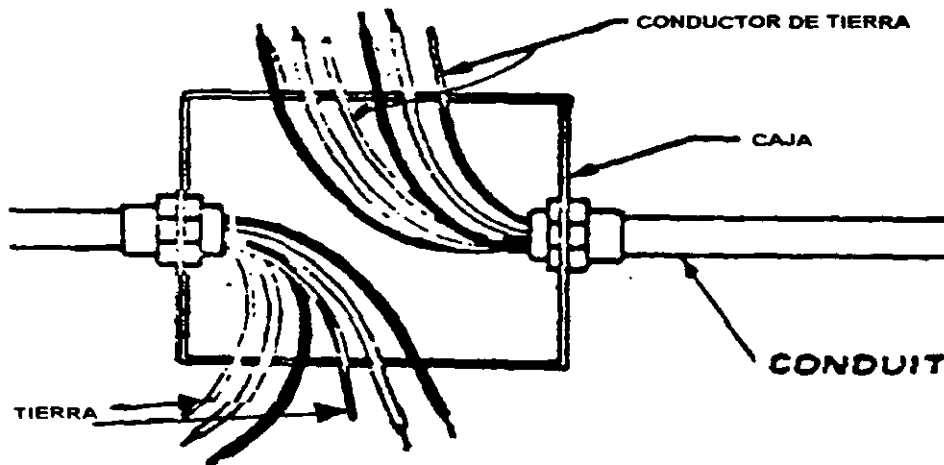
Capacidad de conducción de corriente nominal del circuito (A)	15	20	30	40	50
Conductores (tamaño nominal mínimo mm <sup>2</sup> AWG):		3,3(12) 2,082(14)	5,26(10) 2,082(14)	3,36(8) 3,3(12)	13,3(6) 3,3(12)
Conductores del circuito*	2,082(14)	Véase 240-4			
Derivaciones	2,082(14)				
Cables y cordones de aparatos eléctricos	Véase 240-4				
Protección contra sobrecalentamiento (A)	15	20	30	40	50
Dispositivos de salida:	De	De	Servicio	Servicio	Servicio
Portalámparas permitidos	cualquier	cualquier	pesado	pesado	pesado
Capacidad de conducción de corriente admisible del receptáculo**	Tipo 15 A máx.	Tipo 15 o 20 A	30 A	40 o 50 A	50 A máx.
Carga Máxima (A)	15	20	30	40	50
Carga Permisible	Véase 210-23(a)	Véase 210-23(a)	Véase 210-23(b)	Véase 210-23(c)	Véase 210-23(d)

\* Estos tamaños se refieren a conductores de cobre.

## CONDUCTORES DENTRO DE UNA CAJA



2 CONDUCTORES EN CAJA, CADA CONDUCTOR CUENTA UNO



VARIOS CONDUCTORES DE TIERRA EN CAJA  
SOLAMENTE SE CUENTA UNO

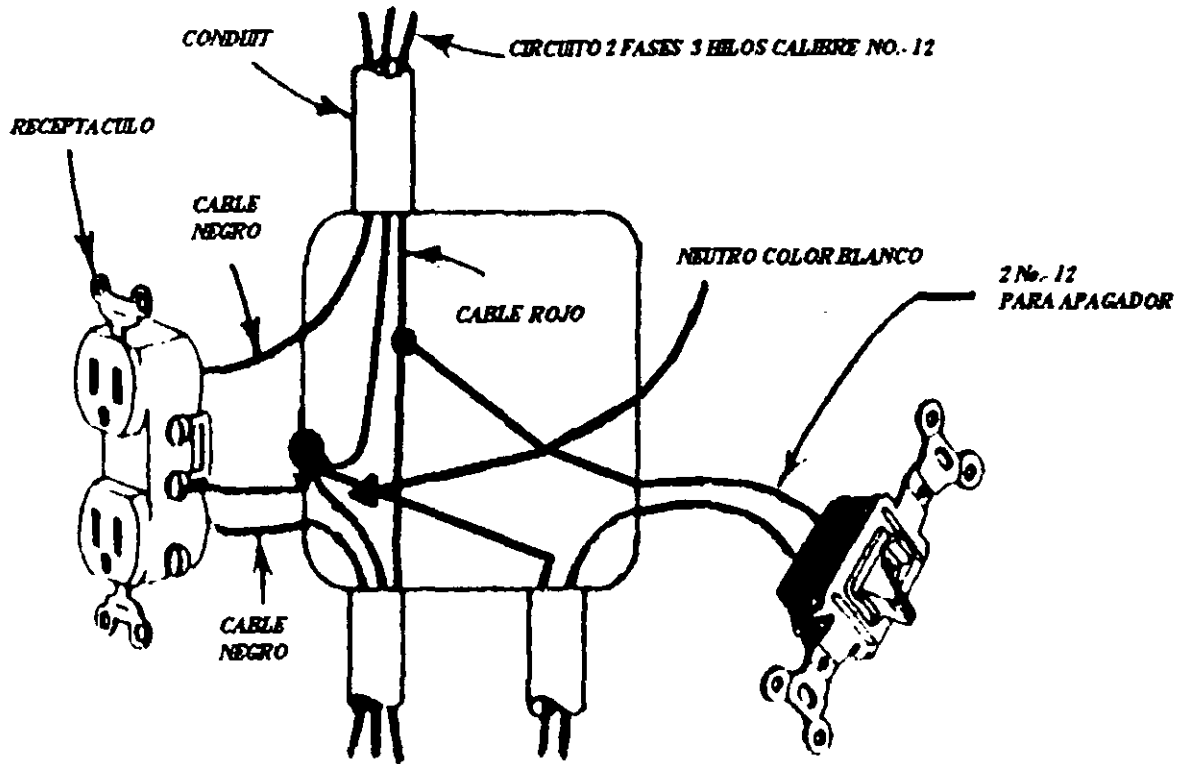
### PROBLEMA:

QUE DIMENSIONES DE CAJA PARA CONEXIONES SE REQUIERE PARA 12 CONDUCTORES NO.- 14. 4 DE ELLOS SON DE CORRIENTE, 4 NEUTROS Y 4 DE TIERRAS.

4 No.- 14 PARA CONDUCTOR DE CORRIENTE	=	4
4 No.-14 NEUTROS	=	4
4 No.-14 CONDUCTORES DE TIERRA	=	1
<b>TOTAL</b>		<b>9</b>

DE LA TABLA 370 - 6 (a) TENEMOS  
UNA CAJA DE 10.2 X 3.8 CUADRADA DE 295 cm<sup>3</sup>

## SELECCIÓN DE UNA CAJA



2 NEGROS NO.- 12 s A RECEPTACULO -----	2 CABLES
3 BLANCOS NO.- 12 s CON DERIVACION -----	3 CABLES
2 ROJOS NO.- 12 A APAGADOR -----	2 CABLES
UN RECEPTACULO -----	2 CABLES
UN APAGADOR-----	2 CABLES

TOTAL NO.- 12s — 11

LOS CABLES QUE NO SALEN DE LA CAJA NO CUENTAN

DE LA TABLA 370-16 (b) COLUMNAS DE LAS CAJAS POR CADA CONDUCTOR

---

PARA 11 CABLES No.- 12 =  $11 \times 37 = 407 \text{ cm}^3$

SE OBSERVA QUE EL RECEPTACULO Y EL APAGADOR SE CONSIDERA CADA UNO COMO EL EQUIVALENTE A 2 CONDUCTORES (EL DE MAYOR CALIBRE)

ENTRANDO A LA TABLA 370-16 (a ) CAJAS METALICAS ENCONTRAMOS UNA CAJA DE TAMAÑO COMERCIAL DE  $418 \text{ cm}^3$  ( 11.9 X 3.8 cm., CUADRADA )

Tabla 370-16(a). Cajas metálicas

Dimensiones de la caja tamaño comercial en cm	Capacidad mínima en cm <sup>3</sup>	Número máximo de conductores*						
		0,82 mm <sup>2</sup> (18AWG)	1,3 mm <sup>2</sup> (16 AWG)	2,08 mm <sup>2</sup> (14 AWG)	3,3 mm <sup>2</sup> (12 AWG)	5,2 mm <sup>2</sup> (10 AWG)	8,3 mm <sup>2</sup> (8 AWG)	13,3 mm <sup>2</sup> (6 AWG)
10,2 x 3,2 redonda u octagonal	205	8	7	6	5	5	4	2
10,2 x 3,8 redonda u octagonal	254	10	8	7	6	6	5	3
10,2 x 5,4 redonda u octagonal	352	14	12	10	9	8	7	4
10,2 x 3,2 cuadrada	295	12	10	9	8	7	6	3
10,2 x 3,8 cuadrada	344	14	12	10	9	8	7	4
10,2 x 5,4 cuadrada	497	20	17	15	13	12	10	6
11,9 x 3,2 cuadrada	418	17	14	12	11	10	8	5
11,9 x 3,8 cuadrada	484	19	16	14	13	11	9	5
11,9 x 5,4 cuadrada	688	28	24	21	18	16	14	8
7,6 x 5,1x 3,8 dispositivo	123	5	4	3	3	3	2	1
7,6 x 5,1x 5,1 dispositivo	164	6	5	5	4	4	3	2
7,6 x 5,1x 5,7 dispositivo	172	7	6	5	4	4	3	2
7,6 x 5,1x 6,4 dispositivo	205	8	7	6	5	5	4	2
7,6 x 5,1x 7,0 dispositivo	230	9	8	7	6	5	4	2
7,6 x 5,1x 8,9 dispositivo	295	12	10	9	8	7	6	3
10,2 x 5,4 x 3,8 dispositivo	170	6	5	5	4	4	3	2
10,2 x 5,4 x 4,8 dispositivo	213	8	7	6	5	5	4	2
10,2 x 5,4 x 5,4 dispositivo	238	9	8	7	6	5	4	2
9,5 x 5,1x 6,4 mampostería	230	9	8	7	6	5	4	2
9,5 x 5,1x 8,9 mampostería	344	14	12	10	9	8	7	4
FS de Prof. mínima 4,5 c/tapa	221	9	7	6	6	5	4	2
FD de Prof. mínima 6,0 c/tapa	295	12	10	9	8	7	6	3
FS de Prof. mínima 4,5 c/tapa	295	12	10	9	8	7	6	3
FD de Prof. mínima 6,0 c/tapa	394	16	13	12	10	9	8	4

\* Cuando en 370-16(b)(2) a 370-16(b)(5) no se exijan tolerancias de volumen.

- 1) Cajas normalizadas. El volumen de las cajas normalizadas que no estén marcadas en cm<sup>3</sup>, debe corresponder a la tabla 370-16(a).
  - 2) Otras cajas. Las cajas de 1640 cm<sup>3</sup> o menos, distintas de las descritas en la tabla 370-16(a) y las cajas no-metálicas, deben ir marcadas por el fabricante de modo legible y duradero con su volumen en cm<sup>3</sup>. Las cajas descritas en la tabla 370-16(a) que tengan mayor volumen del indicado en la tabla, podrán tener marcado su volumen en cm<sup>3</sup> como exige esta sección.
- b) Cálculo del volumen ocupado. Se deben sumar los volúmenes de los siguientes párrafos (1) a (5). No se exigen tolerancias de volumen para accesorios pequeños, como tuercas y boquillas.

1) Volumen ocupado por los conductores. Cada conductor que proceda de fuera de la caja y termine o esté empalmado dentro de la caja, se debe contar una vez; cada conductor que pase a través de la caja sin empalmes ni terminaciones, se debe contar una vez. El volumen ocupado por los conductores en cm<sup>3</sup> se debe calcular a partir de la tabla 370-16(b). No se deben contar los conductores que no salgan de la caja.

**Excepción:** Se permite omitir de los cálculos los conductores de puesta a tierra de equipo o no-más de cuatro conductores de equipo de tamaño nominal menor a 2,082 mm<sup>2</sup> (14 AWG) o ambos, cuando entren en una caja procedentes de un aparato bajo un domo, marquesina o similar y que terminen en la caja.

Tabla 370-16(b). Volumen de las cajas por cada conductor

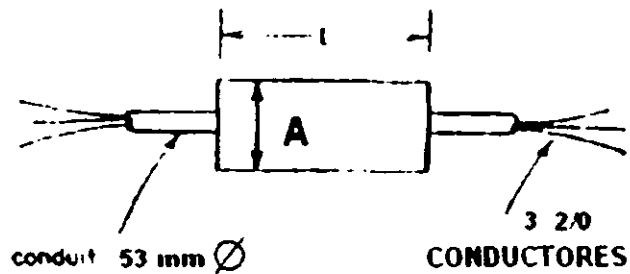
Tamaño nominal del conductor mm <sup>2</sup> (AWG)	Espacio libre en la caja para cada conductor cm <sup>3</sup>
0,8235 (18)	25
1,307 (16)	29
2,082 (14)	33
3,307 (12)	37
5,26 (10)	41
8,367 (8)	49
13,30 (6)	82

2) Volumen ocupado por las abrazaderas. Donde haya una o más abrazaderas internas para cables,

ART. 370.28 a) 1)

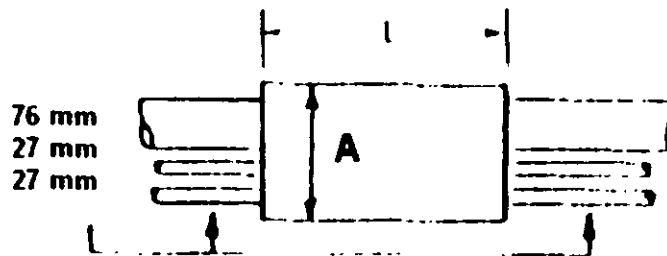
## CAJA DE PASO TRAMO RECTOS

### 1. EJEMPLO



- L** : 8 × 53 = 424 mm mínimo  
**A** : 106 mm, pero debe considerarse el uso de contra tuercas, monitores, etc.

### 2.

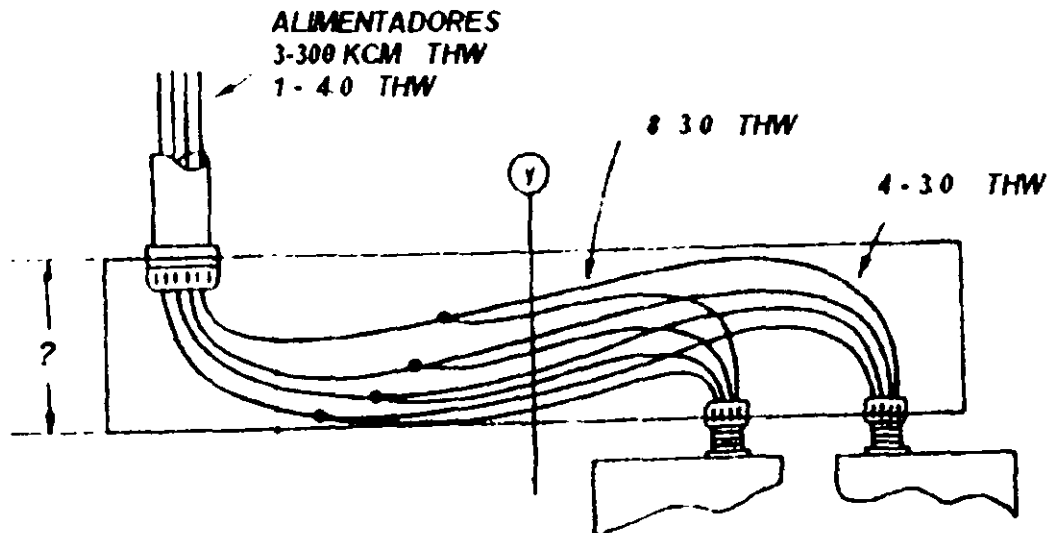


Para conductores mayores del No.- 6

The 78 mm es el conduit mayor por lo tanto

- L** : 8 × 78 = 624 mm mínimo  
**A** : 260 mm (ancho necesario considerado contratuerca, monitores.)

