

# ELECTRICIDAD

## EFFECTOS FISIOLÓGICOS

### Umbral de la tensión

Con el fin de normalizar, se han establecido desde el punto de vista de seguridad, los siguientes umbrales de tensión

	24 Volts	Tensión de seguridad
	60 Volts	Peligro accidental
	220 – 380 Volts	Tensión de distribución
	Hasta 1.000 Volts	Baja Tensión
	Desde 1.000 Volts del	Se debe considerar alta tensión en el ámbito usuario
	1.000 a 33.000 Volts	Media Tensión
	por sobre 33.000 Volts	Alta Tensión

### Acción de la corriente eléctrica sobre el organismo

Las diferentes reacciones que pueden producirse en el organismo humano tras el contacto con conductores bajo tensión dependen de cierto número de elementos, que son:

- La intensidad de la corriente.
- La resistencia eléctrica del cuerpo.
- La tensión de la corriente.
- La frecuencia y forma de la corriente.
- El tiempo de contacto.
- El trayecto de la corriente en el organismo.

Aunque la acción de cada uno de estos factores sea muy conocida actualmente, gracias a experiencias que hacen variar a uno de ellos manteniendo constantes los demás podemos señalar que no actúan independientemente unos de otros. Existen, por el contrario, interacciones de algunos de estos factores con los demás.

#### ***La intensidad***

“Es la intensidad la que mata”

Recientemente, por medio de estudios experimentales, se han precisado los umbrales mínimos, es decir, los niveles susceptibles de originar ciertas percepciones y trastornos en el organismo. Hay que advertir, y esto es importante que los valores nu-

méricos que señalamos a continuación no hay que tomarlos como rigurosamente exactos, sino sólo como indicación de orden magnitud.

Umbral de percepción de la corriente. - A partir de una intensidad de 1.1 miliamperios con corriente alterna, el 99% de las personas notan una sensación de cosquilleo al paso de la corriente.

Umbral de contracción muscular. - Por encima de una intensidad de nueve miliamperios se produce una contracción de los músculos que puede ocasionar la proyección del accidentado lejos del conductor o, por el contrario, lo deja pegado al mismo, incapacitándolo para soltarse espontáneamente. Esto puede ocasionar una contractura de los músculos respiratorios, que produciría una asfixia en breves minutos.

La acción de la corriente eléctrica sobre los músculos se detiene cuando cesa el contacto con un conductor bajo tensión, no siendo probable ninguna perturbación grave si esta suspensión de la respiración no se prolonga más allá del momento a partir del cual la víctima corra el peligro de no poder ser reanimada por medio de la respiración artificial. Es decir, las posibilidades de salvar al electrocutado son máximas si se comienza la reanimación en los dos primeros minutos que siguen al accidente.

Umbral de las corrientes peligrosas. - Se considera que a partir de 80 miliamperios una corriente máxima alterna de 50 períodos es susceptible, si su trayecto ingresa la región cardíaca, de ocasionar la muerte de la víctima por fibrilación ventricular, ya que este fenómeno es irreversible espontáneamente en el hombre.

Umbral de las corrientes susceptibles de determinar una depresión grande del sistema nervioso.

- La determinan las intensidades superiores a 3 ó 4 amperios.

Esta acción inhibitoria de la corriente eléctrica sobre el sistema nervioso, al revés de lo que ocurre cuando actúa sobre el sistema muscular (cesan los fenómenos al terminar el paso de la corriente), persiste durante un tiempo más o menos largo después del paso de la corriente.

Por otra parte, mientras los fenómenos de fibrilación son en general, irreversibles los fenómenos de inhibición nerviosa son temporales y entrañan un estado de muerte aparente. Si las maniobras de reanimación que pueden permitir una vida latente durante el tiempo necesario para que cese la inhibición, son iniciadas lo suficientemente pronto y se prolongan durante el tiempo necesario es posible la recuperación de estos accidentados.

Se han hecho muchas clasificaciones de las corrientes eléctricas según su intensidad y su acción sobre el organismo. Vamos a señalar una de las más aceptadas la de Koeppen.

- Categoría I: Intensidades inferiores a 25m. A. Se comprueba la aparición de contracciones musculares sin ninguna influencia nociva sobre el corazón.

- Categoría II: Intensidades de 25 a 80m. A.. Son susceptibles de ocasionar parálisis temporales cardíacas y respiratorias.

- Categoría III: Intensidades de 80 m. A.. a 4 A. Es la zona de intensidad particularmente peligrosa, al producir la fibrilación ventricular.

- Categoría IV: Intensidades superiores a 4 A. Producen parálisis cardíaca y respiratoria, así como graves quemaduras.

### ***La resistencia eléctrica del cuerpo***

Experimentalmente se conoce de forma precisa el papel que juega la intensidad en la acción que la corriente eléctrica ejerce el organismo. Ahora bien, la resistencia del cuerpo humano no es una constante, sino un elemento que varía según la influencia de diversos factores.

Para que se produzca un accidente es necesario que el cuerpo de la víctima sea atravesado por una corriente eléctrica, para lo cual tiene que establecer contacto por dos sitios con otros buenos conductores que estén a distinto potencial. En la práctica, esto puede ocurrir de tres formas:

- Que el cuerpo forme circuito derivado entre dos puntos de un mismo conductor, hecho que no suele presentarse.

- Que el cuerpo establezca circuito entre dos conductores a distinta tensión, caso de corto circuito.

- Que esté en contacto por un lado con un conductor bajo tensión y por otro, generalmente los pies, con el suelo. Este caso es el más frecuente.

Para calcular la intensidad que atraviesa el cuerpo con una tensión dada, se debe, pues, añadir a la resistencia propia del cuerpo la de la tierra y la del calzado que lleva la víctima.

El suelo corriente (piedra, ladrillos, cemento, madera, etc. )es mal conductor cuando está bien seco, pero cuando se humedece, y más si está empapado de un líquido, su resistencia disminuye considerablemente.

El elemento esencial de la resistencia del cuerpo humano está constituido por la resistencia de la piel, y está puede variar desde unos centenares de ohmios en casos desfavorables, como contacto con el baño o sobre una superficie metálica grande, hasta un millón de ohmios que se han medido entre mano y mano de un obrero con la piel seca y callosa. Eliminando los valores extremos, que son excepcionales, los límites relativamente normales de la resistencia de la piel quedan comprendidos entre 1.000 y 100.000 ohmios.

La resistencia de la piel, que es la verdaderamente importante ya que la del medio interno es prácticamente constante, es inversamente proporcional a la superficie de contacto con la fuente productora de electricidad. Esta resistencia varía también según la tensión de la corriente y el tiempo de contacto.

Dalziel ha esquematizado en el cuadro que sigue los distintos efectos que se producen en el organismo en función de la resistencia para tensiones dadas:

Resistencia del Cuerpo y resistencia de contacto  
Tensión de la Corriente

	<b>100 voltios</b>	<b>1.000 voltios</b>	<b>10.000 volt</b>
500 a 1.000 ohmios	Muerte cierta. Quemaduras ligeras.	Muerte probable Quemaduras evidentes	Supervivencia posible Quemaduras serias
5.000 ohmios	Shok molesto No hay lesiones	Muerte segura Quemaduras ligeras	Muerte probable Quemaduras serias
50.000 ohmios	Sensación apenas perceptible	Shock molesto No hay lesiones	Muerte segura Quemaduras ligeras

Tiene gran importancia en las variaciones de la resistencia la diferente personalidad de cada uno. Así como se dice, con razón, que los gustos de cada persona son distintos, del mismo modo podemos afirmar que es igualmente distinta su resistencia a la electricidad. Esta se encuentra notablemente disminuida en individuos enfermos, sobre todo si tienen lesiones en la piel, o con una debilidad constitucional evidente, así como en personas sanas que por cualquier circunstancia se encuentren en condiciones de inferioridad: hambre, sueño, sed, fatiga, preocupaciones. Esto debe tenerse muy en cuenta, ya que puede ocurrir que la misma corriente eléctrica que en algún momento no causó ningún daño en una persona en contacto con ella, en otro puede llegar a producirle incluso la muerte.

Ya de antiguo los médicos, preocupados por el estudio de la patología de la electricidad, señalaron que los daños ocasionados por el paso de la corriente son mayores en una persona despierta que en otra dormida, e igualmente más graves cuando el accidentado no espera la descarga que si está preparado para ella.

Insistimos en la importancia de la humedad de la piel, ya que hemos observado que por este motivo, fundamentalmente, son más frecuentes las electrocuciones en verano. En esta época hay que exagerar los cuidados y no exponer la piel desnuda al contacto con conductores bajo tensión

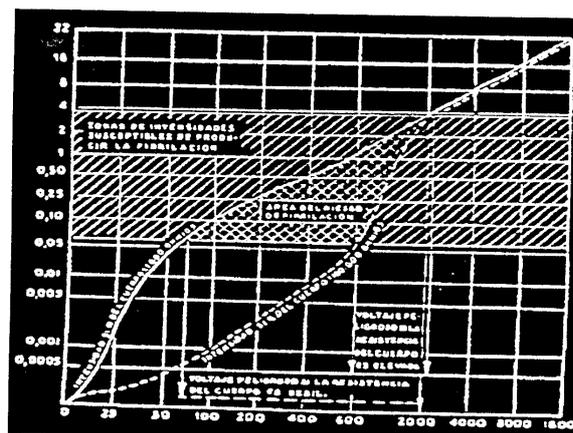
### ***La tensión de la corriente***

Al aumentar la tensión disminuye la resistencia. Con tensiones superiores a 2000 V. la piel se comporta como un dieléctrico y la resistencia del cuerpo se reduce a la del medio interno.

La tensión de la corriente y la resistencia del cuerpo son los factores que influyen en la producción de las intensidades peligrosas, de acuerdo con la ley de Ohm:

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

En las condiciones habituales de resistencia del cuerpo, el riesgo de fibrilación alcanza su máximo con corrientes cuya tensión varía de 300 a 800 voltios. Pero se comprueba igualmente (fig. 1) que la fibrilación puede producirse en aquellos casos en que la resistencia del organismo es débil con tensiones bajas: 100 y hasta 60 V.



A este respecto queremos insistir acerca de cuál es el valor mínimo de la tensión a partir del cual puede producir alteraciones serias en el organismo, sin llegar a la fibrilación ventricular. Si la resistencia del cuerpo fuese de 1.000 ohmios —y teniendo en cuenta que intensidades de 25m. A. originan en ocasiones parálisis cardíacas y res-

piratorias que pueden conducir a la muerte, si no se ponen en práctica las maniobras de reanimación— la tensión necesaria para que se produjese esa intensidad sería:

$$\mathbf{V = I \times R = 1.000 \times 0,025 = 25 V.}$$

Por otra parte, la resistencia muy elevada del organismo no evita por completo la fibrilación, si la tensión de la corriente es del orden de 1.000 a 2.000 V..

La tensión tiene un papel esencial en la cantidad de calor desprendido por la corriente a su paso por el organismo. Viene dado por la ley de Joule:

$$\mathbf{Q = 0,24 \times I \times V \times t}$$

Q(cantidad de calor en calorías) = 0,24 x I (intensidad en amperios) x V (tensión en voltios) x t (tiempo de paso de la corriente en segundos).

### ***Frecuencia y características de la corriente***

Se ha comprobado que para alcanzar los valores anteriormente definidos eran necesarias con la corriente continua intensidades aproximadamente cuatro veces más altas que con las corrientes habitualmente empleadas (alterna de 50 períodos). La corriente continua muy poco utilizada, produce, en líneas generales, efectos semejantes a los que venimos señalando, si bien hay que advertir que por la electrólisis puede provocar perturbaciones particulares en el organismo.

Cuando la frecuencia aumenta por encima de 1.000 períodos, los umbrales de acción de la corriente aumentan, siendo bien conocido que la utilización médica de aparatos de alta frecuencia no ocasiona ninguna percepción dolorosa al paciente, sino solamente un efecto térmico.

La importancia de la acción determinada por una corriente es también función siendo iguales los demás factores, de las distintas variedades de cada impulso de esta corriente. Cuanto más abruptas sean las pendientes de variación, más importantes será la acción.

### ***Tiempo de contacto***

Clásicamente se consideraba que la duración del contacto no influía en los trastornos ocasionados por el paso de la corriente a través del organismo. No parecía intervenir más que en la producción de quemaduras eléctricas.

*Ferris* y colaboradores han demostrado que el corazón no podía entrar en fibrilación bajo la influencia de una corriente eléctrica más que en la fase prosistólica, fase refractaria parcial, que cubre la onda del trazado electrocardiográfico y que constituye el 20 por 100 aproximadamente del ciclo cardíaco.

*Djourno* considera que un choque eléctrico sobrevenido en esta fase del ciclo cardíaco actúa solamente sobre una parte de las fibras en estado de excitación, que son numerosos puntos de partida de contracciones elementales que inician el movimiento de "circus movement".

Experimentalmente, *Koeppe* ha llegado a la conclusión de que es prácticamente imposible producir la fibrilación ventricular con choques de 0,20 segundos. Por el contrario, a partir de un segundo, aproximadamente, la fibrilación aparecía inmediatamente.

