

Lección 3ª

PREVENCIÓN DEL RIESGO ELÉCTRICO

- Peligros, medidas preventivas y efectos del contacto con la corriente eléctrica.
- Corriente continua y corriente alterna.
- Corriente monofásica y corriente trifásica.
- Voltaje e intensidad.
- Normativa.
- Protección contra contactos, directos e indirectos, con la corriente eléctrica.

GENERALIDADES.

RECORDATORIO: ¿Qué es la corriente eléctrica?

La **electricidad** es un fenómeno físico originado por [cargas eléctricas](#) estáticas o en movimiento y por su interacción. Cuando una carga se encuentra en reposo produce [fuerzas](#) sobre otras situadas en su entorno. Si la carga se desplaza produce también fuerzas [magnéticas](#). Hay dos tipos de cargas eléctricas, llamadas positivas y negativas. Las cargas de igual nombre se repelen y las de distinto nombre se atraen.

Se llama [corriente eléctrica](#) al flujo de [electrones](#). La [corriente continua](#) tiene un flujo constante mientras que la [corriente alterna](#) tiene un flujo de promedio cero, aunque no tiene un valor nulo todo el tiempo. Esta definición de corriente alterna implica que el flujo de electrones cambia de dirección continuamente.

El flujo de [cargas eléctricas](#) pueden generarse en un [conductor](#) pero no existen en los [aislantes](#). Algunos dispositivos eléctricos que usan estas características eléctricas en los materiales se denominan dispositivos electrónicos

La [energía eléctrica](#) es la forma de [energía](#) más utilizada. Gracias a la flexibilidad en la generación y transporte se ha convertido para la industria en la forma más extendida de consumo de energía. El transporte por líneas de alta tensión es muy ventajoso y el [motor eléctrico](#) tiene un rendimiento muy superior a las máquinas térmicas (motores de coches, por ejemplo). Los inconvenientes de esta forma de energía son la imposibilidad de almacenamiento en grandes cantidades y que las líneas de transmisión son muy costosas.

Como se genera y se transporta la corriente eléctrica

Las instalaciones para [generación](#) y el [transporte](#) de la energía eléctrica utilizan generalmente [corriente alterna](#), debido a que es más fácil reducir o elevar el voltaje por medio de [transformadores](#) (maquina que, a través del magnetismo, es capaz de elevar o reducir el voltaje de la corriente eléctrica). Para transportar la energía se eleva el voltaje para impedir que se produzcan caídas de tensión significativas y la consecuente pérdida en la eficiencia. Para el transporte de una cantidad de energía dada, si se eleva la tensión disminuye la intensidad de corriente necesaria, esto disminuye las pérdidas que son proporcionales al cuadrado de la intensidad. Posteriormente, para la distribución se reduce el voltaje en las [subestaciones electricas](#) que gradúan la tensión según se utilicen en la industria (entre 33 KV y 400 Voltios) o en instalaciones domiciliarias (entre 220 V).

Generación:

La **generación de electricidad**, en términos generales, consiste en transformar alguna clase de [energía](#) no eléctrica, sea esta química, mecánica, térmica, luminosa, etcétera, en [energía eléctrica](#).

Para la generación industrial de energía eléctrica se recurre a instalaciones denominadas **centrales eléctricas**, las cuales ejecutan alguna de las transformaciones citadas y constituyen el primer escalón del [sistema de suministro eléctrico](#).

Dependiendo de la fuente primaria de energía utilizada, las centrales generadoras se clasifican en:

[Térmicas](#) , [Hidroeléctricas](#) , [Nucleares](#) , [Eólicas](#) , [Solares termoeléctricas](#) , [Solares](#) , [fotovoltaicas](#) , [Mareomotrices.. etc](#)

No obstante todos los tipos indicados, la mayor parte de la energía eléctrica generada proviene de los tres primeros tipos de centrales reseñados. Todas estas centrales, excepto las fotovoltaicas, tienen en común el elemento generador, constituido por un [alternador](#), movido mediante una [turbina](#) que será distinta dependiendo del tipo de energía primaria utilizada. En las centrales fotovoltaicas la corriente obtenida es [continua](#) y para su utilización es necesaria su conversión en [alterna](#), mediante el empleo de dispositivos denominados [inversores](#). Esto produce problemas en la distribución que fueron, junto con la electricidad proveniente de las Eólicas, los que dieron como lugar el apagón del año 2025.