## DETERMINACION DEL TAMAÑO DE LOS CANALES PARA CABLES



DE LA TABLA 10-5 (CONTINUACION 1) DE LA NOM-001-SEDE-1999

TENEMOS:

PARA CABLE THW DE 3/0 AWG EL AREA ES  $201 \text{ mm}^2$

SELECCION DEL TAMAÑO DEL DUCTO CUADRADO

$$8 \times 201 = 1608 \text{ mm}^2$$

DE ACUERDO A LA NORMA (ARTICULO 362), LA SUMA DE LAS AREAS DE LA SECCION TRANSVERSAL DE TODOS LOS CONDUCTORES EN CUALQUIER LUGAR DEL DUCTO NO DEBE SUPERAR EL 20% DEL AREA DE LA SECCION TRANSVERSAL DEL MISMO ASI QUE:  $1608 \times 5 = 8040 \text{ mm}^2$  EL VALOR COMERCIAL EXISTENTE ES  $100 \times 100 \text{ mm} = 10000 \text{ mm}^2$ , ESTE ES EL QUE SE UTILIZARIA.

PERO DE ACUERDO A LA FIGURA, LOS CABLES ALIMENTADORES DE 300 KCM TIENEN QUE SE CONSIDERADOS DE LA TABLA 373-6 (a), ESPACIO MINIMO PARA LA CURVATURA DE LOS CABLES EN LAS TERMINALES Y ANCHO MINIMO DE LOS CANALES, NOS INDICA QUE:

PARA UN CABLE DE 300 KCM, SE NECESITA UN ESPACIO DE  $125 \text{ mm}$ , VALOR MAYOR AL ENCONTRADO CON LOS CABLES DE 3/0.

LA SELECCION DEBE SER ESTE ÚLTIMO VALOR.

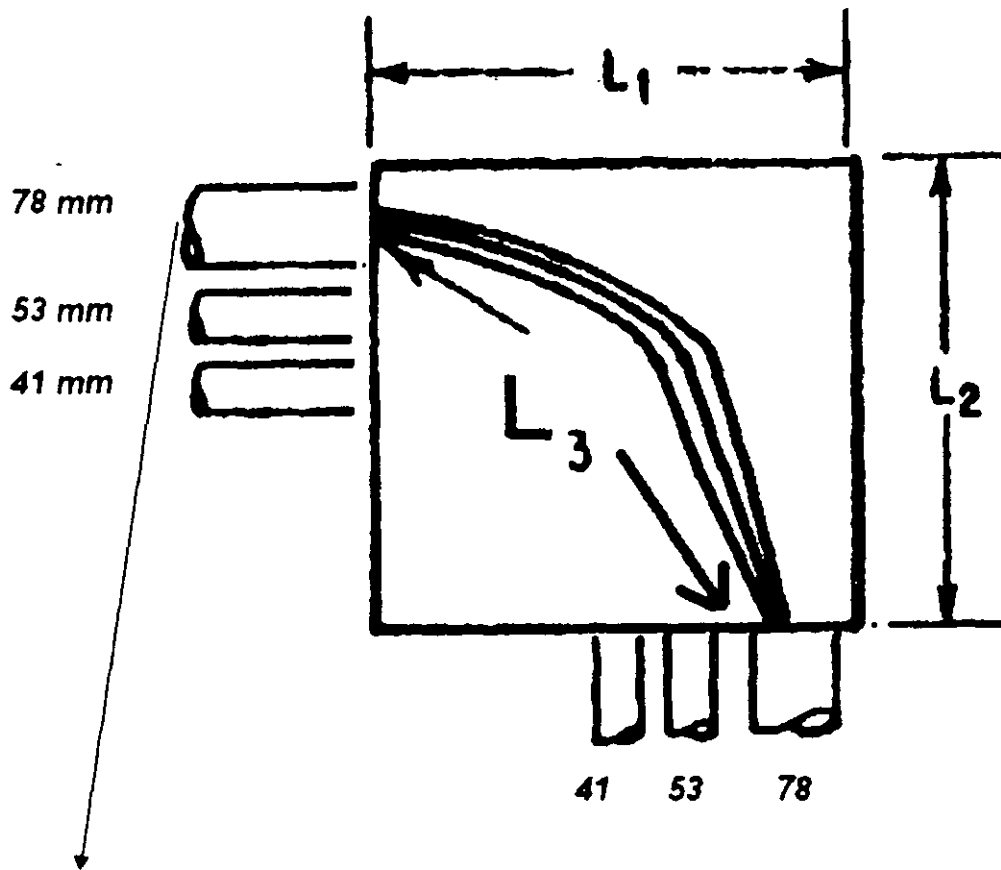


**Tabla 3/3-6(a) Espacio mínimo para la curvatura de los cables en las terminales y ancho mínimo de los canales**

Tamaño nominal del cable en mm² (AWG o kcmil)	Cables por cada terminal				
	uno	dos	tres	cuatro	cinco
2,08 5,26 (14 10)	No especificado	-	---	---	---
8,3 13,3 (8 6)	40	-	-	---	---
21,15 26,6 (4-3)	50	-	-	---	---
33,6 (2)	65	-	-	---	---
42,41 (1)	75	-	-	---	---
53,4 67,4 (1/0 2/0)	90	125	180	-	-
85 107,2 (3/0-4/0)	100	150	200	---	-
116,7 (250)	115	150	200	250	-
152 177,3 (300 350)	125	200	250	300	-
202,7 253,1 (400 500)	150	200	250	300	350
304 354,2 (600 700)	200	250	300	350	400
380 456,4 (750 900)	200	300	350	400	450
506,7- 634 (1000-1250)	250	-	-	-	-
760-1013,4 (1500-2000)	300	-	-	-	-

El espacio del doblaje en las terminales se debe medir en línea recta de la punta del adaptador o del conector de alambre (en la dirección en que el alambre salga de la terminal) a la pared, banera u obstrucción.

**DIMENSION DE CAJAS DE EMPALME Y TIRO  
PARA CONDUCTORES DEL No:-4 Y MAYORES (370-28)**



SE TOMA EL TUBO DE MAYOR DIAMETRO

$$78 \times 6 = 468 \text{ mm}$$

SE SUMA LOS DIAMETROS DE LOS OTROS TUBOS DE LA MISMA HILERA.

$$L_1 = 468 + 53 + 41 = 562 \text{ mm}$$

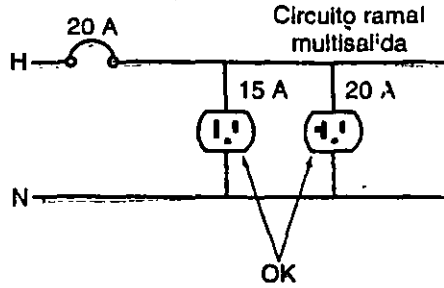
$$L_2 = 468 + 53 + 41 = 562 \text{ mm}$$

$$L_3 = 78 \times 6 = 468 \text{ mm}$$

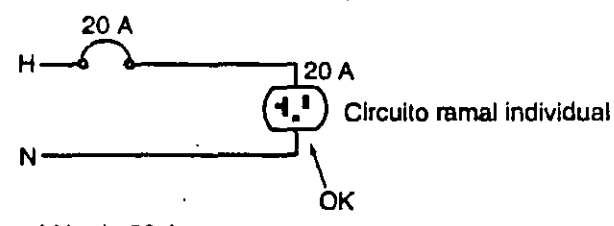
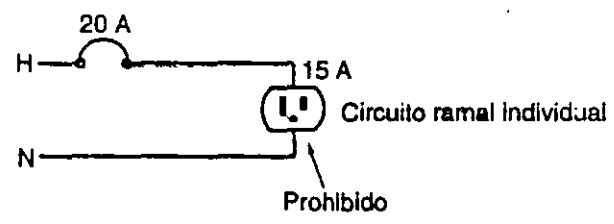
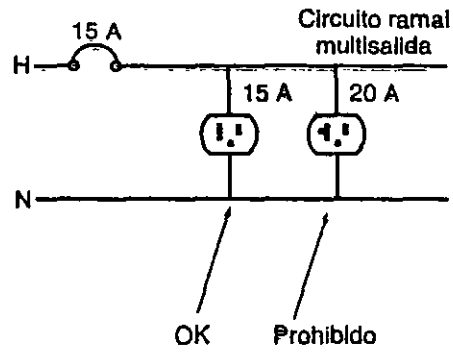
NOTA:

CUANDO LAS DIMENSIONES DE LAS CAJAS SEA SUPERIOR A 1.8 m; TODOS LOS CONDUCTORES DEBEN ESTAR INSTALADOS O SUJETOS DE MANERA APROBADA.

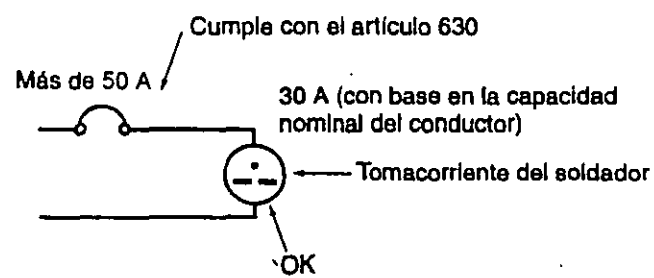
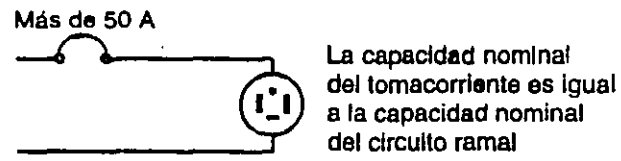
EN TRAMOS RECTOS, LA LONGITUD DE LA CAJA NO DEBE SER A 8 VECES EL DIAMETRO NOMINAL DE LA CANALIZACION MAS GRANDE.



Capacidad nominal de tomacorrientes instalados en circuitos multisalidas de 15 y 20 A.

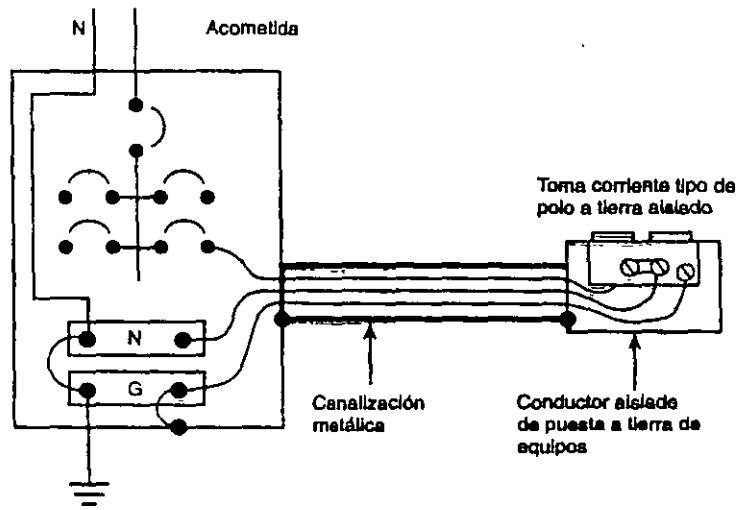


Capacidad nominal de tomacorrientes instalados en circuitos ramales individuales o clasificados para más de 50 A.

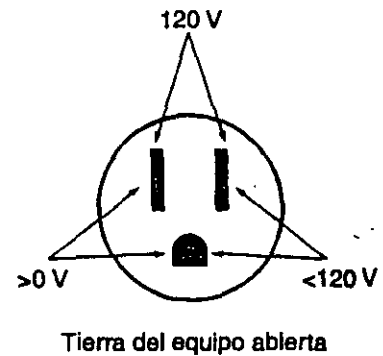
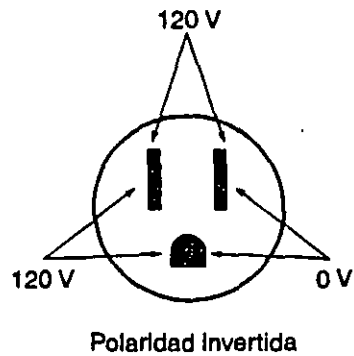
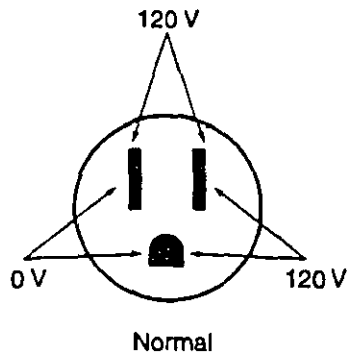


Capacidades nominales usadas para circuitos de alimentación de soldadores.

Tomacorriente con polo a tierra separado físicamente. (Fuente: *Manual NEC, Código Eléctrico Nacional*, 1999, Fig. 250.53)



Mediciones de tensión.



## SOPORTE TIPO CHAROLA PARA CABLES.

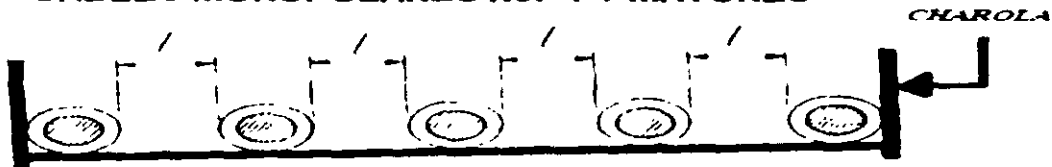


W = A LA SUMA DE LOS DIAMETROS DE CADA  
CABLE COMO MINIMO.