Anticipe ya la gran importancia, desde el punto de vista de la prevención, de utilizar los disyuntores de alta sensibilidad con el fin de que se produzca un corte de la corriente en el momento en que tiene lugar una intensidad de fuga, ya que aunque las intensidades que atraviesan el organismo sean peligrosas, en ningún caso pueden producir fibrilación ventricular si en tiempo de contacto no supera las 200 milésimas de segundo.

### ***Trayecto de la corriente***

Su importancia fue ya señalada por Weiss. Este hizo pasar una corriente de 400 m. A. y 1.000 V. entre el maxilar inferior y la parte alta del cráneo de un perro, no provocando más que una detención temporal de la respiración, sin originar trastorno cardíaco alguno. Pero si uno de los electrodos se fijaba en la cabeza del perro y el otro en una pata, con corrientes de las mismas características, se producía la muerte inmediata del animal por fibrilación ventricular.

Para muchos autores la corriente pasa a través del cuerpo, desde el punto de entrada hasta el de salida, siguiendo el trayecto más directo, como si se tratara de un gel sin estructura.

### **Resistencia del cuerpo humano**

Es función de otros factores como: Edad, gordura, sexo, temperatura corporal, grado de humedad de la piel, estado emocional (estrés).

Resistencias de la piel

mojada	:200 Ohmios
húmeda	:500 Ohmios
seca	> 3000 Ohmios
del medio interno	:650 Ohmios

***Trayectoria y punto de entrada y salida de la corriente dentro del organismo,*** la corriente elige el camino mas corto y más directo. El cuerpo humano se comporta como un organismo homogéneo, donde se reparte la densidad de corriente, teniendo en cuenta la distancia entre el punto de contacto y no las características de los tejidos. La zona de contacto aumenta su resistencia, por la formación de gases y carbonización de los tejidos, pudiendo interrumpir el paso de la corriente y provocar el desprendimiento violento de la víctima. La trayectoria más peligrosa es la de mano izquierda - tórax

**Lesiones oculares,** debido al efecto luminoso y calórico del arco eléctrico **y auditivas** que pueden generar sordera permanente, al producir lesiones o quemaduras en el cráneo.

**Quemaduras** ver ley de Joule

**Por contacto con tensiones mayores de 10000 v,** en este caso, en segundos se forma un arco eléctrico, por la parte superficial, y por ionización del aire, la parte de menor resistencia se sitúa en la superficie del cuerpo, y no a través del mismo; en altas tensiones la piel se comporta como un dieléctrico, el medio interno sufre los mayores daños.

El arco eléctrico se descarga violentamente por el exterior, pasando una ínfima parte de la descarga por el cuerpo humano. El accidente es una quemadura por arco.

## **Condiciones generales que deben satisfacer las Instalaciones**

Ya es sabido que las instalaciones eléctricas de cualquier naturaleza se clasifican en función la mayor de las tensiones existentes con régimen normal, ya sea entre dos conductores activos ó entre uno de ellos y la tierra.

Para el grado de seguridad que debe adoptarse en las instalaciones de baja tensión distingue tres ordenes:

a) Pequeñas tensiones: hasta 25 voltios inclusive, que se suele llamar "Muy Baja Tensiones (MBT)

b) Tensiones usuales, comprendidas entre 25 y 440 voltios, y que llamamos "Baja tensión (BT).

c) Tensiones especiales comprendidas entre 440 y 1000 voltios.

Principales requisitos que deben satisfacer las instalaciones eléctricas bajo el punto de la seguridad

Las instalaciones deben ser concebidas y construidas en todas sus partes, en función de la tensión que determina su clasificación y realizadas por un personal cualificado con el material apropiado, según las normas de la profesión y de acuerdo con la Reglamentación de la ley 19539

Las instalaciones eléctricas deben presentar un nivel de aislamiento para la seguridad de las personas y para la prevención de incendios.

Deben tomarse medidas para evitar que las tomas de tierra puedan poner en sobretensión a las masas de la instalación a que están unidas, por el hecho de proximidad con una instalación de categoría superior o por unión a tierra físicamente distintas, pero eléctricamente iguales.

Cuando el esquema de una instalación no se deduzca fácilmente por la disposición de sus elementos, deben poder identificarse mediante carteles u otros medios apropiados, los circuitos y aparatos que lo componen. En especial, el conductor neutro el de tierra a protección deben diferenciarse netamente de los otros.

Cuando las condiciones habituales del lugar de trabajo sean de humedad o muy conductoras se deberán emplear aparatos especialmente concebido para ello o de MBT.

Toda instalación debe poder ser separada de la fuente de energía que la alimenta, y este corte debe ser simultáneo en todos los conductores activos, neutro incluido, a causa del tipo de protección utilizada.

Esta prohibido hacer funcionar un aparato enganchándolo a un conductor activo y a una toma a tierra, de masa metálica o canalización metálica unida a tierra. Ya que se puede crear un gradiente de potencial peligroso en la toma de tierra o en la canalización utilizada.

Cuando varias masas están unidas a la misma toma de tierra. deben estarlo en paralelo, con el conductor principal de tierra y jamás en serie. En particular. señalaremos que las tomas de no pueden estar constituidas por piezas metálicas simplemente sumergidas en el agua.

## **Normas generales para la disposición de las instalaciones eléctricas**

En general toda instalación eléctrica se compone de tres partes:

### **Línea de alimentación**

Comprende de los fusibles hasta los portafusibles de la conexión a la red publica de distribución de energía, hasta el interruptor ubicado en el tablero principal.

### **Líneas seccionales**

Comprende desde el interruptor ubicado en el tablero general hasta los respectivos interruptores de los tableros seccionales.

### **Circuitos**

Comprende desde los interruptores ubicados en los tableros seccionales hasta los puntos de conexión de los artefactos y/o aparatos de consumo de energía eléctrica.

a) En toda línea de alimentación los fusibles o los interruptores automáticos que protegen a la totalidad de la instalación se colocaran inmediatamente a la salida del medidor. Si el tramo entre el medidor y el tablero principal no excediera de 2 mts. la protección podrá efectuarse en dicho tablero.

En la línea de alimentación se debe instalar, además, un interruptor que permita cortar todos los polos o fases simultáneamente, de tal modo que la instalación quede enteramente sin tensión. Dicho interruptor puede estar instalado en este tablero o en otro lugar apropiado. Los fusibles o interruptores principales no deben abarcar interruptores neutros de instalaciones polifilares o polifasicas, debiendo existir un dispositivo que le permita seccionar el neutro. Este seccionador esta formado por una pieza movable que solo podrá retirarse con auxilio de herramientas.

b) Las líneas seccionales partirán del tablero principal de tal modo que la corriente pasa primero por el interruptor y luego por los fusibles o automáticos que deben cortar los conductores a excepción de los neutros de las líneas polifilares o polifasicas que se ajustaran a lo establecido al respecto en el inciso correspondiente.

Las líneas seccionales puede alimentar varios tableros seccionales individualmente o en grupos. En las instalaciones simples de no más de 3 circuitos, pueden no existir líneas seccionales, y en las múltiples puede haber varias subsecciones escalonadas.

Los tableros seccionales deben ubicarse en lugares fácilmente accesibles y constituye el punto de partida de los distintos circuitos cuyo numero será determinado por la necesidades del servicio.

En las casas con varias unidades locativas independientes, otros tableros se colocaran en el interior de las mismas.

c) Los circuitos deben ser por lo menos bifilares y deben protegerse con interruptores y fusibles o interruptores automáticos en todos los conductores.

El interruptor llave estará colocado en el circuito de forma tal que la corriente pase primero por él que por los fusibles.

En los circuitos domiciliarios bifilares, que alimentan artefactos de luz, de calefacción y otros, de uso doméstico hasta 1300 Watt, deben tener fusibles con una intensidad nominal de 10 a 20 Ampere y no deben alimentar mas de 20 derivaciones (bocas o salidas). Las derivaciones no necesitan protección individual y pueden tener interruptores unipolares individuales que pueden montarse sobre el conductor activo (es decir que no sea neutro).

Los circuitos destinados exclusivamente para calefacción en cuales se utilicen tomas de corriente y fichas, pueden tener como máximo una intensidad nominal de 30 Amperes en los fusibles, no debiendo exceder de 10 el numero de derivaciones

Los circuitos de calefacción y fuerza motriz de conexión fija, pueden tener capacidad ilimitada y cualquier numero de derivaciones; pero cada una de las derivaciones debe protegerse individualmente en todos los conductores con interruptores (llaves) y fusible o interruptor automático.

d) A partir de los tableros seccionales todo circuito, sea de luz, calefacción o fuerza motriz deberá tener sus cañerías independientes.

## **Normas de seguridad en instalaciones eléctricas**

a) Todas las partes de la instalación que estén bajo tensión sin estar cubiertas con materiales aislantes y estuvieren al alcance normal de la mano deben estar protegidos contra cualquier contacto casual

b) En todos los casos debe estar prevista la conexión a tierra de las partes metálicas de la instalación normalmente aislada del circuito eléctrico, como ser caños, cajas o revestimientos metálicos, aparatos de maniobra y protección, que por un defecto de aislación pudieran quedar bajo tensión. A este efecto se conectaran a tierra todas las cajas de tablero de distribución existentes, asegurando una resistencia eléctrica máxima de 10 Ohm.

c) pueden ser utilizados como puesta a tierra:

1) Los conductores de agua enterrados en el suelo, enteramente metálicos y no ligados entre sí por juntas aislantes. En este caso la conexión debe ser realizada por una abrazadera especial de bronce o cobre estañado que asegure un buen contacto, efectuándose lo mas cerca posible de la entrada de los conductores de tierra y solo será permitido cuando O.S.N. no se opongan

2) Las placas, cintas o tubos metálicos enterrados al efecto en el suelo. El contacto a tierra debe estar constituido por metal durable de una superficie no menor de medio metro cuadrado y enterrado en el suelo permanentemente húmedo si es posible.

3) Las estructuras metálicas de los edificios, sin solución de continuidad eléctrica hasta la tierra y siempre que sus condiciones aseguren una suficiente superficie de contacto a tierra.

4) No pueden ser utilizadas para la puesta a tierra las líneas a tierra de los pararrayos y de las instalaciones de corriente débil, las cañerías de gas y de calefacción central . Las líneas a tierra de instalaciones telefónicas y de radiocomunicación, estando asimilados a una instalación de corriente débil, están comprendidas en la prohibición anterior.

d) Los conductores para conexión a tierra deben ser de cobre y estar debidamente protegidos contra deterioros mecánicos y químicos. Su sección se calcula para intensidad de interrupción de los fusibles principales, admitiéndose una sección igual a la cuarta parte.

La sección mínima admitida es de 0,4 mm<sup>2</sup> para instalaciones fijas y de 0,5 mm<sup>2</sup> para instalaciones portátiles, la máxima exigible es de 35 mm<sup>2</sup>.

## **Tableros en instalaciones eléctricas**

Los aparatos de protección y control de las instalaciones (portafusibles, interruptores) deben estar siempre colocados sobre tableros de material aislante, incombustible y no higroscópico, debiendo emplearse preferentemente mármol sin vetas, salvo que se trate de material de construcción especial para su fijación directa sobre cualquier clase de base

Los tableros deben ubicarse en lugares secos y de fácil acceso. Salvo el caso que los tableros se instalan en locales especialmente destinados para ellos., deben protegerse las partes conductoras de la corriente contra contactos casuales por medio de cajas con tapa o revestimiento especiales con preferencia de metal.

Los tableros deben ser dispuestos de modo que las conexiones puedan efectuarse y revisarse fácilmente, debiendo ligarse los conductores que parten y llegan al tablero, mediante bornes que permitan desconectarlos sin necesidad de retirar el tablero de sus soportes. En los tableros de mas de un circuito, los portafusibles y las llaves deben tener una indicación bien visible que los individualice.

Las grampas que soportan el tablero deben ser de metal . La distancia mínima entre las partes desnudas bajo tensión y la pared deben ser de 6 cm . Alrededor del tablero se colocara una cubierta que evite la acumulación de suciedad o materias extrañas sobre los conductores o conexiones. Cuando los tableros se instalan en nichos deben colocarse dentro de cajas metálicas.

Los tableros de una superficie mayor a 1 m<sup>2</sup> deben ser colocados sobre armazones metálicos dejando un espacio de 0,70 m. como mínimo entre la pared e las partes conductoras sin aislación

En caso de usarse como tablero cajas blindadas, los distintos aparatos de maniobra y/o protectores deben estar aislados de las misma con material adecuado.

Las cajas deben ser conectadas a tierra, conforme a las prescripciones contenidas en " Norma de seguridad en instalaciones eléctricas"

## **Interruptores, Conmutadores y fusibles en instalaciones eléctricas**

Los interruptores, conmutadores, automáticos o no , y los fusibles deben llevar estampada la indicación de la tensión y la intensidad de servicio para cuyo uso ha sido construido, no podrán emplearse para tensiones e intensidades mayores que las marcadas y estarán ejecutados de tal manera que aseguren un corte rápido del arco de interrupción.

