



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

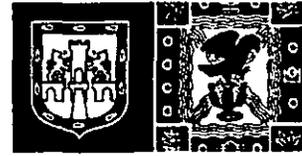
**ALUMBRADO
PÚBLICO**

Del 21 de Julio al 22 de Agosto del 2003

APUNTES GENERALES

**Instructor: Ing. Justo Gutiérrez Moyado
GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
JULIO/AGOSTO DEL 2003**

CI - 183



CURSO ALUMBRADO PUBLICO

Coordinador académico: Ing. Justo Gutiérrez Moyado.

Julio- Agosto 2003

TABLA DE CONTENIDO.

Introducción	
Modulo I	Manejo, normas y medidas de seguridad baja, media y alta tensión.
Modulo II	Ahorro de energía eléctrica: equipos ahorradores de energía (diversos tipos que existen actualmente) normatividad y su aplicación en el programa de ahorro de energía.
Modulo III	Métodos y procedimientos para el cálculo de alumbrado para: fachadas, fuentes y monumentos.

INTRODUCCIÓN

En la ciudad de México, identificada como la ciudad de la esperanza, el servicio de alumbrado público, muestra grandes avances en materia de ahorro de energía eléctrica al contar prácticamente con luminarias que integran lámparas vapor de sodio alta presión con su característica luz ámbar. Según datos de noviembre de 1989 eran 320,000 luminarias aproximadamente¹. Estas luminarias son considerados ahorradoras de energía, ya que vinieron a reemplazar las luminarias vapor de mercurio.

La actual administración, preocupada por reducir costos de operación de los sistemas, ha creado un programa de ahorro de energía del gobierno del Distrito Federal en el cual ha implementado medidas de ahorro de energía, con alto grado de innovación, como es el programa de conversión de la red primaria de alumbrado público a tensión media, así como el uso de sistemas, equipos y componentes de luminarias ahorradores de energía con tecnología de punta, y la instalación de luminarias más eficientes que permitan reducir la potencia de la lámpara.

También es importante destacar que la actual Dirección de alumbrado público, ha desarrollado importantes proyectos en vialidades utilizando luminarias eficientes con lámparas tipo aditivos metálicos con su luz blanca y rica en color, embelleciendo las avenidas y camellones, logrando atractivos contrastes con la luz amarilla del sodio y un excelente confort visual.

Ante la necesidad de contar con conocimientos y destreza en el diseño de proyectos de fachadas, fuentes y monumentos y continuar embelleciendo la ciudad con luminarias eficientes energéticamente y continuar con el programa de ahorro de energía en los sistemas de alumbrado público y capacitar al personal operativo en el manejo de la baja, media y alta tensión con seguridad, se estructura este curso de alumbrado público dirigido al personal del proyecto, al electricista y en general a todos dentro de la Dirección de alumbrado público vinculados directa o indirectamente con el servicio, considerado dentro del arte y ciencia de la iluminación.

Los módulos de que consiste el curso son:

- ✓ Manejo, normas y medidas de seguridad baja, media y alta tensión.
- ✓ Ahorro de energía eléctrica: equipos ahorradores de energía (diversos tipos que existen actualmente). Normatividad y su aplicación en el programa de ahorro de energía.
- ✓ Métodos de procedimientos para el cálculo de alumbrado para: fachadas, fuentes y monumentos

Para cumplir con los objetivos del curso se contará con el apoyo del presente manual, con información reciente de los industriales del ramo de la iluminación, las normas de eficiencia energética, la NOM 001- SEDE-1999, las de seguridad industrial de la STPS así como información de CFE (Comisión Federal de Electricidad) y Luz y Fuerza, con el

¹ Simposium Desarrollo Técnico DDF. 1989

apoyo del programa de calculo visual cortesía de las empresas Litonia- Holophane, y de lo más importante del curso, el factor humano, se ha integrado un grupo de instructores especialistas y dedicados por varios años a la ingeniería de iluminación quienes con sus conocimientos aunados a los del personal de la dirección de alumbrado público garantizan el logro de los objetivos.

Ing. Justo Gutiérrez Moyado
Coordinador académico.

OBJETIVOS:

INTRODUCCIÓN:

Introducir a los participantes en la importancia del servicio de alumbrado público y la necesidad de proyectar, construir y mantener los sistemas, con un enfoque de eficiencia energética, tomando en cuenta los beneficios del servicio.

- ✓ Incrementar la productividad en la población.
- ✓ Seguridad a las personas.
- ✓ Identificar nombres de arterias y obstáculos en las vialidades.
- ✓ Disminuir accidentes de tránsito.
- ✓ Coadyuvar a la labor de vigilancia.
- ✓ Incrementar la creatividad y el embellecimiento de la ciudad.
- ✓ Estimular el comercio, turismo y actividades creativas y el deporte.
- ✓ Desarrollo personal, social y espiritual al usarse factor de cambio.
- ✓ Crear una cultura de ahorro de energía eléctrica de limpieza de las calles, etc.

MODULO I

El personal electricista estará capacitado al término del curso en la forma en que desarrollará sus funciones de mantenimiento del alumbrado público cuando en ellas intervenga la baja, media y alta tensión.

- ✓ Normas en baja tensión.
- ✓ Normas en alta tensión.
- ✓ Normas en media tensión

MODULO II

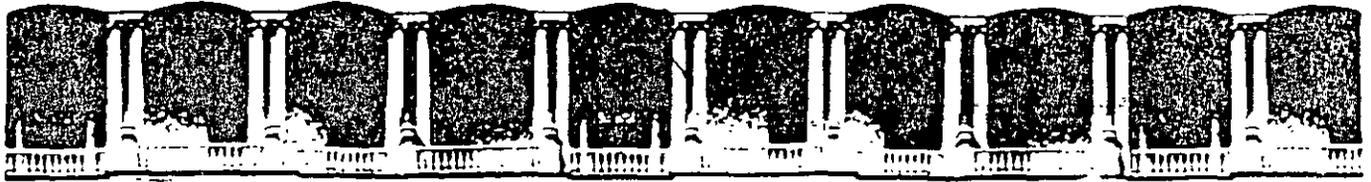
Conocer los diferentes tipos de equipos ahorradores de energía, que están instalando.

- ✓ Principios de funcionamiento y aplicaciones.
- ✓ Requerimientos de operación e instalación.
- ✓ Capacidades de carga.
- ✓ Restricciones o limitaciones.
- ✓ Efectos en lámparas

MODULO III

Aprender las técnicas para alumbrar fachadas, fuentes y monumentos, ya que no se cuenta con experiencia y conocimiento.

- ✓ Programas de cálculo en computadora.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

**ALUMBRADO
PÚBLICO**

**MOD. I.
MANEJO, NORMAS Y MEDIDAS DE SEGURIDAD,
BAJA, MEDIA Y ALTA TENSION**

APUNTES GENERALES

CI - 183

**Instructor: Ing. Justo Gutiérrez Moyado
GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
JULIO/AGOSTO DEL 2003**

1.- Marco de referencia e importancia de la seguridad en alumbrado público.

El concepto de seguridad va orientado, efectivamente, a detectar las posibles causas de accidentes, y a encontrar alternativas de prevención, así como a establecer métodos prácticos, aplicables al ciudadano del personal que participa en el proceso de la construcción, montaje y mantenimiento de los sistemas de alumbrado público, la importancia del tema, radica en el cuidado de la integridad física del cuerpo de los trabajadores que son quienes conciben, proyectan, contribuyen, dan mantenimiento y aportan su carga de creatividad para brindar a la comunidad el satisfactor llamado iluminación, siendo en sí el ser humano lo más importante en todo el proceso del servicio urbano del alumbrado público.

2.-Exposición a riesgos.

En general todo cuerpo humano esta expuesto en un momento dado.

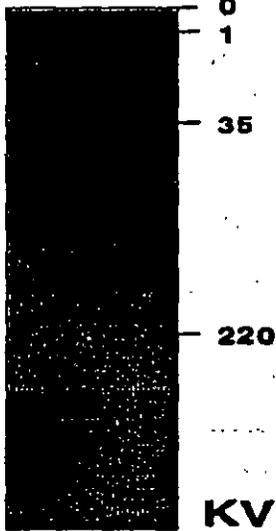
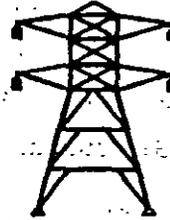
Así tenemos que ante la cercanía de las líneas de mediana tensión, por ejemplo en 23 Kv, se corre el riesgo de electrocución por descuido, que expone en este caso todo el cuerpo.

Si se trabaja en líneas de baja tensión, en 220 V o 127 V, con línea viva, se pueden sufrir daños en manos o provocar daños mayores sobre todo que se labora en la altura.

Cualquier esfuerzo que se haga en pro de la seguridad, cualquier recurso que se dedique y cualquier tiempo aportado al tema de la cultura de seguridad bien valen la pena; conservar la salud e integridad de las personas.

NIVELES DE TENSION

Para la aplicación e interpretación de las tarifas se considera que:



- a) **Baja tensión es el servicio que se suministra a niveles de tensión menores ó iguales a 1 KV.**
- b) **Media tensión es el servicio a tensiones mayores a 1 KV pero menores o iguales a 35 KV.**
- c) **Alta tensión a nivel subtransmisión es el servicio a tensiones mayores a 35 KV pero menores a 220 KV.**
- d) **Alta tensión a nivel transmisión es el servicio a tensiones iguales ó mayores a 220 KV.**

AGRR/ABR-93

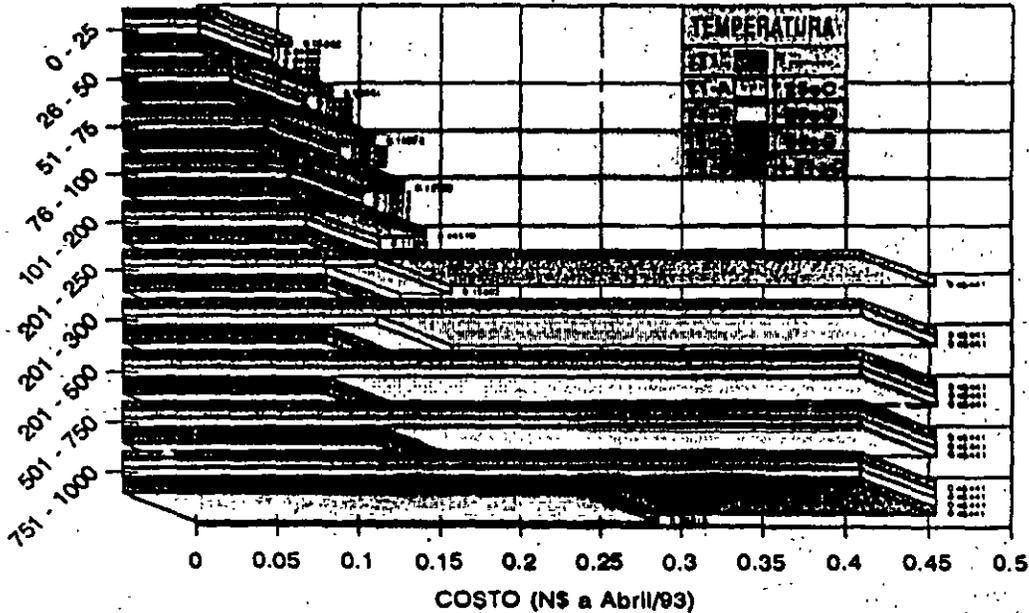
APLICACION DE LA TARIFA 1 USO EXCLUSIVAMENTE DOMESTICO EN BAJA TENSION

CUOTAS APLICABLES : CARGOS POR ENERGIA Y MANTENIMIENTO

KWH/MES

MINIMO MENSUAL: NS 0.453
CARGO POR MANTO: NS 3.75-9.53

DEPOSITOS EN 1H: 6.00
2H: 26.00
GARANTIA: 3H: 32.00



SELECCIÓN ADECUADA DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.

Las operaciones industriales crean una gran variedad de peligros para los ojos, como por ejemplo, el ruido ambiental, estropeados de líquidos corrosivos, etc.

Después de haber establecido la necesidad de usar equipo de protección personal. El profesional en seguridad para hacer la selección correcta del equipo debe de adoptar dos criterios:

- 1.- *El grado de protección que pueda brindar un equipo en particular, bajo condiciones variables.*
- 2.- *La comodidad con que se puede usar.*

Para el logro de este objetivo deberán de basarse en las especificaciones aceptables del equipo, y en las garantías del mismo dadas por el fabricante

En consecuencia también con demostraciones de los productos a través de distribuidores, y finalmente en la discusión de adecuación a normas de seguridad.

USO CORRECTO DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.

Ya elegido el equipo, los supervisores y encargados de vigilar su uso se preguntarán.

¿Cómo lograr que el personal haga el uso adecuado del equipo?

Para lograr en primera instancia podría explicarse a los trabajadores que es una obligación demandada por las normas oficiales mexicanas de seguridad e higiene.

Además hay que notar que para lograr el uso del equipo, influyen otros factores y de los cuales nos podemos auxiliar tales son:

- a) *La medida en que los trabajadores requieran el equipo y entiendan la necesidad de usarlo.*
- b) *La desenvoltura y la comodidad con que puede usarse en el trabajo.*
- c) *La disponibilidad de sanciones económicas, sociales y disciplinarias, que puedan influenciar las actitudes de los trabajadores.*

PARA LOGRAR QUE LAS PERSONAS USEN ADECUADAMENTE EL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL, SE DEBE DE PARTIR DE DOS PLANOS.

- 1.- Cuando en una organización los trabajadores están acostumbrados a usar el equipo de protección personal como parte de sus condiciones de trabajo.

En este caso se les entrega equipos que satisfagan los requerimientos de sus tareas, y que sean fáciles de usar, por otra parte se les indica como y porque deben de hacer uso de ellos. A partir de ese momento se efectúan controles periódicos hasta que el uso del equipo entregado se convierta en un hábito para los trabajadores.

- 2.- Cuando se entrega por primera vez equipo de protección personal a un grupo de trabajadores o cuando se introduce una nueva clase de equipos.

Se da necesariamente una explicación clara y razonable sobre porque será necesario su uso. Sin embargo, ante ello surgirá resistencia al cambio de procedimientos, y de ello al uso de equipo por burocracia o vanidad.

PARA VENCER RESISTENCIA AL USO DE EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL.

Se puede:

Pedir a los supervisores que prueben los equipos nuevos de protección antes de decidir su adopción, con el fin de que los trabajadores hagan comentarios y discutan las ventajas y desventajas.

Apoyarse con la participación de la comisión de seguridad e higiene del centro de trabajo, para la selección de los equipos adecuados.

La mayoría de las quejas sobre el equipo de protección personal están relacionadas con las incomodidades físicas, casi todos los equipos tienen ciertas características que permiten ajustarlos para adaptarlos mejor a las necesidades individuales. Cada aspecto que pueda afectar la comodidad o el uso correcto, deberá serle explicado minuciosamente al usuario. Ciertas características, como por ejemplo el sellado correcto de un respirador, son críticas para la seguridad y la salud del trabajo.

El supervisor deberá de familiarizarse con todas las características importantes relacionadas con el ajuste perfecto, a fin de ahorrar tiempo y evitar problemas serios.

MANTENIMIENTO DEL EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

MANTENIMIENTO, REPARACIÓN Y LIMPIEZA

La reparación oportuna del equipo de protección personal es un estímulo dentro de un programa de seguridad, ya que muestra al personal que la directiva insiste en contar con un equipo cuando se le dan facilidades para su conservación.

A) Para el buen éxito de un programa de mantenimiento, reparación y limpieza, es esencial tener:

- 1.- Gabinetes de limpieza en puntos claves de la planta de manera que les sea fácil y rápida la limpieza.
Estos gabinetes deben constar de sustancias contra empañamiento, papel especial para limpieza de lentes, un recipiente para papel utilizado desechable y un líquido o limpiador germicida si es posible.

Es muy desagradable utilizar un equipo sucio, también es una fuente de infección. Esta es una condición que de prevalecer puede causar serios trastornos en el programa de seguridad.

- 2.- Un juego de herramientas para la preparación del equipo protector ocular, debe mantenerse en el punto de distribución.

Es de suma importancia tener a una persona (que inclusive pueda ser uno de los obreros), encargada de las reparaciones del equipo, como se les indica a continuación, ya que con una sola vez que esto sea explicado, podrán hacerlo fácilmente en lo sucesivo, puesto que no se requiere ningún conocimiento específico para esta operación.

- 3.- Mantener en existencia un amplio surtido de repuestos para anteojos, mascarillas, cascos, etc., como son cristales, varillas, puentes, bandas, protencines laterales, tornillos, remaches, etc. Este es probablemente uno de los puntos de mayor importancia, pues evita la reposición de equipo completo al romperse un cristal, faltar un tornillo, zafarse una varilla etc.

PROTECCIÓN DE LA CABEZA

Se requiere protección para la cabeza, siempre que esté trabajando donde exista el riesgo de ser lastimado por objetos que se puedan caer, de chocar contra algo o si trabaja cerca de conductores eléctricos, que estén expuestos y que puedan entrar en contacto con su cabeza.

Los cascos

Los cascos están diseñados para protegerlo de impactos y penetraciones si algún objeto llega a golpear su cabeza, lo mismo que de choques eléctricos limitados y quemaduras.

- La superficie del casco esta diseñada para absorber parte del impacto.
- La suspensión, o sea la banda y las cintas dentro del casco, es aún más crítica en cuanto a la absorción del impacto, esta debe ser ajustada de acuerdo al tamaño de su cabeza.
- Los cascos están diseñados para resistir el impacto de un objeto de 4 kilos desde una altura de 1 metro y medio, es decir el equivalente a un martillo de 1 kilo que cae desde una altura de 6 metros sobre su cabeza.
- Los cascos también deben cumplir con otros requisitos tales como peso, inflamabilidad y aislamiento eléctrico.

Tipos de casco

Asegúrese de utilizar el casco apropiado de acuerdo a su trabajo. Hay tres tipos de cascos:

- *Cascos de clase A*, los cuales están hechos de materiales aislantes para protegerlo de objetos que puedan caer encima y de choques eléctricos con voltajes de hasta 2,200 voltios.
- *Casco de clase B*, los cuales están hechos de materiales aislantes para protegerlo de objetos que le puedan caer encima y de choques eléctricos con voltajes de hasta 20,000 voltios.

- **Casco de clase C**, los cuales están hechos de materiales aislantes para protegerlo de objetos que puedan caer encima, pero que no deben ser utilizados cerca de cables eléctricos o en donde existan sustancias corrosivas.

Las personas que deben trabajar en lugares donde los peligros no se pueden eliminar o controlar en su origen, y cuando las ropas comunes de trabajo no brinden una protección suficiente, deberán usar equipos de protección personal, los cuales de ser necesario, deben proteger a la persona desde la cabeza hasta los pies.

A continuación se presentan características y tipos generales de algunos equipos de protección personal.

PROTECCIÓN AUDITIVA

La pérdida de sistema auditivo es una lesión muy común en el trabajo, la cual es ignorada muy a menudo, ya que esta ocurre gradualmente.

Los trabajadores pueden sufrir la pérdida del sistema auditivo debido a que los ruidos elevados pueden causar daño sin causar dolor. El utilizar incorrectamente la protección para los oídos puede ser dañino, como el no utilizar ninguna clase de protección.

Usted necesita proteger sus oídos cuando:

- Los sonidos en su trabajo son irritantes.
- Tiene que levantar la voz para que alguien que esta a menos de un metro de distancia lo pueda escuchar.
- Existen avisos que indican que se requiere protección para los oídos
- Cuando el nivel del sonido alcanza los 85 decibeles o más por un período de 8 hrs.
- Cuando existen intervalos breves de sonido que pueden causarle daño a su sistema auditivo.

Los tapones para los oídos

Los tapones para los oídos ofrecen mayor protección, y los más efectivos son los tapones de espuma que se ajustan a su canal auditivo.

- Para inserta los tapones adecuadamente:
- Presione el tapón con los dedos para disminuir su grosor.
- Colóquelo adecuadamente dentro del canal auditivo
- Este paso será más fácil si jala su oreja hacia atrás y hacia arriba mientras que inserta el tapón.
- Después de haberlo insertado, manténgalo en su lugar con el dedo durante unos segundos para asegurar que se ajuste adecuadamente al expandirse.

Los tapa oídos

Los tapa oídos pueden ser utilizados también como una forma de protección para sus oídos. Estos se ajustan alrededor del oído.

Aunque parezca que los tapa oídos proveen mayor protección que los tapones, su efectividad se ve limitada por el sello que forma alrededor de la oreja.

Las copas de los tapa oídos deben estar hechos de espuma para proveer un buen sellado de las copas.

El utilizar aretes o anteojos con los tapa oídos pueden causar el mismo problema.

Proteccion adecuada

Para asegurar un nivel adecuado de protección, los tapones y tapa oídos, deben ser utilizados simultáneamente. Esto es especialmente importante en lugares extremadamente ruidosos.

PROTECCIÓN OCULAR

Las operaciones industriales crean una gran variedad de peligros para los ojos, por ejemplo; partículas que salen despedidas, salpicaduras de líquidos corrosivos o de metales fundidos, polvos y radiaciones perjudiciales.

Las lesiones de los ojos no sólo son incapacitantes, sino que frecuentemente pueden desfigurar a una persona. El costo de la lesión es muy elevado, tanto para el empleado como para el trabajador.

La mayoría de las lesiones son causadas por objetos que salen despedidos, como partículas provenientes de metales o piedras, clavos, o areniscas abrasivas. La Sociedad Nacional para la Prevención de la Ceguera de los E.U.A., da la siguiente lista sobre las causas principales de lesiones en los ojos:

- Objetos que salen despedidos (especialmente los arrojados por herramientas manuales);
- Ruedas abrasivas (pequeñas partículas despedidas);
- Sustancias corrosivas;
- Rayos nocivos provenientes de la luz o del calor;
- Salpicaduras de metales; y,
- Emanaciones irritantes o gases venenosos.

Tanto el trabajador que usa una herramienta como cualquier otro que esté expuesto a partículas despedidas con fuerza, necesita usar protección visual, especialmente en aquellos trabajos en los que una herramienta de metal de impacto (duro) golpee contra otra; en donde se golpee un equipo o un material con una herramienta metálica de mano; o, en donde la acción cortante de una herramienta origine partículas que salen despedidas. Los peligros, sin embargo, pueden reducirse a un mínimo si se emplea herramientas de impacto (blando) no ferrosas, y mediante el empleo de pantallas metálicas de madera o de lona entre los ojos del trabajador y el metal en el que se está trabajando.

Cuando se usen herramientas de carpintería o cortantes a la altura de la cabeza o por encima de ella, deben usarse gafas de seguridad o protectores faciales si existe la posibilidad de que le caigan al trabajador partículas sobre los ojos.

A veces no se tiene en cuenta la necesidad de usar protección visual en tareas como la de cortar alambre y cable, golpear llaves, usar perforadoras manuales, picar hormigón, sacar clavos de maderas en desuso, palear materiales a la altura de la cabeza o hacerlo en contra del viento, usar llaves y martillos para realizar tareas a alturas superiores a la cabeza o para realizar otras tareas que podrían provocar la caída de partículas de materiales o basuras.

Clases de equipos

Se puede conseguir en el comercio gafas y otros equipos de protección visual en una variedad de clases y modelos. El elemento protector de estos artículos consiste en lentes tratados térmicamente o por procesos químicos, plástico, malla de alambre o vidrios filtrantes de la luz. Los supervisores deben familiarizarse con las distintas clases de protección visual y saber cuáles son las mejores para un trabajo determinado. Entre los equipos de protección visual se incluyen los siguientes:

- Cubre-gafas
- Gafas protectoras
- Gafas con protección lateral
- Gafas de copa
- Gafas contra químicos
- Gafas para polvos
- Gafas de minero
- Gafas de fundidor
- Gafas de soldador

Los cubre-gafas frecuentemente se usan sobre los anteojos ordinarios. Protegen tanto los ojos del usuario como sus lentes recetados. Los lentes que no han sido tratados térmicamente o químicamente se rompen con facilidad. Un cubre-gafas los protege tanto contra picaduras como roturas.

Los cubre-gafas pueden ser en forma de copa con lentes tratados térmicamente o con lentes plásticos de visión panorámica. Ambas clases se usan para trabajos importantes de amoladura, labrado de metales, cincelado, remachado, para trabajar con metales fundidos y para realizar operaciones de similar

importancia. Ofrecen la ventaja de ser lo suficientemente anchos como para proteger todo el globo ocular y distribuir un impacto sobre una superficie amplia.

Los lentes templados se usan más comúnmente en anteojos recetados que se llevan fuera del trabajo, aunque muchos de éstos no satisfacen los requerimientos del *American National Standard Z87.1-1968*. Esta clase de lentes son inadecuados para peligros industriales, a pesar de que brindan protección adicional contra peligros comunes. Para exposiciones industriales, sólo deben emplearse lentes que satisfagan las norma ANSI citada anteriormente.

Es posible que un trabajador consiga que sus anteojos recetados estén hechos térmicamente. En tal caso, un (refraccionista) (oftalmólogo u optometrista) debe encargarse del ajuste y conocer el trabajo en el cual habrá de utilizar la protección visual. También debería saber la distancia de trabajo, especialmente con aquellos que tienen problemas de acomodación (como ocurre frecuentemente en la edad madura), o quienes trabajan a distancias muy cortas. Algunas empresas exigen que en los anteojos de seguridad que requieren corrección sólo se usen lentes bifocales. Estos eliminan el peligro de que un trabajador tenga que estar levantando sus anteojos para ver de cerca o de lejos, según sea su corrección.

Gafas protectoras. Las gafas sin protección lateral pueden usarse donde no haya probabilidad de que puedan saltar partículas hacia un costado de la cara, aunque para todos los usos industriales se recomienda gafas con protección lateral. Deben utilizarse gafas con protección lateral siempre que haya un peligro adicional proveniente de los costados.

Las armazones deben ser lo suficientemente rígidos como para sostener los lentes directamente en frente de los ojos. El puente nasal del armazón debe ser ajustable o universal. Las armazones deben ser ajustados por una persona entrenada para realizar este trabajo.

Las gafas contra químicos, fabricadas con armazones de caucho o de vinilo blando, protege los ojos contra salpicaduras duras de sustancias químicas corrosivas y contra exposiciones a polvos finos o nieblas. Los lentes pueden ser de vidrio tratado térmicamente o de plástico resistente a los ácidos. Para exposiciones a salpicaduras químicas, las gafas están dotadas de dispositivos indirectos de ventilación sobre sus costados. Para exposiciones a vapores o gases, las gafas no deben tener ventilación. Hay modelos que pueden usarse sobre los anteojos normales.

Gafas para polvo con máscara de cuero. Estas gafas deben usarlas personas que realizan tareas en sectores donde no haya polvos corrosivos, por ejemplo, en fábricas de cementos y en molinos harineros. Las gafas están dotadas de lentes tratados térmicamente o matizados. Los orificios de ventilación provistos por la malla de alambre que haya alrededor del globo ocular permiten la circulación del aire.

Gafas de minero. Estas gafas se usan para trabajos subterráneos y otros lugares, donde el empañamiento supone un problema serio. Están hechas de una malla metálica resistente a la corrosión, pintada de un color oscuro mate para reducir el reflejo.

Gafas de fundidor. Estas gafas están hechas en forma de anteojos o de copa con vidrio azul cobalto en matices graduados. Hay también disponibles lentes matizados en la mitad superior e incoloros en la mitad inferior. Los armazones son de cuero o de plástico, para proteger la cara contra el calor radiante.

Gafas de soldador. Existen gafas con lentes matizados para uso en operaciones tales como soldaduras con oxiacetileno, cortes con sopletes, unión de piezas de plomo por fusión y estañado.

Armazones. Todos los armazones deberán de ser de un material resistente a la corrosión, que no irriten la piel ni la descoloren. Deben resistir esterilizaciones, además de ser resistentes al fuego o incombustibles. Los armazones metálicos no deben usarse cerca de equipos electrónicos o donde haya un calor intenso.

Con el objeto de contar con un mayor campo visual, las gafas deben estar tan cerca de los ojos como sea posible, sin que las pestañas toquen los lentes. Los lentes no deberán tener una distorsión apreciable ni un efecto prismático. Algunas especificaciones están contempladas por las normas ANSI Z87.1-1968.

Protección facial.

Muchas clases de equipos de protección personal resguardan la cara (y a veces la cabeza e incluso el cuello) contra golpes débiles, salpicaduras químicas o de metales calientes, radiaciones calóricas u otros peligros.

Las caretas protectoras de plástico transparente protegen los ojos y la cara de una persona que está aserrando o puliendo un metal, lijando o efectuando una amoladura pequeña o manejando sustancias químicas. La careta debe ser muy resistente al fuego y se reemplazará cuando se deforme o raye. Debe establecer un plan de reemplazo regular, ya que los plásticos tienden a volverse quebradizos con el tiempo.

La suspensión y la pantalla facial deberán ser ajustables al tamaño y contorno de la cabeza y fáciles de limpiar. Muchos modelos permiten al usuario levantar sólo el visor, haciendo así innecesario el tener que remover todo el equipo para la cabeza.

Las caretas protectoras de malla metálica desvían el calor y permiten una buena visibilidad de. Se usan cerca de altos hornos, fosos de recalentamiento, hornos de calentamiento y otras fuentes de calor radiante.

Las máscaras del metalizador protege la cabeza y la cara contra salpicaduras de metales calientes más bien que contra el calor radiante. La máscara consiste en un visor hecho de malla metálica extremadamente fina, un apoyo inclinable, una suspensión ajustable y de un protector para el cráneo y el mentón (si fuese necesario).

La máscara del soldador, las caretas protectoras y las gafas protegen los ojos y cara contra las salpicaduras de materiales fundidos y las radiaciones producidas por un arco voltaico. Las máscaras deberán tener el vidrio matizado correspondiente, a fin de evitar daño a los ojos debido a los rayos ultravioletas y visibles. La vista de los trabajadores varía en función a la edad, a la salud general y al cuidado que se les brinde. Dos personas pueden necesitar lentes de distintos matices aun cuando realicen una misma tarea.

Los lentes matizados que están rajados o astillados deberán reemplazarse, de lo contrario permitirán que los rayos nocivos lleguen a los ojos del soldador.

La coraza de la máscara deberá ser resistente a las chispas, a los metales fundidos y a las partículas que salen despedidas, y ser un mal conductor del calor y no conductor de la electricidad. Deben desecharse las máscaras que presenten porosidades o rajaduras. La suspensión de la máscara deberá estar hecha de tal manera que permita al trabajador usar ambas manos y también levantar la máscara si necesita acomodar el trabajo.

Muchas clases de máscaras tienen vidrios reemplazables térmicamente tratados o una cubierta plástica que protege la lente matizada contra picaduras y rayaduras. Algunas máscaras tienen una mirilla frontal levadiza que permite al soldador inspeccionar rápidamente su trabajo sin tener que levantarse o sacarse la máscara.

Las gafas contra impactos que se usan debajo de las máscaras protegen al soldador contra partículas despedidas cuando esté se levanta la máscara. Las gafas de seguridad con protectores laterales se recomiendan, como una protección mínima, para evitar rayos provenientes de trabajos cercanos o escamas que saltan de una soldadura reciente.

Un ayudante de soldador deberá usar las gafas o máscara correspondientes mientras está ayudando en el trabajo de soldadura o mientras se eliminan las rebabas de un reborde alrededor de una junta. Existe un peligro grande de que se incrusten cuerpos extraños en los ojos de los trabajadores que realizan estas últimas tareas sin protección.

Pantalla protectora manual. Puede usarse una pantalla protectora manual donde no se justifique el uso de una máscara, por ejemplo, en tareas de inspección, soldaduras por puntos y otras operaciones que requieren pocas o ninguna soldadura por parte del usuario. La construcción del armazón y los lentes es similar a la de la máscara.

Existen gafas para soldar con vidrios matizados que llegan hasta el número 8. De ser necesario utilizar un matiz de una mayor graduación, se impone la necesidad de utilizar una protección facial total, debido al peligro de quemaduras en la piel. Cuando deben usarse matices superiores al número 3, se recomienda usar una protección lateral o gafas en forma de copa.

Las capuchas antiácidas que cubre la cabeza, la cara y el cuello son usadas por personas que están expuestas a graves salpicaduras de sustancias corrosivas. Esta clase de capucha posee un visor de vidrio o de plástico que está firmemente ajustado a la capucha para evitar que el ácido se cuele a través de éste. Existen capuchas de caucho, neopreno, láminas plásticas o telas impregnadas que resisten a la agresión de distintas sustancias químicas. Para conocer las propiedades protectoras de cada material, consúltese al fabricante.

Capuchas con suministro de aire. Estas capuchas deben usarse para trabajar en zonas donde hay emanaciones irritantes, gases o nieblas tóxicos. En razón que una capucha sin ventilar se calienta y humedece rápidamente, se le acopla una línea de aire principalmente para brindar una mayor comodidad. El trabajador deberá usar un arnés o un cinturón para sostener la manguera.

Las caretas protectoras transparentes sostenidas por un arnés o una banda para la cabeza se usan cuando la exposición está circunscripta a salpicaduras directas de sustancias químicas corrosivas. Para una protección adicional, es necesario utilizar debajo del protector facial gafas a prueba de salpicaduras.

PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Los equipos de protección respiratoria deben ser considerados como elementos de emergencia o de uso ocasional. Lo primero que debe considerarse en donde hay contaminantes, es eliminarlos en su fuente de origen o aislar el proceso. En razón de que pueden ocurrir derrames o roturas, y como algunas tareas pueden exponer a una persona solamente en forma breve e infrecuente, es necesario que haya protección respiratoria. Debe instruirse y entrenarse al usuario sobre su uso correcto y sus limitaciones.

SELECCIÓN DEL RESPIRADOR

Los contaminantes aéreos van desde una sustancia relativamente inofensiva hasta vapores, polvos, nieblas, emanaciones irritantes y gases tóxicos que pueden ser extremadamente perjudiciales. En lugares donde es necesario utilizar equipo de protección debe determinarse la sustancia química perjudicial y la magnitud del peligro evaluado. Con esta información se puede seleccionar el equipo que deberá proteger contra este peligro en particular. Antes de pedir un equipo de protección respiratoria, es mejor analizar la clase de exposición con el departamento de seguridad de la empresa y con los fabricantes o vendedores.