SU CAPACIDAD DE CONDUCCION ES 65% DE  
TABLAS 310-17 Y 310-19

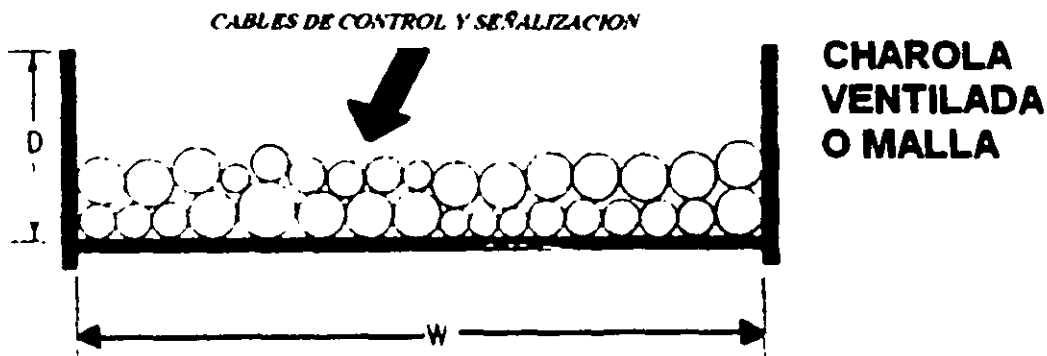
SITIENE CUBIERTA 1.8 m SU CONDUCCION ES  
60% TABLAS 310-17 Y 310-19

CABLES MONOPOLARES No.- 4 Y MAYORES

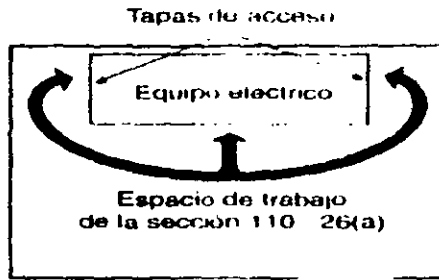


/ = DIAMETRO DEL CABLE

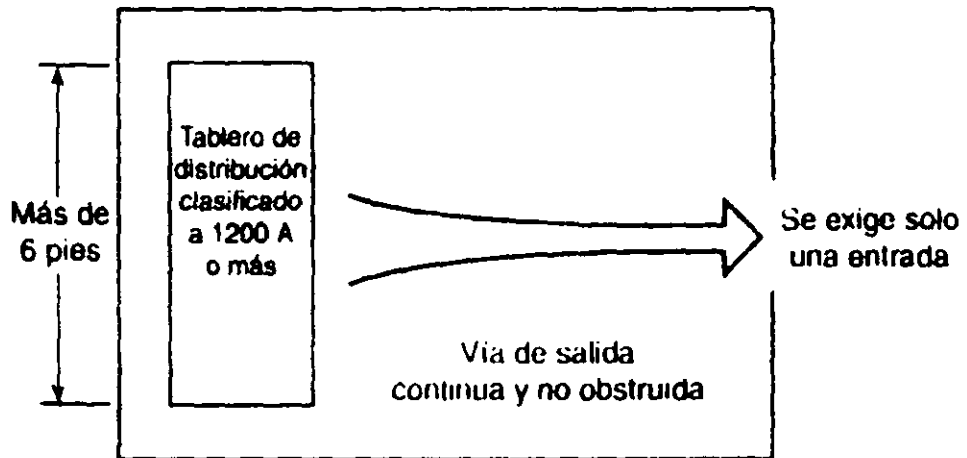
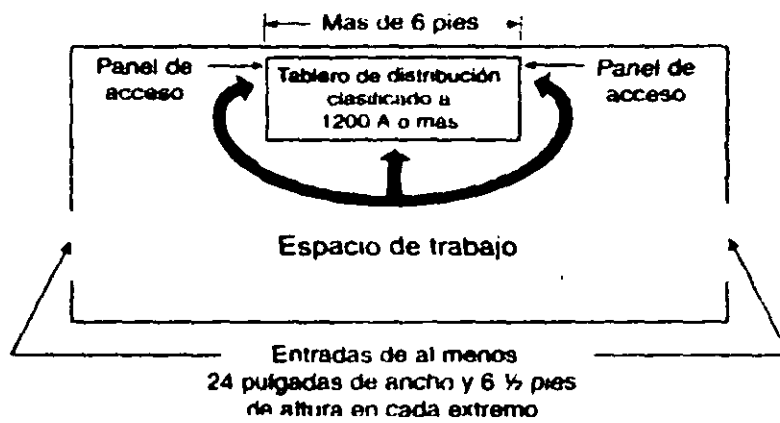
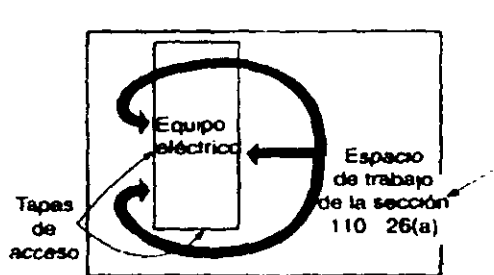
LA CAPACIDAD DE CONDUCCION ES (TABLAS 310-17 Y 310-19)



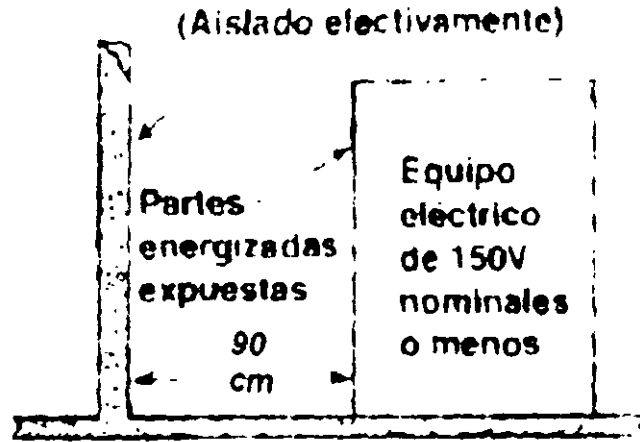
CON UNA PROFUNDIDAD UTIL DE 15 cm O MENOS.  
LA SUMA DE LAS AREAS TRANSVERSALES DE TODOS.  
LOS CABLES NO DEBE SUPERAR EL 50% DE LA  
SECCION INTERIOR DE LA CHAROLA.  
CUANDO LA CHAROLA TENGA UNA PROFUNDIDAD UTIL  
DE MAS DE 15 cm, PARA EL CALCULO DE LA SECCION.  
INTERIOR MAXIMA SE DEBE TOMAR 15 cm.



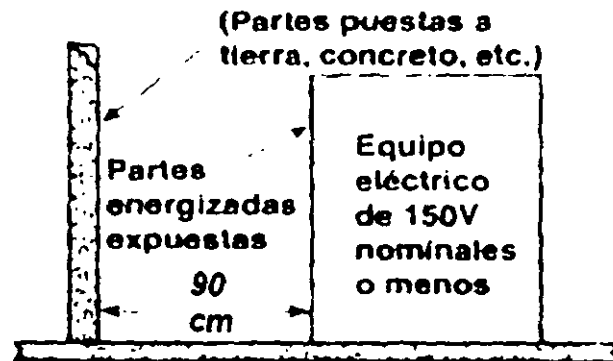
Se exige al menos una entrada



**ART. 110-16 ESPACIO DE TRABAJO ALREDEDOR DEL EQUIPO ELECTRICO (DE 600 NOMINALES O MENOS)**

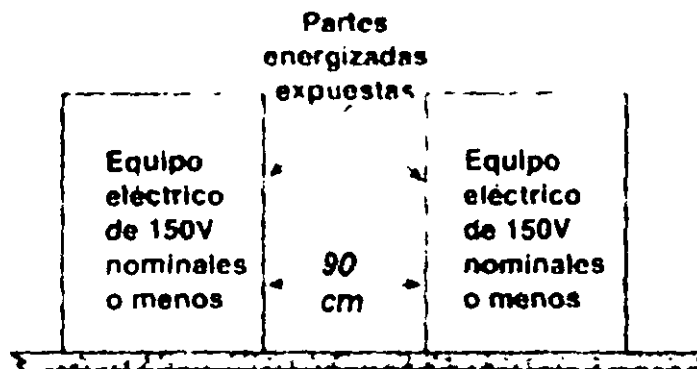


**Condición 1:**



**Condición 2 :**

La distancia podría aumentarse a 1.1 m para 151 - 600 V



**Condición 3 .**

La distancia podría aumentarse a 1.204 m para 151 - 600 V



PROCOBRE  
MEXICO

## TIPOS DE CONDUCTORES

Desde el inicio de su recorrido en las centrales generadoras hasta llegar a los centros de consumo, la energía eléctrica es conducida a través de líneas de transmisión y redes de distribución formadas por conductores eléctricos.

### ¿ QUE ES UN CONDUCTOR ELECTRICO ?

Se aplica este concepto a los cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad.

Un conductor eléctrico está formado primeramente por el conductor propiamente tal, usualmente de cobre.

Este puede ser alambre, es decir, una sola hebra o un cable formado por varias hebras o alambres torcidos entre sí.

Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio.

Aunque ambos metales tienen una conductividad eléctrica excelente, el cobre constituye el elemento principal en la fabricación de conductores por sus notables ventajas mecánicas y eléctricas.

El uso de uno y otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo.

Estas características llevan a preferir al cobre en la elaboración de conductores eléctricos.

El tipo de cobre que se utiliza en la fabricación de conductores es el cobre electrolítico de alta pureza, (99.99%).

Dependiendo del uso que se le vaya a dar, este tipo de cobre se presenta en los siguientes grados de dureza o temple: duro, semi duro y blando o recocido.

#### Cobre de temple duro:

Conductividad del 97% respecto a la del cobre puro.

Resistividad de  $0.018 \left( \frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}} \right)$  a 20 °C de temperatura.

Capacidad de ruptura a la carga, oscila entre 37 a 45 Kg/mm<sup>2</sup>.

Por esta razón se utiliza en la fabricación de conductores desnudos y para líneas aéreas de transporte de energía eléctrica, donde se exige una buena resistencia mecánica.

#### Cobre recocido o de temple blando:

Conductividad del 100%

Resistividad de  $0.01724 = 1 \left( \frac{\Omega \times \text{mm}^2}{58} \right)$  respecto del cobre puro, tomado este como patrón.

Carga de ruptura media de 25 kg/mm<sup>2</sup>.

Como es dúctil y flexible se utiliza en la fabricación de conductores aislados.





PROCOBRE  
MEXICO

CONDUCTORES ELECTRICOS AISLAMIENTOS

Nombre genérico	Tipo	Temp máxima de operación °C	Usos permitidos	Tipo de aislamiento	Tamaño nominal		Espesor nominal de aislamiento mm	Cubierta exterior
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio	THW	75 90	Lugares secos y mojados Aplicaciones especiales dentro de equipo de alumbrado por descarga eléctrica. Restringido a 1000 V ó menos en circuito abierto y a tamaños nominales de 2,082 a 8,367 mm <sup>2</sup> (14-8 AWG)	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendio	2,082-5,26	14-10	0,76	Ninguna
					8,367	8	1,14	
					13,30-33,62	6-2	1,52	
					42,41-107,2	1-40	2,03	
					126,7-253,4	250-00	2,41	
304,0-506,7	600-1000	2,79						
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, de emisión reducida de humos y gas ácido	THW-LS	75	Lugares secos y mojados Aplicaciones especiales dentro de equipo de alumbrado por descarga eléctrica Restringido a 1000V o menos en circuito y áreas de las secciones transversales de 2082 a 8367 mm <sup>2</sup> (14-08)	Termoplástico resistente a la humedad, al calor, a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	2,082-5,260	(14-10)	0,76	Ninguna
					8,367	(8)	1,14	
					13,30-33,62	(6-2)	1,52	
					42,41-107,2	(1-40)	2,03	
					126,7-253,4	(250-500)	2,41	
	304,0-506,7	(600-1000)	2,79					
	THHW	75	Lugares secos y mojados Lugares secos	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios	2,082-5,260	(14-10)	0,76	
					8,367	(8)	1,14	
					13,30-33,62	(6-2)	1,52	
					42,41-107,2	(1-40)	2,03	
126,7-253,4					(250-500)	2,41		
304,0-506,7	(600-1000)	2,79						
Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios y de emisión reducida de humos y gas ácido	THHW-LS	75 90	Lugares mojados Lugares secos	Termoplástico resistente a la humedad, al calor y a la propagación de incendios, y de emisión reducida de humos y gas ácido	2,082-5,260	(14-10)	0,76	Ninguna
					8,367	(8)	1,14	
					13,30-33,62	(6-2)	1,52	
					42,41-107,2	(1-40)	2,03	
					126,7-253,4	(250-500)	2,41	
304,0-506,7	(600-1000)	2,79						
Termoplástico con cubierta de nylon, resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	THWN	75	Lugares secos y mojados	Termoplástico con cubierta de nylon, resistente a la humedad, al calor y a la propagación de la flama	2,082-3,307	(14-12)	0,38	Cubierta nylon equivalente
					5,26	(10)	0,51	
					8,367-13,30	(8-6)	0,76	
					21,15-33,62	(4-2)	1,02	
					42,41-107,2	(1-40)	1,27	
126,7-253,4	(250-500)	1,52						
304,0-506,7	(600-1000)	1,78						
Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama	THHN	90	Lugares secos	Termoplástico con cubierta de nylon, resistente al calor y a la propagación de la flama	2,082-3,307	(14-12)	0,38	Cubierta nylon equivalente
					5,26	(10)	0,51	
					8,367-13,30	(8-6)	0,76	
					21,15-33,62	(4-2)	1,02	
					42,41-107,2	(1-40)	1,27	
126,7-253,4	(250-500)	1,52						
304,0-506,7	(600-1000)	1,78						



CONDUCTORES ELECTRICOS CAPACIDAD DE CONDUCCION

PROCOPRE MEXICO

Tabla 310-16: Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores activos en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C

Tamaño nominal mm <sup>2</sup>	Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)						Tamaño nominal AWG/kcmil
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
	TIPOS TW* TWD* CCE TWD-UV	TIPOS RHW* THHW* THW* THW-LS THWN* XHHW* TT	TIPOS RHH* RHW-2* THHN* THHW* THHW-LS THW-2* XHHW* XHHW-2	TIPOS UF*	TIPOS RHW* XHHW* B-MAL	TIPOS RHW-2, XHHW* XHHW-2, DRS	
	Cobre			Aluminio			
0,8235	—	—	14	—	—	—	18
1,307	—	—	18	—	—	—	16
2,082	20*	20*	25*	—	—	—	14
3,307	25*	25*	30*	—	—	—	12
5,26	30	35*	40*	—	—	—	10
8,367	40	50	55	—	—	—	8
13,3	55	65	75	40	50	60	6
21,15	70	85	95	55	65	75	4
26,67	85	100	110	65	75	85	3
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,41	110	130	150	85	100	115	1
53,48	125	150	170	100	120	135	1/0
67,43	145	175	195	115	135	150	2/0
85,01	165	200	225	130	155	175	3/0
107,2	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	480	520	310	375	420	700
380,03	400	475	535	320	385	435	750
405,37	410	490	555	330	395	450	800
458,04	435	520	585	355	425	480	900
506,71	455	545	615	375	445	500	1000
633,39	495	590	685	405	485	545	1250
780,07	520	625	705	435	520	585	1500
886,74	545	650	735	455	545	615	1750
1013,42	560	685	750	470	580	630	2000
<b>FACTORES DE CORRECCIÓN</b>							
Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes						Temperatura ambiente en °C
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26-30
31-35	0,91	0,94	0,98	0,91	0,94	0,96	31-35
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60	.....	0,58	0,71	.....	0,58	0,71	56-60
61-70	.....	0,33	0,58	.....	0,33	0,58	61-70
71-80	.....	.....	0,41	.....	.....	0,41	71-80

A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta NOM, la protección contra sobrecalentamiento de los conductores marcados con un asterisco (\*), no debe superar 15 A para 2,082 mm<sup>2</sup> (14 AWG); 20 A para 3,307 mm<sup>2</sup> (12 AWG) y 30 A para 5,26 (10 AWG), todos de cobre



PROCOBRE  
MEXICO

### Resistencia eléctrica:

Es la oposición que se presenta al paso de la corriente eléctrica.