Cualquier elemento metálico que forme parte del dispositivo de manejo, debe estar convenientemente aislado de las partes conductoras

Los interruptores a cuchilla deben estar montados de manera que la acción de la gravedad tienda a abrir el circuito. Los conmutadores podrán montarse en forma horizontal o vertical, pero en este último caso deberán tener un dispositivo de arresto en su posición de circuito abierto. La corriente se hará entrar a los interruptores por contacto fijos y no por las cuchillas y si están montados en serie con elementos de protección, se hará entrar la corriente por el interruptor y no por estos elementos, de manera que al abrir el interruptor queden sin tensión.

La construcción de los fusibles e interruptores automáticos deberá tener presente

Que ninguna de sus partes pueda llegar a una temperatura perjudicial para su funcionamiento, cuando soporten en forma continuada la corriente máxima admisible.

Que al interrumpir la corriente, aun en caso de cortocircuito se evite el arco permanente y la producción de la llama susceptible de deteriorar sus partes constructivas e inflamar o dañar objetos cercanos

Los interruptores automáticos admiten la eliminación de fusibles siempre que se provean protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos.

No se permite la colocación y el uso de cartuchos o fusibles reparados, salvo construcciones especiales que permiten renovar el elemento fusible en forma fácil y sin soldaduras (cartuchos renovable, en los cuales el elemento fusible deberá ser de plata o aleación especial con exclusión del plomo)

Las instalaciones y equipos eléctricos de los establecimientos, deberán cumplir con las prescripciones necesarias para evitar riesgos a personas o cosas.

Los materiales y equipos que se utilicen en las instalaciones eléctricas, cumplirán con las exigencias de las normas técnicas correspondientes.

Las tareas de montaje, maniobra o mantenimiento sin o con tensión, se registrarán por las disposiciones vigentes.

Los trabajos de mantenimiento serán efectuados por personal capacitado, debidamente autorizado por la empresa para su ejecución.

Los establecimientos efectuarán el mantenimiento de las instalaciones y verificarán las mismas periódicamente en base a sus respectivos programas, confeccionados de acuerdo a normas de seguridad, registrando debidamente sus resultados.

## **Líneas aéreas.**

a) En los trabajos en líneas aéreas de diferentes tensiones, se considerará a efectos de las medidas de seguridad a observar, la tensión más elevada que soporte. Esto también será válido en el caso de que alguna de tales líneas sea telefónica.

b) Se suspenderá el trabajo cuando haya tormentas próximas.

c) En las líneas de dos o más circuitos, no se realizarán trabajos en uno de ellos estando los otros en tensión, si para su ejecución es necesario mover los conductores de forma que puedan entrar en contacto o acercarse exclusivamente.

d) En los trabajos a efectuar en los postes, se usarán además del casco protector con barbijo, trepadores y cinturones de seguridad; las escaleras para estos trabajos, serán de material aislante en todas sus partes.

e) Cuando en estos trabajos se empleen vehículos dotados de cabrestantes o grúas, se deberá evitar el contacto con las líneas en tensión y la excesiva cercanía que pueda provocar una descarga a través del aire.

### **Canalizaciones subterráneas.**

a) Todos los trabajos cumplirán con las disposiciones concernientes a trabajos y maniobras según el nivel de tensión de la instalación.

b) Para interrumpir la continuidad del circuito de una red a tierra, en servicio, se colocará previamente un puente conductor a tierra en el lugar de corte y la persona que realice este trabajo estará perfectamente aislada.

c) En la apertura de zanjas o excavaciones para reparación de cables subterráneos, se colocarán previamente barreras y obstáculos, así como la señalización correspondiente.

d) En previsión de atmósfera peligrosa, cuando no puedan ventilarse desde el exterior o en caso de riesgo de incendio en la instalación subterránea, el operario que deba entrar en ella llevará una máscara protectora y cinturón de seguridad con cable de vida, que sujetará otro trabajador desde el exterior.

**Celdas y locales para instalaciones.**

a) Queda prohibido abrir o retirar las rejas o puertas de protección de celdas en una instalación de MT y AT antes de dejar sin tensión los conductores y aparatos de las mismas, sobre los que se va a trabajar. Recíprocamente, dichas rejas o puertas deberán estar cerradas antes de dar tensión a dichos elementos de la celda.

Los puntos de las celdas que queden con tensión deberán estar convenientemente señalizados o protegidos por pantallas.

b) Se prohíbe almacenar materiales dentro de locales con instalaciones o aparatos eléctricos o junto a ellos. Las herramientas a utilizar en dichos locales serán aislantes y no deberán usarse cintas métricas metálicas.

**Alternadores y motores.**

En los alternadores, dínamos y motores eléctricos, antes de manipular en el interior de los mismos deberá comprobarse.

- a. Que la máquina no esté en funcionamiento.
- b. Que los bornes de salida estén en cortocircuito y puestos a tierra.
- c. Que esté bloqueada la protección contra incendios.
- d. Que estén retirados los fusibles de la alimentación del motor, cuando éste mantenga en tensión permanente la máquina.
- e-Que la atmósfera no sea inflamable ni explosiva.

**Salas de baterías.**

Cuando puedan originarse riesgos, queda prohibido trabajar con tensión, fumar y utilizar fuentes calóricas riesgosas dentro de los locales, así como todo manipuleo de materiales inflamables o explosivos.

El manejo de electrolitos deberán hacerse con vestimenta y elementos de protección apropiados y en perfecto estado de conservación.

**Conductores.**

Deberán seleccionarse de acuerdo a la tensión y a las condiciones reinantes en los lugares donde se instalarán. La temperatura que tome el material eléctrico en servicio normal no deberá poner en compromiso su aislamiento.

Se colocarán dentro de cañerías o sobre bandejas, de material metálico o plástico ignífugo adecuado.

**Interruptores y cortocircuitos de baja tensión.**

Deberán estar instalados de modo de prevenir contactos fortuitos de personas o cosas y serán capaces de interrumpir los circuitos sin proyección de materias en función o formación de arcos duraderos.

Estarán dentro de protecciones acordes con las condiciones de los locales donde se instalen y cuando se trate de ambientes inflamables o explosivos, se colocarán fuera de la zona de peligro o estarán encerrados en cajas antidefiagrantes o herméticas.

**Motores eléctricos.**

Estarán ubicados o contruidos de tal manera que sea imposible el contacto de las personas y objetos con sus partes en tensión y durante su funcionamiento no provocarán o propagarán siniestros.

Las características constructivas responderán al medio ambiente donde se van a instalar, en consecuencia su protección será contra contactos causases o intencionales; entrada de objetos sólidos; entrada de polvo, goteo, salpicadura, lluvia y chorros de agua; explosiones y otras.

**Equipos y herramientas eléctricas portátiles.**

Se seleccionarán de acuerdo a las características de los lugares de trabajo. Las partes metálicas accesibles a la mano estarán unidas a un conductor de tierra. Los cables de alimentación serán dei tipo doble aislación, suficientemente resistentes para evitar deterioros por roce o esfuerzos mecánicos normales de uso y se limitará su extensión, empleando tomacorrientes cercanos.

No deberán permanecer conectados cuando no estén en uso. No se trasladaran sostenidas del conductor.

Al desenchufarla no tirar del cable.

### **Responsable de trabajo.**

Una sola persona, el responsable del trabajo, deberá velar por la seguridad dei personal y la integridad de los bienes y materiales que sean utilizados en el transcurso de una maniobra, operación o reparación.

### **Niveles de tensión:**

Baja (BT): tensiones por encima de 50 V y hasta 1 000 V, en corriente continua o iguales valores eficaces entre fases en corriente alterna.

Media (MT): tensiones por encima de 1 000 V. y hasta 33000 V. inclusive Alta (AT): tensiones por encima de 33000 V.

### **Distancias de seguridad.**

Para prevenir descargas disruptivas en trabajos efectuados en la proximidad de partes no aisladas de instalaciones eléctricas en servicio, las separaciones mínimas, medidas entre cualquier punto con tensión y la parte más próxima dei cuerpo dei operario o de las herramientas no aisladas por él utilizadas en la situación más desfavorable que pudiera producirse, serán las siguientes:

<b>Nivel de tensión</b>	<b>Distancia mínima</b>
0 a 50 V	ninguna
más de 50 V. hasta 1 KV.	0,80 m
1 KV. hasta 33 KV.	0,80 m (1)
33 KV. hasta 66 KV.	0,90 m (2)
66 KV. hasta 132 KV.	1,50 m (2)

- (1) Estas distancias pueden reducirse a 0,60 m, por colocación sobre los objetos con tensión de pantallas aislantes de adecuado nivel de aislación y cuando no existan rejillas metálicas a tierra que se interpongan e/ el elemento c/ tensión y los operarios.
- (2) Para trabajos a distancia, no se tendrá en cuenta para trabajos a potencial. Para trabajos a distancia, no se tendrá en cuenta para trabajos a potencial.

**Tensión de seguridad.**

El conocimiento de la resistencia eléctrica de la piel, en condiciones diferentes permite una forma práctica de definir los requisitos de seguridad para la protección contra contactos eléctricos indirectos. La tensión de seguridad es un valor límite de tensión, tal que aplicada al cuerpo humano proporciona un valor de intensidad de corriente inferior a los de seguridad.

En los ambientes secos y húmedos = hasta 24 V. respecto a tierra.

En los mojados o impregnados de líquidos conductores la misma será determinada, en cada caso  $1 < 12 \text{ v.}$

## **Distribución**

### **Tableros principales de distribución energética**

En cada tablero principal de distribución de fuerza se debe contar un cable de conexión a tierra que este conectado en un extremo al tablero o armazón del mismo y en el otro a una varilla de conexión que haya sido enterrada para este fin en la tierra. Deberá hacerse una medición con aparatos especial, por ejemplo: el Telurímetro para medir la tierra donde está enterrada la varilla para determinar la conductividad misma. Se puede tener la seguridad de haber logrado una buena conexión a tierra cuando se obtenga lectura de 1 a 7 Ohm. No debemos olvidar que una buena conexión a tierra efectiva, es tan importante como la conexión de la fase.

### **Indicación de circuitos**

La disposición de todos los circuitos de fuerza y de alumbrado debe encontrarse indicada en la parte posterior de todos los tableros de distribución. El saber cual interruptor o fusible controla cada circuito individual puede representar, segundos preciosos en una emergencia.

Los cables de alimentación subterránea temporales que no han sido registrados representan un peligro invisible sumamente grande. Todo cable de alimentación subterránea que se encuentra en el área de trabajo debe encontrarse señalado en un plano de conjunto, indicando sus medidas y los diferentes puntos por donde pasa la largo de su ruta desde un punto fijo. Esta información en el plano puede evitar que se vaya a despedazar los cables de alimentación en trabajos de excavación y más importante aun, que un trabajador pueda llegar a ser electrocutado al clavar un pico o su pala en un cable subterráneo desconocido.

Los planos donde se registre la localización de los cables subterráneos de alimentación deben ser mantenidos al día con precisión absoluta y no debe iniciarse ningún trabajo sin primero haber consultado estos planos.

En cada tablero principal de distribución de fuerza se debe contar con un cable de conexión a tierra que este conectado en un extremo del tablero y en el otro a una varilla de conexión a tierra que haya sido enterrada para este fin en la tierra.

Deberá hacerse una prueba con un telurímetro en el área donde esta enterrada la varilla, para determinar la conductividad de la varilla a la tierra. Se puede tener seguridad de haber logrado una buena conexión a tierra cuando se obtengan lecturas de 1 a 7 ohmios. Debe recordarse que una conexión a tierra efectiva es tan importante como la conexión de la fase.

Si se encuentra con líneas eléctricas áreas es necesario tomar medidas para proteger las operaciones en que se haga uso de grúas o palas mecánicas. Un método consiste en soldar un borne de 1/2" al bastidor principal de la grúa por debajo de la plataforma giratoria, cerca de las patas posteriores. Se entierra en el suelo una varilla para conexión a tierra. Luego se toma un cable de cobre y se conecta uno de sus extremos al bastidor y el otro a la varilla de conexión a tierra. Este dispositivo de seguridad puede salvar la vida al operador de la grúa o a su ayudante en caso de que el aguilón llegue a ponerse en contacto con los cables aéreos. Al trasladarse la grúa a un nuevo sitio el cable de conexión a tierra puede ser enrollado y colocarlo si fuese requerido. Otro método consiste en ayudar al operador a ver las líneas aéreas con facilidad por medio de cintas de colores colgadas de los cables.

Estos son unos pocos de los riesgos que pueden presentarse en los trabajos de construcción. Existen muchos otros que deben ser vigilados continuamente. Aquí es donde juega un papel muy importante la actitud individual del trabajador.

Cualquier reparación que tenga que ser hecha en un equipo eléctrico, debe ser ejecutada por un electricista idóneo.

Durante esta fase peligrosa de la construcción, las instalaciones eléctricas temporales son indispensables para que el trabajo pueda progresar.