En los E.U.A., los equipos deben tener el sello de aprobación del National Institute of Occupational Safety and Health. Los equipos que se usan en trabajos de minería deben llevar el sello de aprobación del Bureau of Mines. Estos sellos dan garantía sobre su diseño, durabilidad y buen funcionamiento de los equipos. Estas instituciones realizan pruebas sobre la seguridad del trabajador, la libertad de los movimientos, la visión, el ajuste y la comodidad de la máscara y la suspensión, la facilidad con que pueden reemplazarse el filtro y

otros componentes, la hermeticidad de los aparatos al polvo, la carencia de pérdidas y la resistencia al paso del aire cuando el usuario inhala o exhala.

CLASES DE EQUIPO

Entre los equipos de protección respiratoria se incluyen: los respiradores con filtro mecánico, los respiradores de cartucho químico, las máscaras antigases con "canisters", las máscaras con manguera y línea de aire y los equipos respiratorios autocontenidos.

Los respiradores de filtro mecánico protegen contra exposiciones a polvos molestos, así como también a polvos, nieblas y emanaciones irritantes que producen neumoconiosis. Como ejemplos de polvos molestos pueden citarse: el de aluminio, celulosa, cemento, carbón, harina, yeso, mineral, de hierro, piedra caliza y aserrín de madera.

La neumoconiosis deriva de tres palabras griegas que significan "pulmón", "polvo" y "condición anormal". El término generalmente aceptado es simplemente "pulmón con polvo". La clase de polvo inhalador determina la clase de condición o lesión. Un cierto número de polvos orgánicos son capaces de producir enfermedades pulmonares, aunque no todas estas enfermedades se clasifican como neumoconiosis, debido a que no todas presentan las características del "pulmón con polvo".

Se tiene conocimiento de pocos casos en los cuales la inhalación de una cantidad suficiente de polvo provocó una obstrucción mecánica de los sacos alveolares. Se sabe que la harina produce este estado. Algunos polvos pueden ser esencialmente inertes y permanecer en los pulmones indefinidamente sin producir una irritación reconocible, mientras que otros (como el polvo de piedra caliza) pueden disolverse gradualmente y eliminarse sin producir daños.

Hay otras clases de respiradores de filtro aprobados para polvos tóxicos como los del plomo, asbesto, arsénico, cadmio, manganeso, selenio y sus compuestos.

Algunas clases de respiradores de filtros mecánicos especialmente aprobados protegen contra nieblas, como las de ácido crómico y contra exposiciones a emanaciones irritantes, como las de zinc y plomo. El filtro está hecho generalmente de papel o de filtro y debe reemplazarse o limpiarse frecuentemente, ya que si se tapona restringe la respiración y deja de funcionar. Esto puede ocurrir varias veces durante un turno.

Un respirador de filtro mecánico no tiene valor como elemento de protección contra vapores de disolventes, gases perjudiciales o una insuficiencia de oxígeno. El usuario en estas condiciones es un error tan común como extremadamente grave.

Respiradores de cartuchos químicos. Estos respiradores consisten en una media máscara conectada directamente a uno o dos pequeños recipientes de carbón activado o cal sódica (una mezcla de hidróxido de calcio y sodio o de hidróxido de potasio) que absorben las concentraciones bajas de algunos vapores y gases. Estas concentraciones son de aproximadamente 0,10 por 100 (por volumen) para vapores orgánicos, 0,05 por 100 para gases ácidos, 0,05 por 100 para combinaciones de vapores orgánicos y gases ácidos y 0,07 por 100 para amoníaco. La vida de estos recipientes es muy corta. Como protección contra vapores de mercurio, la vida normal de recipiente es de ocho horas. Después de usarlo, el recipiente debe ser desechado.

Estos respiradores no deben usarse en atmósferas de peligro inminente para la vida, como donde hay insuficiencia de oxígeno.

Máscara antigás. Consiste en una máscara o una boquilla que está conectada mediante un tubo flexible a un "canister". El aire inhalado, que pasa a través del "canister", se limpia químicamente. Desgraciadamente, no existe una sustancia química que sea capaz de eliminar cualquier clase de contaminantes. Por consiguiente, el "canister" debe ser seleccionado de acuerdo con la exposición.

Los "canisters" para las máscaras antigases se identifican, en cuanto a clase de exposición, mediante un color:

- Negro-vapores orgánicos;
- Blanco-gases ácidos;
- Amarillo-vapores orgánicos y gases ácidos.
- Verde-gas de amoníaco
- Castaño-vapores orgánicos, gases ácidos y gases de amoníaco;
- Rojo con una franja gris cerca de la parte superior universal. Para todos los gases industriales (incluyendo el monóxido de carbono, el humo y las emanaciones irritante;

- Blanco con una franja verde cerca del fondo-vapor de ácido cianhídrico (cianuro de hidrógeno);
- Blanco con una franja amarilla cerca de fondo-gas de cloro;
- Azul-monóxido de carbono; y,
- Morado-materiales radioactivos, excepto el tritio y los gases nobles.

Las máscaras antigases tienen limitaciones definidas en cuanto a su eficacia, tanto en lo referente a la concentración del gas como su duración. Al igual que los respiradores de cartuchos químicos, las máscaras antigases no protegen contra una insuficiencia de oxígeno.

Cuando un "camister" ha sido usado, nunca debe dejarse unido al respirador; sino que ha de ser retirado y reemplazado por uno nuevo. Aún cuando no sean usados, los "canisters" deberán ser reemplazados periódicamente. Los fabricantes indican la vida efectiva máxima de sus "canisters".

Ante la eventualidad de emergencia, las máscaras antigases estarán lo más a mano posible. Por ejemplo, en una fábrica de hielo donde suelen darse pérdidas de amoníaco, las máscaras deberán ser colocadas ya sea inmediatamente dentro o fuera de la puerta de salida, para que puedan ser utilizadas rápidamente antes de que una persona quede abatida por efectos del gas. Las máscaras se ubicarán lejos de la humedad, el calor y los rayos directos del sol y deberán inspeccionadas regularmente.

Mascaras con manguera. Las usan los hombres que entran en tanques o fosas donde pudiera haber concentraciones peligrosas de polvos, nieblas, vapores o gases o bien una insuficiencia de oxígeno. Nadie debe entrar en un tanque, ni mucho menos permanecer en éste, si las pruebas que se han efectuado a su atmósfera demuestran que haya una cantidad menor del 16 por 100 de oxígeno en cualquier momento, a menos que use un equipo de respiración autocontenido. La atmósfera del espacio cerrado debe ser probada para ver si hay gases contaminantes tóxicos o inflamables en concentraciones peligrosas o explosivas. De ser así, o si hay insuficiencia de oxígeno, el espacio debe ser ventilado antes de que entre una persona. Se debe continuar probando la atmósfera del recinto mientras los hombres trabajan dentro, y será ventilada si fuese necesario.

La máscara de manguera consiste en una careta con un arnés para la cabeza, válvulas para inhalar y exhalar el aire, y un tubo de respiración, o más de uno. Este tubo está conectado a una manguera que está sostenida por un arnés colocado sobre el cuerpo. La manguera llega hasta un lugar de entrada de aire puro.

Si no se dispusiera de un soplador, no se usará una manguera de más de 7,60 m. de largo. Con soplador, en cambio, la manguera podrá tener una longitud de hasta 90 m. sin embargo, bajo ninguna circunstancia deberá usarse de forma tal que haya una resistencia a la exhalación de más de 2,55 cm. de agua o una resistencia a la inhalación de 10 cm. de agua. El soplador deberá ser de operación manual también, en caso de que falle la electricidad.

La máscara con tubo se usa en lugares donde hay una exposición conocida a un material perjudicial en la atmósfera o donde pudiera haber una insuficiencia de oxígeno para la conservación de la vida. Debe usarse una máscara con tubo y soplador o bien un equipo de respiración autocontenido cuando, en caso de fallo del equipo, fuera imposible escapar rápidamente de la atmósfera peligrosa, o se pudiera sufrir una lesión como consecuencia de dicho escape.

Sea cual fuere el equipo usado, el usuario debe emplear un arnés de seguridad con cuerdas salvavidas y ésta deberá estar constantemente atendida por otra persona que se encuentre equipada de igual manera. En caso de que falle el suministro de aire de una máscara con tubo y soplador, el usuario todavía tiene la posibilidad de respirar a través del tubo mientras emprende la retirada.

Respirador de línea de aire. Este equipo protector puede utilizarse en atmósfera que no son de peligro inminente para la vida, especialmente en condiciones de trabajo que requieren el uso continuo de un respirador. A cada persona se le debe asignar su propio respirador.

Los respiradores de línea de aire están conectados a una línea de aire comprimido. Cerca de la fuente de provisión de aire debe instalarse una trampa y un filtro, a fin de separar aceites, agua, suciedades, partículas y otras materias que pudieran ser llevadas por la corriente de aire. Cuando las líneas tienen presiones monométricas superiores a 1,74 kg-cm², es necesario emplear un regulador de presión. Deberá instalarse también una válvula de seguridad que empiece automáticamente a funcionar en caso de que falle el regulador.

Para obtener aire limpio, la toma del compresor debe estar ubicada de cualquier fuente de contaminación, por ejemplo, del escape de un motor de combustión interna. El compresor debe tener un regulador de temperatura, o bien la línea de aire comprimido debe tener una alarma para monóxido de carbono, a fin de evitar una intoxicación con ese gas debido al escape de un motor o un sobrecalentamiento del aceite lubricante. El suministro de aire más aceptable se obtiene mediante un soplador de presión mediana lubricado extremadamente, o sin lubricación, por ejemplo, mediante un compresor rotativo.

Si un trabajador debe trasladarse de un sitio a otro, pudiera ser que encontrara la línea de aire molesta. El supervisor debe comprender que esto reduce la eficiencia del trabajador. Debe tener cuidado de evitar daños a la manguera, por ejemplo, no deberá permitir que ésta se asiente sobre una superficie con aceite.

Casco para soplar con abrasivos. Hay una variedad de respiradores con líneas de aire que están destinados a proteger la cabeza, el cuello y los ojos contra impactos de sustancias abrasivas y, a la vez, suministrar aire para respirar. Los requerimientos respiratorios son iguales a los que se describieron para los respiradores con línea de aire.

El casco debe estar cubierto, tanto interna como externamente, con un material resistente y flexible. Esto aumenta la comodidad a la vez que resiste el efecto abrasivo. Algunos cascos tienen una capucha externa de material y una capa interna con cierre de cremallera que facilita el sacárselo inmediatamente. Deberá suministrarse un visor de vidrio protegido por un tejido metálico de una malla fina, número 30 al 60. Los vidrios de seguridad que se usan para evitar que se quiebren por un impacto fuerte deberán estar libres de defectos y ser incoloros.

Respiradores autocontenidos. Cuando una persona debe trabajar en una atmósfera peligrosa mas de 90m de un lugar donde haya una fuente de provisión de aire puro, será necesario el uso de un respirador autocontenido, el cual contiene su propia provisión de oxígeno. Este equipo se usa frecuentemente para realizar rescates en minas y combates contra incendio.

Las tres clases principales de respiradores autocontenidos son:

- A) *Los de recirculación de oxígeno comprimido.*
- B) *Los de oxígeno (o aire) comprimido (de demanda).*
- C) *Los generadores de oxígeno.*

El tiempo en el que estas unidades pueden usarse está limitado estrictamente a las especificaciones del NIOSH y del *Bureau of Mines*.

Los respiradores autocontenidos deben ser usados solamente por personas físicamente aptas y bien entrenadas. Para mantener la eficiencia, los trabajadores que deben usarlos tendrán que repetir el entrenamiento por lo menos una vez cada seis meses.

En razón de los peligros que encierra el uso de estos equipos, ninguna persona que los esté usando debe trabajar en una atmósfera irrespirable, a menos que haya otra persona vigilándola, similarmente equipada, lista para prestarle ayuda.

Limpieza del respirador

Las limpiezas faciales y los arneses de los espiradores deben limpiarse e inspeccionarse regularmente. Si varias personas deben usar un mismo respirador, éste debe ser desinfectado antes de cada uso, con el fin de cumplir con las reglamentaciones vigentes. Entre los métodos de desinfección se incluyen:

1. Sumergirlo en una solución diluida de un compuesto de amonio cuaternario e inmediatamente enjuagarlo en agua caliente. Esta solución no es perjudicial para la piel ni para el caucho; y,
2. Lavarlo en agua jabonosa caliente y enjuagarlo durante un minuto, por lo menos, en agua limpia a una temperatura mínima de 60° C.

El supervisor deberá inspeccionar los respiradores periódicamente para buscar daños o componentes que funciones incorrectamente, por ejemplo, cintas para la cabeza o asientos de válvulas.

Solución a las quejas de los trabajadores

Muchas personas consideran que los respiradores son molestos, por que no se dan cuenta que, de no usarlos, podrían poner en peligro sus vidas. El supervisor debe decirles por qué es necesario llevar el equipo puesto, enseñarles cómo ajustarlo en su posición segura y explicarles su funcionamiento.

Otra objeción es que el respirador crea dificultades para respirar a través de él. Un respirador correctamente mantenido y aprobado por el NIOSH ofrece un mínimo de resistencia a la respiración.

Si se retira el respirador de vez en cuando, el polvo se asienta en éste. Cuando se vuelve a colocar el respirador, estas partículas pasan a la piel y causan irritaciones. Para evitar esto, el usuario deberá llevar puesto el respirador constantemente mientras se encuentra en una atmósfera contaminada. Para reducir aún más las posibilidades de irritación, puede usarse ungüentos, cremas o una pieza facial de algodón.

PROTECCIÓN ABDOMINAL Y DEL PECHO

La protección más común para el abdomen y torso es el delantal completo. Los delantales están confeccionados de distintos materiales. Los delantales de cuero o de tela con almohadillas o refuerzos ofrecen protección contra impactos suaves y cortaduras de cuchillo de carnicero, tales como los que se usan en plantas envasadoras de productos alimenticios. Las personas que trabajan cerca de lugares donde hay metales calientes y otras fuentes elevadas de calor conductivo usan frecuentemente chaquetas y delantales de asbesto.

Los delantales que se usan cerca de máquinas en movimiento deben ajustarse bien alrededor de la cintura. Las tirillas del cuello y la cintura deben llevar o cordones finos, o unos broches de desenganche instantáneo, en caso de que la prenda sea atrapada por una máquina. El extremo de cada tirilla irá provisto de uno de esos broches, para evitar quemaduras por fricción, en caso de que una tirilla sea atrapada por una máquina y arrastrada por la parte posterior del cuello. Deben usarse delantales de dos piezas en tareas que requieran mucha movilidad por parte del trabajador.

Los broches permiten que el delantal se ajuste cómodamente alrededor de las piernas.

A los soldadores se les exige frecuentemente usar chalecos o capas y mangas de cuero, especialmente a aquellos que realizan soldaduras por sobre la cabeza, como protección contra chispas y gotas de metales fundidos.

Cuando es necesario llevar cargas pesadas y de ángulos bruscos, los trabajadores usan prendas de vestir con almohadillas de cuero o de loneta, con el objeto de proteger sus hombros y espalda.

LA PROTECCION DE LAS MANOS

Los dedos, las manos y los brazos, son lastimados mas frecuentemente que cualquier otra parte del cuerpo. Usted debe utilizar protección adecuada para sus manos cuando este expuesto a peligros tales como los que presentan la absorción de sustancias peligrosas, cortaduras, raspaduras severas, perforaciones, quemaduras térmicas y las temperaturas extremadamente peligrosas.

LOS GUANTES

La utilización de guantes es la manera mas comúnmente utilizada para protegerse las manos.

- Al trabajar con materiales químicos, los guantes deben estar sellados con cinta adhesiva en el borde superior, o doblados de tal forma que eviten que los líquidos penetren al guante o entren en contacto con su brazo.
- Los guantes de vinilo, caucho y neopreno sirven para trabajar con la mayoría de los materiales químicos, sin embargo, si usted trabaja con productos a base de petróleo, será necesario utilizar un guante que este hecho a base de materiales sintéticos.
- Los guantes de algodón o de cuero se utilizan para trabajar con la gran mayoría de materiales abrasivos. los guantes reforzados con ganchos de metal ofrecen mayor protección contra objetos punzantes.
- No utilice guantes reforzados con metal al trabajar con equipos eléctricos.
- Es peligroso utilizar guantes cuando esta trabajando con maquinaria en movimiento. Las partes movibles pueden enredarse fácilmente con sus guantes y atrapar sus manos y sus brazos al jalarlos.

- Su supervisor le indicará cual es el equipo de protección de manos disponible para su trabajo cualquiera que sea la clase de guantes que escoja; asegúrese de que le queden bien.

LA PROTECCION DE LOS PIES

Las heridas en los pies ocurren:

- *Cuando los objetos pesados o agudos caen sobre sus pies*
- *Cuando un objeto rueda sobre sus pies*
- *Cuando usted pisa un objeto agudo que le perfora la suela del zapato.*

Al igual que con otros equipos de protección personal, la protección de su pie irá de acuerdo al trabajo que tenga que realizar.

Los zapatos y las botas de seguridad.

Los zapatos y las botas de seguridad están reforzadas con una estructura de acero que protegen sus pies de perforaciones o de ser aplastados. Hoy en día, se requiere que muchas botas de seguridad estén reforzadas con suelas resistentes.

- Si usted trabaja cerca de cables o conexiones eléctricas expuestas, necesitará calzado que no contenga metal para evitar que conduzcan la electricidad.
- Si usted trabaja en un ambiente libre de electricidad estática, por ejemplo, al trabajar con computadoras u otros equipos electrónicos delicados, utiliza calzado conductor diseñado para descargar las cargas estáticas a la alfombra o al piso.
- Los protectores para los pies, talones y tobillos pueden ser necesarios en su trabajo en particular.
- El oficial de seguridad de su compañía le recomendará la protección personal para sus pies que más le convenga.
- El calzado de caucho o de materiales sintéticos puede ser necesario al trabajar con químicos.

- Evite el utilizar zapatos o botas de cuero al trabajar con químicos cáusticos, ya que estas sustancias pueden corroer el cuero y entrar en contacto con sus pies.

ROPA DE TRABAJO

Las ropas de trabajo comunes pueden considerarse seguras si se encuentran limpias, en buen estado de conservación y son aptas para el trabajo. El término "ropas de seguridad" se refiere a prendas de vestir que están diseñadas específicamente para trabajos peligrosos, en los cuales las ropas comunes no brindan una protección suficiente para evitar lesiones leves, por ejemplo, escoriaciones, quemaduras y rasguños.

Un buen ajuste es importante. La mayoría de los pantalones se hacen excesivamente largos, pensando en que al lavarlos se encogerán, y para que se ajusten a las personas altas. Los pantalones que son muy largos se acortarán a la longitud adecuada, sin dobleces. En caso de hacerles dobleces, éstos serán cosidos para evitar que se enganchen. No deben usarse dobleces cerca de trabajos que producen chispas u otros materiales, ya que podrían resultar peligrosos en caso de quedar apartados por aquéllos.

Las corbatas, las mangas largas o sueltas, guantes y otras prendas sueltas (especialmente alrededor de la cintura) crean un peligro, ya que pueden ser atrapadas con facilidad por piezas de máquinas que se mueven o giran.

Las joyas, de cualquier clase, no tienen cavidad en un taller. Los anillos, collares y relojes de pulsera pueden causar lesiones graves. Se puede perder un dedo fácilmente si un anillo se engancha en la pieza de una máquina que está en movimiento o en objeto fijo mientras el cuerpo se mueve rápidamente. Los collares y las cadenas de llaveros y relojes también constituyen un peligro cerca de la máquina que están en movimiento. El uso de joyas metálicas cerca de equipos eléctricos, incluyendo baterías pueden ser peligrosos.

Las ropas saturadas en aceite o en un disolvente inflamable puede encenderse con facilidad, creando así un peligro. Con frecuencia ocurren irritaciones cutáneas debido al contacto continuo con ropas que han estado saturadas con disolventes o aceites.

Si existe la posibilidad de que el cabello pueda contaminarse con aceite o polvo, deberá usarse una gorra, ya que con ello se evitará que se ensucie, que se produzca infecciones y se contribuirá a que se conserve mejor. Una gorra puede, incluso, proteger a una persona, cuando haya maquinas que tienen piezas móviles y que no pueden ser resguardadas totalmente.

Materiales para ropas protectoras

Las ropas protectoras destinadas a proteger a los trabajadores contra distintos peligros se confeccionan con diversos materiales. Los supervisores deberán familiarizarse con estos

Telas aluminizadas. Tienen un revestimiento que refleja el calor radiante. El asbesto aluminizado se usa para confeccionar trajes gruesos y la tela aluminizada para confeccionar trajes de aproximación al fuego.

El asbesto se usa como protección contra el calor intenso por conducción y contra el fuego. Cuando se usa con una barrera de material reflectante, el asbesto es un elemento excelente de protección para el combate contra incendios y tareas de rescate.

La tela de algodón resistente al fuego se usa frecuentemente para confeccionar gorras cuya finalidad es proteger a las personas que trabajan cerca de lugares donde haya chispas y fuego. A pesar de que la tela es durable, podría ser necesario volver a repetir el tratamiento de ignifugación después de una a cuatro lavadas.

La lona resistente al fuego se usa para confeccionar prendas y en lugares donde hay chispas y llamas. Es liviana, fuerte y dura mucho tiempo. No se considera una protección contra el calor extremo.

La fibra de vidrio se usa para aislar ropas mediante la colocación de capas múltiples. La superficie externa está hecha de tela de fibra de vidrio o de otra tela aluminizada.

Los materiales impermeables (caucho, neopreno, vinilio y telas impregnadas con estos materiales) protegen contra el polvo, vapores, nieblas, humedad y sustancias corrosivas. El caucho se usa ampliamente, ya que es resistente a los ácidos, cáusticos y a otras sustancias corrosivas. El neopreno es resistente a los

aceites derivados del petróleo, a los disolventes, ácidos, alcalinos y otras sustancias corrosivas.

El cuero protege contra impactos leves. El cuero curtido al cromo protege contra chispas, salpicaduras de metales derretidos y radiaciones infrarrojas y ultravioletas.

Las fibras sintéticas (como el "Orlón", "Dinel" y "Vinión ") son resistentes a las ácidos, a muchos disolventes, al moho, a la abrasión, al desgarrar y a lavadas repetidas. En razón de que algunas telas generan electricidad estática, estas prendas no deberán usarse en atmósferas explosivas ni de alto contenido de oxígeno, a menos que sean tratadas con un agente antiestático.

La lona impermeable es útil para tareas donde el trabajador debe exponerse al agua y a los líquidos no corrosivos. Cuando se la reviste con aluminio, la lona también protege contra el calor radiante.

La lana puede usarse para ropas que protejan contra salpicaduras de metales derretidos y pequeñas cantidades de ácidos, como también contra llamas pequeñas.

Telas inarrugables. Con el uso tan difundido de las denominadas telas inarrugables debe tenerse mucho cuidado, ya que algunas de ellas son muy inflamables.

ROPA PARA MUJERES

Las mujeres necesitan protección especial para la cabeza, con el objeto de evitar que el cabello les sea atrapado por tornos, perforadoras de columna, maquinas de coser y otras clases de máquinas en movimiento, especialmente aquellas que producen una cantidad suficiente de corrientes estática como para erizar el cabello. Las gorras también protegen el cabello contra los aceites y los polvos.

Las gorras deben encerrar todos los mechones de cabello y tener una visera lo suficientemente grande como para que sirva de advertencia en caso de que la cabeza se aproxime demasiado a una máquina.

Las redecillas, los pañuelos de cabeza y las cofias constituyen una protección aceptable para la cabeza en muchas tareas donde no hay maquinaria en movimiento.

Cualquier protección para la cabeza que se use en lugares donde haya chispas o llamas debe estar confeccionada con materiales resistentes a éstas.

Las mujeres que trabajen en lugares donde a los hombres se les obligue a llevar cascos o gorras de seguridad llevarán la misma clase de protección.

Una vez que las mujeres se convencen de que la protección para la cabeza les ayuda a conservar limpio, atractivo y libre de polvos y aceites, el problema de hacerles que usen protección para el cabello resulta más fácil.

A algunas mujeres que trabajan con máquinas en movimiento se les exige que usen pantalones.

El calzado de trabajo para las mujeres deberá ser fuerte cómodo y amoldarse bien al pie. Los tacones no deben tener una altura mayor de 3 cm. Las mujeres no deben usar zapatos abiertos en operaciones industriales. Deben usar zapatos de seguridad donde los peligros así lo aconsejen.

Los hombres que usan cabelleras largas también tienen problemas similares. Ver a continuación cómo solucionarlos.

PROBLEMAS ESPECIALES DEL HOMBRE ACTUAL

En una época se pensaba que solamente las mujeres se preocupaban por su apariencia personal de manera que su ropa de trabajo debía ser atractiva y lucir bien. Es posible que esto hoy no sea verdad, ya que los hombres se preocupan por el buen vestir tanto como las mujeres. También muchos hombres usan cabellos muy largos. Estos individuos se exponen a sí mismos a peligros cuando trabajan bajo ciertas condiciones. Si trabajan en cualquier máquina que tenga piezas giratorias o rotativas y ejecutan cualquier trabajo en el que su cabellera corre riesgo de ser atrapada, se les debe exigir que usen la misma clase de protección que se les exige a las mujeres para la misma tarea, por ejemplo, una redecilla para el cabello, una gorra, una cofia o una protección similar.

A los hombres que tienen patillas espesas y largas a veces les resulta imposible ajustarse bien las orejeras. Si fuese necesario un alto grado de atenuación al ruido es posible que el trabajador deba cortarse las patillas.

Los bigotes largos y frondosos, como también las barbas pueden crear un peligro. Se ha comprobado que debido a éstos es imposible lograr un buen ajuste con

muchas piezas faciales usadas con equipos respiratorios. Reiteramos: "Es necesario establecer ciertas reglas y exigir a los trabajadores que se ajusten a éstas."

Debido a que la vida de una persona puede depender del equipo respiratorio que está usando, es vitalmente importante que éste se ajuste correctamente.

Algunas modas de peinado "Afro" imposibilitan que una persona pueda acomodarse correctamente un casco sobre su cabeza, con el resultado de que el usuario no podrá llevarlo o que tendrá que quitarle la suspensión. Esto, naturalmente, anula el propósito de usar casco.

La industria debe establecer ciertas reglas para el uso de ropas. Los trabajadores deben comprender que estas reglas y normas son necesarias y, por consiguiente, deben estar de acuerdo en respetarlas.

PROTECCIÓN PARA TRABAJOS EN ALTURAS.

Los cinturones y arneses de seguridad unidos a cuerdas salvavidas deben ser usados por quienes trabajan a niveles elevados, en espacios cerrados donde pudiera haber una insuficiencia de aire o donde los trabajadores pudieran quedar atrapados por materiales sueltos o lesionarse. En éste capítulo no se incluyen cinturones de seguridad para vehículos o cinturones de guardalíneas.

Existen cinturones y arneses tanto para situaciones normales para emergencias. El uso normal implica tensiones comparativamente leves que se aplican durante un trabajo normal, tensiones que raramente se exceden del peso estático del usuario. Uso de emergencia significa el detener a una persona cuando cae; cualquier componente del cinturón puede someterse a una carga de impacto muchas veces superior a la del peso del usuario.

Por ejemplo, el cinturón que emplea un limpiaventanas está sometido a una carga moderada la mayor parte del tiempo, mientras lo está usando. Sin embargo, será sometido a una carga intensa si el hombre cae cuando solo una terminal del cinturón está enganchada. Un cinturón para una persona que tiene que inclinarse hacia atrás mientras trabaja debe, por consiguiente, tener un aro en "D" a cada lado del cinturón, que sirve para engancharlos a una soga o a una línea acolladora. Luego, la soga se fija a un punto de anclaje.

El arnés "silla colgante" se usa en aquellos casos en que una persona debe quedar sostenida verticalmente, por ejemplo, cuando se la levanta o desciende a lo largo de una pared. La silla tiene una correa (a veces con un asiento de madera) para sentarse sobre ella, además de otra correa para la cintura que va unida a cada lado del hombre, para que pueda estar de pie o sentarse y no puede caer fuera de la silla.

Un cinturón de seguridad modelo "arnés" distribuye mejor el impacto en caso de una caída. El impacto se distribuye sobre los hombros, la espalda y cintura, en vez de concentrarse solamente en la cintura. Esto facilita el rescate en caso de que una persona se encuentre inconsciente, que quede sepultada por un derrumbe o deba ser sacada a través de una boca de inspección. Siempre que un trabajo requiera usar una máscara con tubo, serán necesarios un arnés y una cuerda salvavidas.

Si existe posibilidad de una caída libre larga, el arnés deberá ser diseñado para que distribuya la fuerza del impacto sobre las piernas, el pecho y la cintura. Un amortiguador de golpes o un mecanismo de desaceleración que frene gradualmente a una persona mientras cae aminora el impacto tanto sobre el equipo como sobre la persona. Para evitar una caída larga, la cuerda debe atarse por encima de la cabeza y ser tan corta como permitan los movimientos del trabajador.

Cuerdas salvavidas

Para la mayoría de las cuerdas salvavidas se recomienda una soga de cáñamo de Manila (o abacá) de 2 cm., o de nilón de 1.3 cm. El nilón es más resistente al desgaste o roce que la soga de cáñamo de Manila. Es más elástico (absorbe mejor los impactos y las sacudidas bruscas) y tiene una elevada resistencia tensora (seco o húmedo). El nilón es fuerte, flexible y fácil de manejar. Como tiene resistencia al moho puede ser guardado sin secar.

La resistencia a la rotura se mide siempre mediante un tirón de la soga en línea recta. Una soga de cáñamo de Manila de 13 mm de diámetro se corta a, aproximadamente, 1.200 kg. Una soga de nilón de 13 mm tiene una resistencia de 2.900 kg (más o menos el 5 por 100). Tomando como factor de seguridad 5 para el cáñamo de Manila y 9 para el nilón, tenemos una resistencia de carga segura de 240 kg y 322 kg respectivamente.

La soga de cáñamo de Manila de 2 cm tiene una resistencia a la rotura de 2.450 kg., dando una resistencia de carga segura de 457 kg.

Cuando se usa un amortiguador de bajo límite de carga, una soga de cáñamo de Manila de 2 cm., o de nilón de 13 mm., es considerada adecuada para la mayoría de las cuerdas salvavidas. Sin un amortiguador, hasta una soga de cáñamo de Manila de 2 cm., puede ser insuficiente para detener una caída larga.

No deben usarse cables de acero como cuerdas salvavidas en donde sea posible una caída libre, a menos que se use un dispositivo amortiguador, ya que su rigidez aumenta considerablemente la carga del impacto. Los cables de acero son peligrosos cuando se les usa en los alrededores de instalaciones eléctricas.

Los nudos reducen la resistencia de todas las sogas. La magnitud de la pérdida de resistencia depende de la clase de nudo y de la cantidad de humedad que tenga la soga.

Inspección y cuidado de los cinturones y las cuerdas

Los cinturones y las cuerdas se deben inspeccionar cada vez que van a ser usados. Los cinturones deben ser inspeccionados por un inspector calificado una vez cada tres meses, por lo menos.

Cinturones. Los cinturones de cuero se deben inspeccionar cuidadosamente en ambos lados para descubrir si tienen cortaduras y raspaduras. Cualquier cortadura vertical profunda transversal al lo largo del cinturón justifica el descartarlo. Las cortaduras longitudinales no son tan graves, aunque deberán ser observadas cuidadosamente y, a menos que sean muy pequeñas, será necesario desechar el cinturón.

Deben inspeccionarse los componentes metálicos y reemplazarse aquellos que estén desgastados. Si el cinturón está remachado, debe inspeccionarse cuidadosamente cada remache para descubrir posibles desgastes alrededor de los agujeros de los remaches.

Al cepillar el polvo y la suciedad de los cinturones de cuero se deberá hacerlo con cuidado, para así evitar el rayarlos. El cinturón se lavará con agua caliente y jabón suave para cuero y se enjuagará con agua clara y caliente, y a continuación se pondrá a secarlo a temperatura ambiental. Antes de que esté totalmente seco el cinturón, hay que aceitarlo con aceites de pezuñas, aceite de castor o ricino, de soja, o con un compuesto especial de silicona, más nunca con aceite mineral.

Los cinturones de tejido pueden ser lavados en agua caliente jabonosa, enjuagados con agua clara y secados a calor moderado. Si estos cinturones se usan en condiciones insólitas, o si fuese necesario usar un revestimiento, deberá consultarse con el fabricante.

Cuerdas. Es necesario examinar la superficie externa de las cuerdas a fin de descubrir si tienen cortaduras o fibras cortadas o desgastadas. Deben destacarse las sogas de cáñamo de Manila que hayan perdido su diámetro o adquirido una apariencia de suavidad. Deben examinarse las fibras internas de la soga de cáñamo, a fin de descubrir si tienen cortes, decoloraciones y deterioros. La soga debe descartarse ante cualquiera de estas señales:

Deben examinarse los cables de alambre de acero para descubrir si los alambres están rotos, oxidados o torcidos, lo cual pudiera debilitarlos. Los cables deben mantenerse limpios, secos y libres de óxidos y deben lubricarse con frecuencia, especialmente antes de usarlos en atmósferas ácidas o exponerlos al agua salada. Después de estos usos hay que limpiarlos cuidadosamente y lubricarlos nuevamente con aceite.

MANEJO SEGURO DE HERRAMIENTAS***OBJETIVO GENERAL DEL CURSO:***

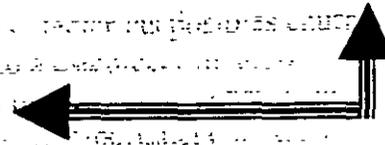
Uno de los objetivos importantes de este curso es corregir las practicas de trabajo incorrectas y formar una conciencia en la prevención de accidentes, tanto en el trabajo como fuera de este.

OBJETIVOS DEL GRUPO:

Lograr que el grupo unifique criterios de actuación en materia de seguridad e higiene, y específicamente en el manejo adecuado de las herramientas, su cuidado, almacenamiento, orden y limpieza.

Las Instalaciones Eléctricas y la Conexión a Tierra

Capítulo 5



5.1 INTRODUCCIÓN

Muchas de las variaciones que ocurren en la calidad del suministro de energía eléctrica ocurren dentro de las instalaciones de los propios usuarios y están relacionadas con problemas de alambrado y conexiones a tierra, por lo que es necesario hacer una revisión de los mismos.