Todos los materiales presentan cierta oposición al flujo de corriente, algunos en mayor medida que otros, en los metales circula con relativa facilidad, les llamamos conductores, aquellos que presentan alta resistencia al flujo electrónico les llamamos aisladores como el vidrio y el plástico.

Los factores que influyen en su valor son:

- \* Su naturaleza: cobre, aluminio, fierro, etc.
- \* Su longitud
- \* El área (sección transversal)
- \* La temperatura de operación

y su expresión matemática:

$$R = \frac{\rho \cdot L}{A}$$

donde:  $\rho$  = resistividad del material, ohm-metro ( $\Omega \cdot m$ )

L = longitud del conductor, metros (m)

A = área de la sección transversal, ( $m^2$ )

R = resistencia del conductor, ohms ( $\Omega$ )

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

donde:  $\sigma$  = conductividad del material

La variación de la resistencia debido al cambio de temperatura se expresa:

$$R_T = R_0 [1 + \alpha (T - T_0)]$$

donde:  $\alpha$  = coeficiente de temperatura ( $1/^\circ C$ )

$R_0$  = resistencia conocida a cierta temperatura

$T_0$  = temperatura de referencia

T = temperatura de operación

La siguiente tabla muestra los coeficientes de resistividad y temperatura de algunos metales.

Coeficientes de resistividad y temperatura a 20 °C

Material	Resistividad ( $\rho$ ) $\Omega \cdot m$	Temperatura ( $\alpha$ ) $^\circ C^{-1}$
Plata	$1.59 \times 10^{-8}$	0.0061
Cobre	$1.68 \times 10^{-8}$	0.0032
Oro	$2.44 \times 10^{-8}$	0.0034
Aluminio	$2.82 \times 10^{-8}$	0.0033
Tungsteno	$5.60 \times 10^{-8}$	0.0045
Hierro	$9.71 \times 10^{-8}$	0.0065
Platino	$10.60 \times 10^{-8}$	0.0039
Mercurio	$98.00 \times 10^{-8}$	0.0009

TABLA I

De la tabla anterior observamos que:

- \* La plata es el metal que presenta menor resistencia a la corriente eléctrica.

Es maleable, dúctil y buen conductor, su precio no permite el uso masivo en instalaciones y dispositivos eléctricos.



**PROCOBRE  
MEXICO**

- \* El cobre tiene excelentes características de conductividad. Su maleabilidad y ductibilidad le permiten ser ampliamente utilizado en dispositivos y conductores eléctricos.
- \* El oro es buen conductor, su precio imposibilita su uso comercial en instalaciones eléctricas.
- \* El aluminio es buen conductor eléctrico, su resistencia es mayor a la del cobre. Las normas actuales indican que el tamaño nominal mínimo para conductores de aluminio es de 13.3 mm<sup>2</sup> (6 AWG), esta dimensión física imposibilita su uso en elementos eléctricos comunes como apagadores, contactos, salidas de alumbrado, etc. Requiere hasta tres calibres superiores, comparado con el cobre, para alcanzar el mismo nivel de corriente, aunado al aumento en el diámetro de su canalización.

La siguiente tabla indica la capacidad de conducción de corriente permisible de conductores aislados para una tensión no mayor de 2000 volts, y una temperatura de los conductores de 90 °C. No mas de tres conductores activos en canalización o directamente enterrados a una temperatura ambiente de 30 °C.

Corriente Permisible	COBRE		ALUMINIO	
	conductor	tubo conduit	conductor	tubo conduit
Amperes	mm <sup>2</sup> (AWG)	diámetro	mm <sup>2</sup> (AWG)	diámetro
40	5.26 (10)	½"	13.3 (6)	¾"
170	53.48 (1/0)	1 ½"	107.2 (3/0)	2"
430	253.35 (500 kcm)	2 ¼"	380.0 (750 kcm)	3"
615	506.71 (1000 kcm)	3 ½"	886.7 (1750 kcm)	+ de 4" (dependiendo)

**TABLA 2** La tabla muestra el calibre del conductor tanto en cobre como en aluminio para 4 diferentes magnitudes de corriente permisible, se observa el diámetro del tubo conduit a utilizar para el caso de los dos tipos de conductores.

Temperatura ambiente en °C	Factor de corrección por temperatura	
	Cobre	Aluminio
21 - 25	1.04	1.04
26 - 30	1.00	1.00
31 - 35	0.96	0.96
36 - 40	0.91	0.91
41 - 45	0.87	0.87

Multiplique la capacidad de conducción permisible para un conductor dado por el factor que aquí aparece.

**TABLA 3** Esta tabla indica el factor de corrección de temperatura para aquellas distintas a 30°C. Temperatura nominal del conductor 90°C.



PROCOBRE  
MEXICO

## DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES ELECTRICOS DE COBRE

Es frecuente que las instalaciones eléctricas presenten problemas originados por la mala calidad de la energía:

- Variaciones de voltaje.
- Variaciones de frecuencia.
- Señal de tensión con altos contenidos de impurezas.
- Etc.

Estos efectos producen un funcionamiento irregular en los equipos eléctricos y generan pérdidas de energía por calentamiento de los mismos y de sus conductores de alimentación.

La norma ANSI/IEEE C57.110-1986, recomienda que los equipos de potencia que deben alimentar cargas no lineales (por ejemplo computadoras), operen a no más de un 80% de su potencia nominal. Es decir, los sistemas deben calcularse para una potencia del orden del 120% de la potencia de trabajo en régimen efectivo.

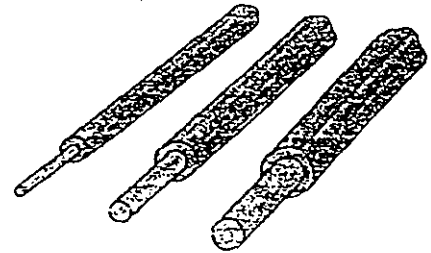
Como se puede apreciar, el correcto dimensionamiento de conductores eléctricos tiene una importancia decisiva en la operación eficiente y segura de los sistemas.

## DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTORES

La corriente eléctrica origina calentamiento en los conductores (efecto Joule:  $I^2 \times R$ ).

El exceso de temperatura genera dos efectos negativos en los aislantes:

- Disminución de la resistencia de aislación.
- Disminución de la resistencia mecánica.



El servicio operativo de la energía eléctrica y su seguridad dependen directamente de la calidad e integridad de los aislamientos de los conductores.

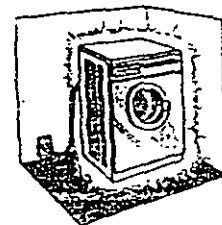
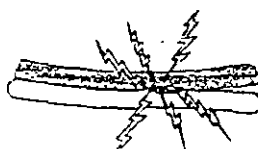
Los aislamientos deben ser calculados en relación a la carga de energía eléctrica que transporten los conductores y a la sección o diámetro de los mismos.

**Daños que genera el mal dimensionamiento y mal uso de los conductores en una instalación eléctrica:**

- Cortes de suministro.
- Riesgos de incendios.
- Pérdidas de energía.



*Caidas de tensión.*





# MEJORAMIENTO DE LA REGULACION CON CONDENSADORES DE COMPENSACION DE FACTOR DE POTENCIA

PROCOBRE  
MEXICO

En un sistema que se caracteriza por un consumo de potencia activa y reactiva, es decir, en el que existen motores de inducción u otras cargas similares, se deben usar condensadores de compensación de factor de potencia. Ello permite mejorar la regulación de voltaje, disminuyendo la caída de tensión en el transformador; además, disminuyen las pérdidas en el transformador.

Las ecuaciones descritas se mantienen, con la salvedad de que la potencia reactiva de la carga se debe disminuir según la cantidad de reactivos capacitados compensados. En la figura se muestra claramente el efecto logrado al conectar condensadores. Se le compara con un sistema en que no se emplean condensadores.

## CAIDAS DE TENSION EN CONDUCTORES Y CABLES DE CONEXION

### Características de conductores relacionadas con la regulación de voltaje

Para calcular la caída de tensión en cables y conductores, es necesario conocer su resistencia y reactancia. A falta de mejores antecedentes se puede emplear:

$$R \text{ COND} = 22.5 \Omega \text{ mm}^2/\text{km}$$

$$X \text{ COND} = 0.08 \Omega/\text{km}$$

La tabla 15 muestra las características de cables de más de 50 mm<sup>2</sup> en los cuales la aproximación señalada no es tan adecuada.

TABLA 15  
Características de monoconductores tipo XAT-5 kV

AWG	SECCION		RESISTENCIA $\Omega/\text{km}$	REACTANCIA	
	mm <sup>2</sup>			DUCTO [1] $\Omega/\text{km}$	BANDEJA [2] $\Omega/\text{km}$
1/0	53.49		0.421	0.136	0.257
2/0	67.43		0.334	0.131	0.251
3/0	85.01		0.265	0.130	0.249
4/0	107.20		0.210	0.125	0.244
250	127.00		0.177	0.122	0.239
300	152.00		0.148	0.120	0.237
350	177.30		0.127	0.117	0.233
400	202.70		0.111	0.115	0.230
500	253.40		0.089	0.112	0.228
600	304.00		0.074	0.108	0.222
650	328.90		0.068	0.107	0.220
700	354.70		0.063	0.106	0.219
750	380.00		0.059	0.105	0.218
800	405.40		0.056	0.104	0.217
900	456.00		0.049	0.102	0.215

[1] Los valores de reactancia están calculados para ducto no magnético con 3 conductores en formación triangular.



PROCOBRE  
MEXICO

La caída de tensión en un cable se puede calcular aproximadamente mediante:

$$\Delta V\% = RL \frac{POUT}{VNOM VOUT} 100 + XL \frac{QOUT}{VNOM VOUT} 100$$

X	:	Reactancia del cable en $\Omega/\text{km}$
R	:	Resistencia del cable en $\Omega/\text{km}$
L	:	Largo del cable en km
POUT	:	Potencia activa en el extremo del cable, monofásica, W.
QOUT	:	Potencia reactiva en el extremo del cable, monofásica, VAR.
VNOM	:	Voltaje Nominal, fase neutro, V.
VOUT	:	Voltaje en el extremo del cable, fase neutro, V.
$\Delta V\%$	:	Caída de voltaje en el cable. en % de VNOM.

En el caso de sistemas monofásicos debe considerarse la caída  $\Delta V\%$  en el cable de fase y en el de neutro considerando sus respectivas secciones.

#### Cálculo de pérdidas en cables

La caída de tensión en cables está normalmente asociada a pérdidas en los mismos. Por tal razón, es útil disponer de ecuaciones que permitan calcular las potencias a la entrada de un cable:

$$PCAB \text{ [kW]} = POUT \text{ [kW]} + RL I^2 \text{ [A}^2\text{]} 10^{-3}$$

$$QCAB \text{ [kVAR]} = QOUT \text{ [kVAR]} + XL I^2 \text{ [A}^2\text{]} 10^{-3}$$

PCAB	:	potencia activa a la entrada del cable [kW]
POUT	:	potencia activa a la salida del cable [kW]
QCAB	:	potencia reactiva a la entrada del cable [kVAR]
QOUT	:	potencia reactiva a la salida del cable [kVAR]
I	:	corriente por el cable [A]

La corriente por el cable se puede expresar mediante:

$$I \text{ [A]} = \frac{1000}{VOUT} \sqrt{POUT^2 + QOUT^2}$$

#### Efecto de la sección de un conductor en la regulación de voltaje

Con las ecuaciones anteriores es posible calcular las caídas de tensión en cables y verificar el cumplimiento de los reglamentos y normas. La figura muestra un ejemplo en el que, si bien se emplean conductores que soportan la corriente demandada por el sistema, la regulación de voltaje no resulta ajustada a lo que indican las normas. Por el contrario, en la figura 17, en el mismo sistema se han empleado conductores de una sección mayor, que garantizan el funcionamiento de los equipos desde el punto de vista de la regulación de voltaje.

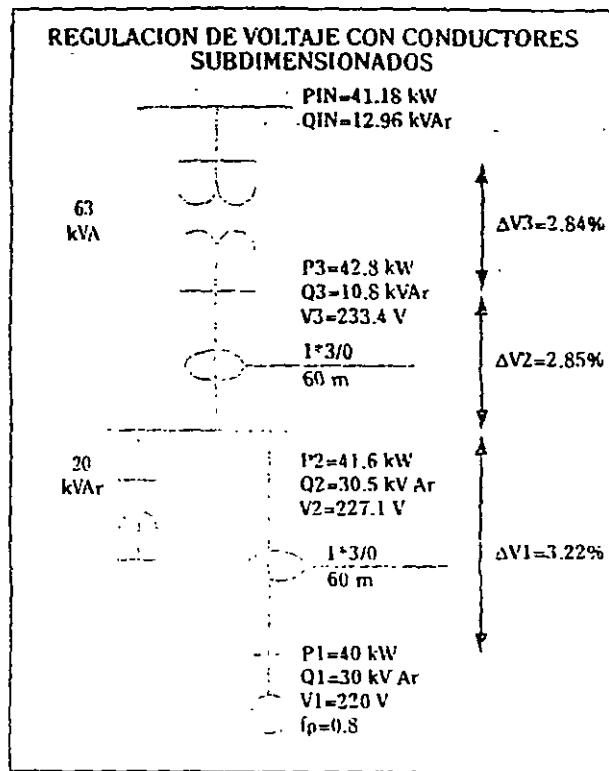


Figura 17

*Regulación de voltaje con conductores subdimensionados.*

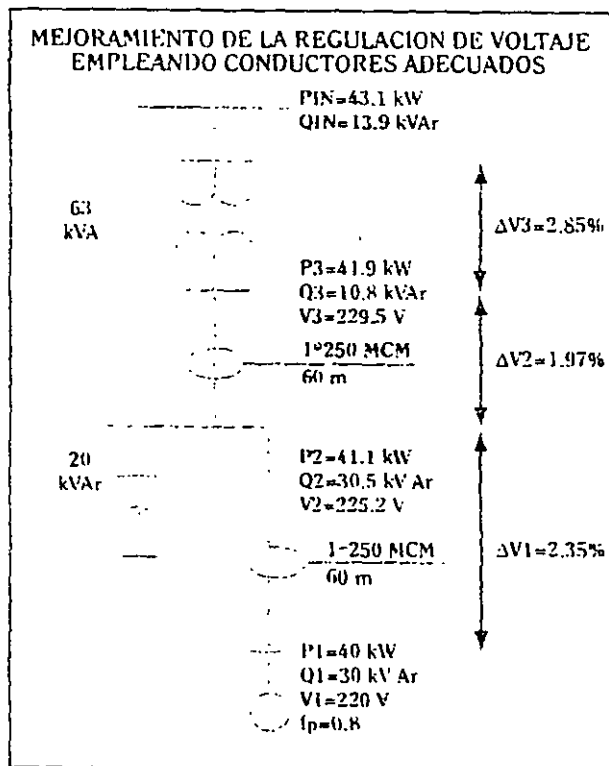


Figura 18

*Mejoramiento de la regulación de voltaje empleando conductores adecuados.*





Memoria de Cálculo (Figura 17)