## **Protección de las Instalaciones**

### **Protección contra los riesgos de contacto directo con conductores activos o habitualmente con tensión**

La prevención de los mismos se hará, pues, alejando los conductores o interponiendo obstáculos o aislantes que eviten los contactos.

La protección por alejamiento es la más simple y lo primero que se piensa. Muchos accidentes se suelen producir en el transporte y mantenimiento de objetos o piezas (tubos, barras, etc.), para tratar de evitarlos se debe procurar por un lado que los conductores, incluso protegidos, vayan lo menos posible aéreos y por otro lado, reducir al mínimo estrictamente indispensable el uso de conductores desnudos.

El mejor medio de protección es sin duda interponer a recubrir las partes activas con material aislantes, cuyo empleo exige ciertas precauciones para evitar su deterioro por un montaje defectuoso o por acción química de los líquidos o sólidos que con él contacten.

En particular, las canalizaciones flexibles que sirven para la unión de aparatos móviles deben ser concebidas de modo que ni la entrada, ni la salida de cables presenten aristas cortantes.

Conviene recalcar aquí la necesidad de una norma en el empleo de colores en los conductores de los cables, para evitar errores y confusiones.

En la distribución de dos hilos, el código de colores más internacionalmente nítido es:

Neutro color gris Fase: color verde o amarillo, y en la distribución trifásica.

Neutro. color gris Fases: colores verdes, amarillos y marrón.

No obstante este código, antes de trabajar en cualquier circuito deberán revisarse, con un voltímetro o un probador a lámpara de neón los dos lados del circuito para comprobar que anteriormente no se cometió error en la inversión de conductores, no hay tensión en ellos.

Es de todo punto necesario utilizar tomas de corriente y enchufes que impidan la permutación de polos, en particular cuando hay un conductor neutro o un protector de protección o en el cable. Señalamos que, además deben estar hechas de modo que las piezas desnudas que pueden estar en tensión no sean accesibles al tacto.

Cuando en una misma instalación se utiliza tensiones diversas, hay que emplear tomas de corriente de modelo distinto para cada una.

### **Protección contra los riesgos de contacto indirecto o con masas puestas accidentalmente en tensión**

La protección contra los contactos indirectos por medidas destinadas a suprimir el riesgo, haciendo que los contactos no sean peligrosos o bien impidiendo los contactos simultáneos, puede consistir en lo siguiente:

a) Separación de circuitos de separación y utilizar mediante transformadores o grupos convertidores adecuados, manteniendo aislado el neutro del circuito de utilización. Las masas del circuito secundario tampoco deben estar unidas ni con la tierra, ni con las masas de otros circuitos. En cambio, las masas pertenecientes al mismo circuito secundario, accesibles simultáneamente, deben estar unidas entre sí.

b) Empleo de la pequeña tensión MBT (24-50V.) suministrada por transformadores de seguridad en los que se cumpla las mismas normas de separación de circuitos y masas que en el aparato anterior.

c) Empleo de materiales con aislamiento de protección

d) Conexiones equipotenciales, mediante un conductor de protección de masas eléctricamente entre si. Esta conexión puede ser además a tierra para evitarla diferencia de potencial que puedan presentarse entre las masas o elementos conductores y el suelo.

### **Dispositivos de protección**

Estos aparatos son dispositivos de corte automático que separan la fuente de energía del circuito de utilización por diversos procedimientos y combinaciones que pueden resumirse en:

**a) cortacircuitos fusibles o disyuntores de máxima** . Esta Protección, que exige que la corriente de defecto alcance por lo menos la intensidad de funcionamiento instantáneo, sólo es válida para unas tomas de tierra con resistencias extraordinariamente bajas y difíciles de realizar, lo que hace que en la práctica no deben tenerse en cuenta como medidas de seguridad. Deben ser completadas con un dispositivo de corte automático. como a continuación exponemos.

**b) Dispositivos de corte automáticos.** - Como ya hemos repetido varias veces, la utilización de un dispositivos de corte que interrumpa cualquier corriente de defecto a tierra con suficiente rapidez y para un valor suficientemente pequeña , en principio una protección casi total. Indudablemente, no permite que un accidente benigno en si pueda tener en si consecuencias graves si afecta a una persona con gran sensibilidad. Hay que notar que no protege de los accidentes provocados por un contacto simultáneo con dos conductores activos. Aunque en este caso ninguna protección puede distinguir la resistencia del cuerpo humano unida a dos conductores de la resistencia de otro aparato. Solo la utilización de pequeñas tensiones permite este tipo de accidentes que, por otro lado, no es frecuente.

Aparte de estos casos, la protección mediante disyuntores diferenciales es completamente eficaz.

Al disminuir el valor de la corriente que provoca el disparo, se aumenta el riesgo de disparos intempestivos. Para ello habrá que efectuar previamente las modificaciones necesarias en las instalaciones y corregir los aparatos defectuosos.

Existen dos tipos de dispositivos de disparo automático: los sensibles a la corriente de defecto y los sensibles a la tensión de defecto.

## **Sistema de Puesta a Tierra**

Elegir un material que no sea atacado por la corrosión bajo suelo, de buena resistencia mecánica a fin de poder clavar la jabalina sin perforación previa, con esto se logra que disminuya al mínimo la resistencia entre la tierra y el electrodo (cobre).

Verificación de la conductibilidad (composición química y humedad) y temperatura (a menor temperatura, mayor resistibilidad) del suelo.

Los electrodos tendrán una longitud suficiente que les permita llegar a zonas del suelo de humedad permanente. Las masas deberán estar unidas eléctricamente a una toma o a un conjunto de tomas a tierra interconectadas.

El circuito de puesta a tierra deberá ser: continuo, permanente, tener la capacidad de carga para conducir la corriente de falla y una resistencia apropiada. Los valores de las resistencias de las puestas a tierra de las masas deberán estar de acuerdo con el umbral de tensión de seguridad y los dispositivos de corte elegidos de modo de evitar llevar o mantener las masas a un potencial peligroso en relación a la tierra o a otra masa vecina.

Los dispositivos de protección activa intervendrán rápidamente sacando fuera de servicio la instalación o parte de ella cuyas masas sean susceptibles de tomar un potencial peligroso.

La resistencia de una instalación de puesta a tierra consta de tres partes, resistencia eléctrica de los conductores que constituyen la instalación a tierra, la resistencia de contacto entre el sistema electrodos de tierra y el suelo circundante, la resistencia del suelo que rodea al sistema de electrodos de puesta a tierra.

### **Norma I.R.A.M. N° 2281 - Generalidades**

- 1) Se elegirá el sitio de la puesta a tierra en uno de los siguientes tipos de suelo: terreno pantanoso húmedo / terreno con arcilla, suelo arcillosos o limo mezclado con pequeñas cantidades de arena / arcilla y limo mezclado con proporciones variables de arena, grava y piedras / arena mojada y húmeda, turba. Un suelo que no tenga un buen drenaje. No es esencial que el terreno esté empapado de agua (a menos que sea arena o grava), dado que por lo general no se obtiene ventajas aumentando el contenido de humedad por encima del 15 %.
- 2) Se evitará la arena, arcilla pedregosa, piedra caliza, roca basáltica, granito y todo suelo muy pedregoso. Se evitará los sitios que se mantienen húmedos por que fluye agua sobre ellos, dado que las sales minerales beneficiosas para un suelo de baja resistencia pueden ser eliminadas.

3) Los electrodos superficiales se usan en suelos finos, que han sido compactados, apisonados y mojados. El suelo se zarandea, y las piedras se remueven en la vecindad de estos electrodos.

4) Cuando sea posible las jabalinas se hincaran directamente, esto hace que la resistencia de contacto tierra-electrodo sea mínima. Debe existir siempre un buen contacto entre el suelo y electrodo, Donde ello no es posible, por ser el terreno muy duro; primero se perforará y luego se rellena el agujero con tierra zarandeadada que se va apisonando bien y después de rellenado se hinca el electrodo. Se recomienda el hincado con inyección de agua para evitar huecos, facilitando la salida del aire: verter agua lentamente alrededor de la jabalina.

5) Se aplicará para disminuir la resistividad del suelo: escorias de hierro aplastadas e incluso polvos metálicos, coque, riego de la zona que rodea a los electrodos con Cloruro de Sodio o Sulfato de Cobre, tener en cuenta la corrosión del electrodo al agregarse estos productos.

### **Elementos de Protección y Materiales de Seguridad**

Guantes dieléctricos, protectores faciales, zapatos de seguridad, alfombras aislantes, taburetes, herramientas aisladas y vainas. Señalizaciones. Transformadores de seguridad. Detectores de tensión, lámparas portátiles, escaleras no conductoras.

### **Distancias de seguridad**

Separaciones mínimas para prevenir descargas bruscas en trabajos en la proximidad de partes no aisladas de instalaciones en servicio, con el operario en las condiciones más desfavorables. En baja y media tensión 80 cm.

### **Consignación**

Conjunto de operaciones destinadas a poner sin tensión una instalación, línea o aparato.

1-Separar mediante corte efectivo las fuentes de tensión. Seccionar la parte de la instalación donde se va a trabajar, separándola de cualquier posible alimentación mediante la apertura de los aparatos de seccionamiento más próximos a la zona de trabajo.

### **Bloqueo**

Conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de un aparato de corte o de

seccionamiento, y mantenerlo en una posición determinada (apertura o cierre) evitando su accionamiento; dichas operaciones incluyen la señalización correspondiente para evitar que el aparato pueda ser operado por otra persona en forma local o a distancia.

2-Bloquear en posición de apertura los aparatos de corte, evitando que llegue tensión al equipo como consecuencia de una mala maniobra o falla del sistema. Colocar en el mando de dichos aparatos un rotulo de advertencia visible con la inscripción

*PROHIBIDO MANIOBRAR* y el nombre del responsable del trabajo.

3-Comprobación de ausencia de tensión con los elementos adecuados en cada una de las partes en que a quedado seccionado la instalación, lo mas cerca del punto de corte.

4-Efectuar las puestas a tierra y en cortocircuito correspondientes en todos los puntos que pudiera llegar tensión, incluyendo el neutro.

5-Señalizar y delimitar la zona de trabajo en forma adecuada evitando penetrar en zonas cercanas con tensión.

## **PRINCIPIOS BÁSICOS ANTES DE INICIAR UN TRABAJO EN BAJA TENSIÓN**

- 1 - Se identificará el conductor, instalación o aparato sobre el cual se debe trabajar.
- 2 - Será considerada bajo tensión mientras no se compruebe lo contrario con instrumentos destinados para ello.
- 3 - No se emplearan elementos de material conductor en escaleras y herramientas.
- 4 - Se dispondrá de los elementos de protección personal adecuados.
- 5 - Se realizará el trabajo según las técnicas de trabajos con tensión o trabajos sin tensión.

## **TRABAJOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS**

### **Con tensión**

Mejora la calidad del servicio disponiendo de tiempos largos para realizar la tarea, ya que nunca se interrumpió el suministro de energía. Serán ejecutados solo por personal especializado y habilitado por la Empresa, la cual considerara los siguientes factores: Conocimientos de la tarea y los riesgos a los que esta expuesto. Normas de seguridad. Experiencia en trabajos similares.

Aptitud física y mental del operario a trabajar con tensión. Antecedentes de baja accidentabilidad.

A contacto: Consiste en separar al operario de las partes con tensión y de tierra con elementos aislados sean de protección personal o en las herramientas.

Es utilizado en BT y MT

A distancia: Consiste en la aplicación de técnicas, elementos y disposiciones de seguridad tendientes a alejar los puntos con tensión del operario.

A potencial: Consiste en aislar al operario del potencial de tierra y ponerlo al mismo potencial del conductor energizado. Debe efectuarse por personal especializado, que conozca la tarea, los riesgos y las medidas de seguridad; ser apto física y síquicamente. Utilizado en alta tensión

### **Sin tensión**

Todo conduce a que la instalación se encuentre sin tensión y que permanezca así hasta

que se decida lo contrario luego de terminado el trabajo, y no por accidente; es por esto que es menos seguro que el trabajo con tensión.

Se establecen reglas para la consignación de equipos o instalaciones eléctricas.

Solo se repondrá el servicio al finalizar los trabajos, comprobando el responsable que todas las puestas a tierra y cortocircuitos han sido retiradas, y elementos de señalización.

### **LOCALES CON RIESGOS ELÉCTRICOS ESPECIALES. PROTECCIÓN POR MEDIO DEL USO DE ARTEFACTOS ANTIDEFLA- GRANTES.**

Los locales polvorientos, húmedos, mojados, impregnados de líquidos conductores o con vapores corrosivos cumplirán con las prescripciones adicionales siguientes y la instalación eléctrica deberá estar contenida en envolturas especiales de acuerdo con cada riesgo.

Protección por sobrepresión interna: Este tipo de protección impedirá que el ambiente explosivo tome contacto con partes de la instalación que puedan producir, arcos, chispas o calor, para ello deberá estar contenida dentro de envolturas resistentes, llenas o barridas por aire o gas inerte mantenido a una presión ligeramente superior a la del ambiente. Las envolturas no presentarán orificios pasantes que desemboquen en la atmósfera explosiva. Las juntas deberán ser perfectamente maquinadas a fin de reducir las fugas del aire o gas interior.