En México, la NOM-001-SE-1996, que es la norma para instalaciones eléctricas, proporciona las condiciones mínimas para el alambrado y la conexión a tierra; sin embargo, cuando se trata de equipo sensible, es necesario ir más allá de los requerimientos de esta norma, para considerar los requerimientos de un sistema que también debe minimizar el impacto de las armónicas, los transitorios y el ruido sobre el equipo conectado.

5.2 LAS RAZONES PARA LA CONEXIÓN A TIERRA

La razón más importante para la conexión a tierra es la seguridad y, para esto, hay dos aspectos importantes a considerar:

1. LA SEGURIDAD DEL PERSONAL

La seguridad del personal es la razón primaria por la que todos los equipos deben tener una conexión de seguridad a tierra, ésta debe estar diseñada para prevenir la posibilidad de voltajes de contacto o toque elevados cuando se presenta una falla en alguna parte del equipo.

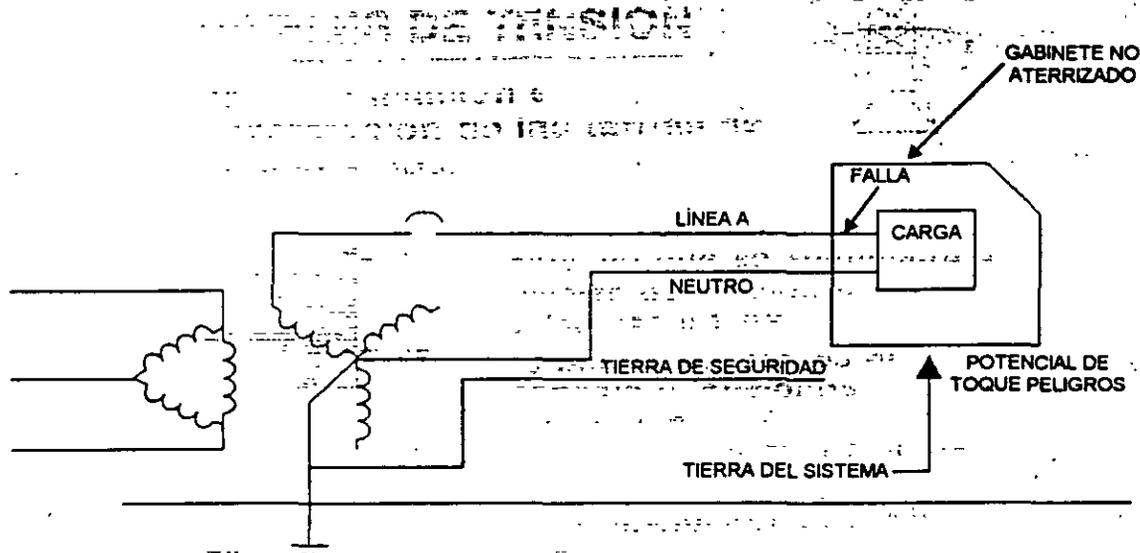


FIGURA 5.1 EL ALTO VOLTAJE DE TOQUE SE PUEDE CREAR POR UNA TIERRA IMPROPIA

El voltaje de toque, es el voltaje entre cualquiera de las dos superficies conductoras que pueden ser simultáneamente tocadas por un individuo. **La tierra puede ser una de estas superficies.**

En la práctica, no deberían de haber tableros o paneles *flotantes* en la vecindad de los circuitos eléctricos, en el evento de una falla de aislamiento o una aplicación inadvertida de humedad, cualquier carga eléctrica que aparece en el gabinete, tablero o canalización, que debe ser drenado a tierra o a un objeto con una tierra confiable.

2. CONEXIÓN PARA ASEGURAR LA OPERACIÓN DEL DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN

Una corriente de falla a tierra tiene una trayectoria de retorno al punto donde la fuente de potencia tiene su conductor de neutro aterrizado y es una acción esencial de seguridad. Una falla de aislamiento o alguna otra falla que permite que un conductor de fase haga contacto con un gabinete encontrará una trayectoria de baja impedancia de regreso al neutro de la fuente. La sobrecorriente resultante producirá que el interruptor o fusible desconecten el circuito fallado en forma inmediata. De acuerdo con la norma para instalaciones eléctricas (NOM-001-SE1996), una trayectoria eléctrica de tierra debe tener los siguientes atributos:

- Permanente y continua.
- Tener capacidad para conducir en forma segura cualquier corriente de falla.
- Tener una impedancia suficientemente baja para limitar el voltaje a tierra y facilitar la operación de los dispositivos de protección en el circuito.
- La tierra no se deberá usar como un conductor de tierra aislado.

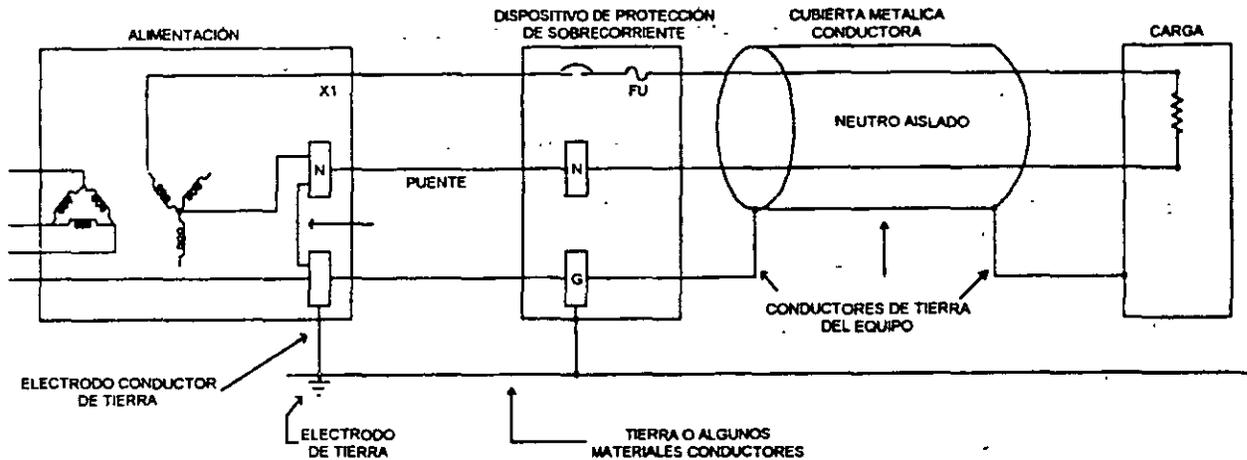


FIGURA 5.2 TERMINOLOGÍA USADA EN LAS INSTALACIONES DE TIERRA

3. CONTROL DEL RUIDO

El control del ruido incluye a los transitorios de todas las fuentes, **esto es donde la conexión a tierra se relaciona con la calidad del servicio eléctrico**. La conexión a tierra de seguridad define los mínimos requerimientos para un sistema de tierras de modo que cualquier otra cosa que se haga en un sistema de tierras, para mejorar el comportamiento del efecto de ruido, se debe hacer en adición a los requerimientos mínimos definidos por la norma para instalaciones eléctricas (NOM-001-SE 1996).

El objetivo primario de la conexión a tierra para el control del ruido es crear un sistema de tierra equipotencial, las diferencias de potencial entre diferentes puntos de tierra pueden producir esfuerzos dieléctricos en los aislamientos, creando corrientes de tierra circulantes en los cables de baja tensión e interferencia con el equipo sensible, que puede ser aterrizado en puntos múltiples. La igualación de las diferencias de voltaje a tierra entre las partes de un procesador de datos automático se hace cuando los equipos conectados a tierra están conectados al punto de tierra de una fuente de alimentación única. Sin embargo, si la longitud de los conductores



de tierra es grande, es difícil lograr un potencial constante, particularmente para el ruido de alta frecuencia.

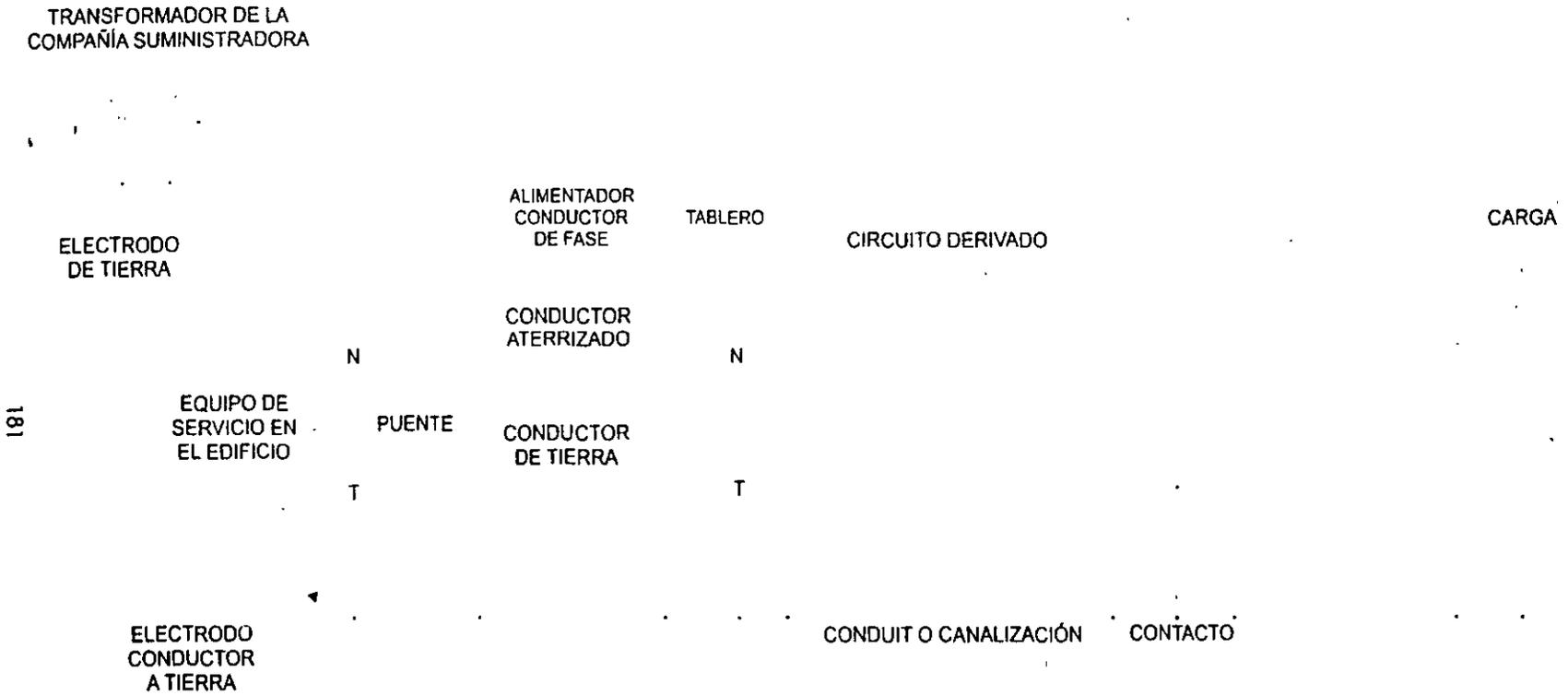


FIGURA 5.3 ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA ATERRIZADO CONVENIENTEMENTE

181

TRANSFORMADOR DE LA
COMPAÑÍA SUMINISTRADORA

ELECTRODO
DE TIERRA

EQUIPO DE
SERVICIO EN
EL EDIFICIO

ELECTRODO
CONDUCTOR
A TIERRA

ELECTRODO DE TIERRA
DEL EDIFICIO

N

PUENTE

T

ALIMENTADOR
CONDUCTOR
DE FASE

CONDUCTOR
ATERRIZADO

CONDUCTOR DE
TIERRA AISLADO
CONDUIT O CANALIZACIÓN

TABLERO

N

T

CIRCUITO DERIVADO

CONTACTO AISLADO
DE TIERRA

CARGA

FIGURA 5.4 CONFIGURACIÓN DE TIERRA PARA UN SISTEMA CON TIERRA AISLADA

La conexión a tierra, si se hace de una manera eficiente, sirve para los siguientes propósitos:

- Proteger la vida de un shock eléctrico y la propiedad de daños.
- Limitar el voltaje de un circuito cuando es expuesto a voltajes más altos de los que fue diseñado.
- En general limitar, el voltaje de un circuito de CA a 150 Volts o menos en circuitos de alambrado interior.
- Facilitar la operación de aparatos y sistemas eléctricos.
- Limitar el voltaje en un circuito en el que de otra forma se puede exponer a una descarga.

CONEXIÓN A TIERRA EFECTIVA

- La conexión a tierra efectiva establece el voltaje cero como referencia para un sistema de distribución eléctrico y provee protección para el sistema eléctrico y el equipo de voltajes superpuestos por descarga y contacto con sistemas de alto voltaje. Conexión a tierra previene la aparición de voltajes estáticos y potencialmente peligrosos en un edificio.
- El electrodo de tierra más común es una varilla de acero recubierta de cobre.
- La resistencia a tierra debe ser tan baja como sea posible, lo que dará un buen funcionamiento al sistema de distribución y una buena protección al personal.
- La conexión del sistema de distribución eléctrico a tierra se hace en la entrada del servicio.
- El neutro del sistema de distribución se conecta a tierra en la entrada del servicio.
- El neutro y la tierra también se conectan juntos al secundario del transformador en el sistema de distribución, donde el secundario forma un sistema aterrizado.
- El sistema puede ser aterrizado si, cuando se conecta a tierra, el voltaje máximo a tierra no excede de 150 V.
 - Ejemplo: circuitos de 120/208 y 120/220 Volts o si el sistema incorpora un neutro.
- Los anteriores, son los únicos lugares donde se conecta a tierra el neutro, cualquier otra conexión sea intencional o no, puede ser peligrosa y puede traer problemas de calidad de la energía.

La puesta a tierra como es requerida, se hace de tal manera que sirva eficientemente a los siguientes propósitos:

- a. Para proteger vidas del peligro de descargas eléctricas y daños en propiedades.
 - b. Para limitar el voltaje sobre un circuito cuando es expuesto a altos voltajes para los cuales el circuito fue diseñado.
 - c. En general, para limitar voltajes a tierra de circuitos de corriente alterna para 150 volts o menores en alambrados de circuitos de alimentación de sistemas interiores.
 - d. Para facilitar la operación de aparatos y sistemas eléctricos.
 - e. Para limitar el voltaje en un circuito cuya fuerza distinta se presenta en la exposición directa de descargas atmosféricas.
- Para cumplir lo antes citado, la efectiva puesta a tierra del suelo y del equipo es requerida.
- Los equipos puestos a tierra efectivamente interconectan todas las superficies conductoras que no transportan corriente, así como las cubiertas de los equipos, pistas y conductos a tierra.
- El propósito de poner a tierra los equipos es triple:
- a. Para minimizar voltajes en equipo eléctrico, previendo de este modo protegerlo de descargas y electrocución al personal en contacto con el equipo.
 - b. Para proporcionar una trayectoria de baja impedancia de amplia capacidad de conducción de corriente, para garantizar la operación rápida de los dispositivos contra sobrecorriente bajo condiciones de falla a tierra.
 - c. Para facilitar la operación del equipo eléctrico.
- Los primeros dos puntos están directamente relacionados con la seguridad del personal y pueden ser ilustrados de la siguiente manera:

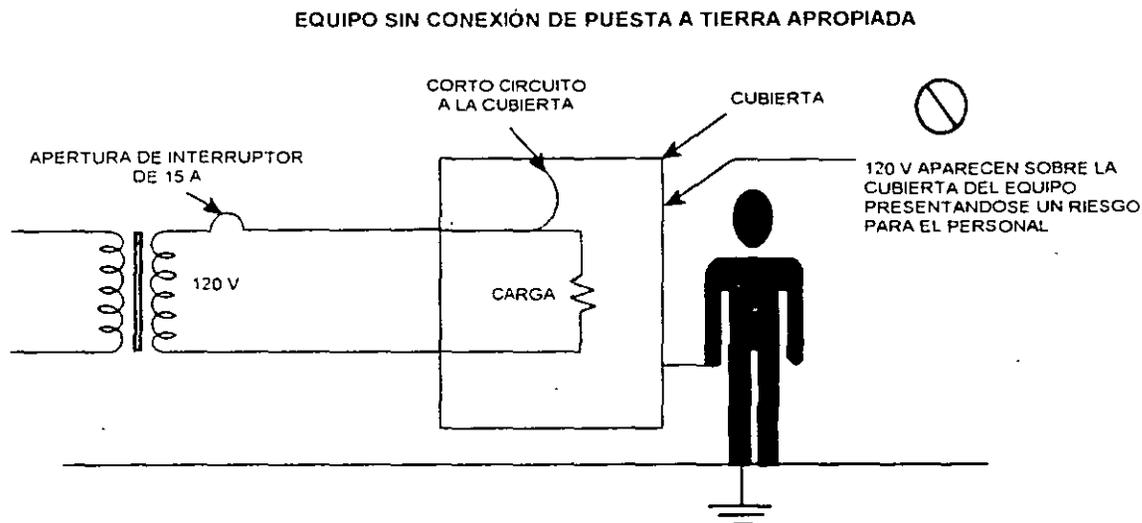


FIGURA 5.5

- Si el equipo estuviera aterrizado adecuadamente, la cubierta del equipo no presentaría ninguna descarga peligrosa y la corriente de falla a tierra operaría efectivamente el dispositivo de sobrecorriente.

5.3 LAS REDES DE TIERRA PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS

En las instalaciones eléctricas en general, se deben conectar a tierra equipos, tableros y estructuras, por razones de seguridad del personal y protección del equipo. Los sistemas eléctricos se conectan a tierra para reducir el riesgo de shock al personal y a la vez proporcionar una trayectoria a tierra para las corrientes inducidas en el sistema por descargas atmosféricas; para cumplir con estos objetivos, es esencial que las conexiones a tierra tengan una resistencia muy baja. Es virtualmente imposible garantizar una absoluta seguridad en el sistema de tierras bajo todas las circunstancias, debido a las condiciones desfavorables.

Algunos de los factores que tienen un papel importante en el diseño del sistema de tierras son los siguientes:

- **La resistividad del terreno.** Esta cantidad se expresa en ohm-cm y representa la resistencia de un centímetro cúbico de tierra, medida entre superficies opuestas.

- ☞ **El tamaño o extensión del sistema de tierras.** Este es un factor importante, ya que si el sistema es muy pequeño para manejar grandes corrientes de falla, pueden existir gradientes de potencial sobre la superficie, haciendo riesgoso esto para el contacto. En forma ideal, la resistencia de un sistema de tierras debería ser cero ohms para reducir cualquier voltaje o gradiente de potencial, debido a las corrientes de fuga esto es prácticamente imposible.

En la práctica, las normas técnicas para instalaciones eléctricas establecen que la resistencia de una varilla o electrodo de tierra no debe exceder a 25 ohms. Esto se toma como un límite superior y es una regla general; sin embargo, en muchos casos se requiere de una resistencia mucho menor por seguridad. Para las **subestaciones eléctricas grandes**, la resistencia de tierra no debe de exceder a 1 Ω , en tanto que para las **subestaciones eléctricas pequeñas**, una resistencia menor o igual a 5 Ω se considera adecuada.

Los efectos de la electricidad sobre el cuerpo humano, dependen esencialmente de los siguientes factores:

- ☞ La intensidad de la corriente.
- ☞ El tipo de corriente (continua, a la frecuencia industrial o de 60 Hz, o bien, corrientes de alta frecuencia).
- ☞ La trayectoria seguida por la corriente en el cuerpo.
- ☞ Las condiciones de la persona en el momento del contacto.

Como se puede observar, algunos de los factores mencionados no son de fácil valoración; por lo que no es posible establecer reglas rigurosas. Como medida orientativa, se pueden elaborar curvas de peligrosidad de la corriente, donde se relaciona el tiempo de contacto tolerable en función de la corriente. De estas curvas, se observan las consecuencias de tener contacto con las partes en tensión; ya que por ejemplo, corrientes mayores de 50 mA y tiempos correspondientes a la zona 2 de la curva de efectos de la corriente eléctrica, pueden tener consecuencias mortales para el hombre.

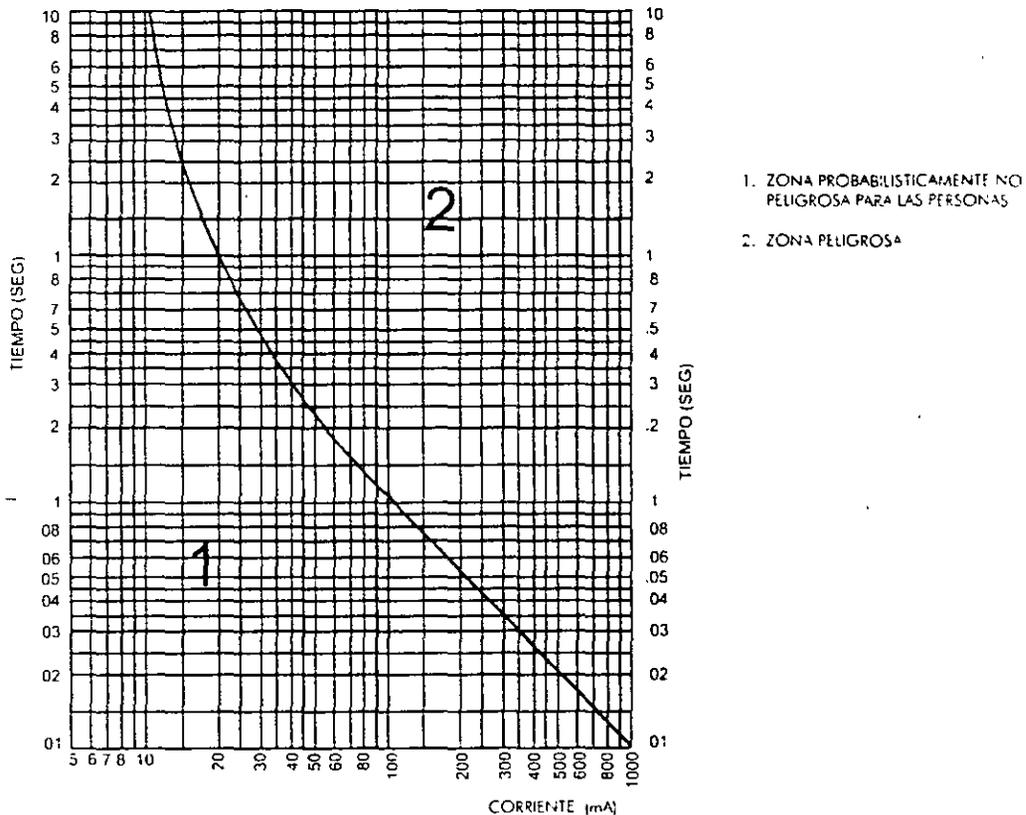


FIGURA 5.6 CURVA DE EFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

También, es conveniente hacer notar que la resistencia eléctrica del cuerpo humano es muy variable (de algunos cientos hasta miles de ohms); por lo que los valores de tensión aplicados al cuerpo humano se consideran peligrosos y se deben definir en forma conservadora. Las instalaciones de puesta a tierra y el ejemplo de protecciones adecuadas y coordinadas, constituyen el medio principal para limitar dicha tensión.

Básicamente, las situaciones provocadas por la circulación de la corriente eléctrica en el cuerpo humano son:

- ① Un choque eléctrico propiamente dicho, definido como una sensación desagradable de acción temporal, que ocurre cuando una corriente pasa el umbral de percepción.
- ② Pérdida del control muscular, que ocurre cuando una corriente es tal que una persona sujetando un electrodo energizado no puede soltarlo espontáneamente.

- ③ Pérdida de la respiración, que puede ser consecuencia tanto de una contracción prolongada de los músculos respiratorios como de los efectos de la corriente sobre el centro de control de la respiración en el cerebro.
- ④ Interrupción de la circulación sanguínea, ocasionada por la fibrilación del corazón, que es la causa más frecuente de muertes de las víctimas de accidentes eléctricos.
- ⑤ Producción de quemaduras, que ocurre cuando un accidente involucra a tensiones elevadas.

Los siguientes valores, se pueden tomar como referencia en choques de corrientes con frecuencias de 50/60 Hz.

- ☞ 05. mA como umbral de percepción de la corriente eléctrica.
- ☞ 10 mA como el umbral de percepción para el 50% de la población.
- ☞ 5 mA pérdida del control muscular en el 0.5% de las mujeres.
- ☞ 9 mA pérdida del control muscular en el 0.5% de los hombres.
- ☞ 10.5 mA pérdida del control muscular en el 50% de las mujeres.
- ☞ 16 mA pérdida del control muscular en el 50% de los hombres.
- ☞ 20 - 30 mA posibilidad de asfixia.
- ☞ $116/\sqrt{t}$ mA fibrilación de corazón (t mayor de 0.083 seg. y menor de 5 seg.)

La corriente directa (frecuencia cero) no es tan letal como la corriente alterna 50/60 Hz. Se pueden considerar los siguientes valores:

- ☞ 5 mA umbral de percepción para el 50% de las mujeres.
- ☞ 5.2 mA umbral de percepción para el 50% de los hombres.
- ☞ 41 mA pérdida del control muscular en 0.5% de las mujeres.
- ☞ 62 mA pérdida del control muscular en el 0.5% de los hombres.
- ☞ 500 mA fibrilación del corazón en 3 segundos.

5.3.1 RESISTENCIAS DEL CIRCUITO DE CHOQUE

Cuando se proyecta un sistema de conexión a tierra para corrientes a la frecuencia industrial (50/60 Hz), se debe verificar una corriente eléctrica que circulará por el cuerpo humano, tomando posesión en las localidades más desfavorables o más probables.

Para esto, es necesario conocer con razonable precisión una resistencia eléctrica que se opone al paso de esa corriente, o sea, con valores máximos admisibles de corriente de choque en cada situación.

En la siguiente figura, se muestran los circuitos equivalentes para representar las llamadas tensiones de paso y de contacto:

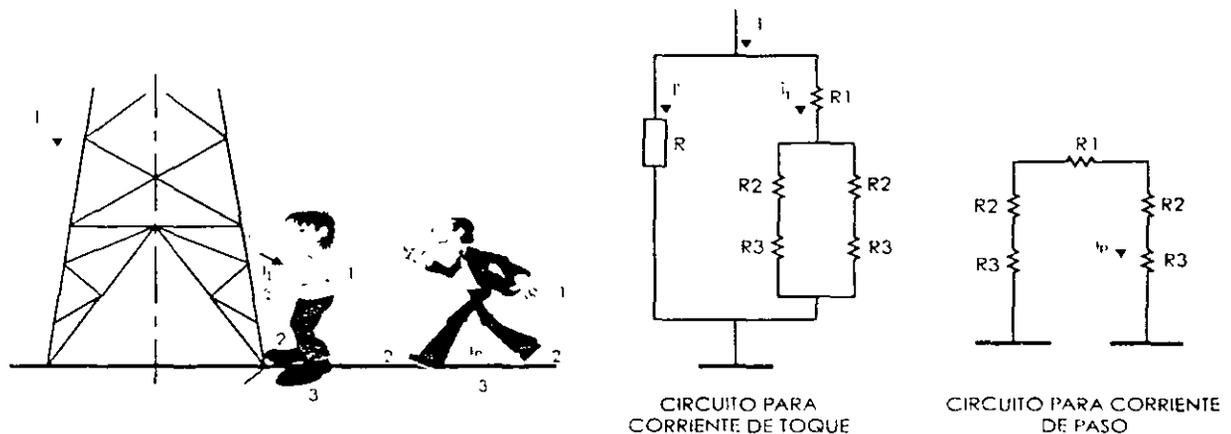


FIGURA 5.7

De los circuitos anteriores se tiene:

R_1 = Resistencia del cuerpo humano incluyendo los contactos de manos y pies.

R_2 = Resistencia de los zapatos.

R_3 = Resistencia de contacto pie-suelo.

5.3.2 RESISTENCIA DEL CUERPO HUMANO

Las mediciones en personas vivas sólo se pueden hacer con tensiones bajas, de alrededor de 25 V. Para tensiones mayores, se usan cadáveres, y es de esta manera como se obtienen los valores recomendados en la tabla siguiente:

TABLA 5.1

RESISTENCIA DEL CUERPO HUMANO	
TENSIÓN DE CONTACTO (V)	RESISTENCIA DEL CUERPO HUMANO (OHM)
25	2500
50	2000
250	1000
Valor límite	650

RESISTENCIA DE LOS ZAPATOS

De los estudios hechos con propósitos de seguridad en equipo y ropa de trabajo, indican que la resistencia de los zapatos secos nuevos con suela de cuero puede variar entre 50 y 200 megohm (millones de ohm). Cuando se humedecen, su resistencia puede caer a valores muy bajos, hasta cerca de 800 ohms.

5.3.3 RESISTENCIA DE CONTACTO PIE-SUELO

Una corriente de choque de falla se puede limitar mediante la introducción de un medio semi-aislante en serie con el cuerpo humano. Esto es posible mediante la aplicación de una **capa de grava, asfalto o de otro material de alta resistividad** sobre la superficie del suelo natural en los locales de acceso.

Este método, sólo se justifica cuando el medio semi-aislante tiene una resistividad muy superior a la capa superficial del suelo (del orden de 5 veces o más). Esta resistencia dependerá de distintos factores, como la resistividad del suelo o capa semi-aislante (cuando existe), del peso aplicado y de la posición de los pies (próximos o distantes entre sí).

El objetivo de un sistema de tierras en una instalación eléctrica es, proporcionar una superficie debajo del suelo y alrededor de la instalación, que tenga un potencial tan uniforme como sea posible y lo más próximo a cero o al potencial absoluto de tierra, con vistas a asegurar que:

- ☞ Todas las partes de los aparatos (distintas de las partes vivas), que se conecten al sistema de tierras (a través de conductores de puesta a tierra), estén al potencial de tierra.

☞ Los operadores y personal de la instalación, estén siempre al potencial de tierra.

CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TIERRA POR SU USO

A) Sistema de tierra para protección

Significa drenar a tierra las corrientes de falla de todos los elementos metálicos (no conductores) que formen parte de la instalación eléctrica, incluyendo equipos para protección de las personas.

B) Sistema de tierra para funcionamiento

Se refiere a que una parte del sistema eléctrico debe mantenerse a potencial de tierra para su buen funcionamiento; en los sistemas de distribución, los neutros de los transformadores, generadores, bases de los apartarrayos, los circuitos de comunicación para eliminar ruidos e interferencias; en los circuitos electrónicos, para señal de referencia, etcétera.

C) Sistema de tierra provisional

Es una puesta a tierra con carácter provisional que debe garantizar seguridad a la integridad física de las personas. Es común utilizarla en trabajos de mantenimiento de elementos eléctricos, que normalmente se hayan energizadas y temporalmente fuera de servicio.

Las redes de tierra para instalaciones eléctricas

NATURALEZA DEL TERRENO

Los elementos a considerar son:

A) Resistividad

Cuanto menor sea la resistividad del terreno, más fácilmente se pueden alcanzar valores bajos para la resistencia de la instalación de los sistemas de tierra.

TABLA 5.2
VALORES DE RESISTIVIDAD DEL TERRENO

VALORES TÍPICOS DE RESISTIVIDAD DE LOS TERRENOS	
TIPO DE SUELO	RESISTIVIDAD OHM/M
Húmedo o suelo orgánico	10-50
Cultivo arcilloso	100
Arenoso húmedo	200
Arenoso seco	1 000
Con guijarro y cemento	1 000
Rocoso	3 000
Roca compacta	10 000

B) Temperatura y humedad

La resistividad del terreno varía con la temperatura y el grado de humedad. Por lo que no es aconsejable efectuar mediciones de resistividad del terreno en condiciones de altas temperaturas o de lluvias recientes.

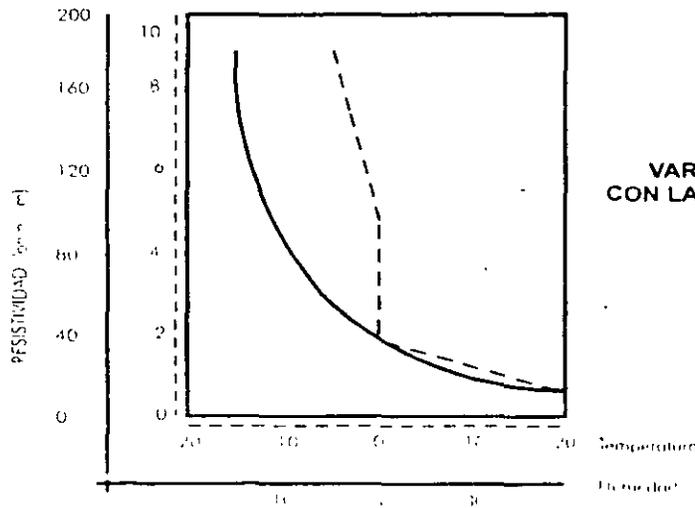


FIGURA 5.8
VARIACIÓN DE LA RESISTIVIDAD
CON LA TEMPERATURA Y LA HUMEDAD

VARIACIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA.
VARIACIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO EN FUNCIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD.

5.4 LOS ELEMENTOS PRINCIPALES DE UN SISTEMA DE TIERRAS

Los sistemas de tierra, dependiendo de la instalación de que se trate, pueden estar constituidos por diferentes elementos, pero principalmente están formados por los siguientes:

A) Dispersores y electrodos

Es un cuerpo metálico puesto en contacto directo con el terreno, con el fin de dispersar en el mismo las corrientes eléctricas canalizadas por los demás elementos del sistema de tierra, siendo los tipos más usuales:

- a. Electrodo de varilla de acero con recubrimiento de cobre, de 13, 16.9 y 19 mm de diámetro por 3.05 m de longitud.
- b. Electrodos de placa sencilla o de varias placas tipo rehilete.
- c. Electrodos químicos.
- d. Electrodos en malla.