PROCOPRE MEXICO  $P2 = P1 + 2 \cdot RL \frac{(P1^2 + Q1^2) 1000}{V1^2} = 40 + 2 \cdot 0.2647 \cdot 60 \cdot 10^{-3} \frac{(40^2 + 30^2) 1000}{220^2} = 41 \text{ W}$

$$Q2 = Q1 + 2 \cdot XL \frac{(P1^2 + Q1^2) 1000}{V1^2} = 30 + 2 \cdot 0.08 \cdot 60 \cdot 10^{-3} \frac{(40^2 + 30^2) 1000}{220^2} = 30.5 \text{ kVAr}$$

$$\Delta V1 = 2 RL \frac{P1 \cdot 1000}{V1 \cdot VNOM} \cdot 100 + 2XL \frac{Q1 \cdot 1000}{V1 \cdot VNOM} \cdot 100 = 3.22\%$$

$$V2 = V1 + \Delta V1 \cdot VNOM / 100 = 227.1 \text{ V}$$

$$Q2C = Q2 - QCAP = 30.5 - 20 = 10.5 \text{ kVAr}$$

$$P3 = P2 + 2RL \frac{(P2^2 + Q2C^2) 1000}{V2^2} = 42.8 \text{ kW}$$

$$Q3 = Q2C + 2XL \frac{(P2^2 + Q2C^2) 1000}{V2^2} = 10.8 \text{ kVAr}$$

$$\Delta V2 = 2RL \frac{P2 \cdot 1000}{V2 \cdot VNOM} \cdot 100 + 2XL \frac{Q2C \cdot 1000}{V2 \cdot VNOM} \cdot 100 = 2.85\%$$

$$V3 = V2 + \Delta V2 \cdot VNOM / 100 = 233.4 \text{ V}$$

$$\Delta V3 = \frac{PERCAR}{PNOM} \frac{P3}{V3/VNOM} + \frac{REACT}{PNOM} \frac{Q3}{V3/VNOM}$$

$$\Delta V3 = \frac{3.175}{63} \frac{42.0}{233.4/220} + \frac{5}{63} \frac{10.8}{233.4/220} = 2.84\%$$

$$P4 = P3 + \frac{PERCAR}{100} \frac{P3^2 + Q3^2}{PNOM} \frac{VNOM^2}{V3^2} + \frac{PERVAC}{100} \left[ \frac{V3}{VNOM} + \frac{\Delta V3}{100} \right]^2 \cdot PNOM \cdot 1000 = 44.0 \text{ kW}$$

$$Q4 = Q3 + \frac{IVAC}{100} \left[ \frac{V3}{VNOM} + \frac{\Delta V3}{100} \right]^2 \cdot PNOM \cdot 1000 + \frac{REACT}{100} \left[ \frac{VNOM}{V3} \right]^2 \frac{P3^2 + Q3^2}{PNOM \cdot 1000} = 14.0 \text{ kVAr}$$



PROCOBRE  
MEXICO

## Regulación de voltaje en sistemas trifásicos

Es evidente que lo explicado anteriormente se aplica directamente a sistemas trifásicos. Es necesario poner atención en tres aspectos:

- Las ecuaciones se deben aplicar considerando la potencia por fase (es decir  $1/3$  de la potencia total manciada por el sistema).
- Los voltajes deben ser fase neutro (y no entrefases).
- Se debe asumir una caída de voltaje en el neutro.

La figura 19 muestra los resultados al alimentar el mismo esquema anterior en forma trifásica. Se ha supuesto la caída en el conductor de neutro. Si bien los conductores soportan la corriente, la regulación de voltaje no resulta aceptable, y por tanto, se procede a incrementar la sección de los conductores.

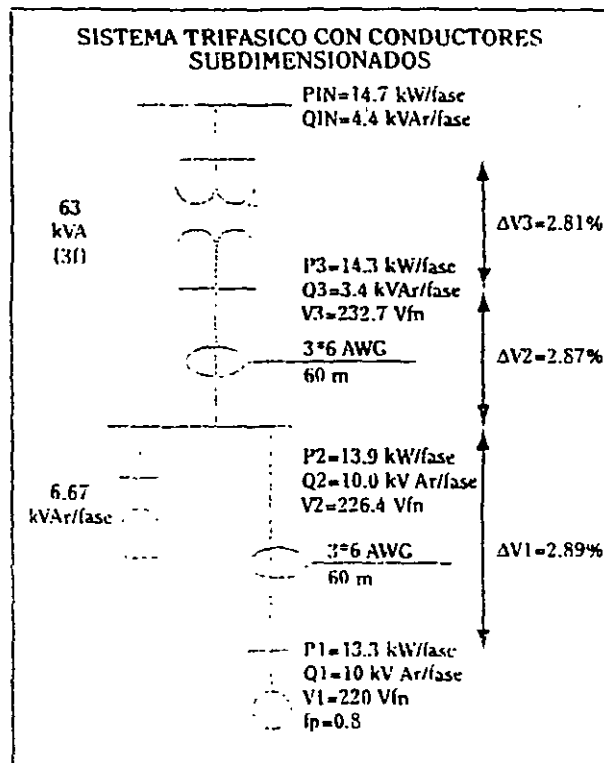


Figura 19

*Sistema trifásico con conductores subdimensionados.*



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

**INSTALACIONES  
ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS**

ELEMENTOS PRINCIPALES CONSTITUTIVOS  
DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Del 01 al 29 de Octubre de 2004

***ANEXOS***

CI-158

Instructor: Ing. Justo Gutiérrez Moyado  
BBVA-Bancomer  
OCTUBRE 2004

Requisitos Generales para Inspecciones Eléctricas				
✓	No.	Actividad de Inspección	Referencia NOM-001-SEDE-1999	Comentarios
	1	Verificación de tensiones empleadas (120V/240V, 220V/127.5V, 480V/277V, 480 V como valores preferentes.	110-4	
	2	Verificar que los productos o equipos eléctricos utilizados en las instalaciones deben usarse o instalarse de acuerdo a las instalaciones incluidas en la etiqueta instructivo o marcado.	110-3	
	3	Los conductores utilizados en las instalaciones serán de cobre a no ser que se especifique otra cosa.	110-5	
	4	Verificar que las capacidades nominales de interrupción sean adecuadas para las condiciones de operación.	110-9	VER ANEXO No.-1
	5	No deben instalar conductores o equipos en locales húmedos o mojados, expuestos a gases o vapores o temperaturas excesivas.	110-11	
	6	Verificar que las aberturas no utilizadas en cajas, canaletas, gabinetes o canalizaciones se deben cerrar efectivamente.	110-12(a)	
	7	Revisar que el equipo eléctrico debe estar sujeto firmemente a la superficie sobre la que se monte. No usar taquetes de madera en ladrillo, concreto yeso o materiales similares.	110-13	VER ANEXO No.-2
	8	Revisar las conexiones eléctricas ya que deben usarse conectores o uniones a presión y terminales soldables apropiadas para el material del conductor. No deben unirse terminales y conductores distintos como cobre y aluminio.	110-14(a) y (b)	VER ANEXO No.-3
	9	Revisar la temperatura nominal de las terminales	110-14(c)	VER ANEXO No.-4
	10	Verificar espacios de trabajo alrededor del equipo eléctrico (de 600V nominales o menos.)	110-16 (a) (b) (e)	VER ANEXO No.-5
	11	Revisar la identificación de los medios de desconexión y panales de distribución.	110-22, 384-13	

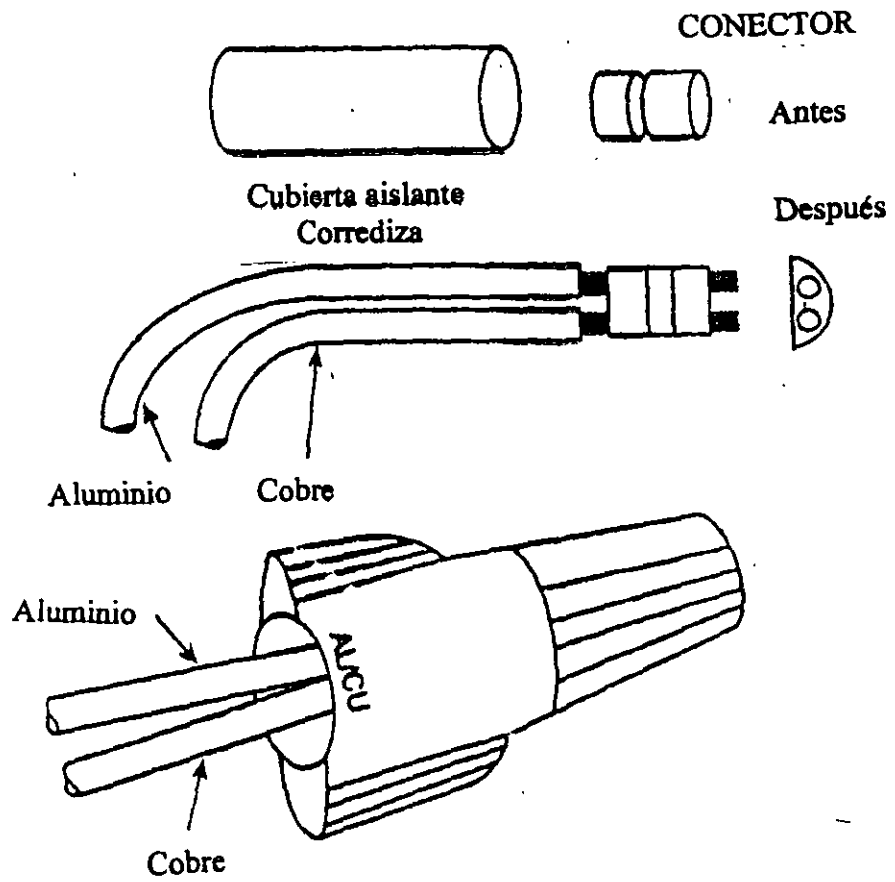
**Tabla 346-12. Soportes para tubo (conduit) metálico tipo pesado**

Tamaño nominal (mm)	Distancia máxima entre soportes en metros
16 - 21	3,9
27	3,7
35 - 41	4,3
53 - 63	4,9
78 y mayores	6,1

**Tabla 347-8. Soportes de tubo (conduit) rígido no-metálico tipo pesado o ligero**

Tamaño nominal (mm) (in)	Separación máxima entre soportes en metros
16(1/2)	1,0
21(3/4)	1,0
27(1)	1,0
35(1-1/4)	1,5
41(1-1/2)	1,5
53(2)	1,5
63(2-1/2)	1,8
78(3)	1,8
91(3-1/2)	2,1
103(4)	2,1
129(5)	2,1
155(6)	2,4

# ANEXO No.- 3

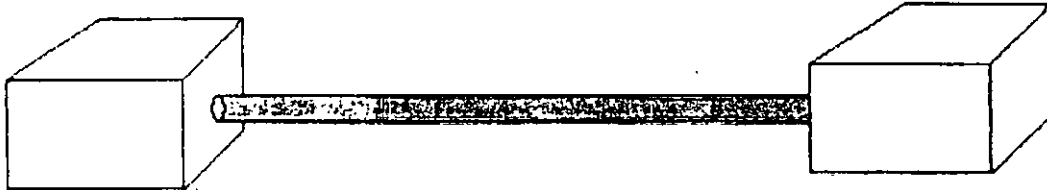


Capuchón para conductores Cu / Al

# LIMITACIONES POR TEMPERATURA

TERMINAL DE 60 °C

TERMINAL DE 60 °C



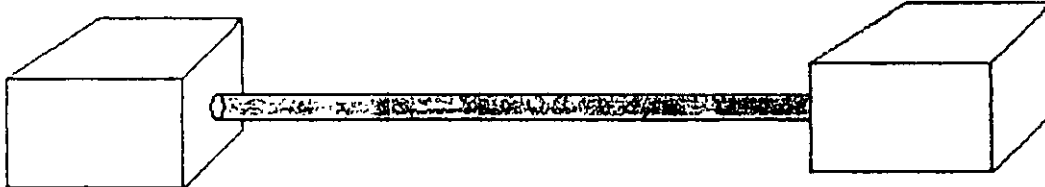
COLUMNA DE 60°C  
55 A MAX

CALIBRE DE CU. No.- 6 AWG  
TIPO THW- 75°C  
NOM-001 TABLA 310-16  
CAPACIDAD DE CONDUCCION 55A

COLUMNA DE 75°C  
65 MAX

TERMINAL DE 75 °C

TERMINAL DE 75 °C



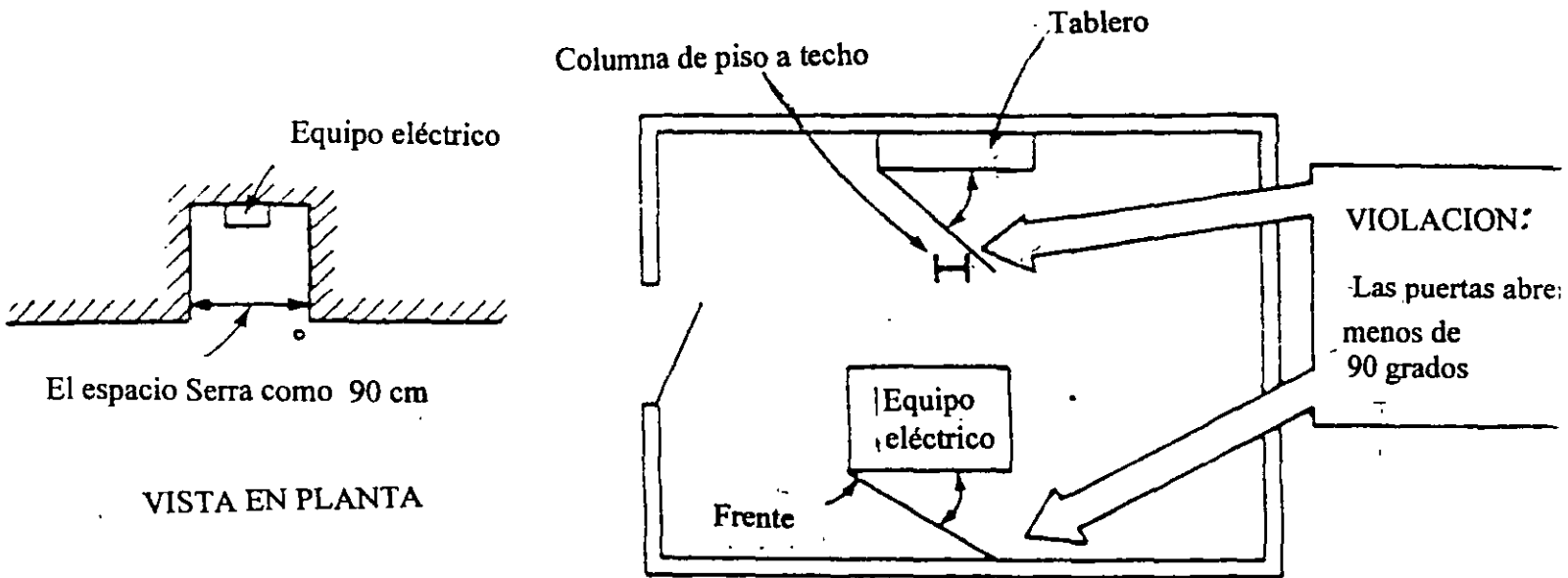
COLUMNA DE 60°C  
145 A

CALIBRE DE CU. No.- 2/0 AWG  
TIPO THW- 75°C  
NOM-001 TABLA 310-16  
CAPACIDAD DE CONDUCCION  
CUALQUIERA DE LOS DOS CASOS.