Mientras la instalación esté en servicio (con tensión) la sobrepresión interna deberá ser superior al valor mínimo establecido. Si esa sobrepresión se reduce por debajo del valor mínimo, el circuito eléctrico deberá ser sacado de servicio por control automático o manual con sistemas de alarma.

Dei mismo modo no se podrá dar tensión a la instalación hasta que la sobrepresión no haya alcanzado el valor mínimo de seguridad.

Locales de batería de acumuladores eléctricos:

Los locales que contengan baterías eléctricas, serán de dimensiones adecuadas, tomadas en función de la tensión y capacidad de la instalación, cantidad de elementos conectados, número de hileras y disposición de las mismas.

a) En estos locales se adoptarán las prevenciones siguientes:

El piso de los pasillos de servicio y sus paredes hasta 1,80 m. de altura serán eléctricamente aislantes en relación con la tensión del conjunto de baterías.

Las piezas desnudas con tensión, se instalarán de modo que sea imposible para el trabajador el contacto simultáneo e inadvertido con aquellas.

Se mantendrá una ventilación adecuada, que evite la existencia de una atmósfera inflamable o nociva.

Todas las partes de una instalación eléctrica deberán estar dentro de cañerías y artefactos antideflagrantes capaces de resistir la explosión de la mezcla propia del ambiente sin propagarla al medio externo.

Las juntas serán del tipo metal a metal perfectamente maquinadas y no se admitirá el uso de guarniciones en las mismas.

La temperatura de funcionamiento de las partes de la instalación, en especial motores y artefactos de iluminación, será inferior a la temp. de ignición del medio externo. La conexión entre artefactos se hará en todos los casos por medio de cañerías resistentes a explosiones, usándose senadores verticales y horizontales para compartimentar la instalación. Las uniones entre elementos deberá hacerse mediante rosca con un mínimo de 5 filetes en contacto.

Los artefactos aprobados para una determinada clase y grupo de explosión, no serán aptos para otra clase o grupo, debiéndose lograr la aprobación correspondiente.

Las tareas de inspección, mantenimiento, reparaciones y ampliaciones de estas instalaciones, se harán únicamente sin tensión.

# ELECTRICIDAD ATMOSFÉRICA

## Rayos

Descarga eléctrica que se produce en las zonas inferiores de la atmósfera y que se verifica cuando la diferencia de acumulación potencial debida a la acumulación de cargas eléctricas entre dos masas de nubes o bien, más frecuentemente, entre una nube y la superficie del suelo, del mar o de un lago, se hace tan elevada que determina gradientes de campo capaces de ionizar el dieléctico interpuesto.

El rayo se produce con el característico relámpago de notable intensidad luminosa, acompañado de estruendo, el trueno, debido a las instantáneas variaciones locales de densidad, consecuencia también, por otra parte, de los intensos procesos de condensación que tienen allí su origen. La descargas siguen el recorrido de menor resistencia eléctrica, recorriendo generalmente líneas tortuosas y en zig zag; la longitud suele estar comprendida entre uno y dos kilómetros, pero puede incluso alcanzar, entre las nubes, 10 a 15 kilómetros.

Todo rayo esta constituido por numerosas descargas elementales, de duración de 600 a 800 microsegundos, aproximadamente, separadas entre si una milésimas de segundo, mientras que entre dos rayos diferentes, transcurre tiempos mayores, aunque a veces puedan a los pocos segundos. La intensidad de la corriente de descarga puede ser muy variada; comprendida en general, entre 10.000 y 50.000 amperios, puede alcanzaron casos excepcionales que van desde 100.000 a 300.000 Voltios/metro.

Según el aspecto con que se manifiesta, la forma del rayo puede ser: chispa, de rosario, lineal, de cohete, globular, etc. La defensa contra el no puede tener carácter mas que de generalidad, puesto que la protección consiste esencialmente en la dirección y drenaje de la descarga a lo largo de recorridos establecidos de antemano, de forma que no se vean afectadas instalaciones o aparatos importante.

Para la protección de edificios o de zonas localizada, se emplean los pararrayos, inventado por Benjamín Franklin, perfeccionados hoy con el uso de sustancias radioactivas, mientras que, con el fin de proteger líneas de conducción aéreas, que se desarrollan, se adoptan los cables de guarda.

## 1) GENERALIDADES

Se desconoce el proceso exacto por el cual una nube adquiere cargas eléctricas de una magnitud tal que puedan dar origen al rayo. El problema resulta complejo, dado que no puede resolverse mediante pruebas fáciles o construcción de modelos. Para que se produzca una tormento eléctrica son necesarias ciertas condiciones meteorológicas.

Cada tormenta presenta características que le son particulares. Así algunas originan casi exclusivamente descargas entre nubes, mientras que en otras predominan las descargas entre aquellas y el suelo.

Además se ha observado que la proporción de crestas sucesivas de corriente en una descarga, es mayor en una tormenta que en otras, lo cual parece ser consecuencia de la distinta distribución de los centros de carga dentro de la nube; la descarga con crestas sucesivas de corriente (rayo múltiple), sería entonces originado por 19 descarga consecutiva de varios de estos centros. La teoría de la producción de nubes cargadas se basa en la separación de las cargas eléctricas.

Aproximadamente el 95% de los rayos caídos tienen el extremo positivo en el suelo, es decir que en la mayoría de los rayos, la parte baja o base de la nube, está cargada negativamente por lo menos en la mayor parte de su área; sin embargo, es evidente que en dicha base pueden existir regiones con carga positiva. Se considera como parte importante, del proceso de separación de las cargas eléctricas en las nubes, la acción de las corrientes de convección, que rompen las gotas de agua en otras más pequeñas, las cuales son arrastradas por la corriente y elevadas a la parte superior de la nube, donde se reúnen otra vez formando gotas mayores, que vuelven a caer. La corriente de aire así originada es la que suministra el trabajo de separación de los cargas eléctricas y las mantiene separados dentro de la nube. Cuando cesan estas corrientes de convección, las cargas se reúnen de nuevo y la nube vuelve aproximadamente a su condición inicial.

## 2) SOBRE TENSION ATMOSFERICA:

### Proceso de las Descargas

Para familiarizarnos con el proceso de las descargas atmosféricas, es preciso conocer las condiciones existentes en la superficie de la tierra, antes de producirse la descarga entre una nube y el suelo. Este conocimiento es indispensable para la comprensión de las medidas que se adoptan con fines de protección y ayuda a explicar porque ésta no siempre se logra.

Al cargarse negativamente la parte baja de una nube, desarrolla por inducción, en la superficie terrestre, la correspondiente carga positiva, repeliendo lejos de sí las cargas terrestres negativas situadas debajo de ella. Así, pues, si una nube de carácter tormentoso corre paralelamente a la superficie terrestre, la correspondiente carga inducida por aquella se mueve también en ésta. Las cargas positivas terrestres, atraídas por la carga negativa de la nube, suben por los postes y castilletes de las líneas de transmisión, por

las torres de las iglesias, por los mástiles y árboles, y corren a lo largo de las líneas de tierra, ascendiendo por sobre todos los objetos conductores y semiconductores. Cuando el gradiente del potencial es elevado, se pueden apreciar visualmente los efluvios del efecto Corona o Fuegos de San Telmo. Se comprende pues que una nube situada a gran altura, por ejemplo, a unos 1500 mts., se desarrolla, por inducción, cargas eléctricas sobre una gran expansión de la superficie terrestre.

### 3) RAYOS:

#### a) Proceso de Ia Descarga:

Mediante un proceso de fotografías sucesivos fue posible comprobar que el rayo se inicia por pequeñas chispas que, partiendo de la nube, avanza hacia la tierra mediante una serie de peque saltos. El conjunto de estas chispas, que progresan en sentido descendente, recibe el nombre de descarga directriz discontinuo o descarga inicial. El tiempo que ésta descarga invierte en alcanzar la superficie terrestre es, en algunos casos, del orden de 0,01 segundos. Se ha comprobado también, que una vez llegada al suelo, se origina una segunda descarga, llamada descarga de retorno, que salta en sentido inverso, partiendo de la tierra, si bien algunas veces no llega a recorrer todo el camino, no llegando por lo tanto, a la nube.

Se ha comprobado además, que las sucesivas descargas o crestas de corriente que siguen el camino trazado por la descarga inicial, van generalmente, precedidas por una descarga trazadora descendente llamada descarga directriz continua. Al llegar ésta al suelo, se produce una nueva descarga de retorno en sentido ascendente, en forma parecida a. lo que ocurría en la descarga directriz discontinua.

La velocidad de la descarga inicial es del orden de los 50 m/ $\mu$  segundo, con intervalos de tiempo entre saltos, de alrededor de 100/ $\mu$  segundos. La descarga directriz continua tiene una velocidad comprendido entre 1 y 23 m. por  $\mu$  segundo. La descarga de retorno viaja por el canal con una velocidad que varia desde los 20 a los 140 m. por  $\mu$  segundo, lo cual es, en valor medio, mucho menor que la mitad de la velocidad de la luz. Por otra parte, se ha demostrado que en los edificios sumamente elevados, por ejemplo, el Empire State aproximadamente 390 m., a la punta del pararrayos), el 80% de los rayos caídos se inician en el edificio y no en la nube. Al parecer, es tal la tensión en el extremo del edificio, dada en gran altura, y en su configuración, que la descarga inicial parte del edificio hacia la nube. En este caso, las velocidades son del mismo orden que cuando la descarga se produce en sentido opuesto.

A pesar de que en los edificios elevados en la generalidad de los casos, la descarga inicial es ascendente, siempre la descarga directriz continua es descendente. Por tal razón y prescindiendo de las iniciales, el proceso de las descargas directrices continuas, es similar así se trate de edificios elevados, o terreno llano o edificios de escasa altura. Lo expresado evidencia que el rayo es en realidad un arco de corriente continua entre la nube y el suelo, a la que se superponen varias crestas de corriente, que pueden presentarse de diferente forma, según la constitución de la nube y la distribución de las cargas. Se ha evidenciado además que el sentido de propagación depende más de la configuración de los electrodos que de la polaridad, dado que cuando la tensión en una nube se eleva, se llega a un valor en que la chispa salta, formándose la descarga inicial, la cual avanza a saltos hacia la tierra, escogiendo en cada momento el camino de menor resistencia, por lo cual no sigue el camino impuesto por el campo electrostático inicial.

En efecto, la descarga inicial en su progreso, deja alrededor del canal por donde circula, una carga espacial negativa, llevando en su cabeza una gran concentración de carga. Esta descarga inicial o directriz discontinua, está conectada a la nube todo el tiempo. que dura su progreso, pues necesita de ésta un suministro continuado de cargas para la prosecución de su camino.

#### 4) PROTECCIONES

##### a) Consideraciones Generales:

a-1) Accidentes producidos por el rayo: Si tomamos como ejemplo datos estadísticos de los Estados Unidos, veremos que cada año, a causa del rayo, mueren unas 400 personas y 1.000 más, resultan heridas. las nueve décimas partes de estos accidentes ocurren en zonas rurales.

a-2) Consideraciones sobre la protección: El que sea justificada o no la protección de un edificio depende de su valor y naturaleza, de su contenido, de la frecuencia de las tormentas, de la protección que le ofrecen otras construcciones y también de la eficacia de los elementos matafuegos de que disponga. El riesgo para los seres humanos que se alojan en edificios protegidos es prácticamente nulo. Un edificio protegido puede obtener una reducción en la prima de su seguro.

a-3) Acción del pararrayos: Tienen por objeto interceptar el rayo antes de que alcance el edificio protegido, descargando la corriente, a tierra, a través de una resistencia lo suficientemente baja como para no dar lugar a tensiones peligrosas. Los árboles altos no brindan protección a los edificios cercanos, sin embargo, si se los provee de para-

rayos, actúan como otra construcción de altura similar y protegen todos los objetos que caen dentro de su cono de protección.

b) Protección de edificios corrientes y propiedades varias:

b-1) Antenas: Al instalar un pararrayos en un edificio cualquiera, deben colocarse antenas metálicas con el objeto de mantener la descarga del rayo, alejada del edificio y con el fin de que éste quede completamente dentro del cono de protección. Las antenas deben situarse a una distancia no mayor de 7,60 m. una de la otra.

b-2) Conductores de bajada: A cada antena debe conectársela el correspondiente conductor de bajada, a fin de unirlos al resto de la instalación. Los conductores de bajada pueden ser de hierro, de hierro cobreado o galvanizado, o otra aleación metálica que sea tan resistente a la corrosión como el cobre. Si se usa cobre, su peso no debe ser inferior a 300 gramos por metro. El recorrido del conductor de bajada debe ser lo más recto posible.

b-3) Edificios de Techo metálico: Con relación a los pararrayos y conductores de bajada, se tratarán como otro edificio cualquiera, salvo que las planchadas de metal que forman el techo, estarán unidos entre sí, formando un conductor eléctricamente continuo. Debe proveerse de antena para la recepción del rayo y conectarse a tierra en por lo menos dos puntos distintos.

b-4) Tierras. Deben presentar la resistencia más baja posible con respecto al suelo, siendo el valor óptimo recomendado de  $8\Omega$ . La forma y colocación de las tierras serán el resultado, en caso, del estudio del carácter y conductividad del suelo que se trate.

b-5) Cono de protección: El cono de protección brindado por un pararrayos, debe estimarse de una base cuyo radio, es el doble del valor de la altura de dicho cono. Para la protección de áreas que comprenden depósitos de combustible o explosivos esa relación debe ser de 1 a 1.