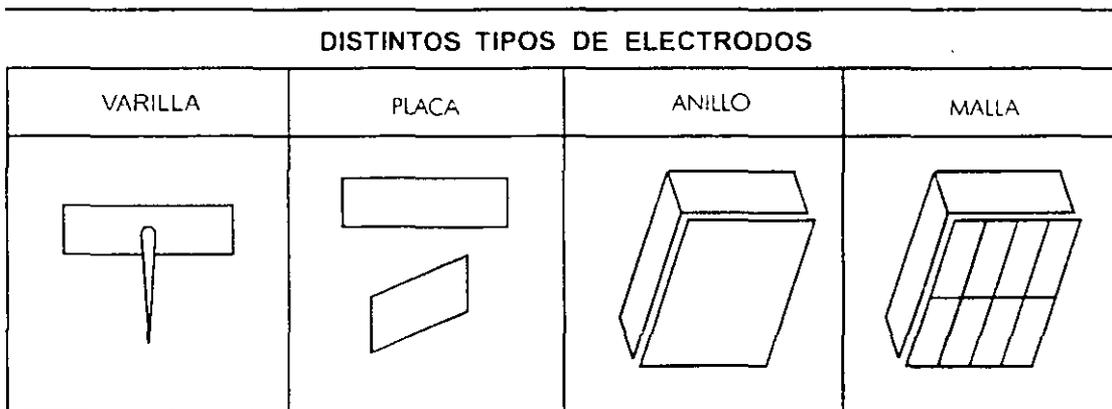


FIGURA 5.9

B) Conductores

Deben ser cables trenzados de cobre electrolítico semiduro desnudo o con aislamiento; el tipo y calibre se seleccionan en cada caso particular, de acuerdo con los requerimientos de cada instalación en particular.

C) Conectores

- a. Los conectores que unen los conductores a electrodos o a conductores entre sí, deben ser del tipo soldable, o bien, existen también atornillables.
- b. En cada conexión de cable a electrodo se debe considerar un conector del tipo mecánico, en lugar accesible para pruebas de medición.

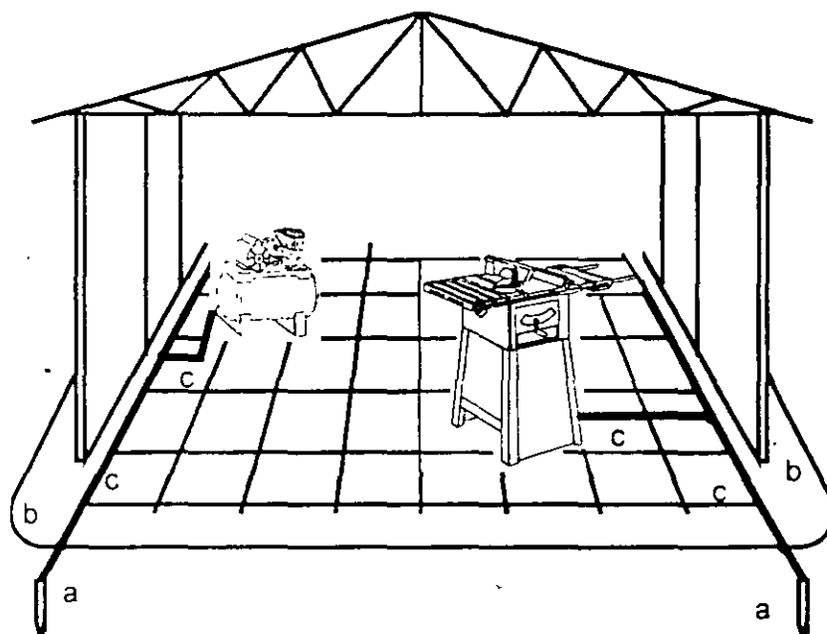


FIGURA 5.10 ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA INSTALACIÓN DE PUESTA A TIERRA

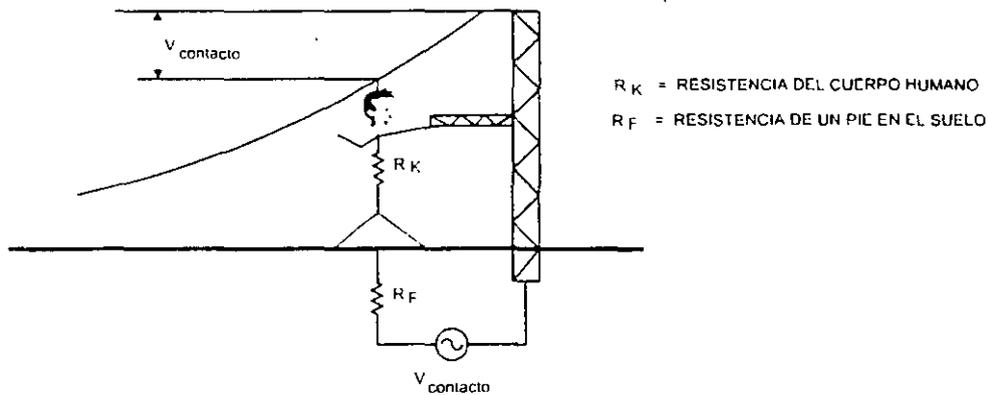
- a - Dispersores (electrodos de varilla).
- b - Conexión eléctrica entre dispersores.
- c - Conductor de tierra.

Los electrodos (varillas) de tierra se pueden usar o no, dependiendo del diseño de la malla de tierra. Todas las estructuras metálicas y carcasas de equipo, incluyendo las rejillas metálicas en las áreas de trabajo, por seguridad se deben conectar a la malla de tierra.

5.5 DEFINICIONES DE LAS TENSIONES DE CONTACTO, DE PASO Y DE TRANSFERENCIA

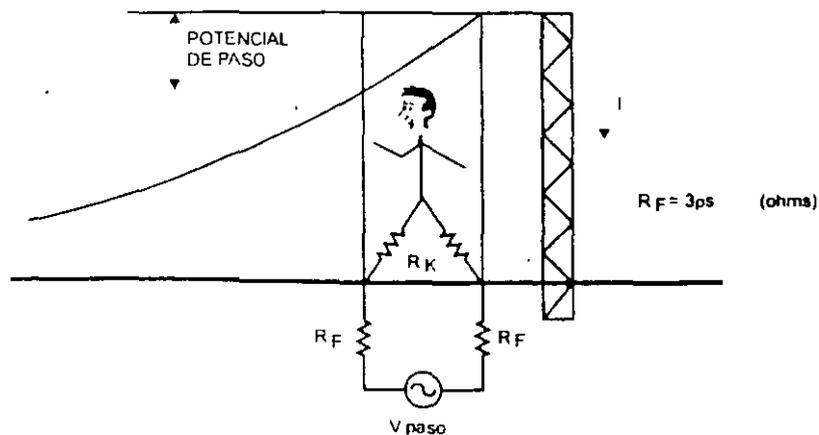
A) Tensión de contacto

Es la tensión a la cual se puede ver sometido el cuerpo humano enseguida del contacto con la carcasa y estructuras metálicas de las máquinas y de los aparatos que normalmente no están energizados o no tienen voltaje, pero que pueden estarlo en caso de falla.



B) Tensión de paso

Es la tensión que durante el funcionamiento de una instalación de tierra puede resultar aplicada entre los pies de una persona a la distancia de un paso.



Si se designa por ps la resistividad del suelo en ohms-metro, para fallas con duración menor a 3 segundos.

La tensión de paso se calcula como:

$$V_{\text{paso}} = (165 + \rho s) / \sqrt{T} \quad (\text{volts})$$

T = Tiempo de duración de la falla en segundos.

La tensión de contacto se calcula como:

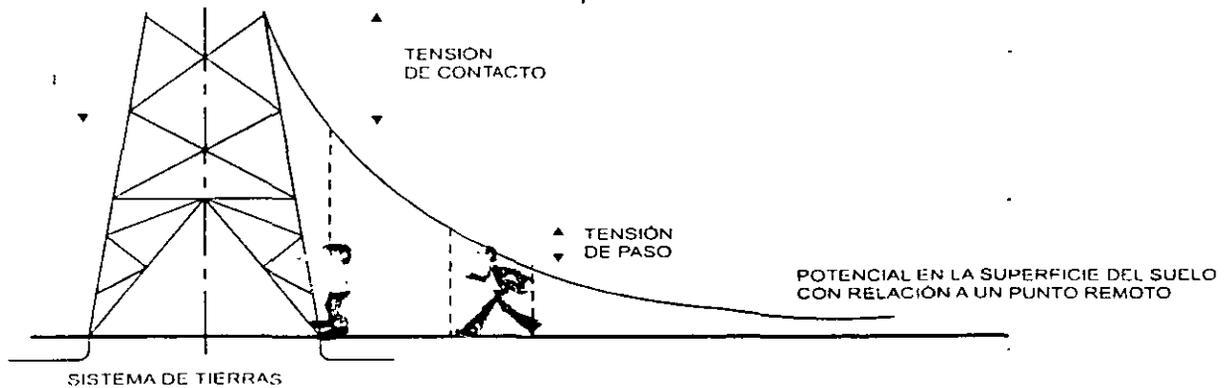
$$V_{\text{Contacto}} = (165 + 0.25\rho s) / \sqrt{T} \quad (\text{volts})$$

C) Potenciales de transferencia

La elevación de potencial de un sistema de tierras se manifiesta también en un área circundante y, cualquier elemento conductor en contacto con el suelo dentro de esta área adquiere una parte de este potencial y podrá causar choques eléctricos, debido al llamado potencial de transferencia. Los casos más comunes que pueden producir potenciales de transferencia son:

- ☞ Conexiones individuales a tierra de aparatos o de pequeñas instalaciones.
- ☞ Conexión a tierra de cercas o mallas.
- ☞ Conexión a tierra del neutro de redes de baja tensión.
- ☞ Ductos telefónicos enterrados.
- ☞ Ductos de agua enterrados.

FIGURA 5.11 EL CONCEPTO DE TENSION DE CONTACTO, TENSION DE PASO Y POTENCIAL DE TRANSFERENCIA



Una tensión de contacto, es una diferencia entre el potencial de conexión a tierra y el potencial del punto de superficie de suelo sobre el cual está situada la persona.

La tensión de paso, es la diferencia entre los potenciales de dos puntos en el suelo, sobre los cuales se apoyan los picos de una persona.

El potencial de transferencia, es otra situación peligrosa que puede ser causada por los sistemas de tierra.

5.6 CONEXIÓN A TIERRA DEL EQUIPO

Los usuarios de instalaciones eléctricas residenciales, industriales o comerciales, así como de otras instalaciones, que es el caso de hospitales, centros de cómputo, etcétera, están tocando constantemente el equipo eléctrico o los equipos que hacen uso de dispositivos eléctricos; que es el caso de las herramientas como taladros, soldadoras eléctricas, etcétera. Debido a que los voltajes y corrientes asociados con estos equipos pueden exceder los valores que en el cuerpo humano es capaz de soportar, es necesario adoptar precauciones especiales para garantizar que el equipo tenga las condiciones de seguridad requeridas.

Para comprender los aspectos de la seguridad en las instalaciones eléctricas, se puede comenzar con un sistema básico en baja tensión y monofásico a 127 volts. Consideremos un motor eléctrico que forma parte de un equipo, que está dentro de

una cubierta metálica no conectada a tierra. El neutro se encuentra sólidamente conectado a tierra en el punto de alimentación de la compañía suministradora.

Si una persona toca la cubierta metálica nada sucederá, si la instalación está operando correctamente. Pero si, por ejemplo, el aislamiento de los devanados falla, la resistencia R_e entre el motor y la cubierta metálica puede reducir su valor de varios megohms a sólo algunos cientos de ohms o menos; de manera que una persona con una resistencia R_x , puede acompletar el circuito cerrando la trayectoria de la corriente.

Si el valor R_e es pequeño (lo cual puede suceder), la corriente I_k puede ser grande y resultar peligrosa.

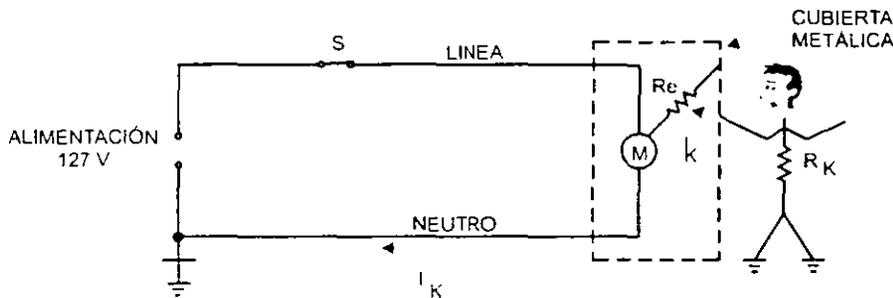


FIGURA 5.12 SISTEMA NO CONECTADO A TIERRA (PELIGROSO)

La situación potencialmente peligrosa, se puede remediar si se conecta a tierra la cubierta metálica, es decir, en este caso al neutro que se encuentra aterrizado; ahora, la corriente I_k circulará del motor a través de la cubierta y regresará por el neutro, pero la cubierta permanece al potencial de tierra y, en consecuencia, la persona no sufre ningún efecto.

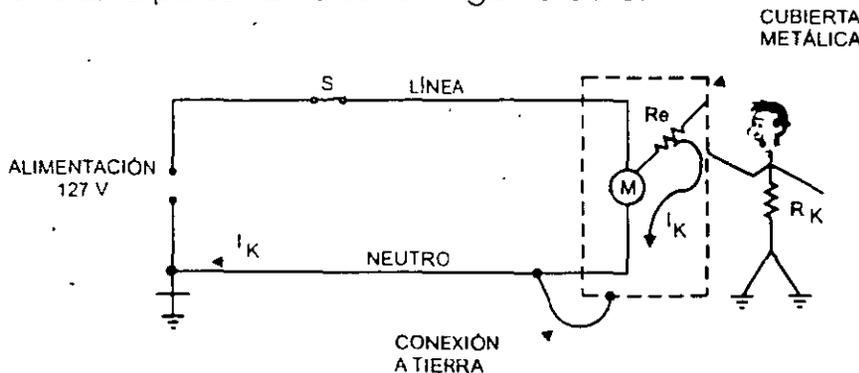


FIGURA 5.13 CONEXIÓN A TIERRA A TRAVÉS DEL NEUTRO

La solución anterior, de conectar a tierra la cubierta a través del neutro, puede parecer segura, pero el problema es que el neutro puede quedar abierto, ya sea en forma accidental o debido a una falla en la instalación. Para evitar este problema, se acostumbra en algunas instalaciones eléctricas, instalar un tercer conductor llamado **“conductor de tierra”**, localizado entre la cubierta y la tierra del sistema.

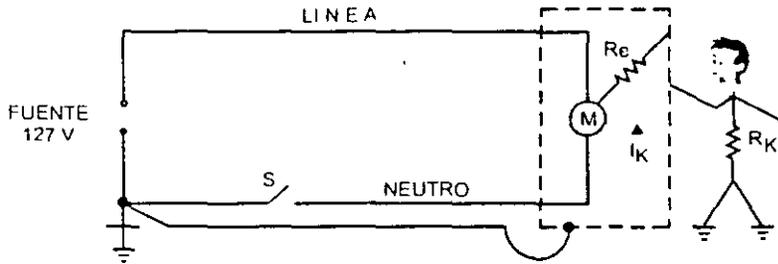


FIGURA 5.14

PUESTA A TIERRA DE MÁQUINAS Y EQUIPO ELÉCTRICO	
ADMITIDO	PROHIBIDO
	<p>Interrumpir la continuidad del conductor de tierra, o sea utilizar las cajas de los transformadores para transmitir eventuales corrientes de tierra. Vale lo mismo en cualquier aparato.</p>

FIGURA 5.15

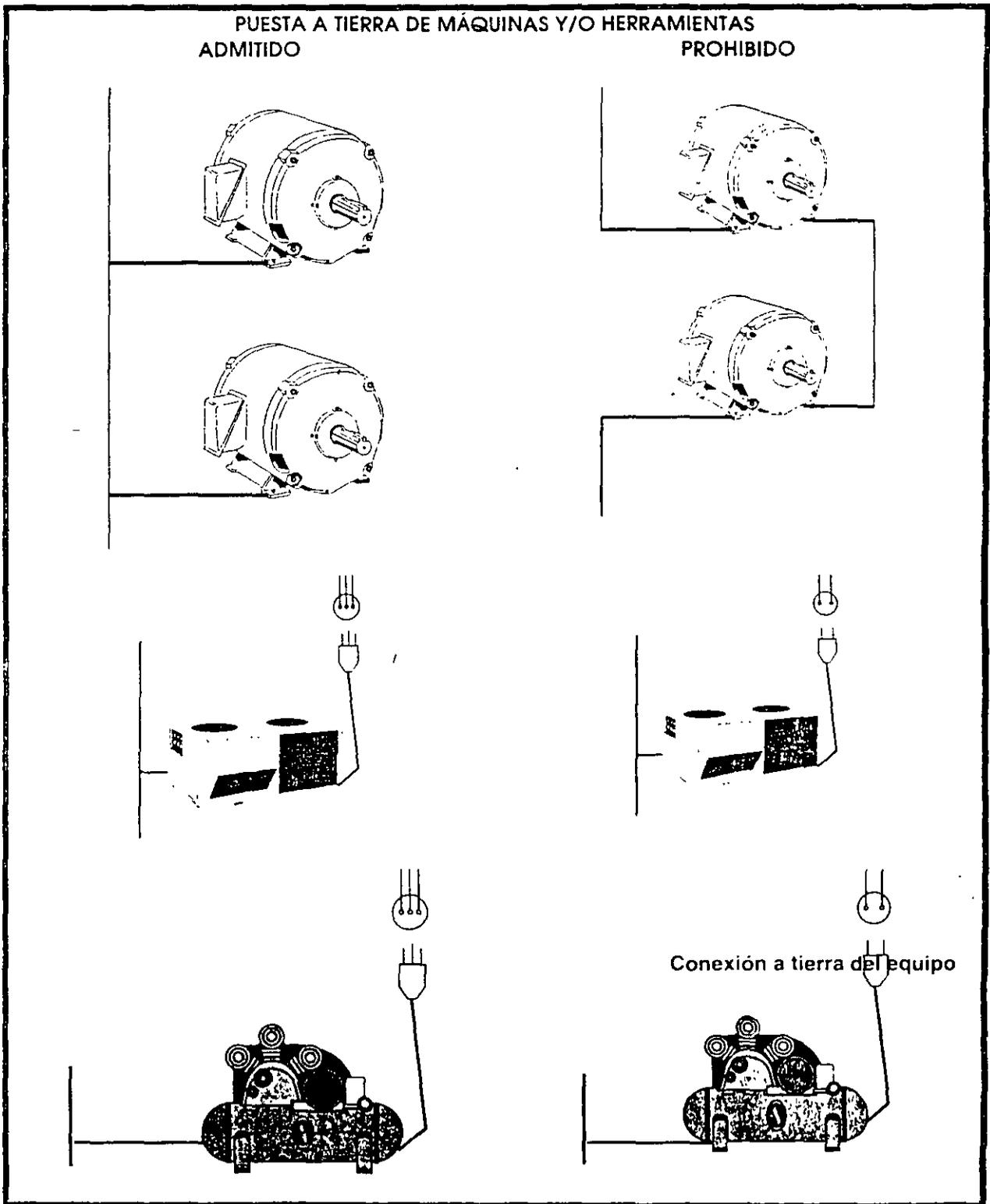


FIGURA 5.17

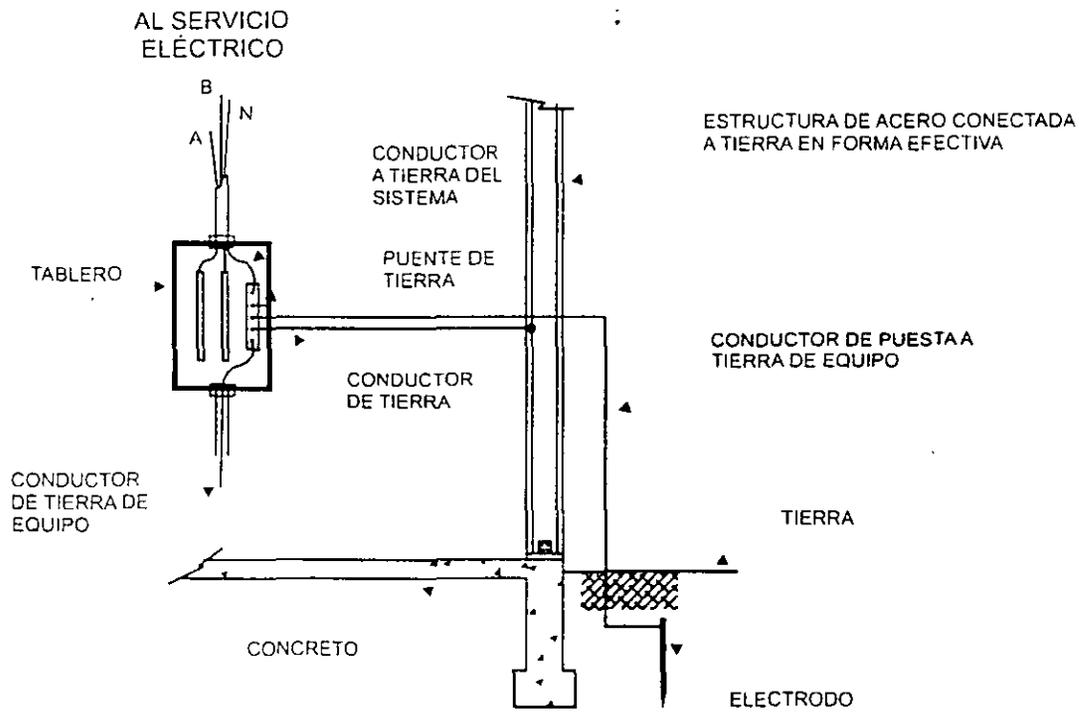


FIGURA 5.18 USO DE LOS CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA EN ESTRUCTURAS Y TABLEROS

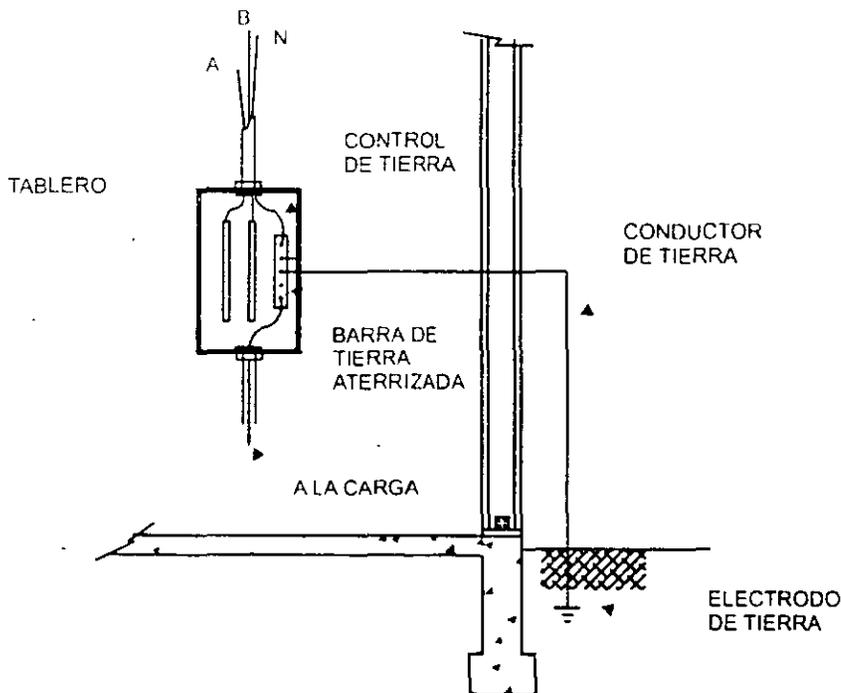


FIGURA 5.19 CONEXIÓN A TIERRA DE EQUIPO Y ESTRUCTURA

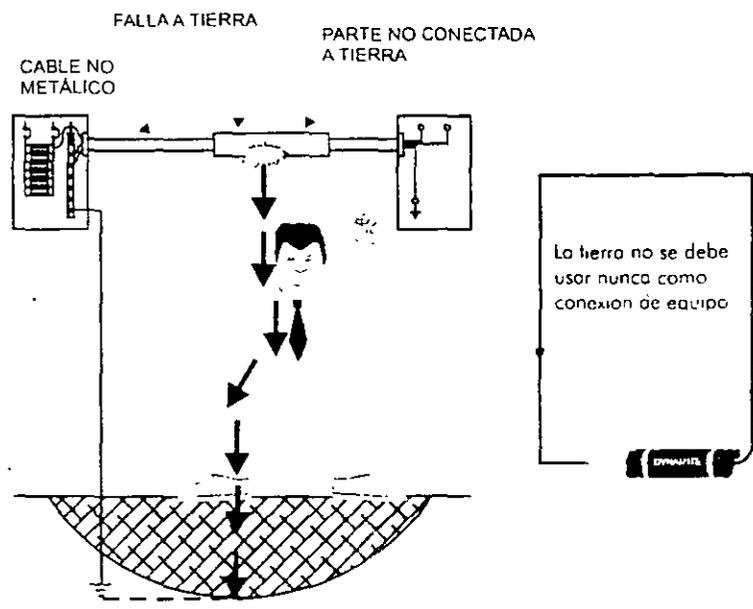


FIGURA 5.20 CUANDO SE TOCA UNA CANALIZACIÓN SE PROPORCIONA UNA TRAYECTORIA A TIERRA DE ALTA IMPEDANCIA

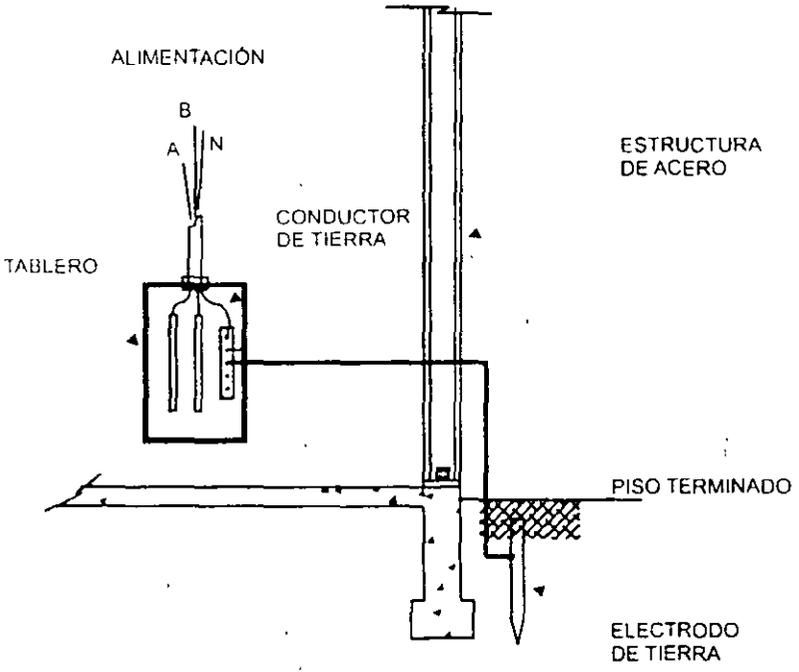
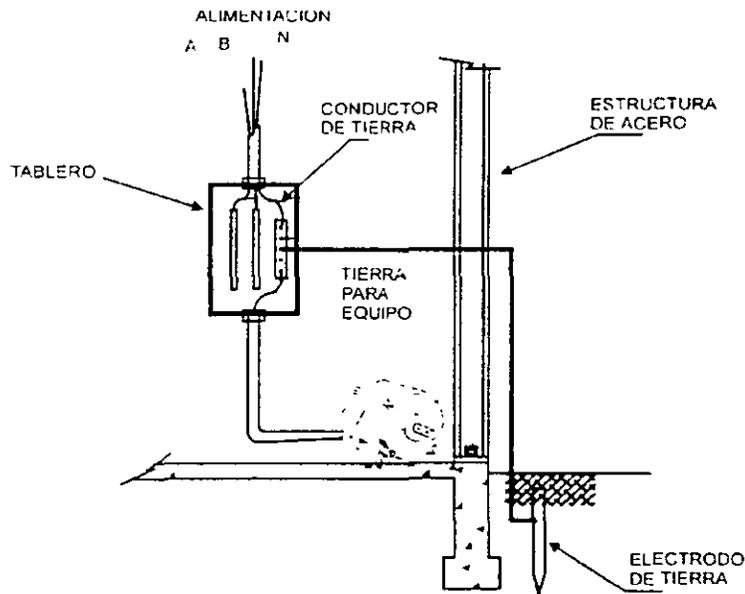


FIGURA 5.21 EL CONDUCTOR DE TIERRA ES EL CONDUCTOR QUE CONECTA EL EQUIPO ELÉCTRICO DEL CONDUCTOR ATERRIZADO AL ELECTRODO DE TIERRA



EL CONDUCTOR DE TIERRA ES EL CONDUCTOR QUE CONECTA EL EQUIPO ELECTRICO DEL CONDUCTOR AFERRIZADO AL ELECTRODO DE TIERRA

FIGURA 5.22

5.7 TIERRA PARA EL SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

En las instalaciones eléctricas comerciales e industriales, se debe instalar un sistema de tierras, cuyos objetivos son:

- a. Proporcionar un método de disipación de las cargas electrostáticas entre la tierra y las nubes.
- b. Proporcionar una trayectoria segura para las altas corrientes del rayo.

El sistema de protección contra descargas atmosféricas, se debe instalar en los edificios e instalaciones que de acuerdo a su tamaño, tipo de estructura y localización, el nivel cerámico o de densidad de rayos a tierra, lo justifiquen. La instalación se considera como necesaria en los casos siguientes:

- ❶ Cuando el edificio o instalación se construya en terreno con altura sobresaliente, respecto a la población donde se ubique.

- ② Cuando la unidad se encuentre aislada o alejada una distancia radial de 500 m. de cualquier construcción.
- ③ Cuando la unidad sea para almacenar productos inflamables o explosivos.
- ④ Previo estudio de la estructura del edificio que ha de proteger, especialmente la de la parte superior, a fin de definir las características eléctricas fundamentales de la instalación.
- ⑤ Ampliación de la investigación a toda la zona donde se haya enclavado el edificio que se desea proteger, con el fin de determinar la mayor o menor probabilidad de que caigan rayos, (nivel de isodensidad o isocerámico).

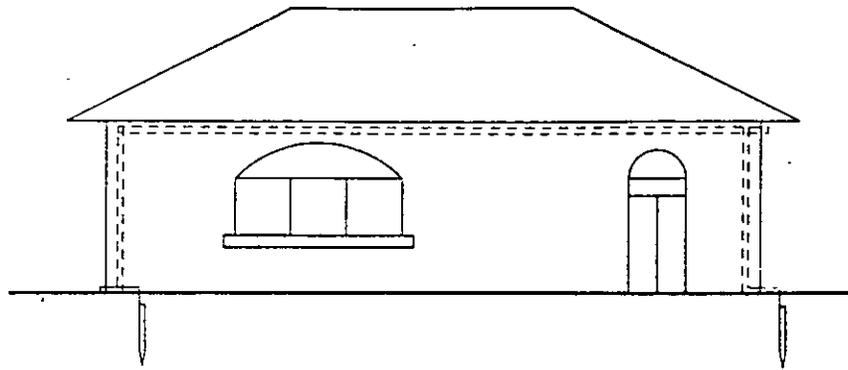
El objetivo de un sistema de protección contra descargas atmosféricas, es interceptar una descarga atmosférica y así desviarla de la estructura protegida. Para la realización de su objetivo, existe la red de terminales aéreas. Para que fueran interceptados todos los rayos, esta red tendría que cubrir el techo con una malla cerrada de conductores, como esto implicaría un alto costo, se desecha esta alternativa.

La solución que se ha adoptado es un equilibrio razonable entre la probabilidad de incidencia de una descarga y el costo de una instalación.

El arreglo de los conductores del techo deberá mantener estadísticamente a la estructura fuera de peligro. Tomando en cuenta la cantidad de descargas, su intensidad y, por lo tanto, el daño resultante. Estos parámetros deberán de ser relativamente pequeños con respecto a la instalación.

El arreglo de los conductores para pequeños techos (menor que 15 m de longitud o ancho) aprovecha cualquier parte metálica que sirva como conductor, como son canales, techos metálicos, etcétera.

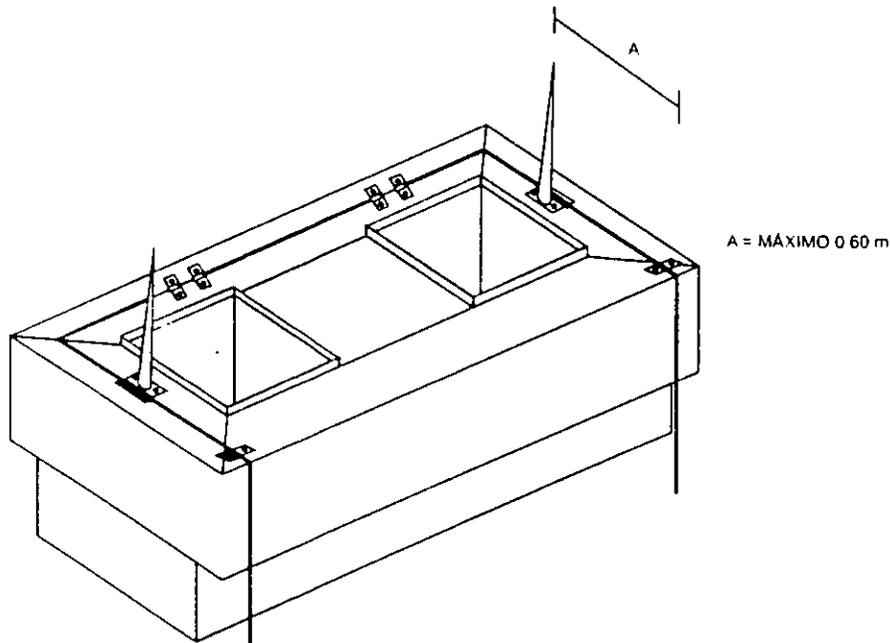
La protección para este tamaño de techos está en base al uso de terminales aéreas separadas perimetralmente en los techos o colocadas en los bordes de los techos, ligeramente inclinados a una distancia de 6 m, establecidas por diferentes normas para el uso de varillas que sobresalgan 25.4 cm del nivel del techo por proteger. Para puntas de tamaño mayor de 30 cm, la distancia de separación no debe exceder de 7.5 m. Las terminales se colocan a 0.60 m dentro de los extremos de los bordes, orillas y en las esquinas de los techos, también se deberán de instalar perpendiculares al plano horizontal del piso.



PROTECCIÓN DE PEQUEÑAS ESTRUCTURAS UTILIZANDO CANALES Y TUBERÍA PARA LLUVIA

FIGURA 5.23

Cualquier método de protección adoptado deberá incluir las partes metálicas cercanas a él o fijas en el techo, por medio de una conexión que sea lo más corta posible para evitar relámpagos laterales. De esta manera, también se incluye chimeneas que deberán ser protegidas; las chimeneas son tratadas como otra estructura, un conductor horizontal se coloca alrededor de la chimenea, puntas y es conectado al sistema como se muestra en la figura siguiente:



PROTECCION A CHIMENEAS Y PARTES METÁLICAS CERCANAS O FIJAS EN EL TECHO

FIGURA 5.24

5.7.1 CONDUCTORES DESCENDENTES O DE BAJADA

Cuando una terminal aérea ha interceptado un golpe de rayo, la corriente debe ser transportada a tierra a través de un camino de baja impedancia, esta función es la que realizan los conductores de bajada.