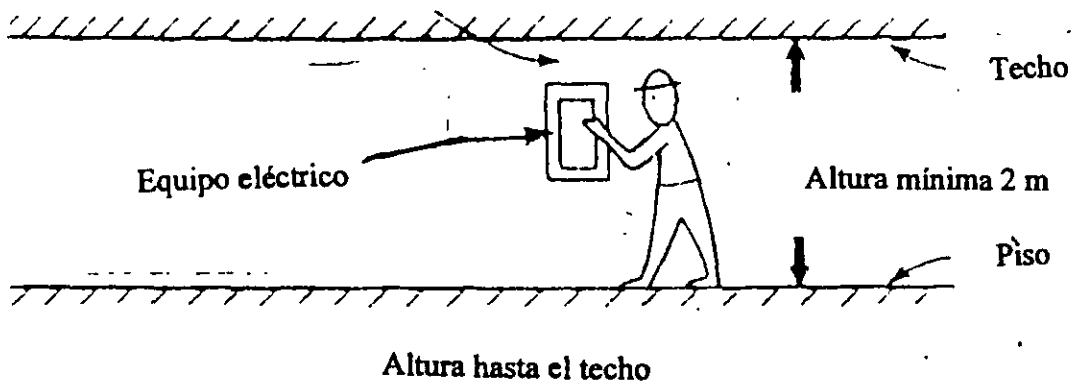
COLUMNA DE 75°C  
175 MAX

NOTA.- ANEXO N.- 4

ANEXO N.-5



Espacio requerido en frente de un equipo eléctrico.





Las tablas 310-16 a 310-19 son tablas de aplicación para usarse en la selección del tamaño nominal de los conductores con las cargas calculadas de acuerdo con el artículo 220. La capacidad de conducción de corriente permanentemente admisible es el resultado de tener en cuenta uno o más de los siguientes factores:

1. La compatibilidad en temperatura con equipo conectado, sobre todo en los puntos de conexión.
2. La coordinación con los dispositivos de protección contra sobrecorriente del circuito y de la instalación.
3. El cumplimiento de los requisitos del producto de acuerdo con su norma específica correspondiente. A este respecto véase 110-3.
4. El cumplimiento de las normas de seguridad establecidas por las prácticas industriales y procedimientos normalizados.

b) Supervisión por personas calificadas. Con la supervisión de personas calificadas se permite calcular la capacidad de conducción de corriente de los conductores mediante la siguiente fórmula general:

Ecuación:

$$I = \sqrt{\frac{TC - (TA + \Delta TD)}{RCD (1 + YC) RCA}}$$

donde:

TC = Temperatura del conductor en °C.

TA = Temperatura ambiente en °C.

$\Delta TD$  = Incremento de la temperatura por pérdidas del dieléctrico.

RCD = Resistencia de c.c. del conductor a la temperatura TC.

YC = Componente de resistencia de c.a. debida a los efectos superficial y de proximidad.

RCA = Resistencia térmica efectiva entre el conductor y el ambiente que lo rodea.

c) Selección de la capacidad de conducción de corriente. Cuando se calculan diferentes capacidades de conducción de corrientes que se pudieran aplicar para un circuito de longitud dada, se debe tomar la de menor valor. *Excepción:* Cuando se aplican dos valores de capacidad de conducción de corriente a partes adyacentes de un circuito, se permite utilizar la de mayor capacidad más allá del punto de transición, a la distancia de 3 m o 10% de la longitud del circuito, la distancia que sea menor.

NOTA: Para los límites de temperatura de los conductores según su conexión a los puntos terminales, véase 110-14(c).

d) Ductos eléctricos. Como se usa en el artículo 310, se entiende por ductos eléctricos cualquiera de los sistemas de tubo (conduit) reconocidos en el capítulo 3 como adecuados para uso subterráneo; y otras canalizaciones de sección transversal circular aprobadas y listadas para uso subterráneo, ya sea enterradas directamente o embebidas en concreto.

Tabla 310-16. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados para 0 a 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C. No más de tres conductores activos en una canalización, cable o directamente enterrados, para una temperatura ambiente de 30 °C

Tamaño nominal mm <sup>2</sup>	Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)						Tamaño nominal AWGkcmil
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
	TIPOS TW*, TWD*, CCE TWD-UV	TIPOS RHW*, THW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*, TT	TIPOS RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THHW-LS, THW-2*, XHHW*, XHHW-2,	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*, BM-AL	TIPOS RHW-2, XHHW, XHHW-2, DRS	
	Cobre			Aluminio			
0,8235	—	—	14	—	—	—	18
1,307	—	—	18	—	—	—	16
2,082	20*	20*	25*	—	—	—	14
3,307	25*	25*	30*	—	—	—	12
5,26	30	35*	40*	—	—	—	10
8,367	40	50	55	—	—	—	8
13,3	55	65	75	40	50	60	6
21,15	70	85	95	55	65	75	4
26,67	85	100	110	65	75	85	3

	Cobre			Aluminio			
33,62	95	115	130	75	90	100	2
42,41	110	130	150	85	100	115	1
53,48	125	150	170	100	120	135	1/0
67,43	145	175	195	115	135	150	2/0
85,01	165	200	225	130	155	175	3/0
107,2	195	230	260	150	180	205	4/0
126,67	215	255	290	170	205	230	250
152,01	240	285	320	190	230	255	300
177,34	260	310	350	210	250	280	350
202,68	280	335	380	225	270	305	400
253,35	320	380	430	260	310	350	500
304,02	355	420	475	285	340	385	600
354,69	385	460	520	310	375	420	700
380,03	400	475	535	320	385	435	750
405,37	410	490	555	330	395	450	800
456,04	435	520	585	355	425	480	900
506,71	455	545	615	375	445	500	1000
633,39	495	590	665	405	485	545	1250
760,07	520	625	705	435	520	585	1500
886,74	545	650	735	455	545	615	1750
1013,42	560	665	750	470	560	630	2000

#### FACTORES DE CORRECCIÓN

Temperatura ambiente en °C	Para temperaturas ambientes distintas de 30 °C, multiplicar la anterior capacidad de conducción de corriente por el correspondiente factor de los siguientes						Temperatura ambiente en °C
21-25	1,08	1,05	1,04	1,08	1,05	1,04	21-25
26-30	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	26-30
31-35	0,91	0,94	0,96	0,91	0,94	0,96	31-35
36-40	0,82	0,88	0,91	0,82	0,88	0,91	36-40
41-45	0,71	0,82	0,87	0,71	0,82	0,87	41-45
46-50	0,58	0,75	0,82	0,58	0,75	0,82	46-50
51-55	0,41	0,67	0,76	0,41	0,67	0,76	51-55
56-60	....	0,58	0,71	....	0,58	0,71	56-60
61-70	....	0,33	0,58	....	0,33	0,58	61-70
71-80	....	....	0,41	....	....	0,41	71-80

\*A menos que se permita otra cosa específicamente en otro lugar de esta NOM, la protección contra sobrecorriente de los conductores marcados con un asterisco (\*), no debe superar 15 A para 2,082 mm<sup>2</sup>(14 AWG); 20 A para 3,307 mm<sup>2</sup> (12 AWG) y 30 A para 5,28 mm<sup>2</sup> (10 AWG), todos de cobre.

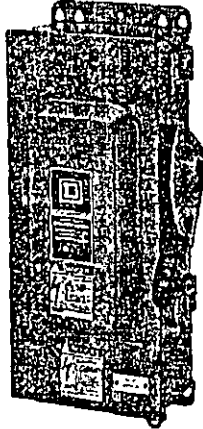
Tabla 310-17. Capacidad de conducción de corriente (A) permisible de conductores aislados individualmente de 0 a 2000 V no niales, al aire para una temperatura del aire ambiente de 30 °C

Tamaño nominal	Temperatura nominal del conductor (véase Tabla 310-13)						Tamaño nominal
	60 °C	75 °C	90 °C	60 °C	75 °C	90 °C	
mm <sup>2</sup>	TIPOS TW*	TIPOS RHW*, THHW*, THW*, THW-LS, THWN*, XHHW*	TIPOS RHH*, RHW-2, THHN*, THHW*, THW-2*, THW-LS, THWN-2*, XHHW*, XHHW-2	TIPOS UF*	TIPOS RHW*, XHHW*	TIPOS RHH*, RHW-2, USE-2, TIPOS XHH, XHHW, XHHW-2	AWGkcmil
	Cobre			Aluminio			
0,8235	....	—	18	....	....	....	18
1,307	....	—	24	....	....	....	16
2,082	25*	30*	35*	....	....	....	14
3,307	30*	35*	40*	—	—	—	12
5,26	40	50*	55*	—	—	—	10
8,367	60	70	80	—	—	—	8
13,3	80	95	105	60	75	80	6
21,15	105	125	140	80	100	110	4
26,67	120	115	165	95	115	130	3
33,62	140	170	190	110	135	150	2
42,41	165	195	220	130	155	175	1
53,48	195	230	260	150	180	205	1/0
67,43	225	265	300	175	210	235	2/0
85,01	260	310	350	200	240	275	3/0
107,2	300	360	405	235	280	315	4/0
126,67	340	405	455	265	315	355	250
152,01	375	445	505	290	350	395	300
177,34	420	505	570	330	395	445	350
202,68	455	545	615	355	425	480	400
253,35	515	620	700	405	485	545	500
304,02	575	690	780	455	540	615	600
354,69	630	755	855	500	595	675	700
380,03	655	785	855	515	620	700	750
405,37	680	812	920	535	645	725	800
456,04	730	870	985	580	700	785	900
506,71	780	935	1055	625	750	845	1000
633,39	890	1065	1200	710	855	960	1250
760,07	980	1175	1325	795	950	1075	1500
886,74	1070	1280	1445	875	1050	1185	1750
1013,42	1155	1385	1560	960	1150	1335	2000

# Interruptores de seguridad

Servicio pesado  
Tablas de selección

## Clase 3110

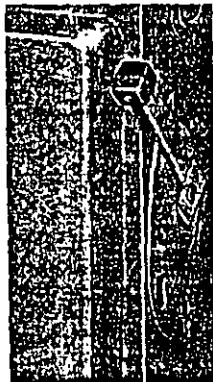


### Servicio pesado

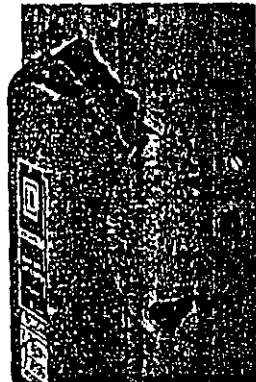
Sistema	Amp. (A)	NEMA Tipo 1 interior	NEMA Tipo 3R a prueba de lluvia	NEMA Tipo 12 k con discos removibles	NEMA Tipo 12, 3R sin discos
		No. catálogo	No. catálogo	No. catálogo	No. catálogo
<b>3 polos - 240 V~ con porta fusibles</b>					
	30	H321N	H321NRB	H321A	H321AWK
	60	H322N	H322NRB	H322A	H322AWK
	100	H323N	H323NRB	H323A	H323AWK
	200	H324N	H324NRB	H324A	H324AWK
	400	H325	H325R	—	H325AWK
	600	H326	H326R	—	H326AWK
	800	H327	H327R	—	—
<b>3 polos - 600 V~ con porta fusibles</b>					
	30	H361	H361RB	H361DS	H361A
	60	H362	H362RB	H362DS	H362A
	100	H363	H363RB	H363DS	H363A
	200	H364	H364RB	H364DS	H364A
	400	H365	H365R	H365DS	H365AWK
	600	H366	H366R	H366DS	H366AWK
	800	H367	H367R	—	—
1200	H368	H368R	—	—	

### Capacidad Interruptiva

Fusible Clase	Amperes sim (A)
H	10 000
R	200 000
J	
L	



Series E



Series F

### Fusibles Clase J

La instalación de fusibles Clase J es posible en 30 - 40 A, 600 V~ y 100 - 400 A, 240 V~, en interruptores de servicio pesado, la conversión requiere ajustar la base de carga (prevista para fusibles Clase H) a una posición alternativa indicada en el gabinete.

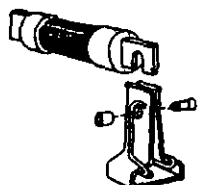
Interruptores de 600 A, 240 V~ ó 600 V~ requieren un adaptador Cat. H600J (1 accesorio para 3 polos).

Interruptores de 800 A y 1200 A usan fusibles Clase L

(atornillable) para sistemas hasta 200 000 A sim a 600 V~ máximo.

### Fusibles Clase R

Los interruptores de 30 - 600 A servicio pesado pueden utilizar fusibles Clase R como estándar para 200 000 A sim. Ver accesorios para fusibles Clase R pág. 5/7 para el accesorio.



# Interrupedores industriales en caja moldeada

Interrupedores automátics

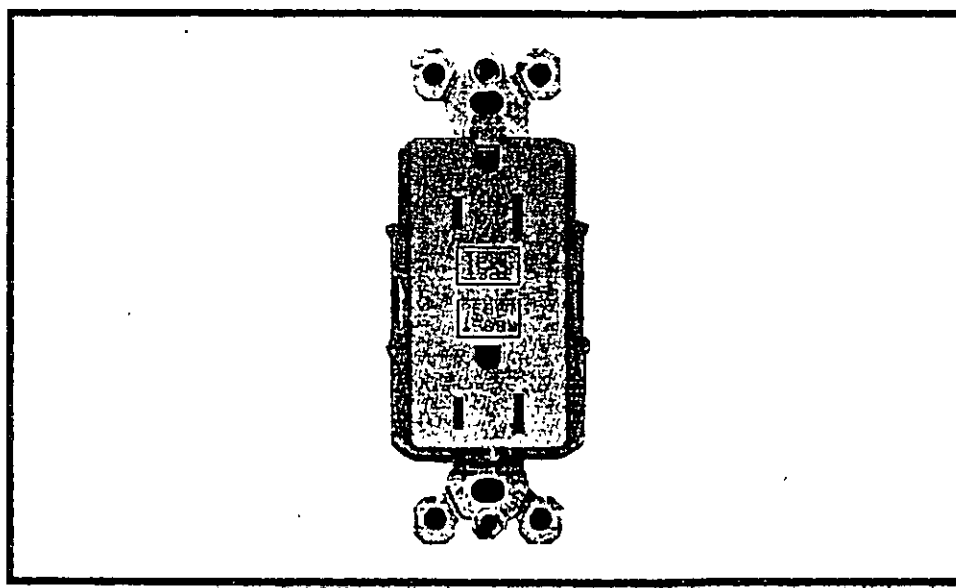
Información general

Clase 600

## Interrupedores Industriales

Prefijo		Polos	Amperes (A)	Capacidad interruptiva nominal A sin						Volts m	
Unitario	I-LINE			Volts ~ 50/60 Hz						250	500
				120	240	480Y/277	480	600	125		
	FY	1	15 - 30	18 k	14 k	14 k	—	—	—	—	—
FAL 240 V	FA 240 V	1	15 - 100	10 k	—	—	—	—	—	6 k	—
		2	15 - 100	10 k	10 k	—	—	—	—	6 k	6 k
		3	15 - 100	10 k	10 k	—	—	—	—	6 k	6 k
FAL 480 V	FA 480 V	1	15 - 100	25 k	18 k	18 k	—	—	—	10 k	—
		2	15 - 100	25 k	25 k	18 k	—	—	—	10 k	10 k
		3	15 - 100	25 k	25 k	18 k	18 k	—	—	10 k	10 k
FAL 600 V	FA	2	15 - 100	25 k	25 k	18 k	18 k	14 k	10 k	10 k	—
	600 V	3	15 - 100	25 k	25 k	18 k	18 k	14 k	10 k	10 k	—
FHL		1	15 - 30	65 k	65 k	65 k	—	—	—	10 k	—
		1	35 - 100	65 k	25 k	25 k	—	—	—	10 k	—
		2,3	15 - 100	65 k	65 k	25 k	25 k	18 k	10 k	10 k	—
KAL	KA	2,3	70 - 250	42 k	42 k	25 k	25 k	22 k	10 k	10 k	—
KHL	KH	2,3	70 - 250	65 k	65 k	35 k	35 k	25 k	10 k	10 k	—
LAL	LA	2,3	125 - 400	42 k	42 k	30 k	30 k	22 k	10 k	10 k	—
LHL	LH	2,3	125 - 400	65 k	65 k	35 k	35 k	25 k	—	—	—
MAL	—	2,3	300 - 1000	42 k	42 k	30 k	30 k	22 k	14 k	14 k	—
	MA	2,3	300 - 800	42 k	42 k	30 k	30 k	22 k	14 k	14 k	—
MHL	—	2,3	300 - 1000	65 k	65 k	65 k	65 k	25 k	14 k	14 k	—
	MH	2,3	300 - 800	65 k	65 k	65 k	65 k	25 k	14 k	14 k	—
NAL	NA	2,3	600 - 1200	100 k	100 k	60 k	50 k	25 k	—	—	—
NCL	NC	2,3	600 - 1200	125 k	125 k	100 k	100 k	65 k	—	—	—
PFA	—	2,3	600 - 2000	65 k	65 k	50 k	50 k	42 k	—	—	—
PHF	—	2,3	600 - 2000	125 k	125 k	100 k	100 k	65 k	—	—	—