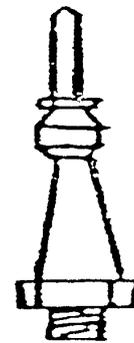
c) Protección de Líneas:

c-1) Generalidades: La protección de líneas de transmisión se divide en dos métodos generales. El primero tiende a evitar que la descarga alcance los conductores, y el segundo permite la descarga del rayo en la línea, pero evita que la corriente originada produzca una interrupción en el servicio. El primer método utiliza conductores conectados a tierra (hilo de guardia), suspendidos por encima de la línea de transmisión mientras que el segundo, emplea dispositivos tales como tubos de protección, compensadores de defectos a tierra o interruptores de desconexión automática ultra rápida.

c-2) Protección por hilo de guardia: la función encomendada al hilo de guardia, es interceptar el rayo y conducir su corriente al suelo, sin que se alcancen en la torre, ni en el vano, potencia les suficientes para cebar el arco entre el hilo de guardia o la torre y los conductores.

Las torres deben estar suficientemente aisladas de los conductores de transmisión, para que las tensiones que aparezcan como consecuencia de la carda por resistencia en su base, no puedan ser causa de arco alguno. Se utilizan dos métodos para determinar su posición respecto de las líneas de transmisión. El primer método hace uso del llamado cono de protección. Si se colocan dos hilos de guardia, deben colocarse de manera que ningún conductor quede fuera del cono.

- 1.- punta captadora de bronce trefilado cromado
- 2.- contratuerca de la punta
- 3.- cuerpo de bronce
- 4.- contratuerca de fijación del pararrayo
- 5.- rosca de fijación de pararrayo 3/4" gas



Desde la invención del pararrayos de Franklin quedo planteada la cuestión del área protegida por el mismo. Ya a fines de siglo pasado se habían sugerido una serie de esquemas de protección.

Se consideraba que los objetos situados en esta área eran inmunes a los rayos. Hoy sabemos que rayos muy débiles no disparan a los pararrayos y desde los trabajos de Walter (1937) sabemos que no hay zonas protegidas con absoluta certeza por el pararrayos.

Dentro del cono de 45° adoptado por IRAM 2184 para protección normal hay una seguridad del 92,5 % y dentro del cono de 30° la seguridad aumenta al 98,5 %.

Diseño de la protección

No colocar el pararrayos Franklin en mástiles menores de 4 metros. Unir metálicamente la bajada a cualquier estructura metálica situada a menos de 1,80 metros, para evitar

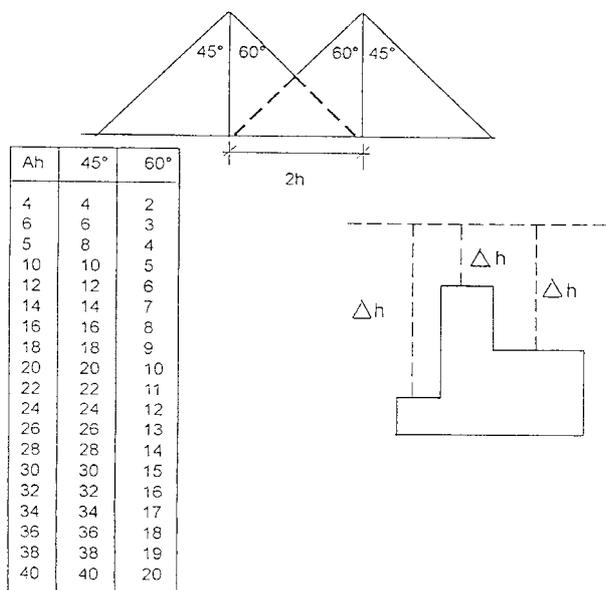
descargas laterales. Si hay dos pararrayos Franklin vecinos en la zona de protección entre ellos se usa con un ángulo de  $60^\circ$  por la influencia mutua de sus campos.

Por la misma razón el pararrayos Franklin de una punta es más eficiente que los de varias puntas porque, al no existir puntas cercanas que deformen el campo, la concentración del gradiente es mayor.

La pérdida del metal en la punta de los pararrayos se debe al arrastre por la corriente que sale de los mismos al quedar bajo la influencia de nubes de tormenta y portal motivo, es inoperante hacerlos de platino, iridio, o acero inoxidable. el bronce cromado tiene excelente resistencia.

Para calcular los para diferentes alturas dentro de la zona a proteger calcular los radios de protección para los diferentes  $h$  según la tabla (1)

En un plano de planta de la zona a proteger márchese la ubicación del pararrayo, trázense los círculos de la zona protegidas para los diferentes valores de  $h$  y se pondrá en evidencia si la protección es suficiente o no; si no lo es, se debe mejorar o bien elevando el pararrayo o colocando mayor cantidad de pararrayos en los lugares donde la protección es deficiente.



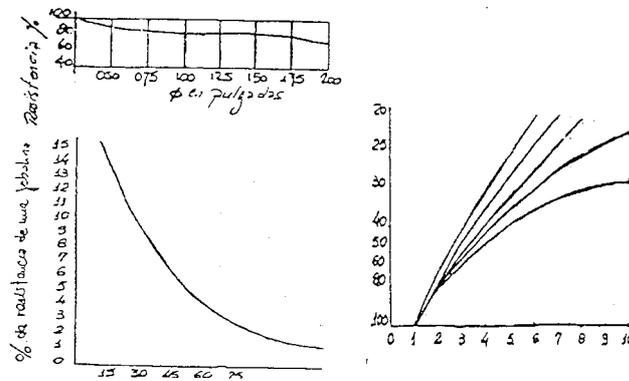
### Acometida a tierra

Esta se realiza por medio de una jabalina, la resistencia de tierra varía muy poco al aumentar la sección de la jabalina, tal información puede apreciarse en estudios del "Bureau of Standards" de los EE.UU.

La longitud de la jabalina tiene fundamental influencia en la resistencia a tierra.

En la selección del diámetro debe considerarse sólo el esfuerzo mecánico al ser hincada derivado de la capacidad del suelo.

La longitud puede calcularse adoptando la resistencia deseada por la formula.



$P$  = resistividad específica del terreno en ohms/metro  
 $L$  = longitud del electrodo en M  
 $a$  = radio del electrodo en M

La fig. 2 muestra la variación de  $R$  en función de la longitud. Obsérvese que a partir una cierta longitud en adelante no hay mayor ventaja en prolongar la jabalina.

En este caso debe adaptarse dos o más, teniendo en cuenta la influencia mutua.

La fig. 3 da los porcentajes de resistencia de la primera jabalina obteniendo hincado dos a diez jabalinas iguales a la primera a distancias variable

### Electricidad estática

Electricidad estática es el fenómeno que se origina por la concentración de partículas cargadas de electricidad de un mismo signo (positiva o negativa), lo cual dejará como resultado una carga eléctrica neta que se ha llamado "estática", porque aparece como una carga estacionaria en contraposición al "flujo de cargas" que se concibe en los circuitos eléctricos.

Toda materia está constituida por cargas positivas y negativas que normalmente se encuentran en equilibrio. El átomo, por ejemplo, tiene sus cargas positivas concentradas en el núcleo y sus cargas negativas en los electrones que giran en las distintas órbitas o niveles de energía: si el átomo pierde o gana un electrón quedará entonces con una carga neta que será positiva o negativa, respectivamente, formándose el ion. Lo mismo puede ocurrir en una molécula cualquiera. En los hidrocarburos, por su naturaleza estructural, las partículas cargadas pueden ser iones o pueden ser estructuras muy complejas.

La magnitud de las unidades eléctricas que se manejan al trabajar con electricidad estática resultan un poco irregulares. Los voltajes muy altos son comunes: el amperaje es normalmente del orden de una millonésima de amperio y las resistencias de menos de un millón de ohmios resultan en corto circuito (en corto circuito la resistencia es cero, por definición).

### **Mecanismo de la carga estática**

Siempre que dos materiales diferentes se pongan en contacto, habrá cargas eléctricas positivas o negativas que cruzarán la superficie de contacto; a separarse los materiales una quedará cargado positivamente y el otro negativamente. Este es el experimento más elemental utilizado en el laboratorio para determinar la presencia de cargas eléctricas por medio del electroscopio. De lo antes dicho se desprende que se pueden originar cargas estáticas por contacto o fricción entre: (a) dos materiales no conductores, (b) un material no conductor y otro material conductor, (c) partículas de sustancias que estén en movimiento.

Los materiales buenos conductores de la electricidad, tienen gran facilidad para dejar circular las cargas eléctricas que puedan formarse y por lo tanto, no presentan problemas de cargas estáticas o permiten conducir a tierra fácilmente dichas cargas. Sin embargo, no caeríamos en error al afirmar que todos los materiales pueden presentar cargas estáticas; pero, son los materiales conductores los que tienen mayor tendencia a mantener en "estado de latencia" las cargas eléctricas generadas hasta que, alcanzada la concentración necesaria, manifestarán la electricidad estática al conducir a tierra dichas cargas.

Analicemos detenidamente el mecanismo del fenómeno a través de uno de los casos más conocidos: flujo en una tubería o recipiente. Algunas de las cargas estáticas, de las muchas originadas, tratarán de acumularse en la superficie del líquido mientras que las otras cargas de signo contrario tratarán de hacerlo en las paredes de la tubería o recipiente, la diferencia de potencial entre estas dos cargas dependerá de variables tales como: propiedades eléctricas de los materiales en cuestión, la velocidad de flujo del líquido y la distancia que separa las cargas.

Las figuras nos dan una idea de cómo se carga un combustible en su recorrido por un tubería. En el caso en que no hay flujo en la línea (A) las cargas se neutralizan alrededor de la superficie de contacto combustible, tubería. Cuando hay flujo (B) las cargas estáticas que se originan por los iones del producto son arrastradas por la corriente y

las cargas opuestas en la línea quedan libres para ser conducidas a tierra inofensivamente.

Cuando hay flujo en la línea tenemos entonces un proceso continuo de contacto y separación entre el producto y la tubería con el consecuente aumento gradual de la carga eléctrica en el producto. Sin embargo, la "densidad de carga", carga por galón, no aumenta indefinidamente por cuanto, al iniciarse el proceso de separación de alguna de las cargas, se inicia también un proceso de recombinación (neutralización o relajamiento) de algunas otras cargas.

Evidentemente llegará un momento, si la longitud de la línea lo permite, en que la "proporción de separación" es igual a la "proporción de recombinación" y, por consiguiente, hay un equilibrio en la "densidad de carga". Otro factor importante cuando hay flujo en la línea es la velocidad del producto ya que el equilibrio en la densidad de carga aumentará cuando aumente la velocidad. El tercer factor de significación es la "resistividad eléctrica" del producto, que es característica propia del mismo. La relación de estos factores (densidad de carga y velocidad de flujo) nos determinan la variable más importante: la suma total de la corriente eléctrica que lleva el producto.

El efecto de la velocidad y de la longitud de la tubería en el total de corriente eléctrica que lleva el producto, queda indicado en la figura siguiente cuyos datos se tomaron utilizando una tubería de acero inoxidable de - de pulgada de diámetro. Nótese que en este caso se ha alcanzado estabilidad en la corriente eléctrica en la línea cuando las velocidades son bajas, mientras que cuando las velocidades son altas, la corriente eléctrica en la línea continua aumentando a medida que aumenta la longitud de la tubería.

El flujo de producto por una tubería no es el único medio por el cual se produce el fenómeno de "separación de cargas". Para efectos de la explicación seleccionamos ese medio por ser uno de los más comunes a todos. El fenómeno se produce en forma análoga con los vehículos en movimiento, al trasegar líquidos de un recipiente a otro, en el movimiento granular de sólidos pulverizados, con correas en movimiento, pintado a pistola, limpiando con chorro de arena, en el movimiento de las personas, por el asentamiento de burbujas de agua una vez que un tanque de combustible se haya llenado y con el burbujeo de gases a través de un líquido, para mencionar solo algunos casos.

Una carga estática puede durar indefinidamente sólo cuando se trata de un cuerpo perfectamente aislado. Como en la práctica no existe un cuerpo perfectamente aislado, podemos decir entonces que en todos los casos, al producirse la "separación de cargas" éstas eventualmente se combinarán con cargas de signo contrario, de tal forma

que el material que portaba dichas cargas se hará eléctricamente neutro. Las cargas se pueden combinar por recombinación (neutralización o relajamiento) con cargas de signo contrario; por descarga en forma de chispa dentro de la porción de gas contenido en un recipiente: o por un procedimiento que llamaremos "descarga localizada".