Hay dos tipos de conductores de bajada, los **conductores principales** que conectan la punta con el electrodo directamente y los **conductores secundarios** que conectan las puntas con conductores principales (ramificaciones). Cuando se reduce el espaciamiento, aumentará el número de conductores de bajada que pueden ser instalados, esto puede reducir el riesgo de descargas laterales, pero también aumenta el costo de la instalación, por lo que se debe tener una buena razón para incrementar el número de conductores de bajada.

El número de conductores de bajada difiere en varios códigos, pero invariablemente se basa en el área o en el perímetro, o en ambos. Se deberán proporcionar cuando menos dos conductores de descendiente, las estructuras que excedan 76 m de perímetro deberán tener un conductor de bajada por cada 30 m o fracción en su perímetro, el número total de conductores a tierra de una estructura es aquel en que la distancia promedio no exceda 30 m al determinar el perímetro de una estructura. El perímetro que se debe de considerar es únicamente el de la estructura que requiera protección, las estructuras inferiores que queden dentro de la zona de protección, no deberán de ser consideradas.

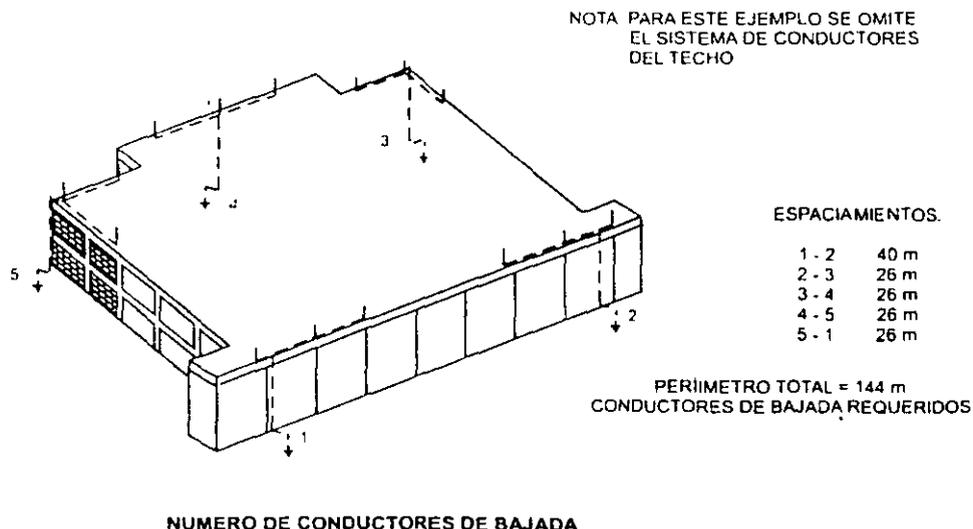


FIGURA 5.25

En las instalaciones civiles, existen diferentes tipos de conductores que se pueden usar aprovechando los elementos metálicos propios de los edificios y que se pueden denominar conductores naturales, ya que los conductores artificiales son aquellos ajenos a los elementos propios usados en la construcción de los edificios. El uso de conductores naturales sólo se permite cuando su sección transversal es mayor o equivalente al tamaño mínimo recomendado para cobre, aluminio o acero galvanizado; se debe cuidar que éstos mantengan una continuidad eléctrica adecuada para que sus conexiones a la instalación de protección sean seguras. Por razones de economía, el costo de la instalación puede ser reducido al utilizar como conductores de bajada armazones de acero o concreto reforzado, así, se logra suministrar un sistema múltiple de conductores de bajada con una amplia sección transversal.

5.7.2 RED DE TERMINALES A TIERRA

Cuando un rayo ha sido interceptado por las terminales aéreas y conducido a tierra por medio de conductores descendientes, la red de tierra tiene la función de descargar esta corriente a tierra de manera segura y efectiva. Existen dos aspectos que deben ser considerados. El primer aspecto a tratar es el de los efectos de la resistencia a tierra de un sistema de protección contra rayos, y el segundo, es la distribución de potencial sobre la superficie de la tierra que rodea el edificio o instalación.

En áreas de baja resistividad, el suelo no presentará dificultad y será barato su acondicionamiento, pero en la mayoría de los suelos del mundo la resistividad es de un valor elevado, en tales circunstancias, no será fácil lograr que la resistencia baje a un valor aceptable y puede llegar a ser muy caro.

Cuando incide un rayo en el sistema de protección existe un potencial entre el sistema techo-conductor y tierra. Si existe un ducto metálico aterrizado, habrá una diferencia de potencial respecto al sistema de protección, que nos puede provocar un relampagueo o descarga lateral. Partiendo del hecho de que si están unidos por medio de un conductor siempre estarán a un mismo potencial, se concluye que una solución para estas situaciones es interconectar el sistema de protección contra rayos con estructuras metálicas (ductos tuberías de gas o agua, estructuras en general, etcétera). De esta forma, también se logra reducir la resistencia del sistema de protección contra rayos, que se encuentra hacia el electrodo de aterrizamiento.

5.7.3 LOS DISPERSORES A TIERRA

Los electrodos o terminales a tierra proporcionan el contacto a tierra para dispersar las cargas electrostáticas, y por esto, se deben tener siempre mediciones de muy pocos ohms para poder contar con un camino bastante efectivo para las cargas eléctricas.

Se debe considerar también que cuando un electrodo de tierra es sujeto a un impulso de corriente, si el suelo donde está el electrodo es arenoso o con grava, puede resultar una ruptura eléctrica del suelo, por lo cual éste se puede considerar como un aislador. La resistencia a tierra de una terminal está dada por el valor óhmico, que podemos determinarlo por medio de mediciones.

El estado normal de la resistencia de un electrodo de tierra es sujeta a la variación de estaciones, por lo tanto, se debe cuidar que éstos se instalen lo más lejos posible debajo de corrientes pluviales, niveles helados y alejados a una distancia de estructuras como hornos, donde el suelo suele ser seco. Los cambios de estaciones son responsables de un incremento gradual de la resistencia de la tierra, ya que producen un pobre contacto entre la superficie del electrodo y tierra.

La reducción artificial de la resistencia de la tierra por tratamiento del suelo (sales o componentes similares) no se recomienda, excepto como un último recurso. Cualquier tratamiento efectivo se puede utilizar para períodos cortos, aunque se incremente gradualmente el riesgo de corrosión.

Es mucho mejor hacer el uso de un terreno orgánico, se puede recurrir a la colocación de carbón o grafito en polvo.

La selección del electrodo ideal es determinada principalmente por las características del suelo local (su uniformidad y estratificación, la resistividad de diferentes capas del suelo y, la conductividad del agua y el nivel de humedad permanente).

En suelos de alta resistividad, particularmente en roca, la única solución podría ser los conductores en anillo.

Dentro de los tipos de electrodos de tierra, se pueden mencionar los siguientes:

Electrodo tipo placa. No son muy recomendados, ya que son menos económicos que otros electrodos y también por la dificultad que presentan en el mantenimiento en forma permanente del buen contacto con la tierra, su ubicación puede ser en forma vertical u horizontal, su uso se limita a suelos inferiores a 0.3 m de profundidad, éstos se deben de instalar en un lecho o hendidura en el terreno alrededor de una estructura a proteger, conectados a los conductores principales tierra y se pueden conectar en forma de redes y su espesor no deberá de ser menor de 8 mm y su superficie deberá ser 0.18 m².

Los valores máximos permisibles de la resistencia de una red de terminales de tierra son distintos en cada código y varían de 2.5 a 30 Ω , esta resistencia es estudiada y determinada por las características del suelo.

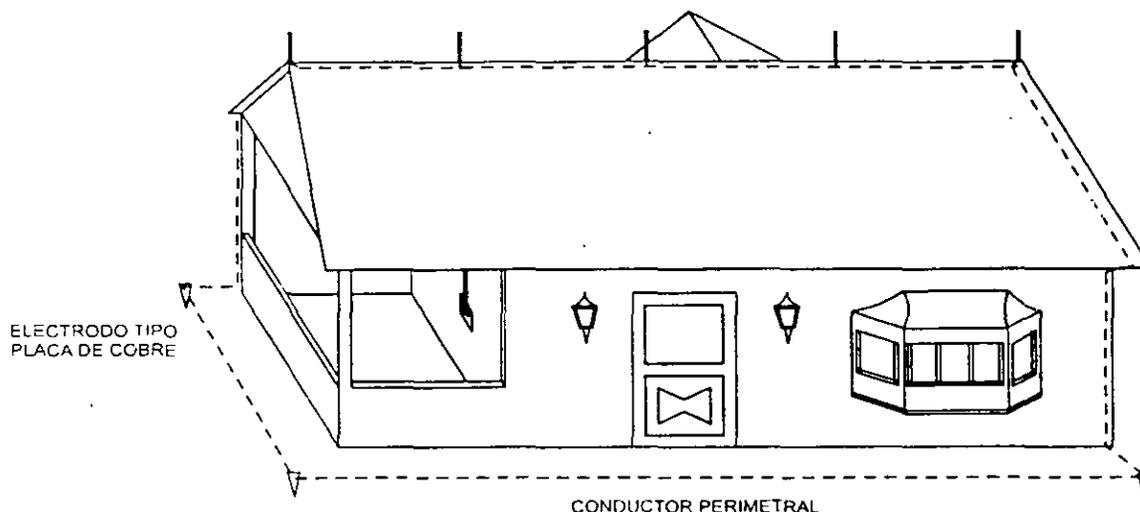


FIGURA 5.26 PUESTA A TIERRA CON ELECTRODOS TIPO PLACA EN UN TERRENO INFERIOR A 0.30 m DE PROFUNDIDAD

Electrodo tipo varilla. Las varillas o electrodos tipo varilla son los más ampliamente recomendados, tienen una longitud de 3.00 m y un diámetro de 1/8 de pulgada.

Conductores desnudos usados como electrodos (cables en anillo). Son particularmente benéficos cuando existe el problema de suelos con alta resistividad, éstos son muy recomendados en diferentes códigos y se utilizan con mayores ventajas en combinación con varillas.

El número de electrodos de tierra será igual al número de conductores de bajada, donde la máxima resistencia es especificada antes de conectar tuberías metálicas enterradas.

Electrodo tipo rehilete. Cuando no es posible clavar una varilla en el suelo debido a las condiciones de éste, por ejemplo el suelo de tepetate, es utilizado el electrodo tipo rehilete. El rehilete es un electrodo formado por cuatro placas metálicas que forman una cruz.

El rehilete es enterrado en un pozo a 3 m de distancia de la estructura a proteger, el pozo debe tener dimensiones de 1 m y en el fondo otro pequeño pozo de 50 x 50 x 50 cm, en éste pozo pequeño se colocará el rehilete con una mezcla de 3 partes de carbón y una de sal. La tierra del pozo superior debe ser la que presente las mejores condiciones de conductividad. El rehilete va unido al conductor de bajada mediante un cable tendido en una zanja de 30 x 60 cm de profundidad.

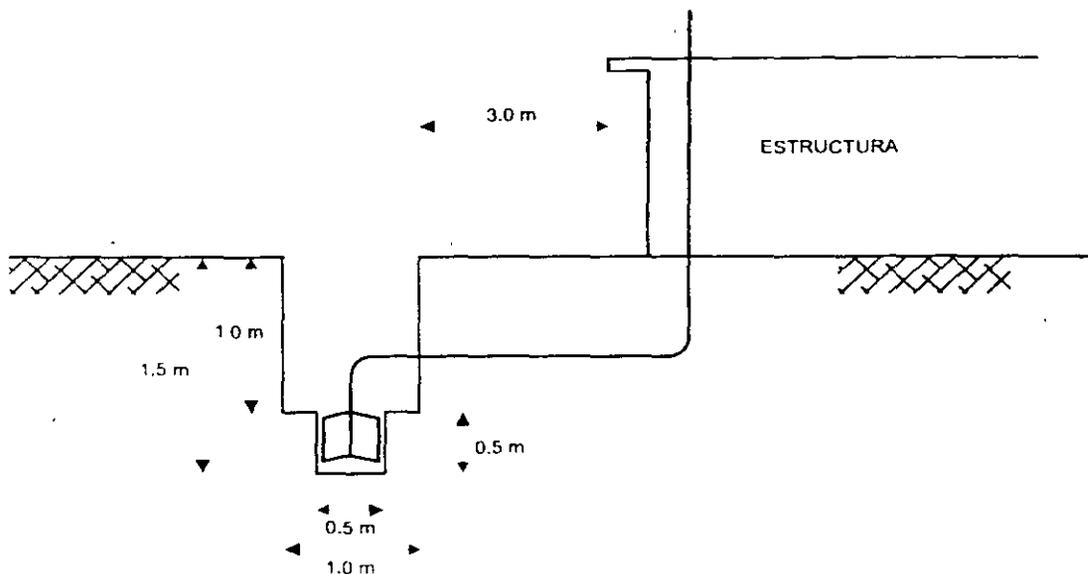


FIGURA 5.27 INSTALACIÓN BAJO TIERRA DE UN ELECTRODO TIPO REHILETE

Otros electrodos. En años recientes se puso atención a que varillas de cimientos de concreto, así como columnas de concreto reforzado, pudieran utilizarse como electrodos de tierra sin electrodos de tierra adicionales. Algunos resultados indican que colados de concreto con barras reforzadoras son aceptables como electrodos de tierra y que su resistencia puede ser satisfactoriamente pronosticada, de acuerdo a las dimensiones de la base del concreto en contacto con el suelo que lo rodea, así

también, se encontró que la velocidad de corrosión de éstas barras es más baja que los propios electrodos enterrados en el mismo suelo.

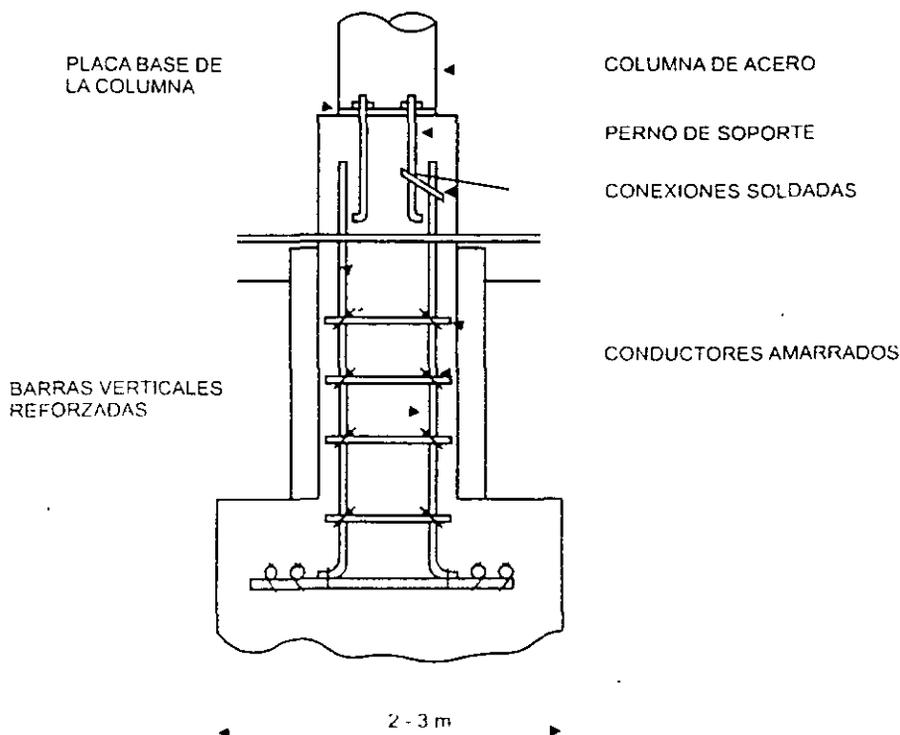


FIGURA 5.28 BASE DE CONCRETO REFORZADO PARA UNA COLUMNA DE ACERO

5.8 ASPECTOS DEL MANTENIMIENTO A LAS REDES DE TIERRA

Considerando que las redes de tierra cumplen con propósitos de seguridad del personal y del equipo de las instalaciones, conservar las tensiones de paso, de contacto e inducidas en valores bajos en todos los puntos de una instalación representa un aspecto prioritario, y hacia esto se debe dirigir el mantenimiento, que esencialmente consistirá en medir la resistencia de tierra y procurar que su valor no sea mayor de 10Ω , para esto también se verifican las conexiones, el estado de los electrodos y conductores de tierra.

En la actualidad, los sistemas de tierra, especialmente en las subestaciones eléctricas adoptan la forma que una malla que contiene un número determinado de pequeñas mallas rectangulares o cuadradas, de

conductores de tierra instalados en forma horizontal, y conductores a electrodos (varillas) localizados a ciertos intervalos.

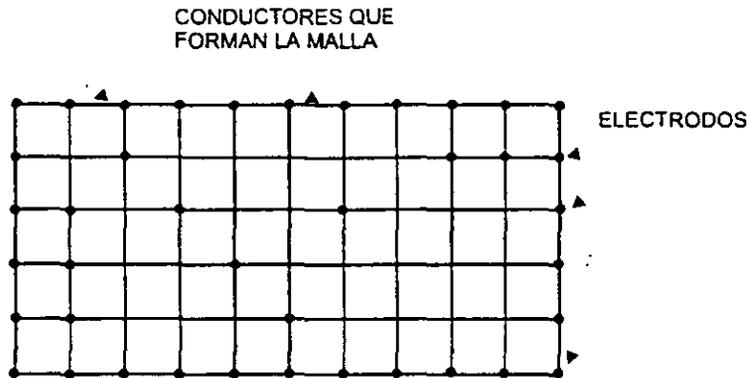


FIGURA 5.29

TABLA 5.3

CALIBRE DE CONDUCTORES PARA MALLA DE TIERRAS

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA FALLA (SEG)	TAMAÑO MÍNIMO DE CONDUCTOR EN CIRCULAR MIL POR AMPERE					
	UNIONES SOLDADAS:			UNIONES ATORNILLADAS		
	COBRE	ACERO	ALUMINIO	COBRE	ACERO	ALUMINIO
30	50	120	91	64	143	123
3	16	38	29	21	46	39
1	9.5	22	17	12	27	23
0.5	6.5	16	12	8.5	19	16

1 Circular Mil = 0.0005067 mm²

En subestaciones eléctricas, por razones mecánicas, es frecuente usar como calibre mínimo el 4/0 AWG (107.2 mm²) de cobre.

De acuerdo con la norma NOM-001-SEMP-1994 de instalaciones eléctricas, se recomienda que el calibre del conductor del electrodo de tierra, no sea menor que el que se indica a continuación para conductores de cobre.

TABLA 5.4

CALIBRE DEL CONDUCTOR DEL ELECTRODO DE TIERRA

CALIBRE DEL CONDUCTOR MÁS GRANDE DE LA ACOMETIDA, O DEL ALIMENTADOR GENERAL DE SERVICIO AWG o MCM (COBRE)	CALIBRE DEL CONDUCTOR DEL ELECTRODO DE TIERRA AWG o MCM (COBRE)
2 ó menor	8
1/0	6
2/0 ó 3/0	4
4/0 a 350 mcm	2
400 a 600 mcm	1/0
Mayor de 600 mcm a	
1100 mcm	2/0
Más de 1110 mcm	3/0

Con relación al calibre del conductor de puesta a tierra de equipos, las normas para instalaciones eléctricas establece que no debe ser menor al indicado en la tabla siguiente:

TABLA 5.5

CALIBRE DE LOS CONDUCTORES PARA PUESTA A
TIERRA DE EQUIPOS Y CANALIZACIONES INTERIORES:

CAPACIDAD NOMINAL O AJUSTE DEL DISPOSITIVO DE PROTECCIÓN CONTRA SOBRECORRIENTE UBICADO ANTES DEL EQUIPO CONDUCTOR, ETCÉTERA.	CALIBRE DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA: (AWG O MCM)	
	NO MAYOR DE (AMPERES)	COBRE
15	14	12
20	14	12
30	12	10
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
400	4	2
600	2	2/0
800	1/0	3/0
1 000	2/0	4/0
1 200	3/0	250 MCM
1 600	4/0	350 "
2 000	250 MCM	400 "
2 500	350 "	500 "
3 000	400 "	600 "
4 000	500 "	800 "
5 000	700 "	1 000 "
6 000	800 "	1 200 "

5.9 LA RESISTIVIDAD DEL SUELO

La resistividad eléctrica del suelo es un parámetro fundamental en los estudios de desempeño de los sistemas de tierra frente a las corrientes de cortocircuito, una vez que fluyen al suelo. La unidad de medida de la resistividad del suelo es el **ohm-m**.

En general, la resistividad del suelo es siempre creciente o decreciente en el aumento de la profundidad. El aumento en la resistividad se da, por ejemplo, cuando se encuentran rocas.

5.9.1 LA MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL SUELO

Existen varios procedimientos para la medición de la resistividad del suelo, pero el método más usado es el de los **cuatro puntos** o método de wenner.

Este método consiste en enterrar en el suelo cuatro electrodos de las mismas características y longitud λ conectados al "megger", como se muestra en la siguiente figura. El aparato hace circular una corriente eléctrica i entre los electrodos C_1 y C_2 y se mide una diferencia de potencial V entre los electrodos P_1 y P_2 , de manera que se obtiene la relación $V/I = R$. El valor de la resistividad medida a una **profundidad dada** y con **una separación entre electrodos d** se obtiene con la expresión:

$$\rho_a = 4\pi d R \frac{1}{1 + \frac{2d}{\sqrt{d^2 + 4\lambda^2}} - \frac{d}{\sqrt{d^2 + \lambda^2}}}$$

Si d es mayor que 20λ , entonces, se puede simplificar:

$$\rho_a = 2\pi d R$$

λ = Longitud del electrodo en cm.

R = Radio del electrodo en cm.

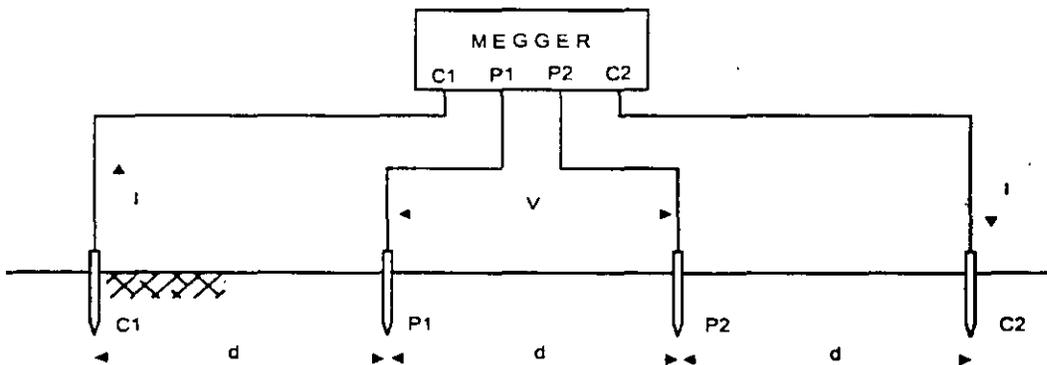


FIGURA 5.30

Un ejemplo de las mediciones y cálculos por el método antes descrito se da en la tabla siguiente:

TABLA 5.6

VALORES MEDIDOS			
d(m)	λ (m)	R(ohm)	ρ_a (ohm.m)
0.5	0.15	480.	1716.
1.0	0.10	220.	1435.
2.0	0.10	91.	1154.
4.0	0.20	15.	377.
8.0	0.40	1.6	80.
12.0	0.40	0.93	70.
16.0	0.40	0.78	80.

5.9.2 DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DE TIERRA

Un sistema de tierras está compuesto por un conjunto de conductores desnudos, también por electrodos (cables, varillas, etcétera) embebidos en un medio (tierra) y tienen por finalidad principal inyectar en el suelo una corriente eléctrica.

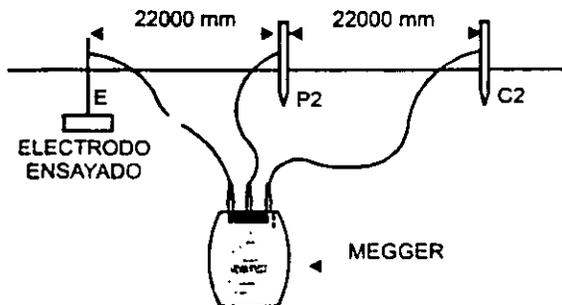
Se puede evaluar la capacidad que tiene un determinado sistema de inyectar una corriente en el suelo, si se conoce su resistencia de tierra, que depende principalmente de la resistividad y de la forma y dimensiones de los electrodos.

El método de cálculo básico consiste en inyectar en el suelo una corriente I (amperes) a través de un conjunto de electrodos de longitud total λ (metros) que se debe dispersar en el suelo uniformemente a lo largo del electrodo con un valor I/λ (amperes/metro), cuando los electrodos son totalmente simétricos (por ejemplo, en anillo circular). Una dispersión de corriente se presenta en forma más intensa en las extremidades de los electrodos y de los sistemas de conexión a tierra.

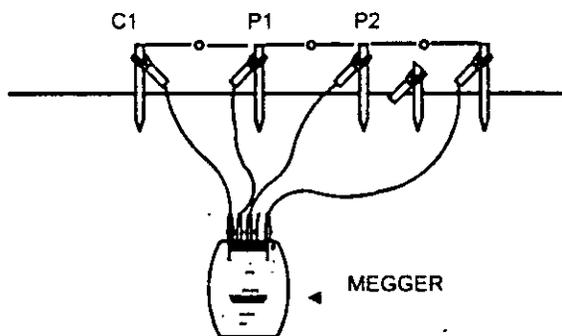
Por esta razón, en un estudio para un sistema de conexión a tierra se debe determinar la densidad de corriente dispersa en cada punto de los electrodos.

La medición de la resistencia de tierra se hace por el método de la caída de potencial ($R = V/I$), con un esquema como el mostrado en la figura:

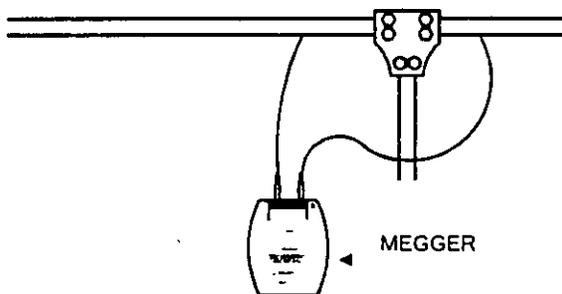
Medición de la resistencia.
Electrodos o tomas de tierra y resistividad del terreno, comprobación del neutro.



Conexiones para medir la resistencia de un electrodo de tierra.



Conexiones para medir la resistencia de tierra usando el terminal de masa.



Comprobación de continuidad de masa.

Conexiones para comprobar el retorno de neutro.

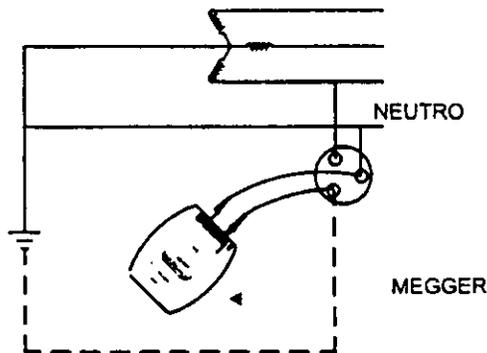


FIGURA 5.31 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE MEDICIONES Y TOMAS DE TIERRA

Para la ejecución de trabajos de mantenimiento en equipos y partes de la instalación, se debe desenergizar y además conectar a tierra, como se muestra en el ejemplo siguiente:

PUESTA A TIERRA DURANTE LA EJECUCIÓN DEL TRABAJO

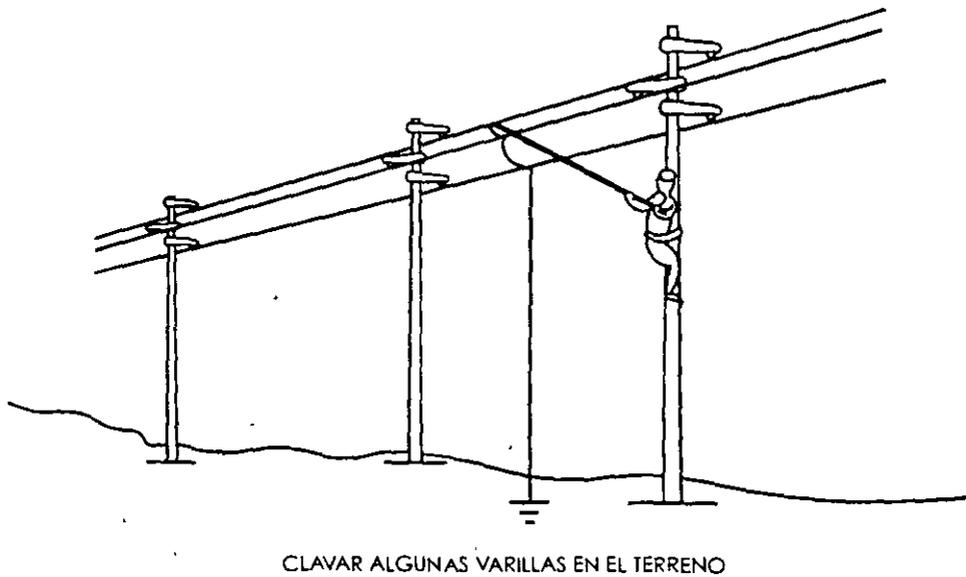
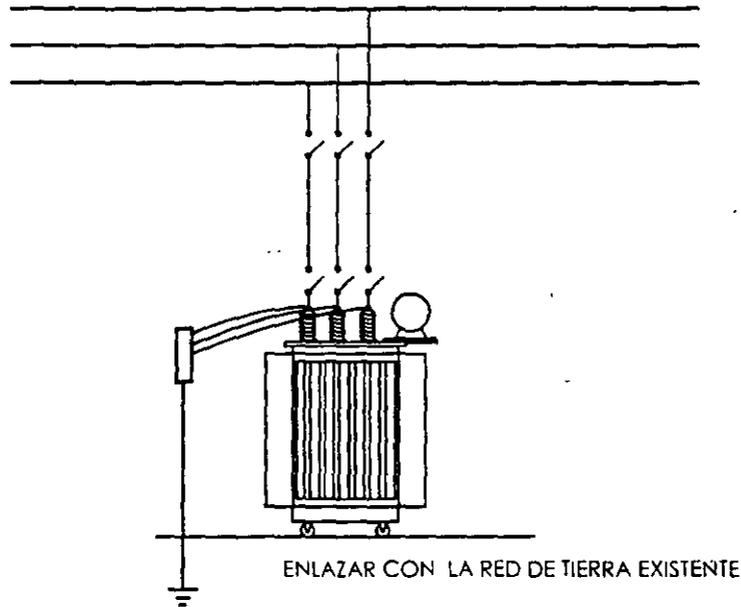


FIGURA 5.32

5.10 SISTEMAS DE PUESTA A TIERRA PARA CARGAS SENSITIVAS

- ◆ La conexión neutro/tierra en la entrada del servicio proporciona el punto de referencia para el sistema de distribución.
- ◆ Los circuitos son conectados a tierra a este punto, a través del alambrado del sistema de distribución del lugar.
- ◆ Dependiendo de la manera en que esté alambrado el sistema, formará un sistema de tierra conectado en serie o en paralelo.
- ◆ Para ilustrar esto, enseguida se muestra cómo un número de cargas puede ser conectado a un circuito sencillo.
- ◆ Esta es la manera en la que deberán ser conectados la mayoría de los circuitos.

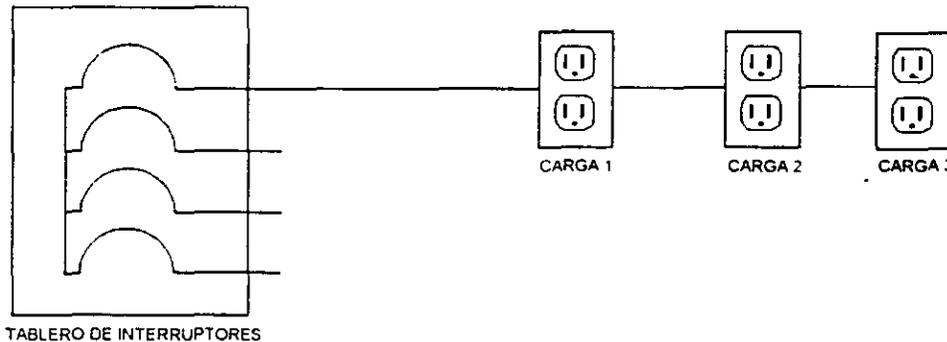


FIGURA 5.33

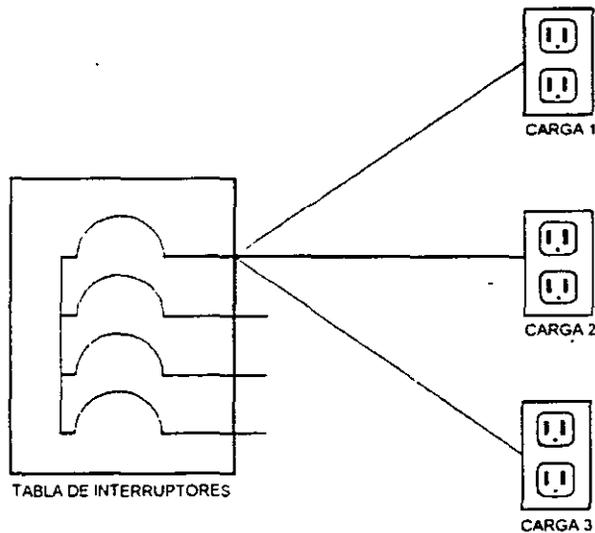
- ◆ La puesta a tierra de este circuito, está conectada en serie y puede ser mostrada esquemáticamente de la siguiente manera:

Esto, generalmente no provee problemas a la mayoría de las cargas y es la manera más común para alambrear circuitos. Sin embargo, esto puede plantear problemas a algunos equipos sensitivos, operando con otro equipo a un potencial de tierra un poco diferente.