TOMA CORRIENTE DUPLEX DE 15 AMP.  
CON PROTECCION DE FALLA A TIERRA  
( GFCI )



**ALIMENTADORES**

NO -	ACTIVIDAD DE LA INSPECCIÓN	REF. NOM-001 -SEDE-1999	COMENTARIOS
1	Revisar la capacidad de conducción de corriente de los alimentadores generales.	220-10 (a)	ANEXO 1
2	Revisar la conveniencia de los métodos de alambrado.	310	
3	Verificar las dimensiones del dispositivo de sobrecorriente y del conductor del alimentador para cargas continuas y no continuas.	220-10(b)	
4	Verificar que los alimentadores derivados de transformadores estén protegidos aproximadamente por dispositivos de sobrecorriente.	240-21 (d)	ANEXO 2
5	Revisar la protección contra sobrecorriente, la puesta a tierra, las cubiertas apropiadas y el número de dispositivos de sobrecorriente de los tableros de distribución que alimentan o son abastecidos por alimentadores.	384-14 (a) 384-16	ANEXO 3

**Requisitos Generales para Inspecciones Eléctricas**

✓	No.	Actividad de Inspección	Referencia NOM-001-SEDE-1999	Comentarios
	1	Verificación de tensiones empleadas (120V/240V, 220V/127.5V, 480V/277V, 480 V como valores preferentes.	110-4	
	2	Verificar que los productos o equipos eléctricos utilizados en las instalaciones deben usarse o instalarse de acuerdo a las instalaciones incluidas en la etiqueta instructivo o marcado.	110-3	
	3	Los conductores utilizados en las instalaciones serán de cobre a no ser que se especifique otra cosa.	110-5	
	4	Verificar que las capacidades nominales de interrupción sean adecuadas para las condiciones de operación.	110-9	
	5	No deben instalar conductores o equipos en locales húmedos o mojados, expuestos a gases o vapores o temperaturas excesivas.	110-11	
	6	Verificar que las aberturas no utilizadas en cajas, canaletas, gabinetes o canalizaciones se deben cerrar efectivamente.	110-12(a)	
	7	Revisar que el equipo eléctrico debe estar sujeto firmemente a la superficie sobre la que se monte. No buscar táquetes de madera en ladrillo, concreto yeso o materiales similares.	110-13	



**MÉTODOS DE ALAMBRADO  
MATERIALES, Cajas Y RECEPTACULOS**

NO -	ACTIVIDAD DE LA INSPECCION	REF. NOM-001 -SEDE-1999	COMENTARIOS														
1	Verificar que los receptáculos de cuarto de baño y azoteas tengan protección de corriente de falla a tierra.	210-8 (a) (b)	ANEXO 4														
2	<p>Capacidad de conducción de corriente admisible de receptáculos en circuitos de diversa capacidad.</p> <p><b>CONDUCTORES</b> Conductores del mismo circuito. El conductor puesta a tierra y todos los conductores de puesta a tierra del equipo, así como los conductores del mismo circuito, deben instalarse dentro de la misma canalización, charola, zanga, cable o cordón.</p> <p><b>CONDUCTORES DE SISTEMAS DIFERENTES.</b> <u>Tensión eléctrica hasta 600 V.</u> Los conductores tanto de C.A. como de C.C. pueden ocupar la misma canalización o envolvente. Todos los conductores deben tener aislamiento para la tensión eléctrica máxima nominal dentro de la canalización. <u>Tensión eléctrica nominal mayor a 600 V.</u> Los conductores de tensiones mayores a 600 V no deben ocupar la misma canalización o envolvente de conductores con tensiones iguales o menores a 600 V.</p> <p>Longitud adicional de conductores en cajas de empalme, salidas y punto de cambio. 300-14 En cada caja debe dejarse al menos 15 cm de longitud en los conductores para hacer la unión o conexión de equipos o dispositivos.</p> <p>Soporte de los conductores en canalizaciones verticales. 300-19 Los conductores en este caso deben tener una forma de soporte si la altura excede los valores mostrados a continuación.</p> <table border="0" data-bbox="217 1444 935 1780"> <tr> <td>CONDUCTOR</td> <td>DISTANCIA MAXIMA DE SOPORTE (m)</td> </tr> <tr> <td>CALIBRE</td> <td>CONDUCTOR DE COBRE</td> </tr> <tr> <td>18 AL 8</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>6 AL 1/0</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>2/0 AL 4/0</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>MAYOR DE 4/0 AL 350</td> <td>20</td> </tr> <tr> <td>MAYOR DE 350 AL 500</td> <td>15</td> </tr> </table> <p><b>PROPAGACION DE FUEGO O DE PRODUCTOS DE COMBUSTION.</b> 300-21 Las aberturas alrededor de los elementos eléctricos que pasan a través de paredes resistentes al fuego, tabiques, pisos o techos, deben protegerse contra el fuego por métodos adecuados para aislados.</p>	CONDUCTOR	DISTANCIA MAXIMA DE SOPORTE (m)	CALIBRE	CONDUCTOR DE COBRE	18 AL 8	30	6 AL 1/0	30	2/0 AL 4/0	25	MAYOR DE 4/0 AL 350	20	MAYOR DE 350 AL 500	15	<p>Tabla 210-21 (b) (3) 300-3 (b)</p> <p>(c) (1)</p> <p>(2)</p>	ANEXO 5
CONDUCTOR	DISTANCIA MAXIMA DE SOPORTE (m)																
CALIBRE	CONDUCTOR DE COBRE																
18 AL 8	30																
6 AL 1/0	30																
2/0 AL 4/0	25																
MAYOR DE 4/0 AL 350	20																
MAYOR DE 350 AL 500	15																

### EQUIPO DE ACOMETIDA - MEDIOS DE DESCONECION

NO -	ACTIVIDAD DE LA INSPECCION	REF. NOM-001 -SEDE-1999	COMENTARIOS
1	En cualquier inmueble o estructura deberá proveerse un medio para desconectar todos los conductores energizados a partir de los conductores de entrada; pueden estar dentro o fuera del edificio a una distancia no mayor a 5m del equipo de medición. No debe instalarse en los cuartos de baño. Debe estar marcado permanentemente para su identificación. Debe ser adecuado para las condiciones del lugar	230-70 a) b) c)	
2	La operación de los medios de desconexión de los conductores de corriente de la acometida pueden ser de accionamiento manual o automático, este ultimo debe ir equipado de forma que se pueda abrir en caso de falla del suministro de energía.	230-76 1) 2)	
3	<u>Capacidad del equipo de desconexión.</u> el medio de desconexión de la acometida debe tener una capacidad no menor a la carga por servir. En ningún caso ese valor debe ser menor al especificado en lo siguiente. Para instalaciones que alimenten a cargas limitadas a un solo circuito derivado el medio de desconexión no será menor a 15 A. Para instalaciones que consistan en no mas de 2 circuitos derivados de 2 conductores, el medio de desconexión de acometida no será menor a 30 A. En viviendas unifamiliares el medio de desconexión de la acometida debe tener una capacidad no menor 100 A para sistemas en tres conductores. Todos los demás casos.- El medio de desconexión de la acometida debe tener una capacidad no menor a 60 A.	230-79  ( a )  ( b )  ( c )  ( d )	
4	<u>Los equipos conectados del lado de la acometida.</u> - no deberá conectarse ningún equipo del lado del suministro de los medios de desconexión de la acometida. En derivaciones que se utilizan únicamente para alimentar a dispositivos de control de carga circuitos de sistemas de urgencia, sistema de potencia de reserva, equipos de bombas contra incendio, alarmas contra incendio y de rociadores automáticos.	Excel 5	
5	<u>Requisitos de protección contra sobre corriente.</u> Un dispositivos de protección contra corto circuitos debe ser localizado en el lado de la carga o como parte integral del desconectador de la acometida y deberá proteger a todos los conductores de fase se considera que un fusible de capacidad nominal continua que no supere, el triple de la capacidad de conducción de corriente del conductor o un interruptor automático con un valor de disparo que no supere en 6 veces la capacidad de conducción de corriente de los conductores ofrece protección adecuada contra corto circuitos.	230-208	



FACULTAD DE INGENIERÍA UNAM  
DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA

CURSOS INSTITUCIONALES

INSTALACIONES  
ELÉCTRICAS EN EDIFICIOS

NOCIONES BÁSICAS  
DE ELECTRICIDAD

Del 01 al 29 de Octubre de 2004

*ANEXOS*

CI-158

Instructor: Ing. Justo Gutiérrez Moyado  
BBVA-Bancomer  
OCTUBRE 2004



PROCOBRE  
MEXICO

## NOCIONES BÁSICAS DE ELECTRICIDAD

### CORRIENTE

Corriente eléctrica: flujo de electrones capaz de producir un trabajo.

### VOLTAJE

El voltaje (tensión eléctrica): fuerza capaz de producir un flujo de electrones.

### RESISTENCIA

Oposición que presenta el circuito (o elemento) al flujo de la corriente eléctrica

LEY DE OHM  $I = V / R$

La corriente es directamente proporcional a la t...

CAIDA DE TENSIÓN  $E = I R$

Resultado de la resistencia y el flujo de la corriente en un circuito.

### POTENCIA

a.- Rapidez con que se realiza un trabajo

b.- Energía que consume un dispositivo eléctrico en la unidad de tiempo.

El propósito de los sistemas eléctricos es desarrollar potencia o producir trabajo.

$$P = \frac{\text{Trabajo}}{\text{tiempo}} = \frac{F d}{t} = \frac{F v t}{t} = F v \quad \text{Watts} \quad \dots (1)$$

Trabajo  $T = V q$  (Joule)

Además  $i = q / t$  (Ampere)

$$P = \frac{T}{t} = \frac{V q}{t} = V i \quad \text{Watts, de acuerdo a Ohm}$$

$$P = V I = I^2 R = V^2 / R \quad \text{Watts}$$

donde:

I = Corriente, intensidad de (Amperes)

V = Voltaje (volts)

R = Resistencia (Ohms)

E = caída de tensión (volts)

F = fuerza (Newtons)

D = distancia (metros)

t = tiempo (segundos)

T = trabajo (Joules)

v = velocidad ( m / s)

q = carga eléctrica (Coulomb)



PROCOBRE  
MEXICO

## EFFECTO JOULE

Cuando circula corriente eléctrica en un conductor, parte de la energía cinética de los electrones se transforma en calor elevando la temperatura del conductor.

$$Q = 0.24 I^2 R t \quad \text{Calorías}$$

## CORRIENTE ALTERNA (CA)

Las instalaciones eléctricas utilizan corriente alterna como fuente de energía. Sus valores más útiles para cálculos eléctricos son: el valor efectivo y el valor pico.

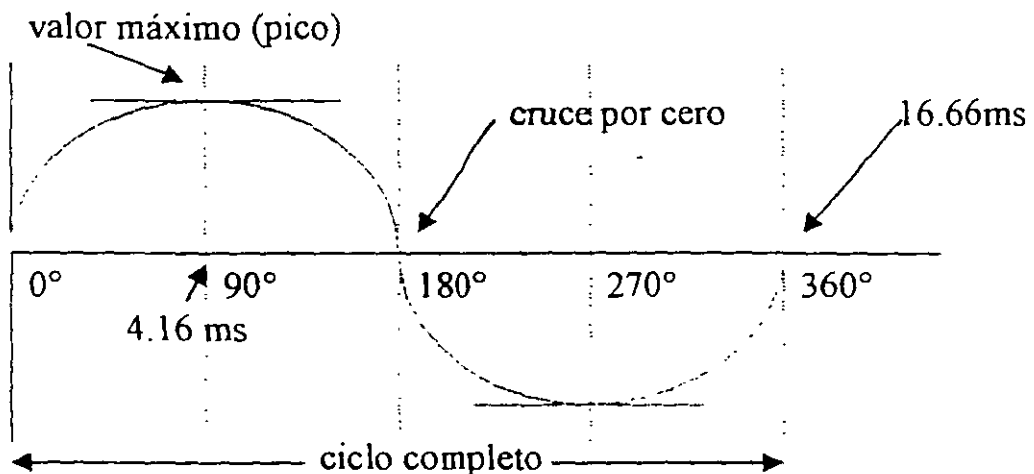
La CA se origina cuando el campo eléctrico cambia alternativamente de sentido, dos alternancias consecutivas constituyen un ciclo. Un ciclo completo tiene  $360^\circ$ .

El número de ciclos por segundo recibe el nombre de frecuencia.

Su valor eficaz se expresa:

$$E_e = 0.707 E_m$$

$$I_e = 0.707 I_m$$



Valores instantáneos de voltaje y corriente en cualquier punto del ciclo:

$$E_i = E_m \sin \theta = E_m \sin \omega t$$

$$I_i = I_m \sin \theta = I_m \sin \omega t$$

$E_e$  = tensión eficaz

$I_m$  = corriente máxima (pico) ?

$E_i$  = tensión instantánea

$\theta$  = desplazamiento en grados

$f$  = 60 Hz (en México)

$\pi$  = 3.141592

$E_m$  = tensión máxima (pico)

$I_e$  = corriente máxima (pico) ?