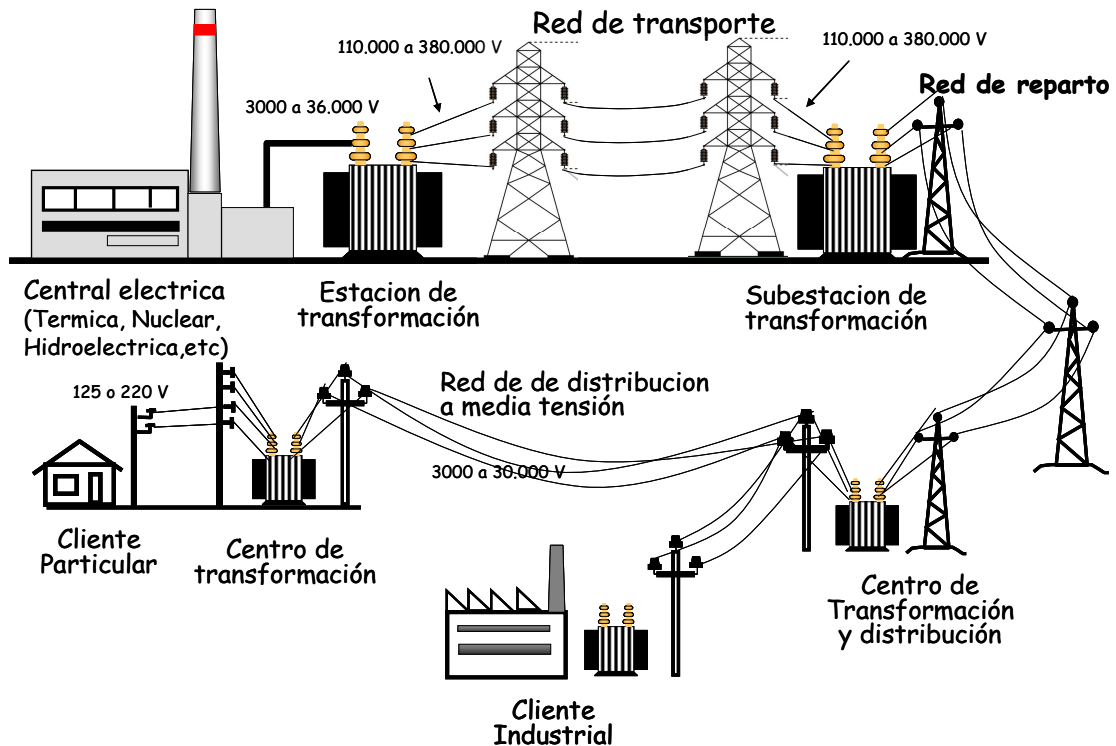
Transporte:

La **red de transporte de energía eléctrica** es la parte del [sistema de suministro eléctrico](#) constituida por los elementos necesarios para llevar hasta los puntos de consumo, y a través de grandes distancias, la energía generada en las [centrales hidroeléctricas](#), [térmicas](#), de [ciclo combinado](#) o [nucleares](#) y ahora los parques eólicos o fotovoltaicas

Para ello, los volúmenes de energía eléctrica producidos deben ser transformados, elevándose su nivel de [tensión](#). Esto se hace considerando que para un determinado nivel de [potencia](#) a transmitir, al elevar el voltaje se reduce la [corriente](#) que circulará, reduciéndose las pérdidas por [Efecto Joule](#). Con este fin se emplean [subestaciones](#) elevadoras en que dicha transformación se efectúa empleando equipos eléctricos denominados [transformadores](#).

De esta manera, una red de transmisión emplea usualmente voltajes del orden de 220 [kV](#) (220.000 voltios) y superiores, denominados Alta Tensión. Parte fundamental de la red de transporte de energía eléctrica son las líneas de transporte.