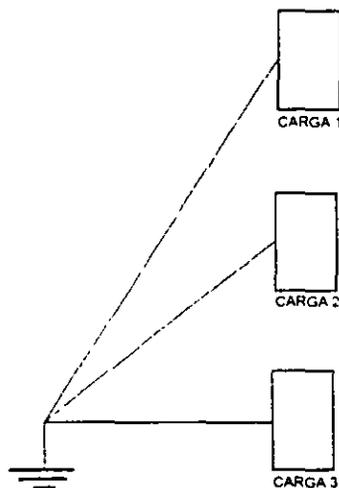
- ◆ A fin de proporcionar una tierra equipotencial, los circuitos deben conectarse en paralelo, de tal forma que compartan un punto de tierra común.

- ◆ Con un paralelo de puesta a tierra, ninguna corriente de tierra originada de una carga afectará el potencial de tierra de otras cargas de la misma magnitud.
- ◆ Este método, muestra más, porque requiere más conductor y tiene instalaciones elevadamente costosas. No es práctico alambrear un sitio completo de esta manera, pero es factible instalar los circuitos sensitivos en esta forma.

CONEXIÓN DE CARGAS EN PARALELO

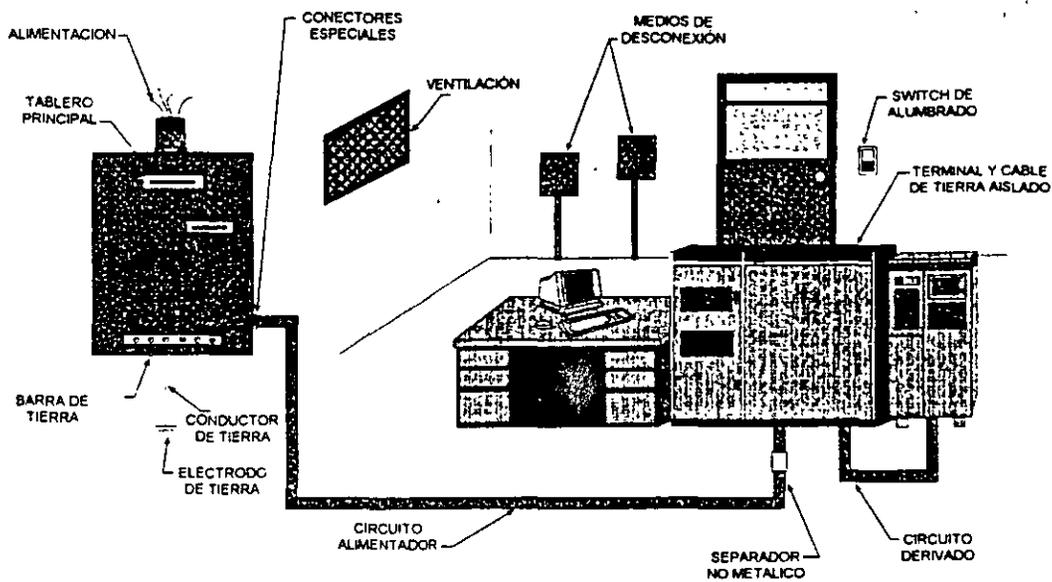


REPRESENTADAS ESQUEMÁTICAMENTE



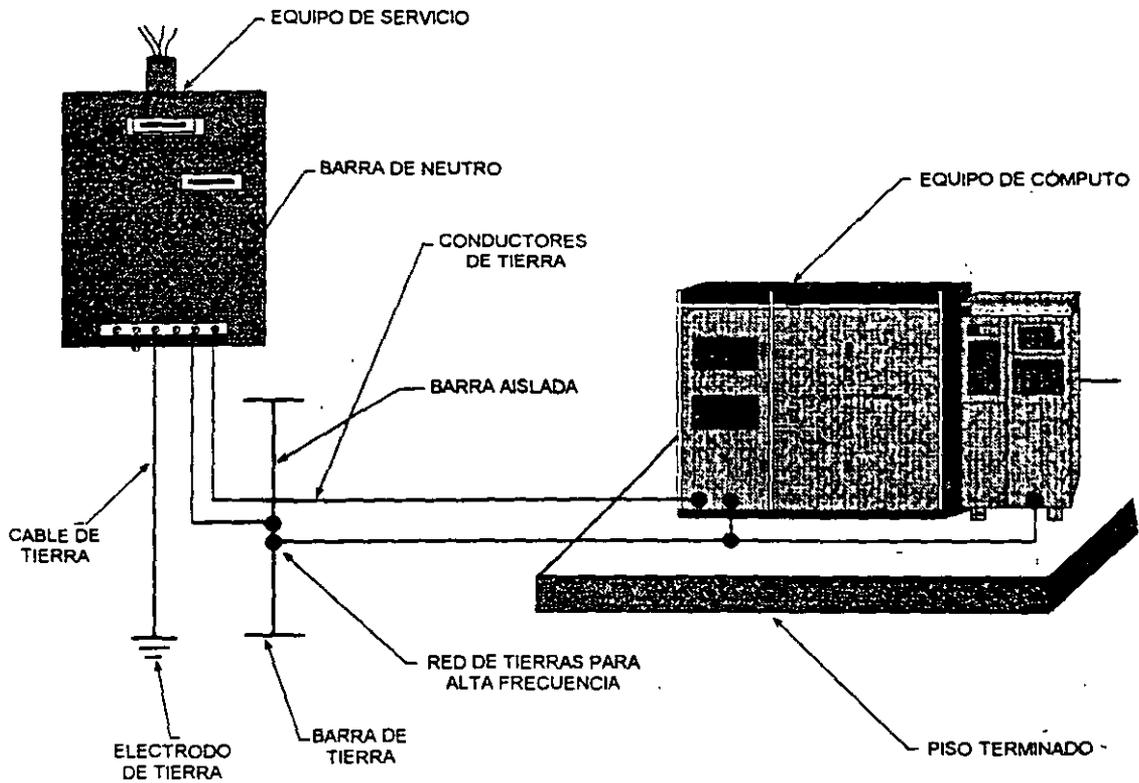
EL POTENCIAL DE TIERRA PARA CADA CARGA EN EL PUNTO DE CONEXIÓN ES EL MISMO COMO SI ELLAS ESTUVIERAN CONECTADAS AL MISMO PUNTO DE TIERRA COMÚN

FIGURA 5.34



ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA DEL EQUIPO DE COMPUTO

FIGURA 5.35



EQUIPO DE CÓMPUTO CON SU RED DE ALIMENTACIÓN Y CONEXIONES A TIERRA

FIGURA 5.36

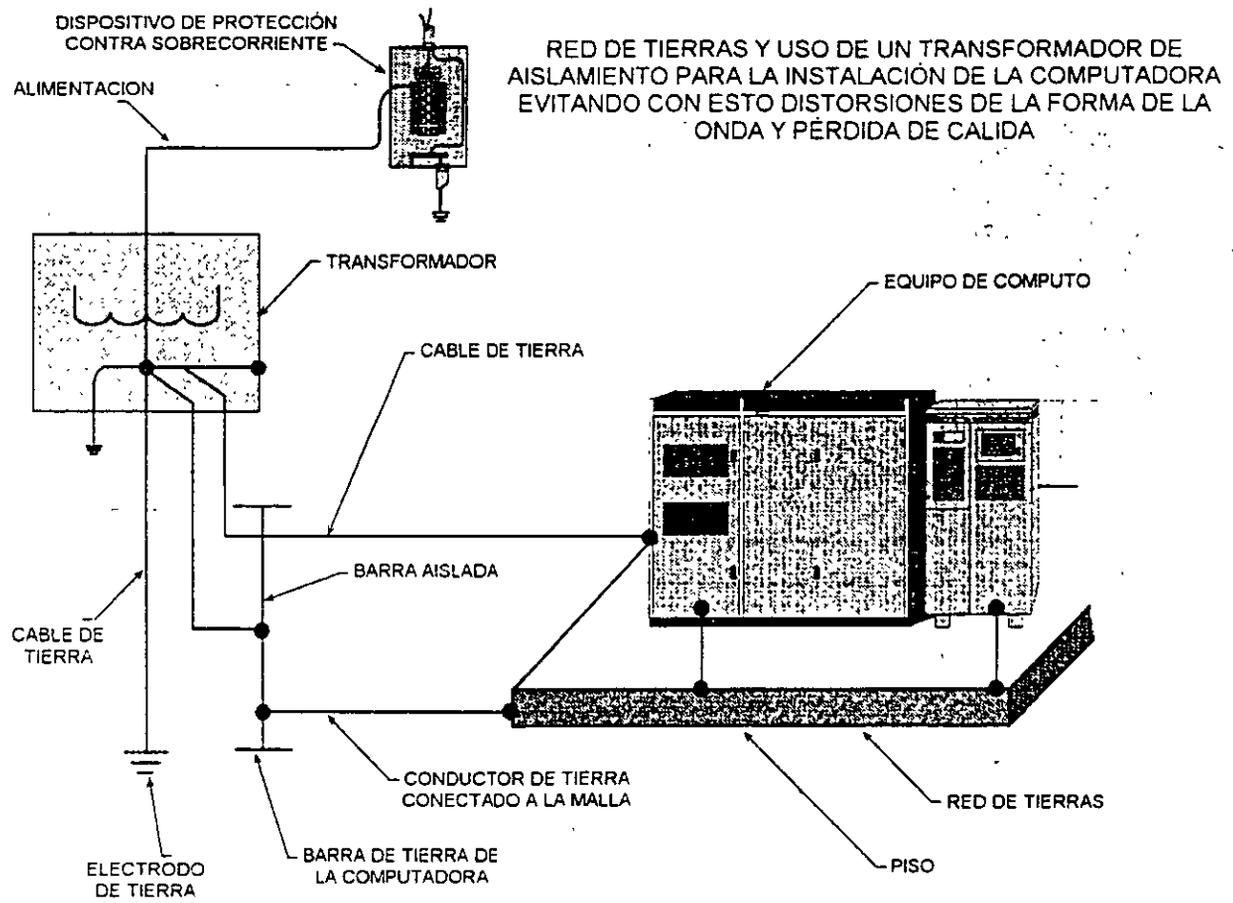


FIGURA 5.37

- ◆ Cuando el equipo de procesamiento automático de datos (ADP) está localizado en un cuarto, como es comúnmente el caso, todo el equipo puede ser conectado a tierra en un punto central, donde la fuente de alimentación eléctrica entra en el cuarto. Esto asegura que el equipo instalado en el cuarto tenga una conexión a tierra común al mismo potencial.

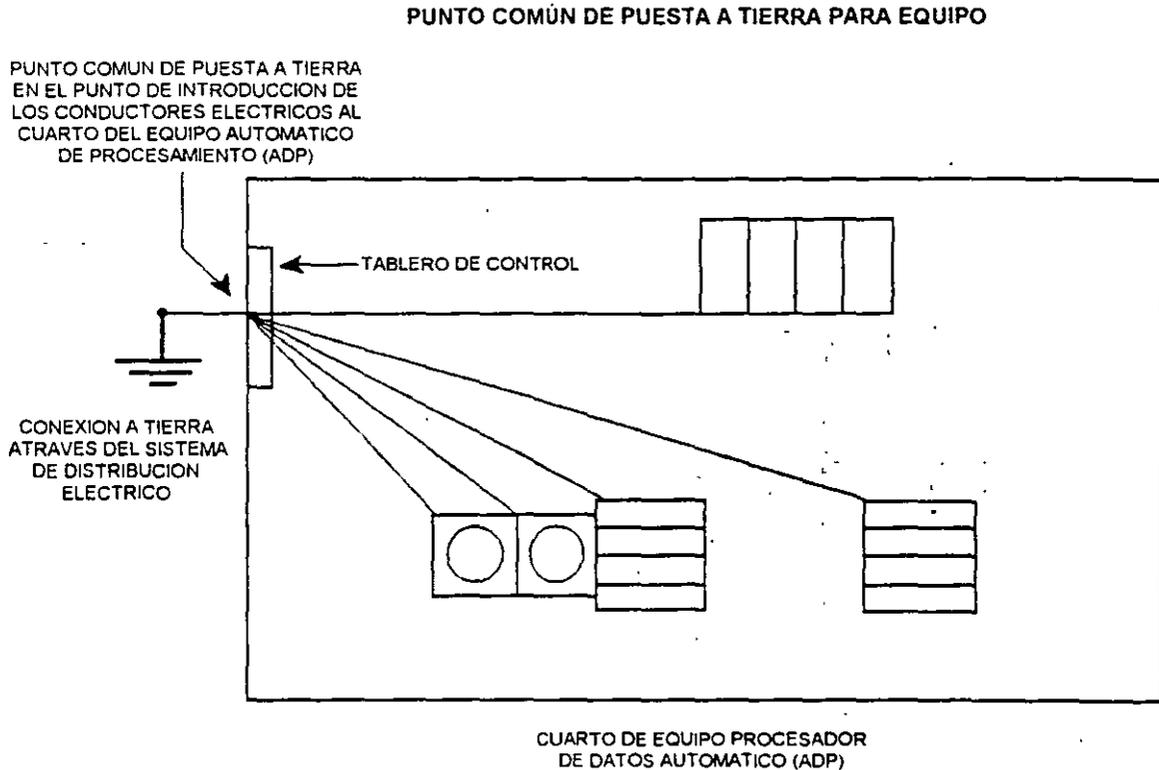


FIGURA 5.38

CAJAS AISLADAS DE CONEXIÓN A TIERRA

- ◆ Una extensión del método de puesta a tierra, mencionado anteriormente, es la caja aislada de conexión a tierra.
- ◆ Un tomacorriente aislado de puesta a tierra, como es reconocida por la norma de instalación eléctrica, es una caja en color naranja o con un triángulo naranja marcado "puesta a tierra aislada", que es alambrado como una salida de rama individual de circuito.

- ◆ La conexión de tubos, cajas, etcétera, del circuito es llevada a cabo por medios ordinarios-p.e. tubo o caja a un conductor separado conectado a tierra. Las dos conexiones a tierra están conectadas a tierra únicamente en el tablero.
- ◆ La ventaja de este arreglo, es que ninguna corriente de tierra procedente de otro equipo que no está alimentado al tomacorriente aislado de conexión a tierra, causará el mismo incremento de potencial sobre la tierra del tomacorriente aislado de conexión a tierra que alimenta el equipo.

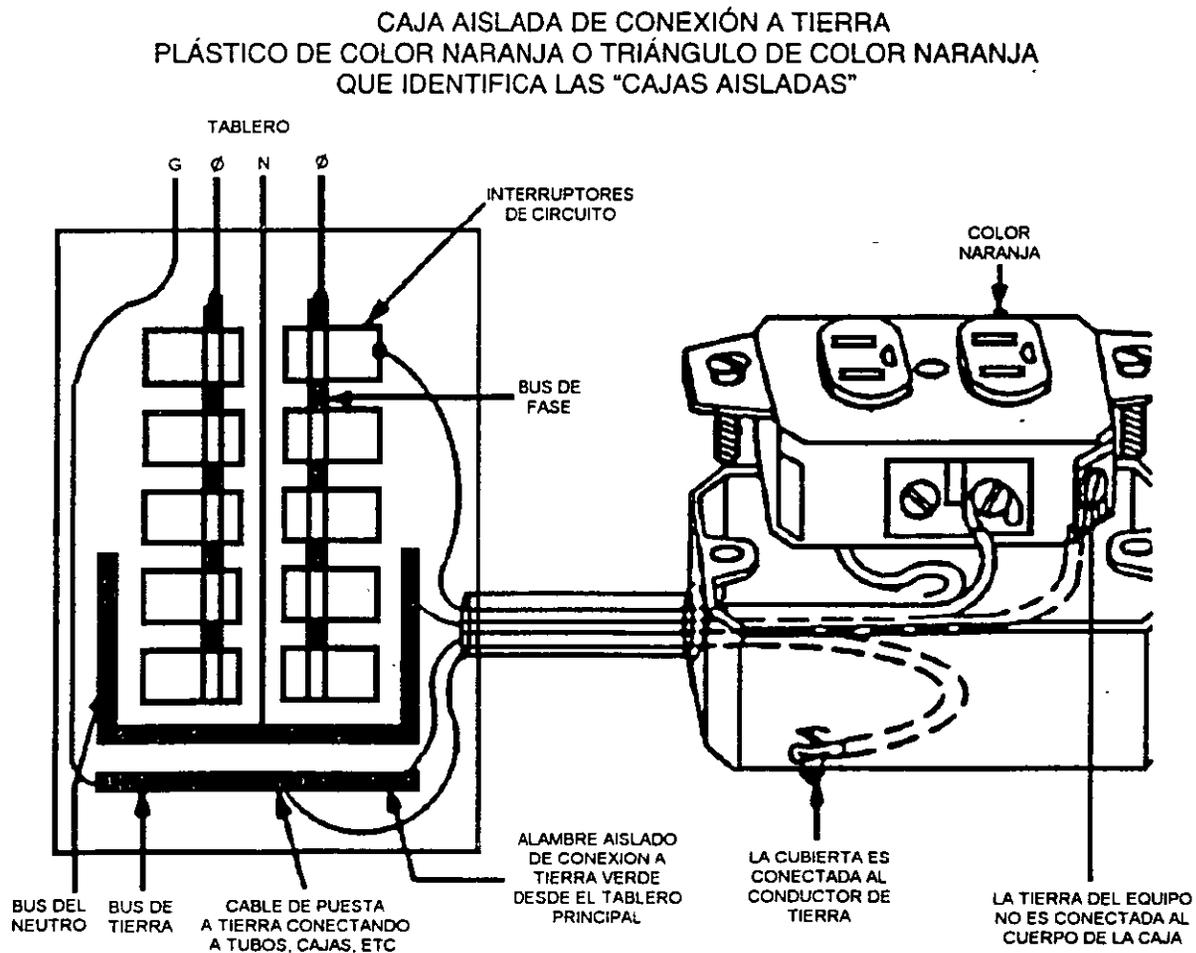


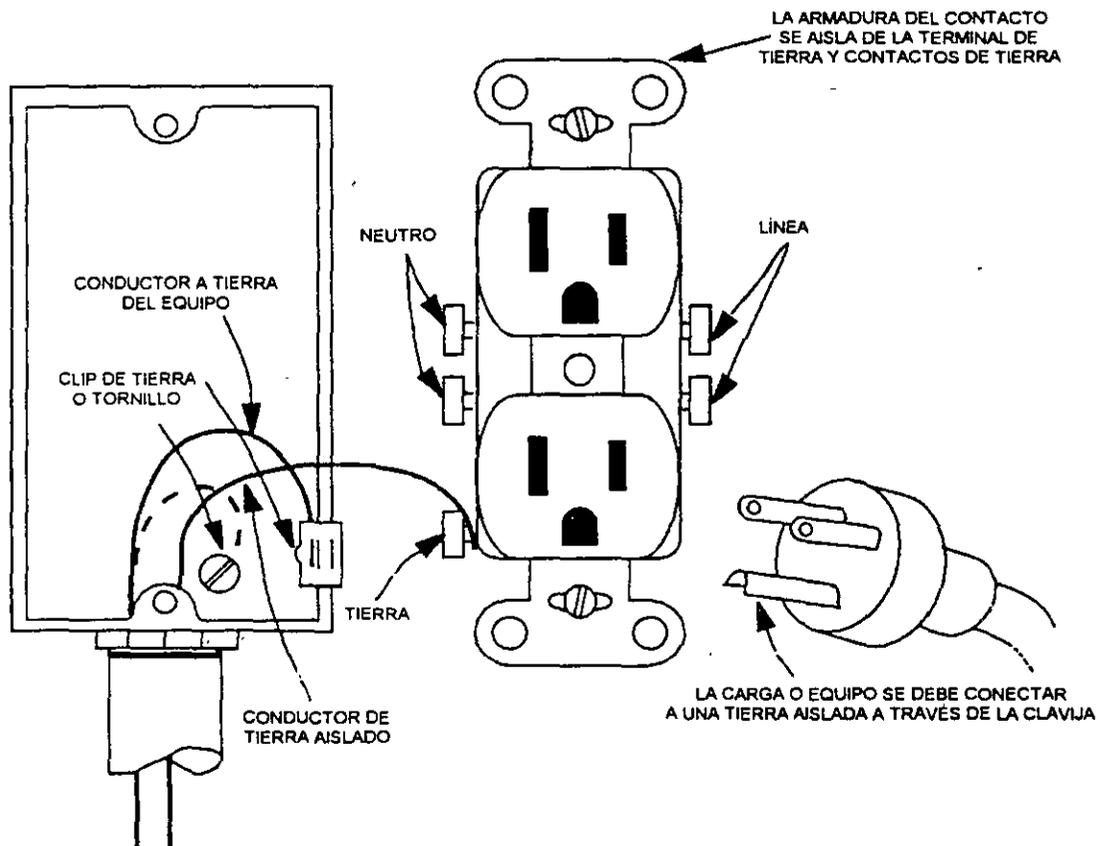
FIGURA 5.39

Notas sobre tomacorrientes aislados de conexión a tierra:

- ◆ El tomacorriente está conectado a tierra a la misma tierra que el sistema de distribución eléctrico, la única diferencia es que éste está conectado a tierra a través de un conductor distinto. No hay una conexión a tierra "distinta", "pura" o

“consagrada”. El código de Seguridad Eléctrica permite una conexión a tierra única.

- ◆ El tomacorriente aislado anaranjado de conexión a tierra es el único tomacorriente aislado reconocido de conexión a tierra.
- ◆ Las conexiones de tierra aisladas no pueden prolongarse desde equipos, más que de los receptáculos aislados de conexión a tierra.
- ◆ El código Eléctrico Nacional (NEC) en los Estados Unidos, permite el cable de conexión a tierra verde de un tomacorriente aislado de conexión a tierra, para pasar por un tablero conectado a tierra por el tablero principal de servicio.



LA CONEXION A TIERRA DE LOS CONTACTOS AISLADOS SE HACE CONECTANDO DIRECTAMENTE AL CONDUCTOR DE TIERRA AISLADA. LA CAJA Y LA ARMADURA DEL CONTACTO SE CONECTAN A LA TIERRA DEL EDIFICIO SI ES NECESARIO

FIGURA 5.40

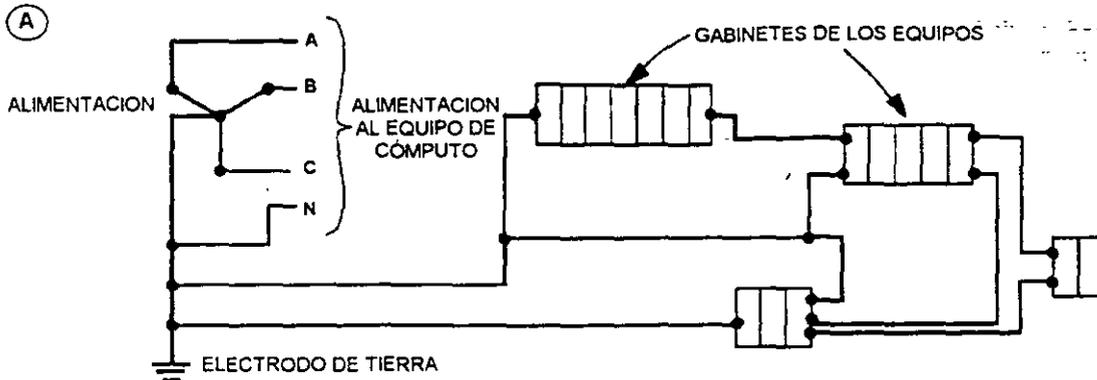
CONSIDERACIONES PARA LA PUESTA A TIERRA EN ALTA FRECUENCIA

- ◆ La conexión a tierra del equipo y del sistema de distribución eléctrico, proporciona una trayectoria de baja impedancia a tierra por bajas frecuencias (principalmente 60 Hz).
- ◆ Los equipos procesadores de datos automáticos y microprocesadores controlados, operan a altas frecuencias (a menudo arriba de 10 MHz) y transfieren datos entre varias partes del equipo a altas frecuencias y bajos niveles de señal. A causa de esto, ellos son muy sensibles al ruido e interferencia.
- ◆ El ruido que puede afectar la operación del equipo sensible, puede alcanzar frecuencias de corriente directa al rango de GHz. Para la operación correcta, esos tipos de equipos necesitan una manera efectiva de conexión de tierra para las dos frecuencias (alta y baja).

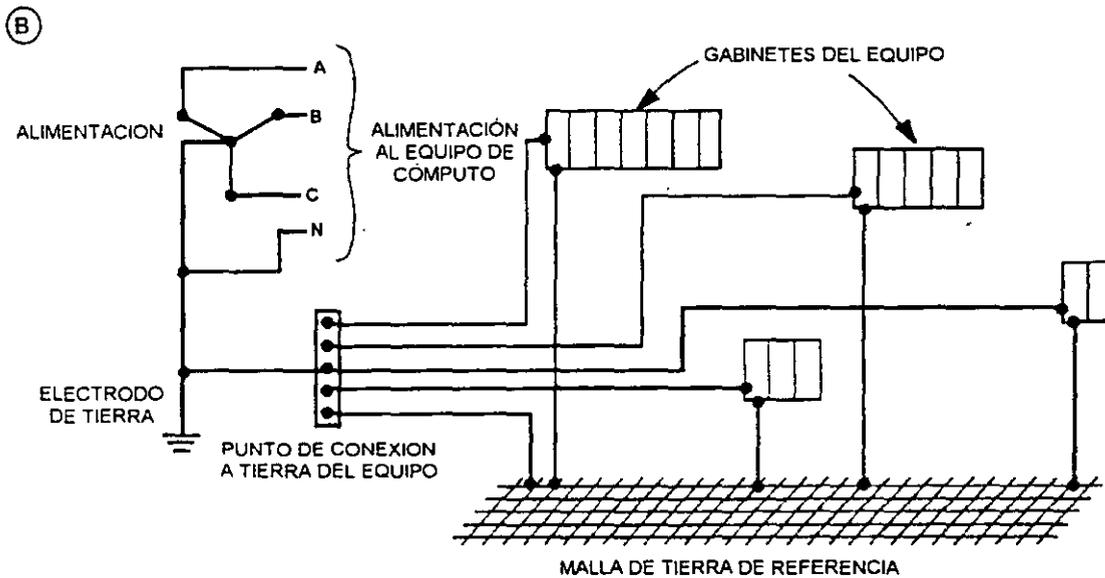
EFFECTOS DE LA FRECUENCIA EN LOS CONDUCTORES

- ◆ Los sistemas de alambrado utilizados generalmente por los constructores, tienen baja impedancia a baja frecuencia, así como se incrementa la frecuencia, la impedancia también.
- ◆ El cableado "Real" puede ser modelado por un cable de resistencia, inductancia y capacitancia dispersa a tierra distribuida a lo largo de su longitud.
- ◆ Para que la conexión a tierra de un conductor sea efectiva a altas frecuencias, deberá ser corto para minimizar los efectos de la capacitancia dispersa y de la inductancia distribuida a lo largo de su longitud.
- ◆ Una regla de dedo es que el conductor deberá ser menor que $1/20$ de la longitud de onda a esa frecuencia. Esto significa una longitud menor de 1.4m a 10 MHz.
- ◆ La conexión a tierra en un punto sencillo, trayectoria paralela, hecha para una buena conexión de tierra de equipo, hace una conexión a tierra pobre para una señal de alta frecuencia.
- ◆ Para satisfacer los requerimientos de conexión a tierra de equipos y señales, se debe utilizar un sistema híbrido. Este sistema es una combinación de conexión a tierra en un punto sencillo o trayectoria paralela combinada con una conexión a tierra en puntos múltiples para buen funcionamiento a alta frecuencia.

FORMA INCORRECTA DE CONEXIÓN A TIERRA DE EQUIPO DE CÓMPUTO



FORMA CORRECTA DE CONEXIÓN A TIERRA DE EQUIPO DE CÓMPUTO



TÉCNICAS DE CONEXIÓN A TIERRA DEL EQUIPO DE CÓMPUTO:

- A). ILUSTRALA FORMA INCORRECTA DE CONECTAR EL EQUIPO DE CÓMPUTO A TIERRA.
- B). ILUSTRALA FORMA CORRECTA DE CONECTAR EL EQUIPO DE CÓMPUTO A TIERRA, USANDO RED DE TIERRAS DE SEGURIDAD Y RED DE REFERENCIA PARA ALTAS FRECUENCIAS. TODAS LAS CONEXIONES DE LOS EQUIPOS A LA RED DE REFERENCIA SE DEBEN HACER TAN CORTAS COMO SEA POSIBLE. LOS CONDUCTORES A LA RED DE REFERENCIA Y LOS DE TIERRA DEBEN IR PREFERENTEMENTE POR DISTINTAS CANALIZACIONES.

FIGURA 5.41

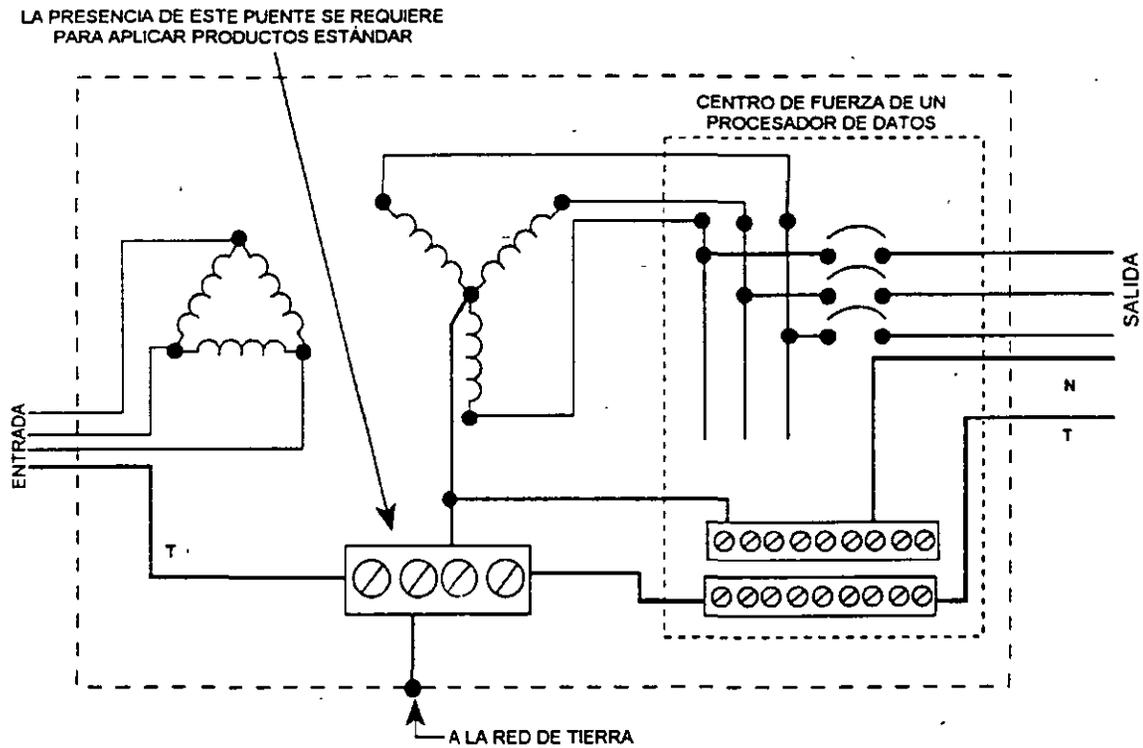
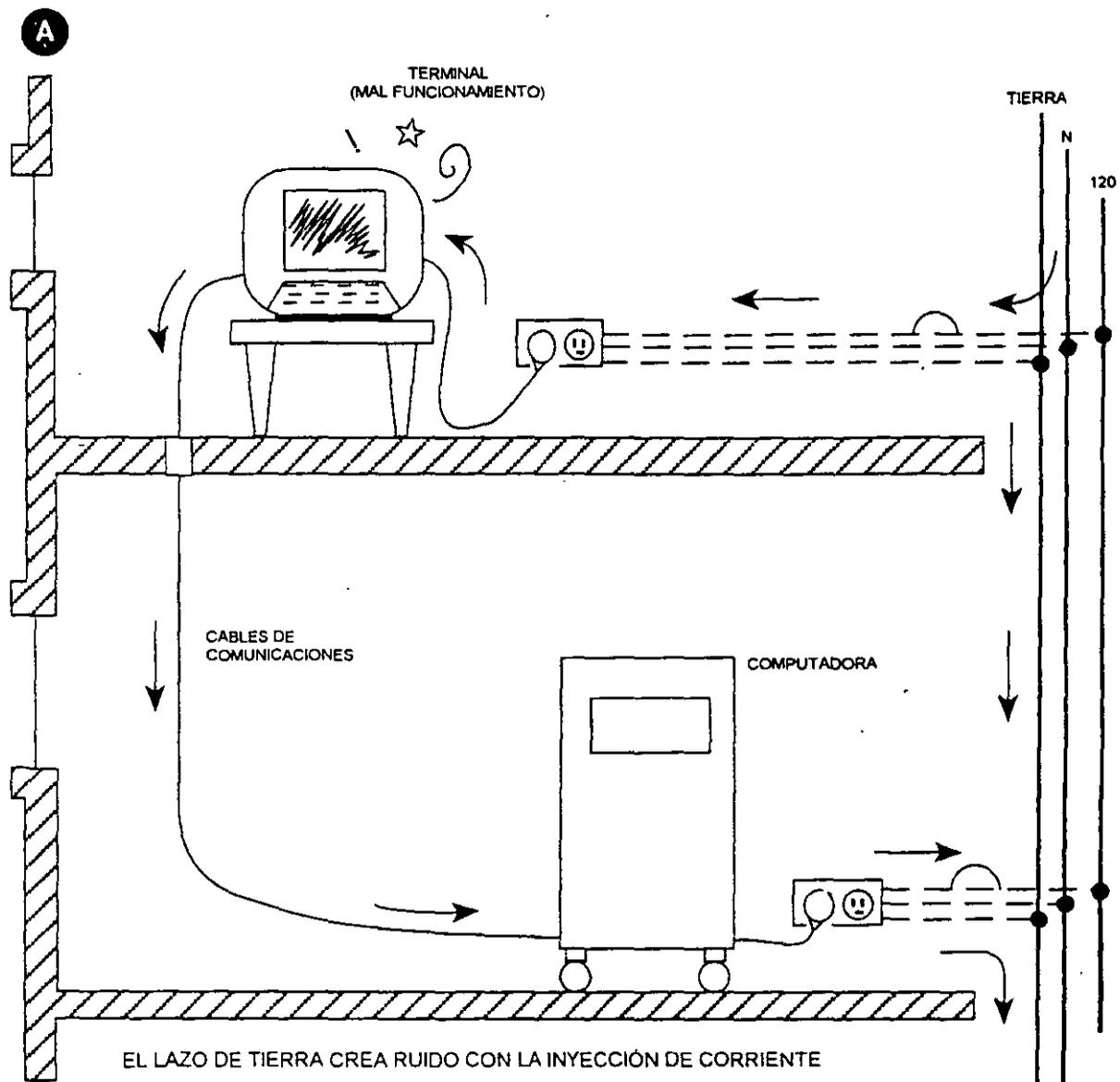