El primer procedimiento se explica por sí solo y el factor determinante en ese caso es la resistividad del producto, siendo insignificante la forma y tamaño del recipiente, así como también las conexiones externas a tierra que pueda tener dicho recipiente. El segundo procedimiento mediante el cual se pueden combinar las cargas de signo contrario (descarga con chispa) lo podemos visualizar así: al agregar una cierta carga eléctrica al líquido contenido en un recipiente parcialmente lleno, se desarrolla un alto voltaje entre el líquido y las paredes del recipiente: si este voltaje es suficientemente alto se producirá la ionización de los vapores contenidos en el recipiente, convirtiéndose así dichos vapores en un buen conductor de la electricidad, a través del cual fluirán las cargas electrostáticas y se producirá con una chispa la recombinación de las cargas. En el tercer caso (descarga localizada), la descarga ocurre en el seno del líquido, presumiblemente a causa de altas concentraciones de cargas eléctricas localizadas; este tercer tipo se ha observado principalmente en relación con combustibles fluyentes a través de materiales aislantes.

Cuando se encuentra un objeto flotando en el contenido de un recipiente y dicho objeto no está conectado a las paredes del recipiente, se facilita la descarga por chispa, ya que el objeto flotante provee un medio para que se descarguen las cargas eléctricas contenidas en el seno del líquido, lo cual hacen por medio de chispas.

### **Algunos factores que afectan la electricidad estática**

*a) Materiales sólidos:* la duración de una descarga estática (chispa) es muy corta y el calor generado es de tal intensidad que no puede incendiar los sólidos comunes.

*b) Humedad:* cuando la humedad es alta se forma una pequeña película de humedad en todas las superficies, lo cual proporciona suficiente conductividad como para descargar a la atmósfera la corriente estática que se pueda formar.

*c) Ionización:* el aire es un mal conductor de la electricidad: sin embargo, cuando se ioniza llega a tener suficiente conductividad como para impedir la acumulación de cargas estáticas. La ionización del aire puede producirse por descargas eléctricas o por acción de sustancias radioactivas.

d) *El cuerpo humano:* el cuerpo puede fácilmente cargarse de electricidad y la acumulación de cargas estáticas varía de un individuo a otro. La humedad de la piel influye en la carga estática que pueda concentrarse.

e) *Líneas de material aislante vs. líneas de acero:* la generación de cargas estáticas en una manguera de neopreno es igual a la generada en una tubería de acero; por lo tanto, se presume que igual cosa ocurre con otros materiales aislantes.

f) *Influencia del material de la línea en la "descarga" de la corriente estática:* la transferencia de cargas entre un producto y la superficie interior de una manguera no es influenciada por el material de que está hecha la manguera. Sin embargo, la descarga a tierra de la corriente estática depende de la resistencia del material del que está hecha la manguera, y, por lo tanto, será más lenta en una manguera de caucho que en una tubería de acero.

g) *Equipos que concentran más carga estática:* en un sistema de combustible se ha comprobado que en los filtros-separadores se generan más cargas que en otras partes del sistema, tales como válvulas, tuberías, bombas, etc. Se debe tener especial cuidado en la reducción de las cargas una vez pasado el filtro. Por otra parte, la corriente generada en un filtro-separador es aproximadamente proporcional a la velocidad de flujo, no se reduce la corriente generada ya que la "carga por galón" permanece constante.

h) *Efecto del tiempo:* con productos en reposo o en movimiento muy lento, la carga eléctrica decrece exponencialmente con el tiempo. Ejemplo: un combustible con resistividad de  $10^9$  ohm-cm, "descarga el 30% de su carga en 10 segundos y cerca del 63% en 20 segundos".

i) *Estructuras interiores de un tanque:* su efecto puede ser favorable o negativo, por lo tanto, es necesario estudiar detenidamente cada caso que pueda presentarse. Por ejemplo, una protuberancia aguda del techo del tanque puede favorecer la producción de chispas, siempre y cuando el vértice de la protuberancia esté cerca de la superficie del producto. Por el contrario, miembros estructurales que vayan del techo al piso del tanque, pueden producir el efecto contrario ya que pueden reducir las diferencias de potencial.

j) *Efecto de la aspersion:* la influencia de la aspersion en relación con la generación de cargas estáticas no se conoce cuantitativamente, sin embargo, la experiencia ha demostrado que con la aspersion se produce corriente estática.

### **La electricidad Estática como factor de accidentes**

Son muchos los casos en que se ha establecido en forma categórica que la electricidad estática ha sido causa inmediata de accidentes. La mayoría de los casos estudiados son

del tipo de explosiones o incendios, que han ocurrido durante operaciones y manejo de combustibles. Por otra parte, hay una gran diversidad de equipos envueltos en estos casos, así como también es grande la variedad en los productos.

Para dar una idea de la magnitud del problema nos referiremos a la experiencia de 80 casos de accidentes en buques-tanques ocurridos en un período de 10 años. De esos, 12 casos fueron del tipo "ignición durante operaciones de carga" y en 7 de esos 12 la fuente de ignición fue ajena o externa al tanquero. De los 5 casos restantes, 2 fueron atribuidos a electricidad estática. Son también relativamente frecuentes los casos de accidentes en tanques de almacenamiento, operaciones de abastecimiento de aviones y múltiples de distribución. Son escasos los casos de accidentes en operaciones de otra índole; sin embargo, hay especificaciones concretas sobre prevención de descargas estáticas en el manejo de gases anestésicos en salas de cirugía.

### ***Control de la electricidad estática***

Desde el punto de vista correctivo diremos que cualquier control de la corriente estática se basa en un principio único: conducir a tierra o establecer interconexiones eléctricas en todas las superficies en que se puedan formar cargas estáticas, de manera que dichas cargas se disipen. Para estos efectos se recomiendan conexiones físicamente fuertes de materiales, con baja resistencia a tierra, para evitar daños por causas externas y para proporcionar un amplio margen de seguridad. La resistencia específica del terreno es una variable determinante en este caso.

Desde el punto de vista preventivo, los accidentes derivados de la electricidad estática pueden evitarse solamente eliminando las mezclas inflamables en el espacio de vapor de los recipientes o eliminando ese espacio de vapor de los recipientes o eliminando ese espacio de vapor mediante el uso de "derechos flotantes". Sin embargo, se puede reducir el riesgo de descargas estáticas mediante una serie de medidas de las cuales mencionaremos a continuación solo algunas:

- a) Considerar como "poco-productores" de estática los crudos y todos los destilados que tengan un residuo de carbón mayor al 1 %, así como también los alcoholes.
- b) Considerar como "productores de estática" todos los productos refinados, excepto los anteriores, incluyendo el aceite de calentamiento.
- c) Reducir la velocidad de flujo hacia el recipiente.
- d) Si el sistema tiene filtros-separadores, ubicar éstos lo más retirado posible y antes del recipiente, para permitir el "relajamiento" de las cargas estáticas que puedan originarse.

- e) Evitar el llenado "por encima" de los recipientes para que el líquido que cae no atraviese el espacio de gas del recipiente.
- f) Evitar cuerpos flotantes en el seno del recipiente. Dichos cuerpos, al igual que cualquier otro objeto fijo, dentro del recipiente, deben estar interconectados eléctricamente con la estructura del recipiente.
- g) Evitar cuerpos con salientes agudas dentro del recipiente, especialmente los que se proyectan del techo al interior del recipiente.
- h) Agregar a los productos aditivos anti-estáticos, lo cual está todavía en plan de estudio.
- i) Uso de medidores de campo electrostático.
- j) Evitar la inyección de aire a presión en recipientes que contengan productos.
- k) Evitar el bombeo de mezclas de agua-combustible.
- l) No se deben introducir al recipiente cintas de medición, latas para muestras, botellas cadenas, durante la primera media hora siguiente al llenado.

### ALGUNOS CONCEPTOS BÁSICOS DE ELECTROSTÁTICA

1.1 Se llama conductora aquel cuerpo que propaga rápidamente los efectos eléctricos. Todos los metales y sus aleaciones son conductores.

1.2 Los cuerpos no conductores, se llaman aislantes, bajo condiciones normales de temperatura y humedad.

1.3 Todo cuerpo puede ser electrizado, es decir, adquirir carga eléctrica, ya sea por contacto, ruptura, comprensión, extensión, calentamiento, enfriamiento, evaporación, frotamiento, por influencia de otro cuerpo electrizado que está en su vecindad si ambos son conductores, etc.

1.4 Dos cuerpos cualesquiera, aislados respecto de tierra, se atraen después de haber sido frotados entre sí. En iguales condiciones de aislación, dos cuerpos de igual naturaleza frotados por un tercero, se repelen entre sí. O sea que los cuerpos cargados con electricidad de igual signo se repelen entre sí y se atraen cuando están cargados con electricidad del signo contrario.

1.5 Si el frotamiento se realiza entre dos conductores no aislados, no se observará electrización alguna. Las dos cargas eléctricas engendradas en cantidades iguales y de signo contrario, se equilibran a medida que se forman. Pero si uno de los dos conductores está aislado, él conservará su carga que se distribuirá instantáneamente sobre

toda su superficie, mientras que el conductor no aislado de la tierra equilibrará, con ella, toda la carga generada con la de signo contrario. Se considera que la tierra tiene la propiedad de equilibrar las cargas adquiridas por los conductores unidos a ella sin límite alguno.

1.6 Si el frotamiento se realiza entre un conductor, y un aislante, la carga acumulada sobre este último estará localizada en los puntos de contacto. La distribución de la carga eléctrica es muy rápida en los conductores y muy lenta en los aislantes; es tanto más lenta cuanto mayor es su resistividad. Para muchos cuerpos aislantes la repartición uniforme de la carga eléctrica sobre su superficie exige muchas horas.

1.7 Poder de las puntas. Si el conductor, cargado eléctricamente tiene una punta, la densidad de las cargas eléctricas, en la punta adquiere un valor muy elevado y se produce un valor también muy elevado de la, así llamada, presión electrostática que tiende a unir cargas eléctricas de signo contrario a través del medio aislante que las separa.

1.8 Dos conductores cualquiera sea su forma geométrica y naturaleza, cargados con electricidad de signo contrario y separados por un aislante, constituyen un condensador. Los conductores son llamados armaduras. El cuerpo aislante que los separa se llama dieléctrico, el que puede ser sólido, líquido o gaseoso. Un cuerpo conductor cargado, aislado de la tierra por el aire es también un condensador formado por dos armaduras el conductor y la tierra; y un aislante: el aire.

1.9 Electrificación del cuerpo humano: La carga electrostática de las personas es un fenómeno común. Se manifiesta en aquellas personas que usan zapatos con suela aislante por el simple desplazamiento sobre el suelo o también como consecuencia de movimientos que provocan el frotamiento de las vestimentas entre sí o con el cuerpo humano. Las cantidades de electricidad que se acumulan, son más que suficientes para provocar una descarga disruptiva al contactar una masa metálica. La sacudida sufrida por la víctima es desagradable pero inofensiva, salvo que provoque un movimiento reflejo peligroso en las cercanías de una máquina o si la atmósfera está cargada de vapores o gases inflamables.

El cuerpo humano aislado del suelo por ejemplo, por el uso de zapatos con suela de cualquier material aislante puede, alcanzar un potencial de 7000 voltios por el simple frotamiento de las vestimentas de lana sobre la ropa interior de fibra sintética. Se admite que la capacidad del cuerpo humano oscila entre 100 y 300 picofaradios (1 picofaradio =  $\frac{1}{10^{12}}$  faradio)

## 2) DEFINICIONES

2.1. Se llama capacidad C de un condensador a la cantidad de carga eléctrica Q que puede almacenar con una diferencia de tensión U entre sus armaduras, según la siguiente relación  $U = Q / C$ .

2.2. La diferencia de tensión U no puede aumentar indefinidamente su límite está determinado, por la rigidez electrostática del aislante.

A partir de cierto valor de U se producirá una chispa, a través del aislante, entre las armaduras, las que volverán bruscamente al estado neutro. Esta descarga "destruye" el aislante y, llamada descarga disruptiva.

2.3. La descarga disruptiva se produce en el aire con tensiones variables relacionadas con la distancia entre las armaduras, de acuerdo con la siguiente tabla:

**TABLA 1**

<b>Separación de las armaduras en mm.</b>	<b>Rigidez electrostática en k V /mm.</b>
1	4,765
2	4,070
3	3,769
4	3,529
5	3,333
6	3,186
8	2,849
10	2,507
12	2,135
14	2,025
16	1,835
18	1,674
20	1,546
22	1,431

2.4. Energía almacenada en un condensador.

La energía W almacenada en un condensador de capacidad C, y liberada cuando se produce la descarga disruptiva está dada por la fórmula:  $W = \frac{1}{2} C U^2$  en la que,

W está expresado en joules

C está expresado en faradios

U está expresado en voltios

2.5. Si el cuerpo humano puede alcanzar 7000 voltios de potencial contra tierra y si su capacidad admitida es de 100 a 300 picofaradios, la energía máxima susceptible de ser

liberada en una descarga disruptiva, en las condiciones descritas en el párrafo 1.9, oscila entre 2,5 y 7,5 milijoules.