Una línea de transporte de energía eléctrica o línea de [alta tensión](#) es básicamente el medio físico mediante el cual se realiza la transmisión de la energía eléctrica a grandes distancias. Está constituida tanto por el elemento conductor, usualmente cables de [cobre](#) o [aluminio](#), como por sus elementos de soporte, las [Torres de alta tensión](#).



Tipos de corriente. -

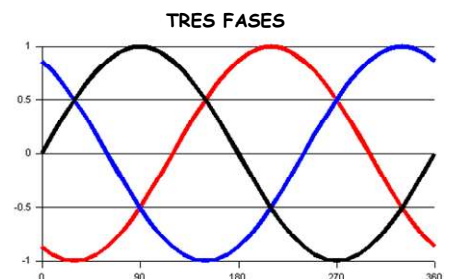
La **corriente continua** (c.c.) es el flujo continuo de [electricidad](#) a través de un [conductor](#) entre dos puntos de distinto [potencial](#). A diferencia de la [corriente alterna](#) (c.a.), en este caso, las [cargas eléctricas](#) circulan siempre en la misma dirección del punto de mayor potencial al de menor potencial. Aunque comúnmente se identifica la corriente continua con la corriente constante (por ejemplo la suministrada por una batería), es continua toda corriente que mantenga siempre la misma [polaridad](#)

Se denomina **corriente alterna** (abreviada **CA** en castellano y **AC** en inglés) a la [corriente eléctrica](#) en la que la magnitud y dirección varía cíclicamente, en oposición a la [corriente continua](#), en la que la dirección (esto es que pasa por cero) siempre permanece constante. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda [senoidal](#), con lo que se consigue una transmisión más eficiente de la energía. Sin embargo, en algunas aplicaciones, se utilizan otras formas de onda, tales como la triangular o la cuadrada.

Corriente trifásica

La generación trifásica de energía eléctrica es la forma más común y que provee un uso más eficiente de los conductores y mayoritariamente para uso en industrias donde muchos motores están diseñados para su uso.

La corriente trifásica está formada por un conjunto de tres formas de [onda](#), desfasadas una respecto a la otra 120 [grados](#), según el diagrama que se muestra a continuación. Las corrientes trifásicas se generan mediante [alternadores](#) dotados de tres bobinas, arrolladas sobre tres sistemas de piezas polares equidistantes entre sí. El retorno de cada uno de estos [circuitos](#) o fases se acopla en un punto, denominado [neutro](#), donde la suma de las tres corrientes es cero, con lo cual el transporte puede ser efectuado usando solamente tres cables.



Cuando solo se necesita suministro de una sola fase, como sucede con el suministro **doméstico**, y la red de distribución es trifásica, esta consta de cuatro conductores, uno por cada fase y otro para el neutro. En este caso lo que se hace es ir repartiendo la conexión de los diferentes hogares entre las tres fases, de forma que las cargas de cada una de ellas queden lo más igualadas (equilibradas) posible cuando se conectan muchos consumidores.

Por motivos de seguridad, a menudo se conecta un quinto hilo entre el interruptor principal o caja de [fusibles](#) del edificio y los aparatos eléctricos en el interior de cada hogar, este hilo es conocido como [hilo de tierra](#). El hilo de tierra está conectado a una barra o pica de [cobre](#) clavada en el suelo en un lugar donde pueda ser humedecida convenientemente a fin de facilitar el mejor contacto con el terreno circundante

En adición a este sistema de protección, la legislación actual obliga a efectuar la conexión del suministro a cada hogar a través de una caja de protección que consta, como mínimo, de un [interruptor diferencial](#) y uno o varios [interruptores magnetotérmicos](#)

NORMATIVA.-

La electricidad es, hoy en día, el tipo de energía más utilizado. Su gran difusión industrial y doméstica, unida al hecho de que no es perceptible por la vista ni por el oído, hace que sea una causa notoria de accidentes. Como datos orientativos podemos señalar que en los últimos años en España el 3% del total de accidentes mortales, el 0.8% del total de accidentes graves y el 0.24% del total de accidentes leves fueron causados por contactos eléctricos.