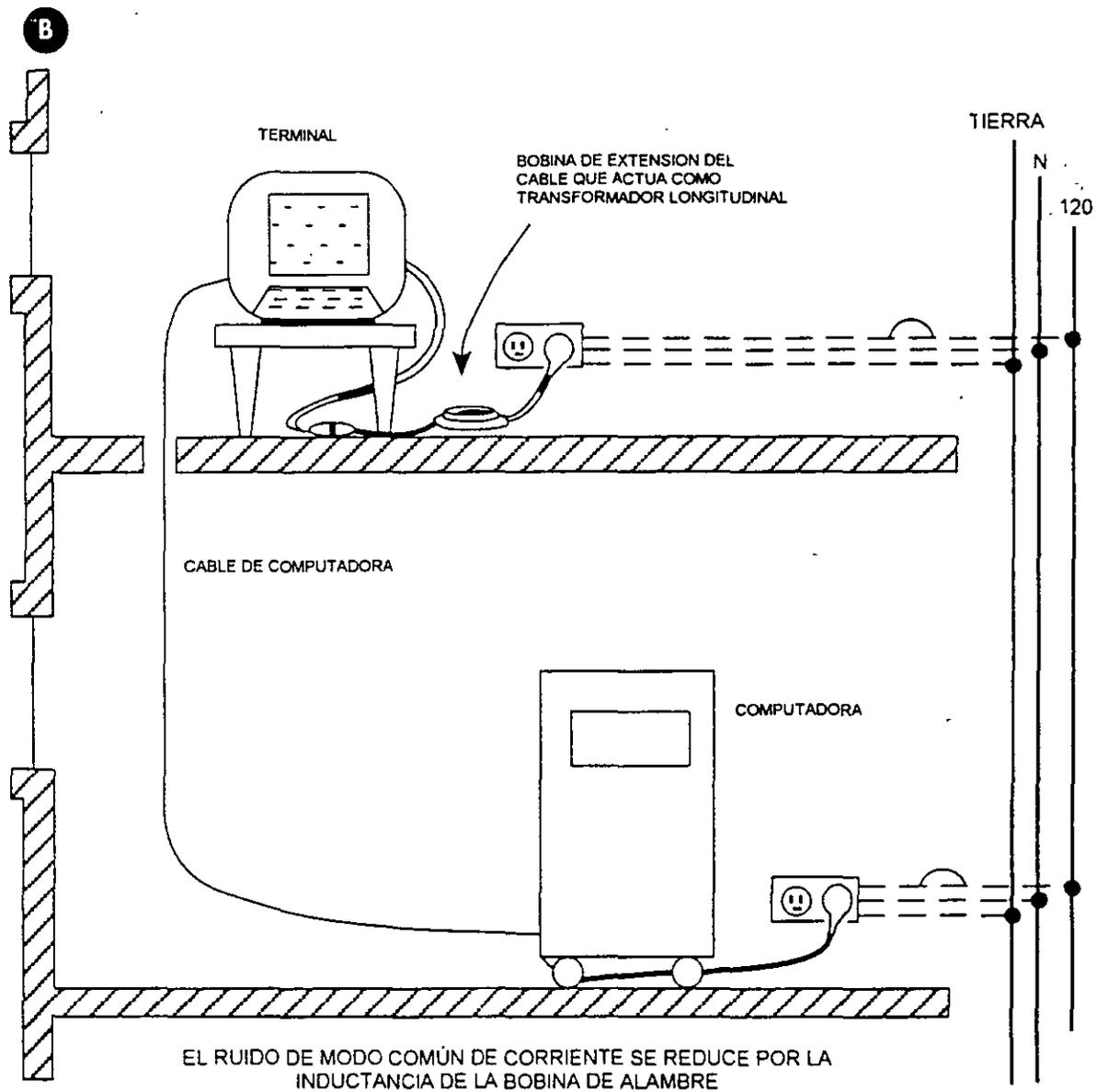
DIAGRAMA ESQUEMÁTICO TÍPICO DE LA FUENTE DE ALIMENTACIÓN PARA UN CENTRO DE PROCESAMIENTO DE DATOS, INDICANDO LA FORMA DE CONEXIÓN A TIERRA

FIGURA 5.42



EL RUIDO DE ALTA FRECUENCIA QUE VIAJA A TRAVÉS DEL SISTEMA DE ALAMBRADO AFECTA EN FORMA NEGATIVA A LA TERMINAL DE UNA COMPUTADORA PERSONAL, POR LO QUE ES NECESARIO REVISAR LA CORRECTA CONEXIÓN A TIERRA

FIGURA 5.43



SE USAN BOBINAS DE NÚCLEO DE AIRE PARA CANCELAR O HACER LENTO EL EFECTO DEL RUIDO DE ALTA FRECUENCIA

FIGURA 5.44

SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL

NORMA Oficial Mexicana NOM-022-STPS-1999, Electricidad estática en los centros de trabajo-Condición de seguridad e higiene.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-022-STPS-1999, ELECTRICIDAD ESTÁTICA EN LOS CENTROS DE TRABAJO-CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE.

MARIANO PALACIOS ALCOCER, Secretario del Trabajo y Previsión Social, con fundamento en los artículos 16 y 40 fracciones I y XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 512, 523 fracción I, 524 y 527 último párrafo de la Ley Federal del Trabajo; 3o. fracción XI, 38 fracción II, 40 fracción VII, 41, 43 a 47 y 52 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 3o., 4o. y 35 del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, 3o., 5o. y 22 fracciones I, XV, y XIII del Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y

CONSIDERANDO

Que con fecha 6 de diciembre de 1993 fue publicada en el Diario Oficial de la Federación la Norma Oficial Mexicana NOM-022-STPS-1993, Relativa a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo en donde la electricidad estática represente un riesgo;

Que esta Dependencia a mi cargo, con fundamento en el artículo cuarto transitorio primer párrafo del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, publicado en el Diario Oficial de la Federación el día 21 de enero de 1997, ha considerado necesario realizar diversas modificaciones a la referida Norma Oficial Mexicana, las cuales tienen como finalidad adecuarla a las disposiciones establecidas en el ordenamiento reglamentario mencionado;

Que con fecha 24 de febrero de 1998, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 46 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, el Anteproyecto de Modificación de la Norma Oficial Mexicana, y que en esa misma fecha el citado Comité lo consideró correcto y acordó que se publicara como proyecto de modificación en el Diario Oficial de la Federación;

Que con objeto de cumplir con los lineamientos contenidos en el Acuerdo para la desregulación de la actividad empresarial, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 24 de noviembre de 1995, las modificaciones propuestas a la norma fueron sometidas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial a la opinión del Consejo para la Desregulación Económica, y con base en ella se realizaron las adaptaciones procedentes, por lo que dicha dependencia dictaminó favorablemente acerca de las modificaciones contenidas en la presente Norma;

Que con fecha 22 de septiembre de 1998, y en cumplimiento del Acuerdo del Comité y de lo previsto en el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el Proyecto de Modificación de la presente Norma Oficial Mexicana, a efecto que dentro de los 60 días naturales a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral;

Que habiendo recibido comentarios de 6 promoventes, el Comité referido procedió a su estudio y resolvió oportunamente sobre los mismos, publicando esta dependencia las respuestas respectivas en el Diario Oficial de la Federación el 17 de febrero de 1999, en cumplimiento a lo previsto por el artículo 47 fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización;

Que en atención a las anteriores consideraciones y toda vez que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, otorgó la aprobación respectiva, se la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-022-STPS-1999, ELECTRICIDAD ESTÁTICA EN LOS CENTROS DE TRABAJO-CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE

INDICE

- 1 Objetivo
- 2 Campo de aplicación
- 3 Referencias
- 4 Definiciones
- 5 Obligaciones del patrón
- 6 Obligaciones de los trabajadores
- 7 Condiciones de seguridad para locales y edificios
- 8 Selección de pararrayos
- 9 Resistencia de la red de tierras
- 10 Unidades de verificación y laboratorios de prueba
Apéndice A contenido mínimo de los informes de unidades de verificación y laboratorios de prueba
- 11 Vigilancia
- 12 Bibliografía
- 13 Concordancia
Transitorios
Guía de referencia I ejemplo para medir la continuidad de los conductores de un sistema de pararrayos
Guía de referencia II ejemplos de las instalaciones que deben conectarse a tierra

1 Objetivo

Establecer las condiciones de seguridad en los centros de trabajo para prevenir los riesgos por electricidad estática.

2 Campo de aplicación

La presente Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo donde se almacenen, manejen o transporten sustancias inflamables o explosivas y que por la naturaleza de sus procesos empleen materiales, sustancias o equipos capaces de almacenar o generar cargas eléctricas estáticas o que estén ubicados en una zona donde puedan recibir descargas eléctricas atmosféricas.

3 Referencias

Para la correcta interpretación de esta Norma, deben consultarse las siguientes normas oficiales mexicanas y normas mexicanas vigentes:

NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

NOM-017-STPS-1993, Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.

NOM-001-SEMP-1994, Relativa a las instalaciones destinadas al suministro y uso de la energía eléctrica, artículos 250, 500, 516 y 2103.

NMX-CC-7/1-1993-SCFI Directrices para auditar sistemas de calidad. Parte 1 auditorías.

NMX-CC-7/2-1993-SCFI Directrices para auditar sistemas de calidad. Parte 2 administración de los temas de auditoría.

IMX-CC-8-1993-SCFI Criterios de calificación para auditores de sistemas de calidad.

NMX-CC-018-1996-IMNC Directrices para desarrollar manuales de calidad.

4 Definiciones

Para efectos de esta Norma se establecen las definiciones siguientes:

- a) **autoridad del trabajo; autoridad laboral:** las unidades administrativas competentes de Secretaría del Trabajo y Previsión Social, que realicen funciones de inspección en materia de seguridad e higiene en el trabajo, y las correspondientes de las entidades federativas y del Distrito Federal, que actúen en auxilio de aquéllas.
- b) **carga eléctrica:** es una propiedad de la materia que se manifiesta por la pérdida o ganancia de electrones.
- c) **conexión a tierra; puesta a tierra:** es la acción y efecto de unir eléctricamente ciertos elementos de un equipo o circuito a un electrodo o a una red de tierras.
- d) **descarga eléctrica:** es la transferencia de carga eléctrica, por conducción, entre materiales con potencial eléctrico diferente (pérdida excesiva de electrones).
- e) **descarga eléctrica atmosférica:** es la transferencia de cargas eléctricas de la tierra a las nubes, y de las nubes a la tierra.
- f) **electricidad estática:** son cargas eléctricas que se almacenan en los cuerpos.
- g) **nivel isocerámico:** es el número de días promedio, por año, con tormentas eléctricas en una región específica.
- h) **pararrayos:** es un dispositivo para recibir, coleccionar o desviar las descargas eléctricas atmosféricas a tierra.
- i) **punteo:** es la interconexión eléctrica, entre sí, de dos o más elementos por medio de un conductor de baja resistencia.
- j) **resistividad:** es la resistencia que ofrece al paso de corriente un cubo de terreno de un metro por lado.
- k) **sistema de tierras:** es un conjunto de conductores, electrodos, accesorios y otros elementos interconectados eficazmente entre sí, tienen por objeto conectar a tierra a elementos que pueden generar o acumular electricidad estática.

5 Obligaciones del patrón

5.1 Mostrar a la autoridad del trabajo, cuando así lo solicite, los documentos que la presente Norma le obligue a poseer o elaborar.

5.2 Establecer las condiciones de seguridad e higiene para evitar la generación y acumulación de las cargas eléctricas estáticas y prevenir los efectos de las descargas eléctricas atmosféricas.

5.3 Adiestrar y capacitar a los trabajadores en el funcionamiento y aplicación de los sistemas de tierra y, en su caso, de pararrayos.

5.4 Proporcionar a los trabajadores el equipo de protección personal que requieran, de acuerdo con lo establecido en la NOM-017-STPS-1993.

5.5 Instalar en su caso, elementos de captura, sistemas de tierras, sistemas de pararrayos, equipos y dispositivos para proteger al centro de trabajo de la acumulación de cargas eléctricas estáticas y descargas eléctricas atmosféricas.

5.6 Medir y registrar al menos cada doce meses, los valores de resistencia de la red de tierras y la continuidad en los puntos de conexión a tierra en el equipo que pueda generar o almacenar electricidad estática. En la guía de referencia se indican, de manera ilustrativa, los puntos a inspeccionar y la forma de evaluar la continuidad de las conexiones.

5.7 Informar a todos los trabajadores y a la Comisión de Seguridad e Higiene, acerca de los riesgos que representa el contacto con la electricidad estática y capacitarlos para evitar dichos riesgos.

5.8 En las áreas de trabajo cerradas donde la humedad relativa sea un factor de acumulación de electricidad estática, la humedad relativa debe estar entre 60 y 70%, a excepción de aquellos casos por la naturaleza de las sustancias, la humedad del aire represente un riesgo.

6 Obligaciones de los trabajadores

1 Participar en la capacitación y el adiestramiento que el patrón les proporcione en la materia.

6.2 Usar el equipo de protección personal proporcionado por el patrón, de acuerdo a las indicaciones establecidas para su uso y mantenimiento.

6.3 Notificar al patrón cualquier situación anormal que detecte en los sistemas de tierras y pararrayos.

7 Condiciones de seguridad para locales y edificios

7.1 Para establecer las condiciones de seguridad, se deben tomar en cuenta:

- a) la naturaleza del trabajo;
- b) las características fisicoquímicas de las sustancias que se manejen, almacenen o transporten;
- c) las características del ambiente en lo que se refiere a humedad, temperatura y nivel isocerámico.

7.2 Se debe evitar la generación o acumulación de electricidad estática en el centro de trabajo, aplicando, en su caso, control de humedad, instalación de dispositivos de conexión a tierra o equipo a prueba de explosión.

7.3 Las instalaciones metálicas que no estén destinadas a conducir energía eléctrica, tales como cercas perimetrales y estructuras metálicas y maquinaria y equipo ubicados en zonas en donde se manejen, almacenen o transporten sustancias inflamables o explosivas, deben conectarse a tierra.

7.4 Las zonas donde se almacenen, manejen o transporten sustancias inflamables o explosivas deben estar protegidas con sistemas de pararrayos.

8 Selección de pararrayos

8.1 Queda prohibido utilizar pararrayos que funcionen a base de materiales radiactivos.

8.2 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;
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.

9 Resistencia de la red de tierras

9.1 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.

9.2 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.

REPRESENTACION ESQUEMATICA DEL METODO DE MEDICION
Y PROYECCION GRAFICA DEL COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA
DE LA RED DE TIERRAS

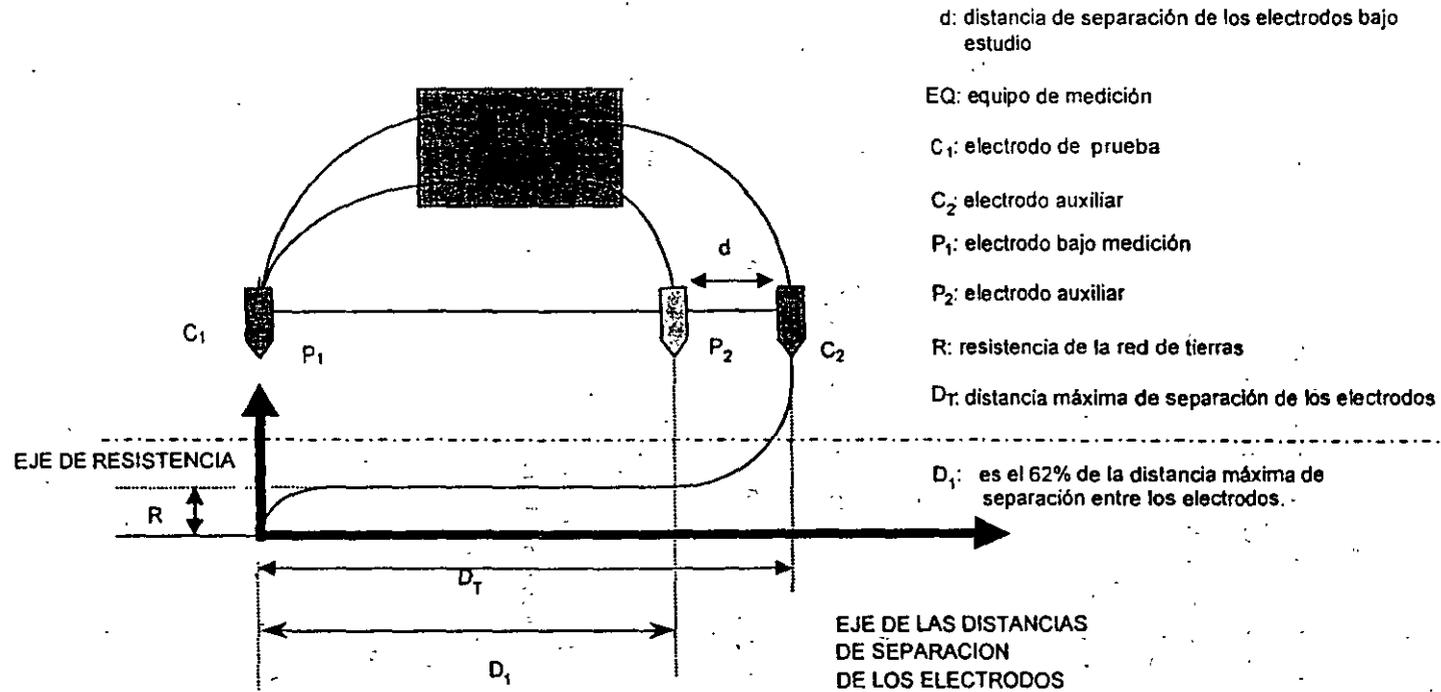


FIGURA 9.1

9.3 Registro de las mediciones efectuadas.

Debe contener como mínimo lo siguiente:

- a) nombre o razón social del centro de trabajo;
- b) dirección del centro de trabajo;
- c) fecha de realización de la medición;
- d) ubicación y descripción de las fuentes generadoras de la electricidad estática;
- e) características generales del equipo de medición utilizado;
- f) valores de resistencia de la red de tierras, además de los valores de continuidad de los puntos de conexión de dicho sistema;
- g) en su caso, altura del pararrayos, ubicación y ángulo de protección.

10 Unidades de verificación y laboratorios de prueba

El patrón tendrá la opción de contratar una Unidad de Verificación o Laboratorio de Prueba, acreditado y aprobado, según lo establecido en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, para verificar o evaluar el cumplimiento de la presente Norma.

10.1 Los laboratorios de prueba solamente podrán evaluar lo establecido en el capítulo 9 y en los apartados 5.6 y 5.8 para lo cual deberán contar con los procedimientos para la revisión documental, cumpliendo los requerimientos establecidos en las normas mexicanas vigentes: NMX-CC-7/1-1993-SCFI, NMX-CC-7/2-1993-SCFI y NMX-CC-8-1993-SCFI.

10.2 Las unidades de verificación podrán certificar el cumplimiento de esta Norma, verificando los apartados 5.2, 5.5, 5.7, 5.6, 5.8, 7.1, 7.2, 7.3, 7.4, 8.1, 8.2 y 9.3, para lo cual deberán contar con los procedimientos para realizar la revisión documental y para verificar el desarrollo técnico de la evaluación, cumpliendo con lo establecido en la norma mexicana vigente NMX-CC-018-1996-IMNC.

10.3 Las unidades de verificación o laboratorios de prueba deben presentar sus resultados de acuerdo con el listado correspondiente del apéndice A.

10.4 La vigencia del dictamen emitido por la Unidad de Verificación o del informe del Laboratorio de Prueba será de dos años.

APENDICE A

CONTENIDO MINIMO DE LOS INFORMES DE LAS UNIDADES DE VERIFICACION Y LABORATORIOS DE PRUEBA

A.1 Para el dictamen de la Unidad de Verificación.

A.1.1 Datos de la empresa evaluada.

- 1) nombre, denominación o razón social;
- 2) domicilio:
 - 1) calle;
 - 2) número;

- 3) colonia;
- 4) ciudad;
- 5) código postal;
- 6) delegación o municipio;
- 7) estado;

3) nombre y firma del representante legal.

A.1.2 Datos de la Unidad de Verificación.

- a) nombre, denominación o razón social;
- b) número de registro ante la Secretaría del Trabajo y Previsión Social;
- c) conclusión de los resultados de la verificación, practicada de acuerdo a lo establecido en la Norma;
- d) nombre y firma del representante legal;
- e) lugar y fecha de la firma.

A.2 Para el informe del Laboratorio de Prueba.

A.2.1 Datos de la empresa.

- a) nombre, denominación o razón social;
- b) domicilio:
 - 1) calle;
 - 2) número;
 - 3) colonia;
 - 4) ciudad;
 - 5) código postal;
 - 6) delegación o municipio;
 - 7) estado;
- c) nombre y firma del representante legal.

A.2.2 Datos del Laboratorio de Prueba.

- a) nombre, denominación o razón social;
- b) número de registro de autorización como Laboratorio de Prueba;
- c) nombre y firma del representante legal;
- d) lugar y fecha de la firma;
- e) conclusiones de la evaluación;
- f) contenido del estudio, de acuerdo a lo establecido en el apartado 9.3, a excepción de medidas de control a desarrollar y el programa de implantación.

11 Vigilancia

La vigilancia en el cumplimiento de la presente Norma corresponde a la Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

12 Bibliografía

- a) Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, artículo 123 Apartado A fracción XV.
- b) Ley Federal del Trabajo artículos 512 y 527.
- c) Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo Título Segundo Capítulo Cuarto artículos 48, 50 y 51, Capítulo Sexto artículo 57; publicado en el *Diario Oficial de la Federación* el 21 de enero de 1997, México.
- d) Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Publicada en el *Diario Oficial de la Federación* el 1 de julio de 1992, México.

13 Concordancia

Esta Norma no concuerda con ninguna norma internacional, por no existir referencia alguna al momento de su elaboración

TRANSITORIOS

PRIMERO.- La presente Norma entrará en vigor a los ciento ochenta días siguientes a su publicación en el *Diario Oficial de la Federación*.

SEGUNDO.- Durante el lapso señalado en el artículo anterior, los patrones cumplirán con la Norma Oficial Mexicana NOM-022-STPS-1993, Relativa a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo en donde la electricidad estática represente un riesgo, o bien realizarán las adaptaciones para observar las disposiciones de la presente Norma Oficial Mexicana y, en este último caso, las autoridades del trabajo proporcionarán, a petición de los patrones interesados, asesoría y orientación para instrumentar su cumplimiento, sin que los patrones se hagan acreedores a sanciones por el incumplimiento de la Norma en vigor.

Sufragio Efectivo No Reelección.

México, Distrito Federal, a los seis días del mes de mayo de mil novecientos noventa y nueve.-
El Secretario del Trabajo y Previsión Social, **Mariano Palacios Alcocer**.- Rúbrica.

GUIA DE REFERENCIA I

EJEMPLO PARA MEDIR LA CONTINUIDAD DE LOS CONDUCTORES DE UN SISTEMA DE PARARRAYOS

El contenido de esta guía es un complemento para la mejor comprensión de esta Norma, y no es de cumplimiento obligatorio.

Esta guía indica de manera ilustrativa los puntos que deben inspeccionarse y explica cómo medir la continuidad de las conexiones. Este ejemplo no es limitativo.

- 1.1 Para medir la continuidad de las conexiones, se colocan las terminales del instrumento de medición verificando su polaridad, de tal manera que en ambos extremos de la conexión se realice la evaluación (ver figura 1.1).

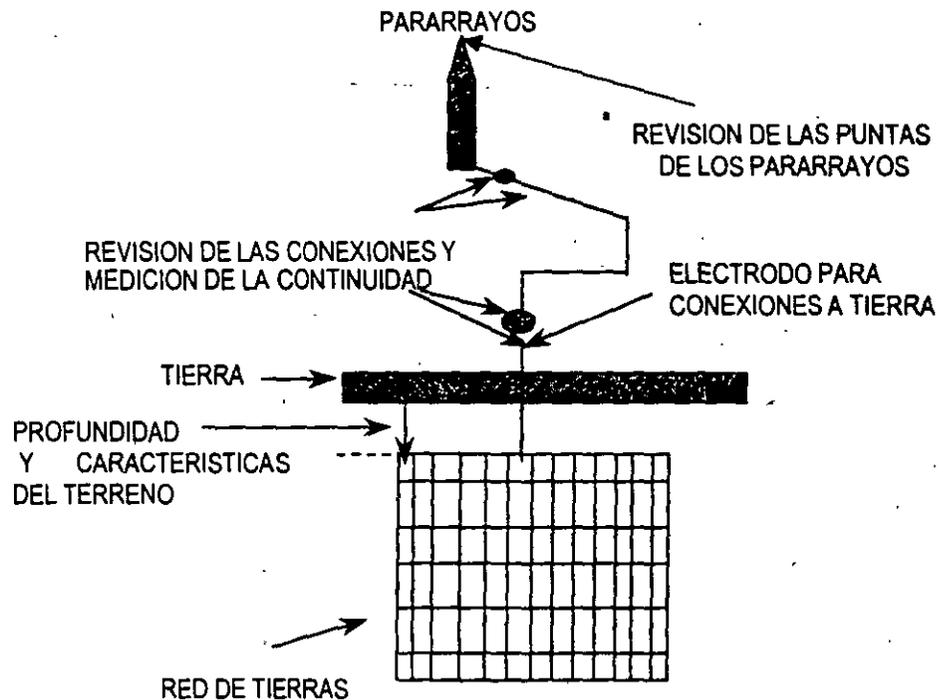


FIGURA 1.1

- 1.2 Para la revisión de las puntas del pararrayos, se debe vigilar que éstas se encuentren afiladas.
 1.3 Durante la revisión de las conexiones, se debe vigilar que estén libres de óxido, pintura y grasa, que sean de material conductor y que los alambres que sirven de conexión, no presenten daños mecánicos y que presenten, además, una conexión sólida.

GUIA DE REFERENCIA II

EJEMPLOS DE LAS INSTALACIONES QUE DEBEN CONECTARSE A TIERRA

El contenido de esta guía es un complemento para la mejor comprensión de esta Norma y no es de cumplimiento obligatorio.

En esta guía se describen ejemplos que permiten a los patrones orientarse acerca de las instalaciones, maquinaria y equipo que por sus características requieran de sistemas de conexión a tierra.

A continuación se describen algunos ejemplos de equipos e instalaciones que pueden almacenar y generar electricidad estática:

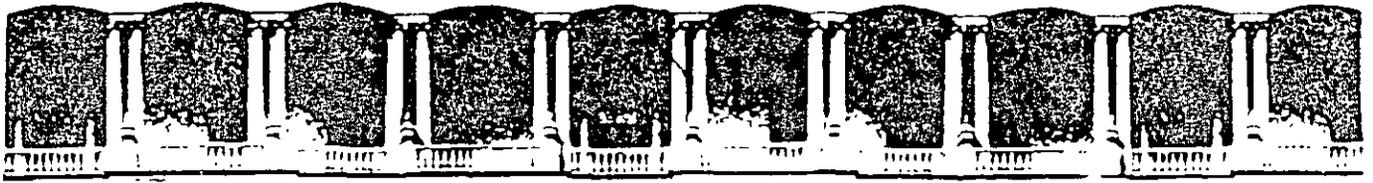
- cuando el equipo no este eléctricamente conectado a marcos metálicos, las partes sueltas metálicas del equipo deben de ligarse al armazón estructural del edificio o a una barra de tierra;
- equipos como: sopladores, bombas, vibradores, secadoras, motores, entre otros, deben tener una conexión individual y permanente a tierra;
- las tuberías metálicas aéreas donde se transporten sustancias inflamables o explosivas, así como sus accesorios, deberán ser punteados y conectados a tierra;
- en las instalaciones de pintura por pulverización, los objetos metálicos que han de ser pintados o barnizados y las paredes metálicas de las cabinas, cubículos y recipientes, y el sistema de aspiración deben estar conectados a tierra;
- antes de iniciar el proceso de trasvase de sustancias inflamables y explosivas, los accesorios y dispositivos deben ser conectados a tierra.

Para obtener más ejemplos de las conexiones a tierra, recomendamos consultar la NOM-001-SEMP-1994.

NORMAS DE SEGURIDAD

Se analizarán algunas normas de la STPS y de Luz y Fuerza.

- ✓ NOM-118-STPS. Guantes eléctricos.
- ✓ NOM-113-STPS. Calzado de seguridad.
- ✓ Luz y Fuerza del centro. Manual para comisiones de seguridad e higiene en el trabajo 1995.
- ✓ Luz y Fuerza. Reglamento de operación. 1965.



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

ALUMBRADO PÚBLICO

MOD. II.

**AHORRO DE ENERGÍA ELECTRICA; EQUIPOS
AHORRADORES DE ENERGÍA (Diversos tipos que existen
actualmente) Y NORMATIVIDAD Y SU APLICACIÓN EN
EL PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGÍA**

APUNTES GENERALES

CI - 183

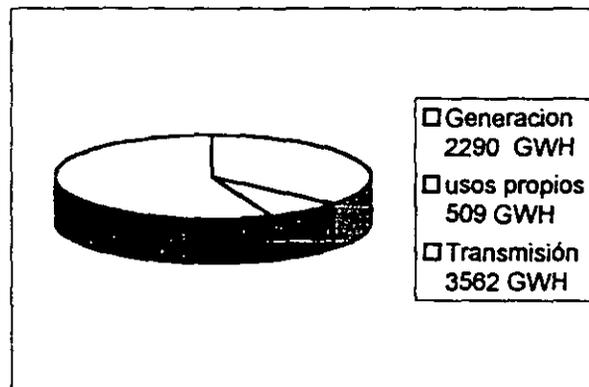
**Instructor: Ing. Justo Gutiérrez Moyado
GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
JULIO/AGOSTO DEL 2003**

2.- RAZONES IMPORTANTES PARA AHORRAR ENERGIA ELECTRICA

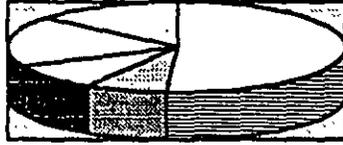
Fundamentalmente los programas de uso eficiente y ahorro de energía en México, así como el desarrollo de diagnósticos energéticos y de proyectos de ahorro en industrias, centros comerciales e inmuebles de servicios, casas habitación, servicios públicos, etc..., persiguen beneficios de tipo económico, 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:

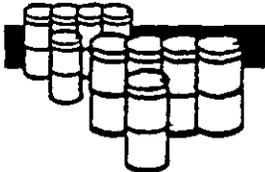
METAS DE AHORRO INTERNAS 1992-2000 AHORRO TOTAL. 6,361 GWH



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



<input type="checkbox"/> Industria	7221
<input type="checkbox"/> Domestico	1133
<input type="checkbox"/> Alumbrado Público	1274
<input type="checkbox"/> com. Y serv.	2548
<input type="checkbox"/> bombeo agricola	1982

<p>AHORRO</p>		<p>EQUIVALENCIA</p>
<p>20 533 GWH</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>RESERVA MONETARIA</p>		<p>4.866 MLLD.DLL.</p>
		<p>28 6° de 17.000 MLLS. DLLS.</p>
<p>PRODUCCION PETROLERA MENSUAL</p>		<p>53.35 MILLONES DE BARRILES</p>
		<p>71% de 75 MILLONES DE BARRILES</p>
<p>CONSTRUCCION DE SUPERCARRETERAS</p>		<p>15.32 BILLONES DE PESOS</p>
		<p>4.000 KILOMETROS</p>
<p>CONSTRUCCION DE AULAS</p>		<p>15.32 BILLONES DE PESOS</p>
		<p>106.300 AULAS TIPO CAPFCE</p>
<p>CREACION DE EMPLEOS</p>		<p>15.32 BILLONES DE PESOS</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.

2.1 CUIDADO DE LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, DEL MEDIO AMBIENTE Y LA CREACIÓN DE UNA CULTURA ENERGETICA 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 proviene 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; dentro de cuarenta años aproximadamente, no quedará ni

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 la población con su publicidad y difusión que comprende desde los niveles de educación primaria hasta diplomados y maestrías en las escuelas de educación superior.

2.2. BENEFICIAR ECONOMICA Y TECNICAMENTE 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 parasitas). 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 ($R = \rho L / A$) 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 trabaje a 100°C ; presentará una resistencia 1.314 veces mayor que cuando se encuentra a 20°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, mas factibles y rentables.

2.3 BENEFICIAR A TODAS AQUELLAS EMPRESAS RELACIONADAS CON LA FABRICACION Y COMERCIALIZACION 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.

2.4. BENEFICIAR A LAS EMPRESAS DEDICADAS A BRINDAR SERVICIOS DE CONSULTORIA O BIEN A AQUELLAS EMPRESAS DE SERVICIOS ELECTRICOS ORIENTADAS A PROPORCIONAR SERVICIOS ENERGETICOS.

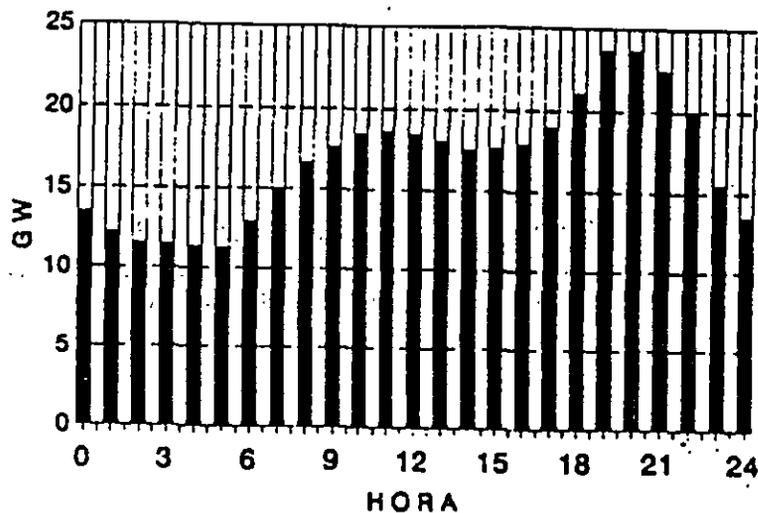
Las actividades relacionadas con el ahorro de energía están siendo un buen negocio en México. La concientización está creando la necesidad de especialistas en ahorro de energía en todas las ramas lo que está propiciando la creación de múltiples microempresas y también la creación de nuevas áreas especializadas 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).