### 3) GENERACION DE CARGAS ELECTROSTATICAS Y SUS CONSECUENCIAS

3.1. En el párrafo 1.3, se indicaron en forma muy general algunas de las condiciones en que puede producirse la generación de cargas electrostáticas.

Se puede sintetizar esta apreciación destacando que la generación de carga electrostática se produce por el desplazamiento relativo de 2 materiales, en contacto mutuo.

3.2. Las cargas eléctricas generadas se acumulan cuando el medio no tiene suficiente conductibilidad para disipar la carga a la mínima velocidad con que es generada.

3.3. Las cargas eléctricas acumuladas dan lugar a la creación de un campo eléctrico que originan tensiones eléctricas.

3.4 Cuando la tensión eléctrica excede una cierta tensión crítica, a la acumulación de carga le que una descarga disruptiva hacia un cuerpo de menor potencial. Generalmente la descarga disruptiva se produce en el aire dando lugar a la aparición de una chispa. La energía de una chispa de 5 a 10 milijoules o menos aún, es suficiente para detonar una mezcla explosiva.

3.5 Para una evaluación de los accidentes que se pueden producir por la electricidad estática es necesario tener en cuenta varios factores, entre otros:

3.5.1 Velocidad de generación y disipación de las cargas eléctricas.

3.5.2 Gradiente de potencial necesario para provocar la chispa.

3.5.3 Formas geométricas del sistema de materiales en movimiento relativo.

3.5.4 Volatibilidad o inflamabilidad de los materiales, gases, vapores, fibras o polvos, líquidos, en consideración y su concentración.

3.5.5 Energía de la descarga disruptiva, necesaria para producir el encendido o la detonación.

3.5.6 Efectos secundarios (cardas u otros) resultado del efecto sorpresivo causado por la conmoción originada en la descarga eléctrica.

MATERIALES	DIMENSIONES DE LAS PARTICULAS EN MICRONES		TEMPERATURA DE INFLAMACION DE LA NUBE ° C
	Máxima	Media	
Azufre	100	30-50	190
Grafito	70	15-25	750
Magnesio	50	5-10	470
Naftalina	300	80-100	575
Acido ftálico	300	80-100	650
Alcohol Polivinilo	15	5-10	450
Cloruro de Polivinilo	10	4-5	595
Resina fenólica	50	10-20	520-575
Polvo de centeno	200	50-100	430-500
Polvo de almidón de maíz	100	20-30	420-490
Carbón Vegetal	20	1-2	595

#### 4) ELIMINACION:

Para evitar los accidentes directos o indirectos producidos por la electricidad estática se debe;

- a) impedir la producción o acumulación
- b) habiéndose producido o acumulado la carga eléctrica, facilitar la eliminación. Con este objeto se pueden utilizar los siguientes medios.

##### 4.1 Humidificación del aire.

La humedad del aire de alrededor de 70% impide la formación de cargas electrostáticas. Para este caso debe usarse 'un higrómetro como medio permanente de control de la humedad.

##### 4.2 Aumento de la conductibilidad de los cuerpos aislantes.

Los cuerpos aislantes como cuero, carbón, caucho, textiles o materiales similares pueden ser hechos conductores, en su masa o en su superficie, por adición o aplicación superficial de ciertos productos llamados antiestáticos.

##### 4.3 Descarga a tierra de las cargas de los cuerpos conductores.

4.3.1 Puesta a tierra electrostática. La resistencia de descarga medida entre la tierra y cualquier punto del circuito, no debe ser superior a  $100\Omega$  . El conductor debe estar unido a tierra de una manera segura.

4.3.2 Derivación a tierra de las cargas que se producen sobre los cuerpos conductores. Todos los cuerpos conductores de una instalación que son susceptibles de electrizarse en forma directa o por influencia electrostática, como consecuencia del procedimiento de fabricación o de mantenimiento, deben ser unidos a tierra, salvo que tengan, de por sí, un contacto suficiente con ella.

.3.3 En los locales sometidos, aún accidentalmente, al peligro de incendio o explosión, debe proveerse una plancha conductora (de acuerdo al concepto electrostático por el que entre la tierra y un electrodo de 20 cm<sup>2</sup> aplicado contra el suelo no debe existir más de 100Ω de resistencia), ya sea de cemento, cemento especial, aglomerado de cemento y aserrín de madera, caucho conductor, etc.

4.4 Carga electrostática de las personas siendo el cuerpo humano un conductor, desde el punto de vista electrostático, deben considerarse los siguientes puntos.

En los locales con peligro de explosión, los zapatos conductores (con suela de cuero o de caucho conductor) ofrecen una protección suficiente si el suelo es conductor él mismo y unido a tierra.

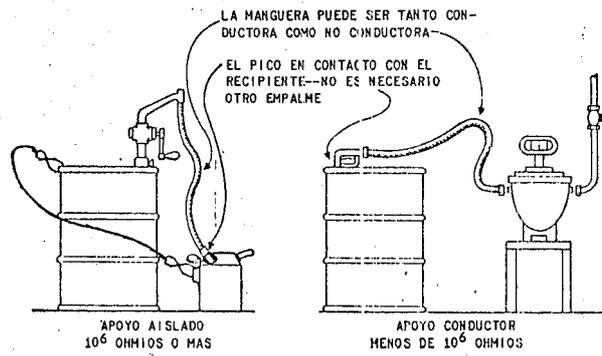
Un zapato es considerado conductor cuando la resistencia, medida entre un electrodo colocado en el interior y otro en el exterior del zapato, es inferior a 10 megohmios. Sin embargo, en los casos en que es posible el contacto con tensiones industriales y domésticas, la resistencia no deberá ser inferior a 10.000 ohmios. En ciertos casos particulares (laboratorios o salas de operación en hospitales donde se manipula éter), es necesario evitar el uso de vestimenta de seda y ciertas fibras sintéticas como nylon, orlon, perlon, etc., que favorecen la formación de cargas electrostáticas.

4.5 Un medio para evitar las diferencias de potencial entre varios conductores, posibles de cargarse electrostáticamente, es la realización de la continuidad eléctrica de todos los cuerpos o conductores, con lo que se evita la aparición de la carga eléctrica en cada uno de ellos.

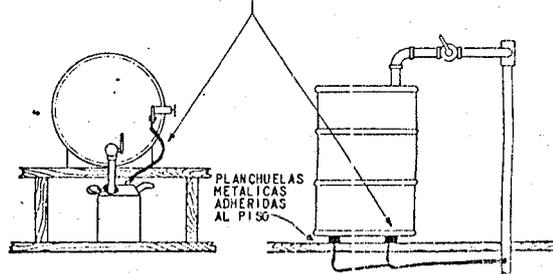
4.6 Cuando se manipulen líquidos, gases o polvos, se deberá tener especialmente en cuenta la conductividad propia de los mismos, dado que depende de ésta la facilidad con que se descarguen o se acumulen las cargas electrostáticas.

Para aquellos de baja conductividad (menos de 0,01 micromho por mm.). Se deberá asegurar la continuidad total de la cañería o conductos en todo su recorrido colocando puentes conductores entre bridas y cualquier otra interrupción de la conducción. La misma será puesta a tierra en diferentes sitios para no sobrepasar los valores de resistencia antes mencionados.

Para aquellos de mayor conductividad (más de 0,01 micromho por cm.), no hay problemas en la descarga a tierra de las cargas, no es necesario colocar puentes y colocando sólo a tierra la conducción en cada extremo y en cada punto de derivación.

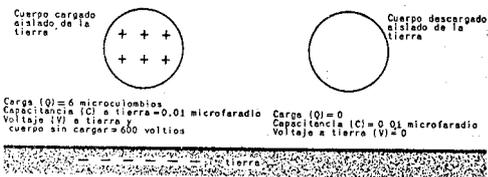


EL CABLE DE EMPALME ES NECESARIO SALVO QUE LOS RECIPIENTES SE ENCUENTREN INTRINSECAMENTE EMPALMADOS O QUE ESTEN INSTALADOS DE FORMA TAL QUE EL TUBO DE CARGA SIEMPRE TENGA CONTACTO METALICO CON EL RECIPIENTE RECEPTOR, DURANTE EL TRASVASE

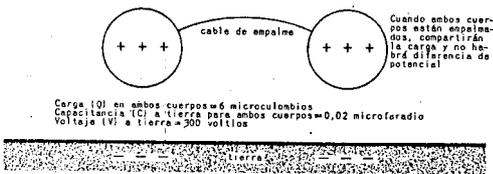


Ilust. 5. Un empalme durante la carga de un recipiente permite la descarga segura de cualquier cantidad de electricidad estática que se genera.

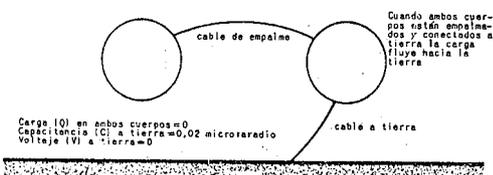
CUERPOS AISLADOS DE LA TIERRA, CARGADOS Y DESCARGADOS



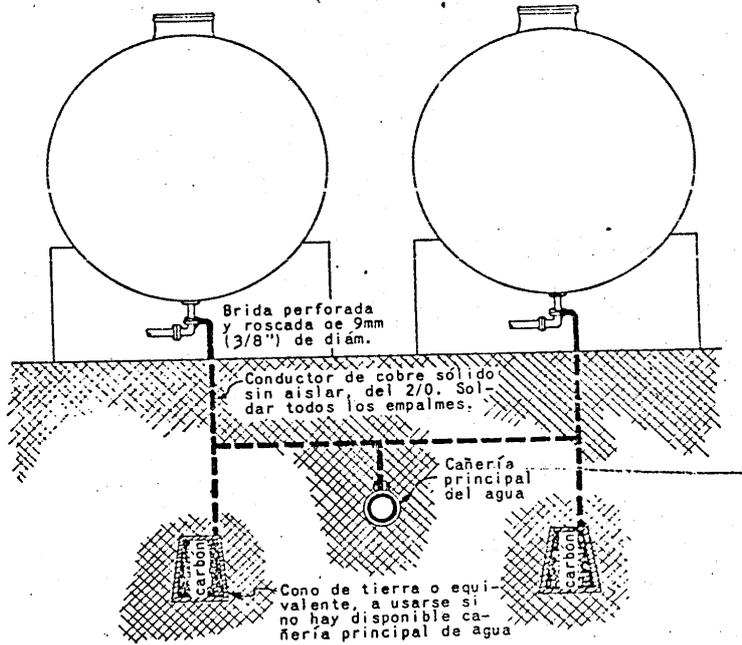
DOS CUERPOS AISLADOS COMPARTEN LA MISMA CARGA



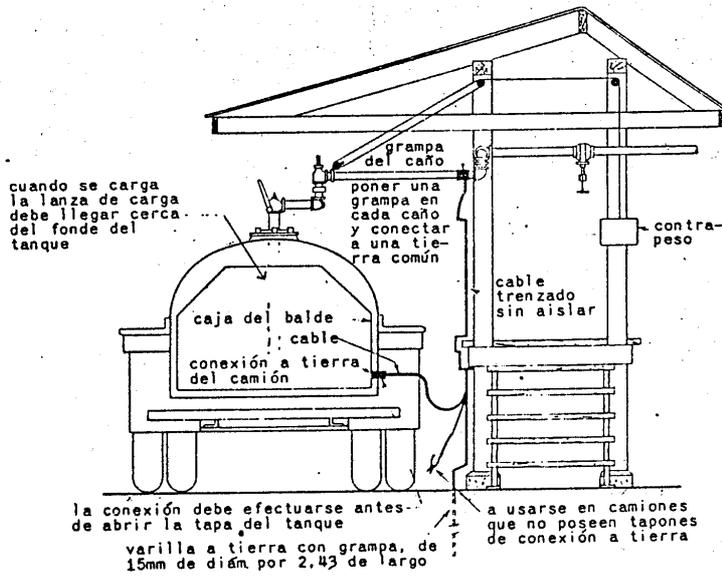
DOS CUERPOS CONECTADOS A TIERRA NO ACUMULEN CARGA



Ilust. 3. Los empalmes eliminan diferencias de potenciales entre objetos. La conexión a tierra elimina diferencias de potencial entre objetos y la tierra. Los empalmes y las conexiones a tierra se aplican solamente a cuerpos conductores y, cuando se los usa correctamente, son confiables para eliminar cargas estáticas.



Ilust. 4. En razón de que algunos tanques de almacenamiento, de superficie, no se encuentran intrínsecamente conectados a tierra, tales tanques se deberán conectar a tierra por cualquiera de estos métodos o por otro igualmente efectivo.



Ilust. 6. Empalme y conexión a tierra de un camión tanque, con líquido inflamable y de una plataforma de carga.