$I_i$  = corriente instantánea

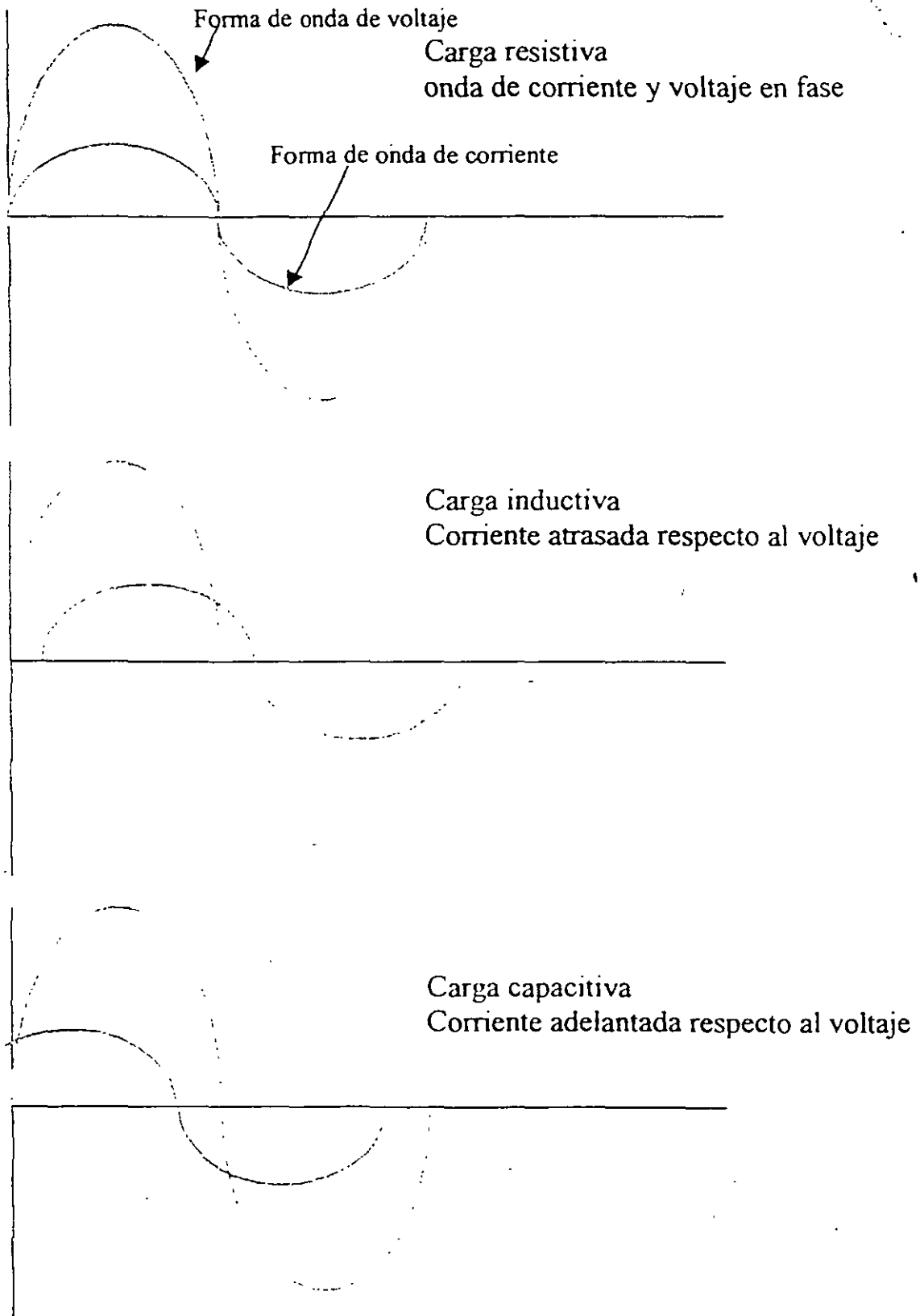
$\omega$  =  $2\pi f$

$t$  = desplazamiento en tiempo



PROCOBRE  
MEXICO

## RELACION VECTORIAL ENTRE VOLTAJE Y CORRIENTE





PROCOBRE  
MEXICO

### REACTANCIA INDUCTIVA

Según la Ley de Lenz, un inductor se opone a cambios en la corriente. La CA cambia constantemente el inductor se opone a esos cambios disminuyendo la corriente.

Su expresión matemática es:  $X_L = 2 \pi f L$

La corriente es  $I = V / X_L$

### REACTANCIA CAPACITIVA

La CA en un condensador provoca que sus placas se cargan y hacen que la corriente eléctrica disminuya, es decir se opone al flujo de la corriente.

Su expresión matemática es:

$$X_C = \frac{1}{2 \pi f C}$$

La corriente es:  $I = V / X_C$

Donde:

- $X_L$  = reactancia inductiva (Ohms)
- $f$  = frecuencia (Hertz)
- $L$  = inductancia (Henrios)
- $X_C$  = reactancia capacitiva (Ohms)
- $C$  = capacitancia (Farads)
- $\pi$  = 3.141592

### IMPEDANCIA

En los circuitos eléctricos no aparecen en forma aislada la resistencia, la inductancia y la capacitancia, sino que aparecen combinados de alguna manera.

Su expresión matemática es:  $Z = \sqrt{R^2 + X^2}$

Donde:  $X = X_L - X_C$  (para reactancias en serie)

La impedancia es, respecto a las corrientes alternas, lo que la resistencia es a las corrientes continuas. Es una resistencia aparente medida en Ohms.



PROCOBRE  
MEXICO

## FACTOR DE POTENCIA

En el caso de circuitos de corriente continua y circuitos de corriente alterna con carga puramente resistiva la potencia se calcula con la expresión:

$$P = V I$$

expresada en watts, la energía eléctrica se transforma en energía térmica. Se le conoce como potencia activa (P)

Para el caso general de la corriente alterna la potencia se calcula con la expresión:

$$P = V I \cos \theta$$

Si el circuito es puramente reactivo, la energía sólo se almacena. La energía pasa de la fuente al elemento reactivo en el primer cuarto de ciclo y regresa a la fuente en el siguiente. Se le conoce como potencia reactiva (Q)

Las instalaciones eléctricas tienen combinación de elementos resistivos inductivos y capacitivos, la potencia requerida tiene componentes tanto reactiva como activa, su suma vectorial se conoce como potencia aparente (S)

El factor de potencia es el cociente entre la potencia activa que aprovecha el circuito y la potencia aparente suministrada por la fuente de alimentación.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$
$$f.p. = \cos \theta = \frac{P}{S}$$

En la carga de una instalación predomina la carga inductiva, la corriente está atrasada en relación al voltaje f.p. atrasado

### Consecuencia de un factor de potencia bajo

La corriente que circula por las líneas de transmisión es mayor para una carga con un factor de potencia bajo que para otro cercano a la unidad.

**Pérdidas =  $R I^2$  El f.p. bajo provoca que se incrementen las pérdidas por efecto Joule, pues aumenta la corriente.**

### Deficiente regulación de voltaje

Considerando que una línea de transmisión tiene una impedancia Z, la caída de voltaje a lo largo de la línea será el producto de la impedancia por la corriente.

$$\Delta V = Z I = V_0 - V_f$$

donde:  $V_0$  = volts al principio de la línea  
 $V_f$  = volts que recibe el usuario





PROCOBRE  
MEXICO

La regulación de voltaje se define en %

$$\% \text{ de R} = \frac{V_0 - V_f}{V_f} \approx (100\%)$$

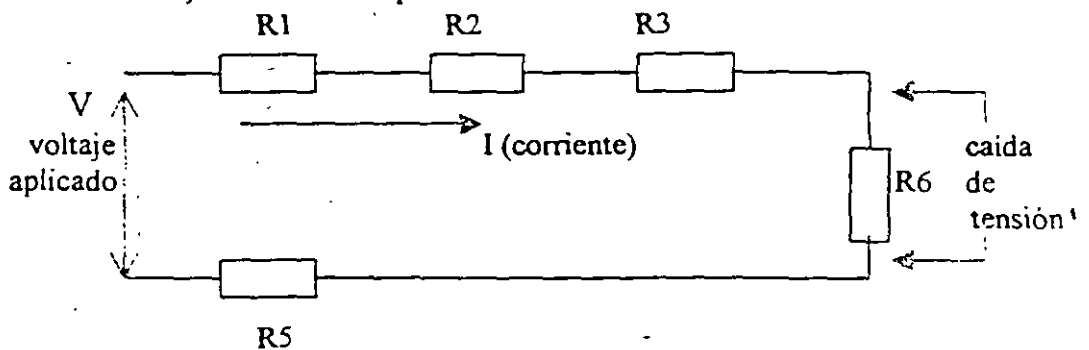
Inversión inicial alta es necesario tener una mayor sección de cobre para permitir la circulación de una corriente mayor.

Penalización por bajo factor de potencia, en México no deberá ser menor a 0.9

Necesidad de compensación del bajo f.p. con capacitores o motores síncronos.

### CONEXIÓN DE ELEMENTOS EN SERIE

Los diferentes elementos que forman parte de este circuito están conectados uno a continuación de otro, alimentados por una sola fuente eléctrica.



Características :

- a.- La corriente que circula por cada uno de los elementos es la misma
- b.- La caída de tensión en cada  $R$  depende de su propio valor:  $E_{R1} = I \cdot R_1$   
 $E_{R2} = I \cdot R_2$
- c.- La resistencia total del circuito (Resistencia equivalente) es la suma del valor de todas las resistencias.  
 $R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$
- d.- La corriente a través del circuito es:  $I = V / R_{eq}$

### CONEXIÓN DE ELEMENTOS EN PARALELO

Características

- a.- La corriente que circula por cada elemento depende de su resistencia
- b.- La tensión de alimentación se aplica a todos los elementos del circuito
- c.- La resistencia equivalente es la inversa de la suma de las inversas de todas las resistencias en el circuito

$$\frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

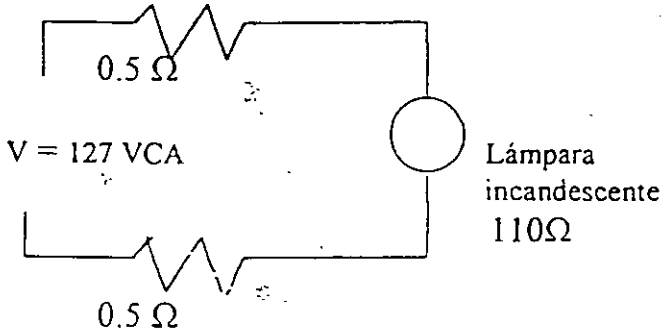


PROCOBRE  
MEXICO

Ejemplo.

Se tiene un circuito eléctrico como el que se muestra a continuación, encuentre:

- La resistencia total
- La corriente
- La caída de tensión en cada elemento.



Resistencia del conductor

$$\text{Resistencia total: } R_{eq} = 0.5 \Omega + 0.5 \Omega + 110 \Omega = 111 \Omega$$

$$\text{Corriente en el circuito: } I = \frac{V}{R_T} = \frac{127 \text{ VCA}}{111 \Omega} = 1.144 \text{ A}$$

Caída de tensión en cada uno de los elementos del circuito:

$$E_{\text{conductor-1}} = I R_{0.5} = (1.144 \text{ A})(0.5 \Omega) = 0.571 \text{ V}$$

$$E_{\text{conductor-2}} = I R_{0.5} = (1.144 \text{ A})(0.5 \Omega) = 0.571 \text{ V}$$

$$E_{\text{lámp-incand}} = I R_{110} = (1.144 \text{ A})(110 \Omega) = 125.840 \text{ V}$$

$$\text{Suma de caídas de tensión } = 127.000 \text{ V}$$

Ejemplo

En un circuito doméstico de 127 VCA se tienen las siguientes cargas: Cafetera eléctrica 600 watts; Parrilla eléctrica 1200 watts; Horno de microondas 1000 watts

Encuentre:

- La resistencia de cada elemento

$$\text{Cafetera eléctrica } R = V^2 / P = 127^2 / 600 = 26.88 \Omega$$

$$\text{Parrilla eléctrica } R = \frac{127^2}{1200} = 13.44 \Omega$$

$$\text{Horno de microondas } R = \frac{127^2}{1000} = 16.13 \Omega$$

- La resistencia equivalente

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{26.88} + \frac{1}{13.44} + \frac{1}{16.13}} = \frac{1}{.0372 + .0744 + .062} = 5.76 \Omega$$

- La corriente por elemento y total del circuito

$$\text{Cafetera eléctrica } I = P / V = 600 / 127 = 4.72 \text{ A}$$

$$\text{Parrilla eléctrica } I = \frac{1200}{127} = 9.45 \text{ A}$$

$$\text{Horno de microondas } I = \frac{1000}{127} = 7.87 \text{ A}$$

$$\text{La corriente total } = 22.04 \text{ A}$$



PROCOBRE  
MEXICO

Ejemplo

Una instalación eléctrica demanda 180 Kw y trabaja con un factor de potencia de 0.80 atrasado, se desea mejorar el fp a un valor de 0.92 atrasado.

Los datos que se proporcionan son:  $P = 180 \text{ Kw} = 180,000 \text{ w}$ ,  $\text{fp} = 0.8$  atrasado

Con estos datos encontramos los valores de operación:

Potencia aparente suministrada por la línea:  $S = P / \text{fp} = 180 \text{ Kw} / 0.8 = 225 \text{ KVA}$

Potencia reactiva demandada por el circuito:  $Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{225\text{KVA}^2 - 180\text{Kw}^2} = 135 \text{ KVAR}$

Se calcula ahora los valores de acuerdo al fp deseado, P no cambia:

La potencia aparente suministrada por la línea:  $S = P / \text{fp} = 180 \text{ Kw} / 0.92 = 196 \text{ KVA}$

La potencia reactiva demandada por el circuito:  $Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{196^2 - 180^2} = 78 \text{ KVAR}$

La diferencia entre los KVAR existentes y los KVAR deseados nos da la capacidad del capacitor a instalar para mejorar el fp de 0.8 a 0.92

$$\text{KVARcc} = \text{KVAR existente} - \text{KVAR deseado} = 135 - 78 = 57 \text{ KVAR}$$

donde.: KVARcc = KVA capacitivo correctivo

Ejemplo

Un motor eléctrico alimentado a 220VCA toma 10 A, y consume 1975 w.

Con los datos que se proporcionan se encuentra el factor de potencia

$$P = VI \cos \theta ; \quad \text{fp} = \cos \theta = \frac{P}{VI} = \frac{1975}{220 \times 10} = 0.90$$

Ejemplo

Un radiador de calor de 1000 w está conectado a una tensión de 127 VCA, durante 20 minutos.

Con los datos que se proporcionan se encuentra:

los minutos se convierten  
a segundos

La corriente que demanda:  $I = P / V = 1000 / 127 = 7.87 \text{ A}$

La resistencia del filamento  $R = V / I = 16 \Omega$

La cantidad de calor producido:  $Q = 0.24 I^2 R t = 0.24 (7.87)^2 (16)(20 \times 60) = 285 \text{ kcal}$

El factor de potencia:  $\text{fp} = P / VI = 1000 / 127 \times 7.87 = 1$  (para cargas resistivas)