2.5 BENEFICIAR LAS COMPAÑIAS SUMINISTRADORAS DE ENERGIA ELECTRICA, A LA SOCIEDAD Y AL PAIS.

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/depfl/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 generacion 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.

Tambien 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 (SO₂), causantes de la lluvia ácida, y tambien emiten bióxido de carbono (CO₂) que contribuye al efecto invernadero en la atmosfera, 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 generacion termoeléctrica, requiere un consumo de consumo de agua para enfriamiento de un litro de segundo.

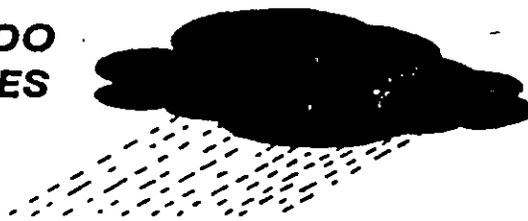


**CADA KWH AHORRADO
EVITA LOS SIGUIENTES
CONTAMINANTES:**



Gramos

NOx	1.22	0.82
SO₂	3.41	1.6
CO₂	263.1	214.83
CH₄	0.00268	0.00195



3.-DEPENDENCIAS Y ORGANISMOS DEDICADOS EN MEXICO A PROGRAMAS DE AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA.

3.1 FIDEICOMISO PARA EL AHORRO DE ENERGIA ELECTRICA (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.

3.2. COMISION NACIONAL PARA EL AHORRO DE ENERGIA (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)
- Petroleos 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.

AREAS 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.

3.3.- PROGRAMA DE AHORRO DE ENERGIA DEL SECTOR ELECTRICO (PAESE) DE LA COMISION 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 periodo 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.

3.4.- ASOCIACION DE TECNICOS Y PROFESIONISTAS EN APLICACION ENERGETICA 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

Domicilio : Av. Revolución No. 728-15, Col. Nonoalco Mixcoac, C.P. 03700, México D.F.

Tel. : 56 11 93 52 Fax : 56 11 92 80

E-mail : atpae 98 q dfl.telmex.net.mx

3.5.- DEPENDENCIAS E INSTITUCIONES EDUCATIVAS.

3.5.1.- UNIVERSIDAD AUTONOMA METROPOLITANA.

Actualmente ofrece en su plantel Iztapalapa la carrera de Ingeniero en energía.

3.5.2.- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

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.

3.5.3.- INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL.

Ofrece cursos, seminarios y diplomados en uso eficiente y ahorro de energía eléctrica. Tiene convenios de cooperación mutua con el Fideicomiso para el ahorro de energía eléctrica. Ofrece cursos a distancia.

3.5.4.- UNIVERSIDAD ANAHUAC.

Ofrece la maestría en sistemas de ahorro de energía.

Las anteriores dependencias e instituciones, son una muestra de lo que seguramente se tienen en planes y programas de estudio a nivel nacional.

IV AHORRO DE ENERGIA 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 periodo 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 ese 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 más 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 otros sectores, al no tener que invertir dicho monto en programas para generar electricidad.

Destaca la información, que en 1998, se ahorraron 1,179 MW, de los cuales 683, correspondieron a la reducción en el consumo logrado con el horario de verano, 143 se ahorraron en el uso doméstico 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 8,000,000 de barriles de petróleo, cantidad suficiente para movilizar durante cuatro meses a toda la flota vehicular de la ciudad de México, que con la reducción de la demanda de energía eléctrica durante las horas pico, se diferieron permanentemente inversiones de \$7,000,000,000, que equivalen al costo de una 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.

**NORMATIVIDAD EN PROYECTOS DE AHORRO DE ENERGIA EN
ALUMBRADO PÚBLICO.**

Se estudiarán y analizarán las siguientes normas.

NOM 001 SEDE 1999. INSTALACIONES ELECTRICAS
NOM- 013- ENER- 1996. EFICIENCIA ENERGETICA EN SISTEMAS DE
ALUMBRADO PARA VIALIDADES Y EXTERIORES DE EDIFICIOS.

**RECOMENDACIONES FIDE.
TECNOLOGIA DE PUNTA PARA AHORRO DE ENERGIA EN ALUMBRADO
PÚBLICO.**

Se estudiarán y analizarán; tecnologías de fabrica nacional y extranjera.

- ✓ Lámparas.
- ✓ Balastos electromagnéticos.
- ✓ Balastos electrónicos.
- ✓ Luminarias.

Se tendrá una mesa redonda con instructores especialistas en sistemas luminarias y componentes eficientes así como con la participación de personal de la dirección de alumbrado público.

- ✓ Balastos inteligentes (I.D.M., V- LUX VERDEYEN)
- ✓ Energy Saver (sistema control)

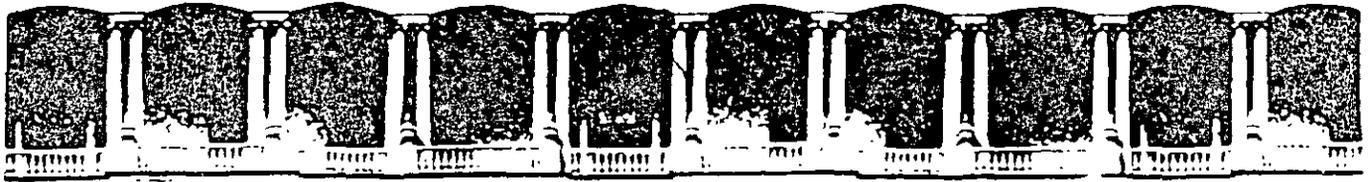
TARIFAS ELECTRICAS.

Se estudiarán:

Tarifa 3

Tarifa OM

Tarifa 5 y 5A



**FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.
DIVISION DE EDUCACION CONTINUA**

CURSOS INSTITUCIONALES

ALUMBRADO PÚBLICO

**MOD. III.
METODOS Y PROCEDIMIENTOS PARA EL CALCULO
DE ALUMBRADO PARA: FACHADAS, FUENTES Y
MONUMENTOS**

APUNTES GENERALES

CI - 183

**Instructor: Ing. Justo Gutiérrez Moyado
GOBIERNO DEL DISTRITO FEDERAL
JULIO/AGOSTO DEL 2003**

**ILUMINACION CON
PROYECTORES
(TEORIA)**

A raíz del invento de la lámpara incandescente que ocurrió el 21 de octubre de 1879, por Tomas Alva Edison, ésta se fue utilizando cada vez más en aplicaciones pioneras debido a que antes de contar con esa fuente de luz muchas actividades terminaban al ponerse el sol e iniciarse las tinieblas; pero aun con esa fuente de luz era necesario desarrollar "algo" que garantizara la protección de la lámpara contra agentes atmosféricos como la lluvia, la nieve, el viento, etc. y además para poder utilizar mejor la luz producida por la fuente.

Es así como se va investigando y desarrollando el "proyector", el cual es un dispositivo susceptible de devolver el flujo emitido por la lámpara en un espacio o abertura relativamente reducida, mediante la reflexión de los rayos emitidos; las partes principales del proyector son: el reflector y el cristal difusor.

En la actualidad ha sido enorme el progreso alcanzado por los proyectores y muy variadas sus aplicaciones para iluminar zonas exteriores de intensa actividad como son por ejemplo los andenes de ferrocarril, estacionamientos de centros comerciales, plataformas de aeropuertos, etcétera, y además para realzar obras como monumentos importantes y edificios principales.

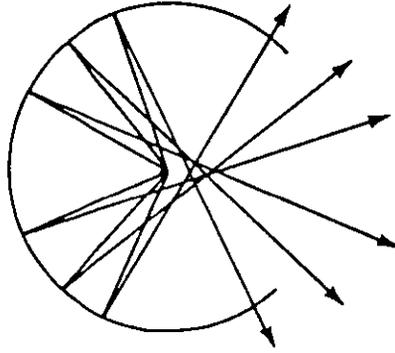
Existen tres tipos fundamentales de proyectores que son desde el punto de vista del reflector utilizado, circulares, parabólicos y elípticos.

En el dibujo podemos apreciar que cuando la fuente luminosa está colocada en el centro de un reflector circular todos los rayos luminosos reflejantes pasan por el mismo centro.

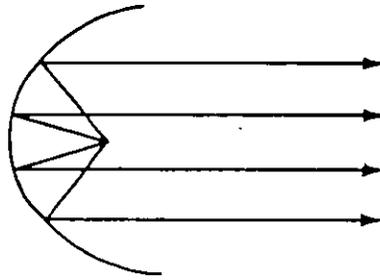
En el reflector parabólico todos los rayos reflejados son paralelos entre sí y en el elíptico con la fuente luminosa colocada en uno de los focos, los rayos reflejados pasarán por el segundo punto focal de la elipse.

La Asociación Nacional de Fabricantes de Equipo Eléctrico en los Estados Unidos (NEMA) ha clasificado en tres diferentes grupos los reflectores de acuerdo con su construcción:

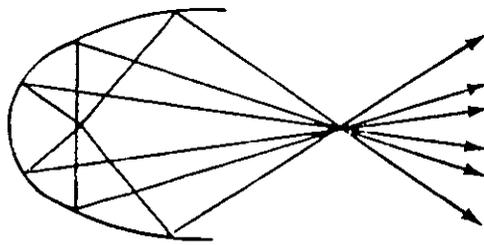
Diversos tipos
de reflectores



A Circular



B Parabólico



C Elíptico

1. *Tipo Pesado.* La construcción de los proyectores de este grupo es con material no ferroso, tiene reflector removible y es del tipo cerrado con una cubierta de vidrio, a prueba de lluvia.

2. *Servicio general.* Este tipo de proyector está construido en tal forma que la armazón sirve también como reflector, es a prueba de lluvia estando cerrada como la del primer grupo por medio de una cubierta de vidrio.

3. *Abiertas.* En este grupo la carcasa también sirve como reflector y están desprovistos de cubierta.

También la NEMA ha fijado siete tipos de proyectores de acuerdo con la abertura del haz y de su eficiencia mínima.

Difusión del haz (grados)	NEMA tipo	Eficiencias mínimas (%)			
		Lámparas incandescentes		Lámparas de mercurio	
		Area efectiva del reflector (plg ²)			
		Abajo de 227	Sobre 227	Abajo de 227	Sobre 227
10 a 18	1	34	35	—	—
18 a 29	2	36	36	22	30
29 a 46	3	39	45	24	34
46 a 70	4	42	50	35	38
70 a 100	5	46	50	38	42
100 a 130	6	—	—	42	46
130 a más	7	—	—	46	50

La forma en que es emitido el flujo luminoso por el proyector se expresa, generalmente, en función del ángulo del haz, y como la mayoría de las unidades no son simétricas, respecto al eje central, referidas al plano horizontal y vertical, se especifican dos ángulos uno medido perpendicularmente con respecto al otro.

Como para desarrollar un diseño de alumbrado con proyectores y determinar el número necesario de los mismos, se parte del nivel de iluminación, a continuación se enlistan los niveles para diferentes actividades deportivas y sitios donde es aconsejable ese tipo de alumbrado.

NIVELES DE ILUMINACIÓN. TABLA DE SELECCIÓN

Los siguientes niveles recomendados de iluminación están basados en las publicaciones de la Sociedad de Ingeniería en iluminación (IES) y presentan los mínimos luxes promedio recomendados para la tarea en cualquier momento. Debido a que la eficiencia de un luminario se deprecia por el uso, la instalación de iluminación debe diseñarse y el luminario debe elegirse bajo la base de un nivel mantenido de iluminación, más que por los niveles iniciales.

NIVELES RECOMENDADOS DE ILUMINACIÓN POR APLICACIÓN

<i>Aplicación general</i>	<i>Luxes mínimos promedio recomendado ♦</i>
<i>Aeropuertos</i>	
Plataforma de hangares hasta 16 m	10
Plataforma de hangares hasta 60 m	5.0
Área de centro de servicio de aeronaves	20 (vertical)

	<i>Luxes mínimos promedio recomendado ↓</i>		
<i>Alamedas</i>	50		100
<i>Astilleros</i>			
General		50	
Caminos		100	
Áreas de fabricación		300	
<i>Caminos industriales</i>			
Cerca de edificios		10	
Lejos de edificios		5	
<i>Canteras</i>		50	
<i>Construcciones</i>			
General		100	
Excavaciones		20	
<i>Chimeneas industriales y tanques elevados con anuncios</i>			
Alrededores brillantes:			
Superficies claras		500	
Superficies oscuras		1 000	
Alrededores oscuros:			
Superficies claras		200	
Superficies oscuras		500	
<i>Estacionamientos</i>			
Industriales		10	
Centros comerciales		20	50
Lotes comerciales (abiertos, guarecidos)		25	
<i>Fachada de edificios</i>	A	B	C
Mármol claro o yeso	150	100	50
Cal, ladrillos brillantes, concreto, aluminio	200	150	100
Ladrillos opacos, ladrillos rojizos u oscuros	300	200	150
Piedra café, madera u otras superficies oscuras	500	350	200
<i>Lotes para venta de automóviles</i>			
Línea del frente (primeros 6 m)		1 000-5 000	
Otras áreas		200- 750	
<i>Parques y jardines</i>		20	

	<i>Luxes mínimos promedio recomendado ♦</i>
<i>Patios de almacenaje</i>	
Activos	200
Inactivos	10
<i>Patios de ferrocarril</i>	
Puntos de conexión	20
Puntos de control:	
Lado del vagón para leer números	200 (Vertical)
Fosa debajo del vagón	200 (Vertical)
<i>Patios industriales/manejo de materiales</i>	50
<i>Plataformas de carga y descarga</i>	200
<i>Plataformas para pasajeros</i>	200
<i>Protección</i>	
Entradas (activas)	50
Normalmente cerradas, (poco uso)	10
Áreas vitales; patios de prisiones	50
Alrededores de edificios	10
<i>Tableros para boletines y anuncios</i>	
Alrededores brillantes:	
Superficies claras	500
Superficies oscuras	1 000
Alrededores oscuros:	
Superficies claras	200
Superficies oscuras	500

♦ Todos los valores se consideran en luxes mantenidos y en términos de un "plano horizontal" a menos de que se indique lo contrario o resulte obvio. Pueden requerirse mayores niveles de iluminación para fotografías especiales o transmisiones por televisión.

A Mucha luz ambiente; anuncios conflictivos.

B Luz ambiente media; pocos anuncios conflictivos; calles secundarias comerciales.

C Muy poca luz ambiente; residencial; rural; avenidas.

<i>Alumbrado de áreas deportivas</i>	<i>Luxes mínimos promedio recomendados</i> †	
<i>Albercas</i> Superficie agua y alrededores	100	
<i>Arquería</i> Torneo Recreativa	100 50	
<i>Badminton</i> Torneo Club Recreativo	300 200 100	
<i>Basquetbol</i> Reglamentado Recreacional	200 100	
<i>Beisbol</i>	<i>Cuadro</i>	<i>Jardines</i>
Liga infantil Reglamentado	300	200
Ligas mayores AAA - AA	1 500 700	1 000 500
A - B	500	300
C - D	300	200
Semiprofesional y municipales	200	150
Recreacional	150	100
Combinación: beisbol, futbol	200	150
<i>Campos de juego</i>	50	
<i>Carreras</i> Autos, caballos, motocicletas Bicicletas (paseos, competencias, recreativos) Perros Dragsters (inicio, aceleración desaceleración 1a, 2a, 201 m Apagado 250 m)	200 300, 200, 100 200 100, 200 150 100 50	

<i>Alumbrado de áreas deportivas</i>	<i>Luxes mínimos promedio recomendados †</i>	
<i>Esquiar-Pista para</i>	10	
<i>Frontenis</i>		
Profesional	1 000	
Aficionados	750	
Sobre asientos	50	
<i>Frontón a mano</i>		
Club	200	
Recreacional	100	
<i>Futbol</i>		
(Indice: distancia desde la línea de banda más cercana a la fila más alejada de los espectadores)		
Clase I: más de 30 m	1 000	
Clase II: entre 15 y 30 m	500	
Clase III: entre 9 y 15 m	300	
Clase IV: menos de 9 m	200	
Clase V: sin asientos fijos	100	
<i>Golf</i>	<i>Green</i>	<i>Trayectorias</i>
Campo	50	30 (vertical)
Distancia de tiro	100	50 (vertical)
Miniatura	100	
Green	100	
<i>Hockey sobre hielo (25.9 × 60.9 m)</i>		
Profesional	500	
Amateur	200	
Recreacional	100	
<i>Marinas</i>	10	

<i>Alumbrado de áreas deportivas</i>	<i>Luxes mínimos promedio recomendados</i> †	
<i>Patinaje</i>		
Cancha		50
Alrededores		10
<i>Playas para bañistas</i>		
Sobre el agua hasta 45 m.		30 (verticales)
Sobre playa 30 m de ancho		10
<i>Plaza de toros</i>		
Ruedo		1 000
Pasillos, túneles, palcos, gradas		50
<i>Rodeos</i>		
Profesionales, amateurs, Recreacionales		500, 300, 100
<i>Softbol</i>	<i>Cuadro</i>	<i>Jardines</i>
Profesional o campeonatos	500	300
Semiprofesional	300	200
Ligas industriales	200	150
Recreacional	100	70
<i>Tenis-Canchas de</i>		
Torneos		300
Clubes		200
Recreacional		100
<i>Tiro con rifle o pistola</i>		
Punto de tiro, trayectoria, blanco		100, 50, 500 (vertical)
<i>Voleibol</i>		
Torneos		200
Recreacional		100

Después de obtener el nivel de iluminación recomendado, procedemos a colocar los proyectores en un plano del sitio por iluminar, que de acuerdo con las normas vigentes en algunos casos o con las condiciones que marque el terreno por el otro, van a tener.

A estas fechas el CIE, el IES y otros organismos internacionales tienen "disposiciones tipo" y a las cuales vamos a recurrir siempre para el emplazamiento de postes o torres con proyectores de alumbrado.

La fórmula para determinar el No. de proyectores es la siguiente:

$$\text{No. de proyectores} = \frac{\text{Área (m}^2\text{)} \times \text{Nivel de iluminación (lux)}}{\text{Lúmenes del haz} \times \text{CBU} \times \text{FC} \times \text{FL}}$$

Los lúmenes del haz del proyector es un dato proporcionado por el fabricante; es el valor del flujo luminoso que emite el proyector o el producto del valor del flujo emitido por la lámpara multiplicado por la eficiencia del proyector.

Si tenemos un proyector con una eficiencia de 62% que tiene una lámpara de aditivos metálicos de 250 watts, 20 500 lúmenes tendrá en el haz la siguiente emisión:

$$20\ 500 \times 0.62 = 12\ 710 \text{ lúmenes.}$$

El CBU (Coefficient of Beam Utilization) es el coeficiente de utilización del haz y es la relación de los lúmenes que inciden en una área determinada y el total de lúmenes del haz del proyector, expresado esto en decimal pudiendo variar de 0.6 a la unidad.

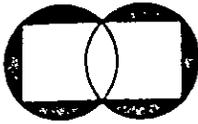
El CBU para cualquier proyector dependerá del emplazamiento que se le dé, de su apuntado y de la distribución de luz dentro de su haz.

Para determinar con exactitud el CBU es necesario hacer un cálculo laborioso, tomando diversos puntos de referencia para promediar al final.

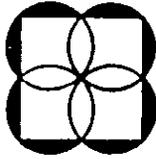
Una Unidad 64 %



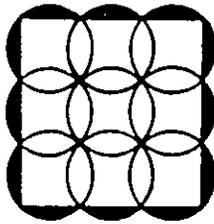
Dos Unidades 73 %



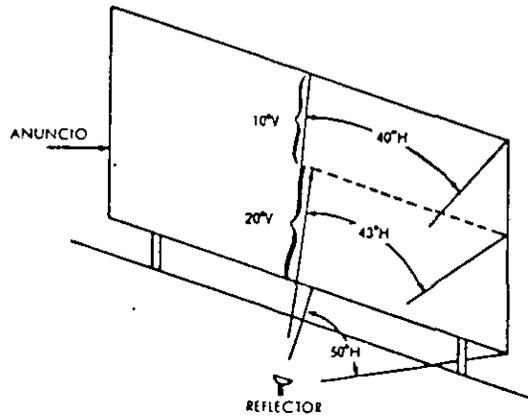
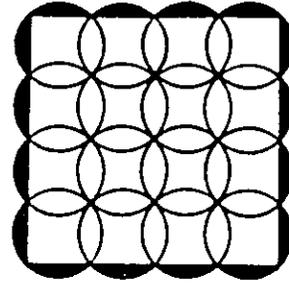
Cuatro Unidades 82%



Nueve Unidades 88%



Dieciséis Unidades 91 %



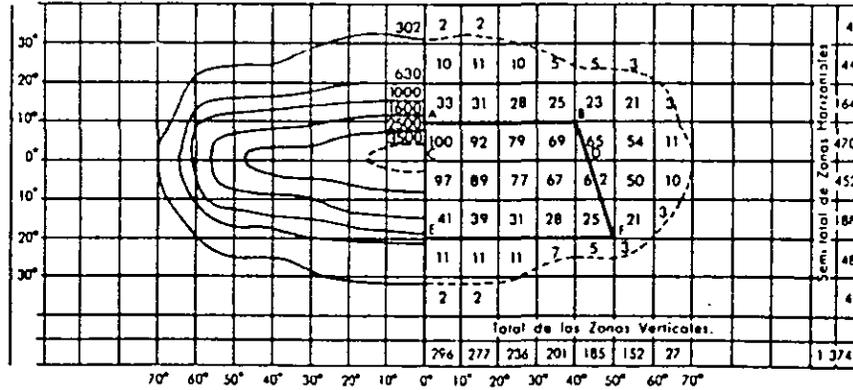
Prueba efectuada con las Especificaciones de la I.E.S y NEMA

Curva de isocandela promedio de los lados derecho e izquierdo.

Lúmenes promedio de los lados derecho e izquierdo

Curva de distribución luminosa

Equipo probado -
 Tipo ADE 12
 Reflector - Haz abierto
 Reflector Aux - ninguno
 Lentes - Plano transparente
 Lámpara
 Watts - 500 Bulbo PS 30
 Volts - 115 Tipo Fil. C 9
 lúmenes - 5950
 I.C.I. - 15 24 cm
 Resultados
 Prom Max Buías - 3039
 Lúmenes haz luminosa - 2748
 Eficiencia haz lum - 46.2%
 Difusión del haz lum
 H 140° V 64°
 Max en Buías 3310



Los puntos indicados con letras en el anuncio corresponden a los que se indican en la curva de distribución luminosa, por lo tanto todos los lúmenes marcados entre la línea ABFE caen dentro de anuncio, ese total de 879 lúmenes sumado a la otra mitad de un total de 1758 lúmenes. El coeficiente de utilización del haz luminosa es entonces 1758 + 2748 o sea 64%.

CORTESIA DE CROUSE HINDS DOMEX, S. A. de C. V.

Para hacer esos cálculos, el área por iluminar se superpone sobre las curvas fotométricas isocandelas de distribución del proyector y la relación de los lúmenes comprendidos dentro de esta área y los totales del haz nos dan el CBU. Para efectos de este texto podemos considerar que el "coeficiente de utilización del haz" debe estar comprendido entre 0.6 y 0.8

Si el CBU es inferior a 0.6 es necesario encontrar un proyector de haz más estrecho o cambiar la localización del mismo. En caso contrario es decir si es mayor de 0.9 el haz seleccionado es demasiado estrecho y por lo tanto la iluminación será muy concentrada.

El factor de conservación FC es un elemento que agrupa la pérdida de emisión luminosa, debido a la suciedad depositada sobre el proyector y la depreciación lumínica de la lámpara.

Los factores de conservación que se consideran más usualmente son:

Para proyectores cerrados	0.75
Para proyectores abiertos	0.65

Algunos fabricantes de equipo de alumbrado exterior recomiendan, sin embargo, los siguientes factores de conservación, que ya agrupan los dos factores, depreciación lumínica y polvo, arriba mencionados.

FACTORES DE CONSERVACIÓN

<i>Tipo de lámpara</i>	<i>Factor de conservación</i>
Incandescente	0.75
Cuarzo-yodo	0.85
Mercurio corregido	0.75
Mercurio blanco	0.70
Aditivos metálicos	0.65
Sodio alta presión	0.75

El factor de lámpara, FL, se emplea únicamente cuando la emisión en lúmenes de la lámpara difiere de la indicada en los datos fotométricos.

En ese caso:

$$FL = \frac{\text{emisión lumínica actual}}{\text{emisión lumínica mostrada en datos fotométricos}}$$

Algunas empresas fabricantes de proyectores han elaborado tablas en donde rápidamente y para un cálculo aproximado determinan el número de proyectores requerido para iluminar una área determinada.

En ese caso se entra a las gráficas con el tipo de proyector y de lámpara encontrándose, según la extensión de la superficie, por iluminar el valor unitario correspondiente en watts/m² para 1 lux mantenido y por consiguiente:

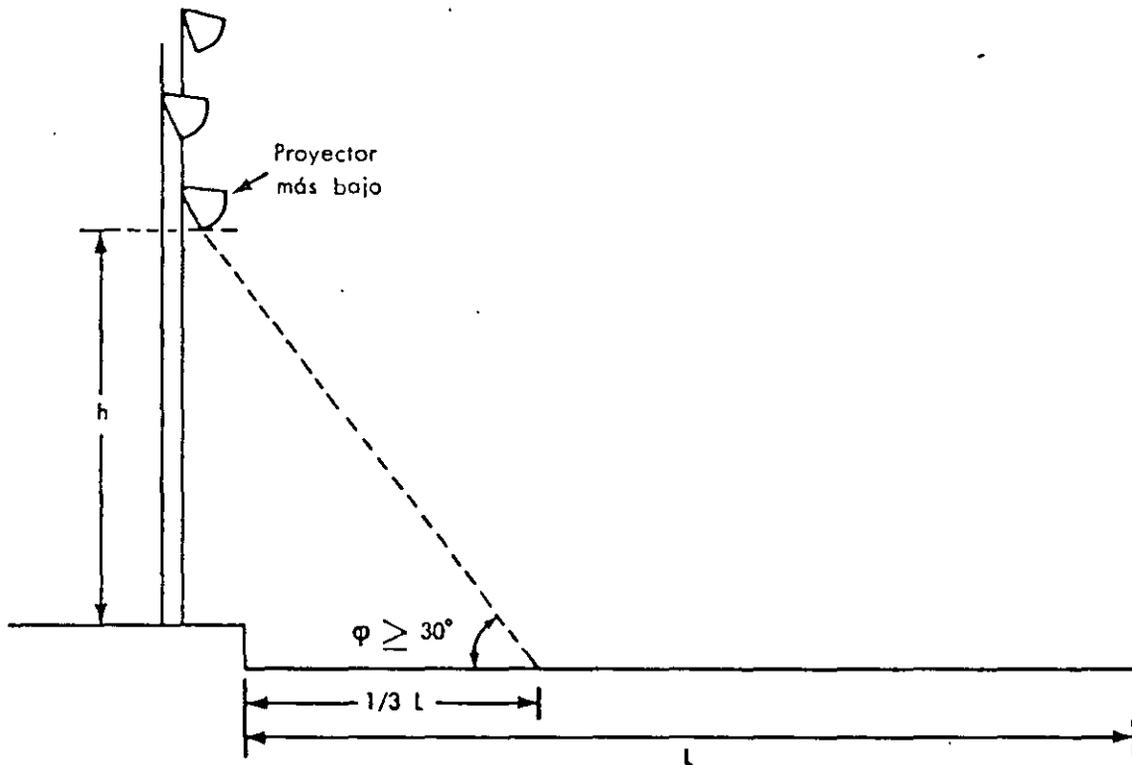
$$\text{No. de proyectores} = \frac{\text{Watts totales necesarios}}{\text{Watts de la lámpara del proyector}}$$

Hay que tener en cuenta que es indispensable que la fuente de luz esté ubicada convenientemente, para que no resulte en lugar de una ayuda, un peligro, por el deslumbramiento que pudiera ocasionar.

Para eso es menester que la altura de montaje de los postes en donde quedaron colocados los proyectores sea la óptima para que se tenga el mínimo deslumbramiento.

Es necesario invariablemente utilizar la siguiente regla: "El ángulo entre el plano horizontal de la superficie por iluminar y una línea dibujada desde el proyector con montaje más bajo a un punto situado a 1/3 de la distancia medida a través del área no deberá de ser menor de 30°".

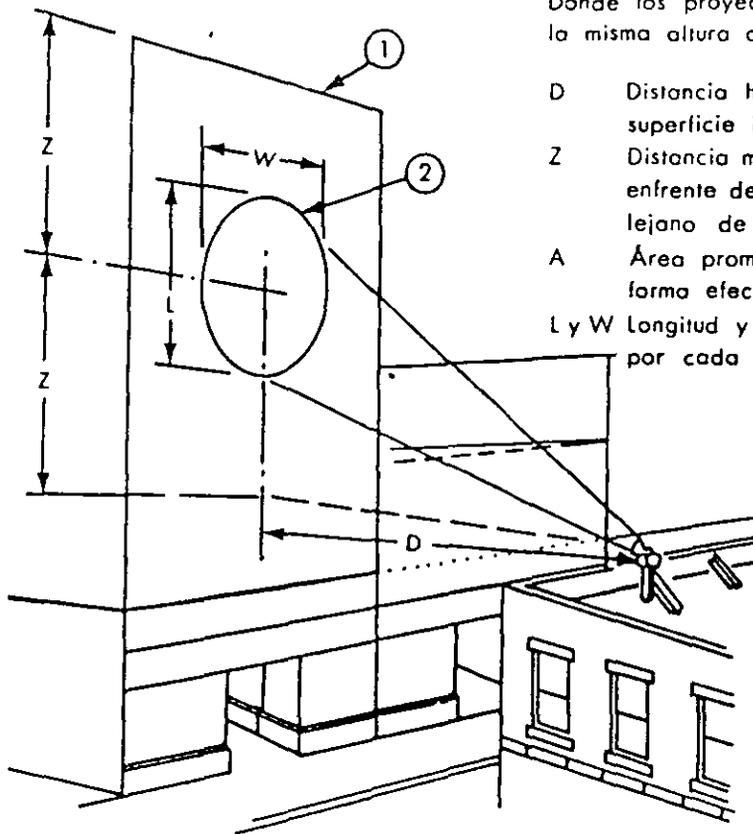
Warren B. Boast, profesor de ingeniería eléctrica del Iowa State College, indica que aunque el empleo de la fórmula para determinar el número de proyectores parece de aplicación simple, en realidad la selección del proyector no puede realizarse hasta que se han determinado definitivamente: la posición geométrica del proyector y la porción de la superficie total que debe cubrir cada uno.



Para la iluminación de edificios debemos partir de la misma base que en alumbrado de áreas, es decir del nivel de iluminación requerido, por lo cual, a continuación, mencionamos la siguiente tabla:¹

¹ Del *Manual de alumbrado* de Philips.

<i>Superficie</i>		<i>Iluminancia en luxes si los alrededores tienen</i>		
<i>Tipo</i>	<i>Estado</i>	<i>Poca iluminación</i>	<i>Buena iluminación</i>	<i>Alta iluminación</i>
Ladrillo blanco	Bastante limpio	20	40	80
Mármol blanco	Bastante limpio	25	50	100
Hormigón o piedra (colores claros)	Bastante limpio	50	100	200
Ladrillo amarillo	Bastante limpio	50	100	200
Hormigón o piedra (colores oscuros)	Bastante limpio	75	150	300
Ladrillo rojo	Bastante limpio	75	150	300
Granito	Bastante limpio	100	200	400
Ladrillo rojo	Sucio	150	300	—
Hormigón	Muy sucio	150	300	—



Donde los proyectores están directamente enfrente y a la misma altura que la superficie que va a iluminarse.

- D Distancia horizontal de los proyectores a la superficie iluminada.
 Z Distancia media desde un punto directamente enfrente de los proyectores hasta el borde más lejano de la superficie iluminada.
 A Área promedio que cada proyector ilumina en forma efectiva.
 L y W Longitud y ancho reales de la elipse iluminada por cada proyector.

① CONTORNO DEL ÁREA TOTAL QUE VA A ILUMINARSE

② CONTORNO DEL ÁREA ILUMINADA POR UN PROYECTOR

CANCHAS DE TENIS

Tipo de juego	Núm. de Proyectores (altura de montaje mínima de 9)			Nivel de iluminación en luxes		Carga en kw	
	Núm. de postes			Aditivos metálicos 1 000 W	Sodio a. p. 1 000 W	Aditivos metálicos 1 000 W	Sodio a. p. 1 000 W
	X	Y	Total				
Recreativo (2 postes)	2	0	4	140	—	4.36	—
Club (6 postes)	2	1	8	280	310	8.72	9.04
Torneo (6 postes)	4	1	12	420	470	13.08	13.56

PROGRAMAS DE CÁLCULO POR COMPUTADORA.

Se capacitará a los participantes en el conocimiento y manejo de:

Programa visual de Litonia/ Holophane explicando los criterios para su aplicación y practica aplicando luminarias línea Hydrel.

BIBLIOGRAFIA.

- 1) Luminotecnia y sus aplicaciones. Carranza Castellanos Emilio y Gutiérrez Moyado Justo.
- 2) Simposium Desarrollo Técnico en los sistemas de alumbrado público, DDF, 1989
- 3) El gran libro de la casa sana. Bueno Mariano, Nueva era, 1992.
- 4) Programa de cálculo en alumbrado visual, Litonia- Holophane.
- 5) Alumbrado Urbano. Carranza Emilio, 1978.
- 6) Diagnostico situacional de riesgos laborales. L. y F. Luna Pérez, José Luis. Tesis 1998.
- 7) Reglamento Federal de Seguridad, higiene y medio ambiente del trabajo. STPS.
- 8) Sistema de Seguridad Integral. Angüis Terrazas Victoriano. 1998
- 9) Seguridad aplicada. Angüis Terrazas Victoriano.1995
- 10) Administración de energía en ingeniería eléctrica. Gutiérrez Moyado Justo. 2000.