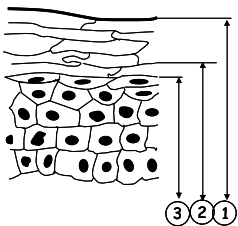
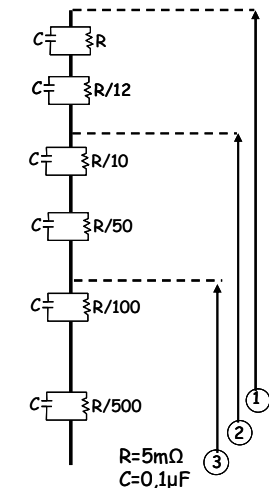
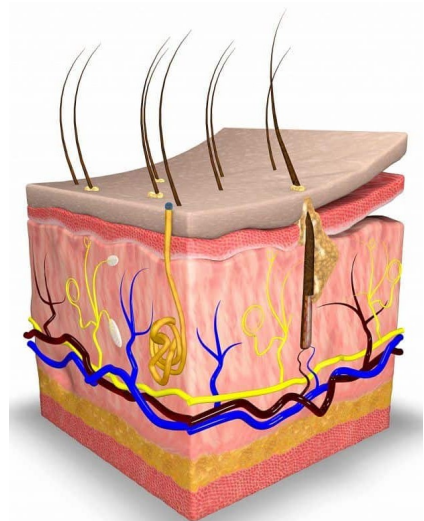
Los riesgos derivados del contacto con la corriente eléctrica afectan en general a todos los ciudadanos, ya que la energía eléctrica es de uso común. La seguridad frente a estos riesgos viene regulada, por un lado, a través del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Real Decreto 842/2002) y sus correspondientes Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC), denominadas BT. Unas son de carácter general y otras específicas, las cuales sustituirán, modificarán o complementarán a las generales. Hasta la fecha de su entrada en vigor (18 de septiembre de 2003) seguirá vigente el Reglamento aprobado por el Decreto 24137 /1973, aunque las referencias que aparecen a lo largo del tema corresponden al Reglamento nuevo. Esta disposición es una reglamentación de seguridad industrial encaminada a garantizar la seguridad de instalaciones y personas, que a su vez tiene su desarrollo en el ámbito de las competencias de las comunidades autónomas (CCAA). Se controla su cumplimiento a través de los departamentos de Industria del Estado y de las CCAA, que cuentan para ello con unos organismos de control autorizados. Por otra parte, la seguridad de equipos y utillaje eléctrico viene regulada mediante reglamentos de seguridad de producto como el Real Decreto 1435/1992 y las correspondientes normas armonizadas.

La seguridad en el trabajo ante el riesgo eléctrico dispone como reglamento específico el Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. Este Real Decreto se enmarca dentro del desarrollo reglamentario de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, por lo que reitera que se han de aplicar ante el riesgo eléctrico los principios de la acción preventiva relativos a la necesidad de "evitar los riesgos" y de "evaluar los riesgos que no se puedan evitar". Respecto a este último principio se pueden distinguir trabajadores usuarios de equipos o instalaciones eléctricas, trabajadores cuya actividad no eléctrica se desarrolla en proximidad de instalaciones eléctricas con partes accesibles en tensión y trabajadores cuyos cometidos sean instalar, reparar o mantener instalaciones eléctricas. Esta distinción también se puede aplicar para planificar la formación e

información que deben recibir los trabajadores sobre el riesgo eléctrico. Dicho reglamento está pues especialmente orientado a regular los trabajos en los que las personas puedan verse expuestas a los peligros de la electricidad.

La piel como conductor eléctrico

La piel constituye una barrera importante entre el interior del cuerpo y el ambiente externo. Esta barrera protege contra infecciones y daños mecánicos, regula de forma selectiva la salida de sustancias, como, por ejemplo, agua, electrolitos y sustancias orgánicas, y, entre otras cosas, tiene también una importancia decisiva en la regulación de la temperatura del cuerpo. La piel constituye una protección importante contra daños por corriente eléctrica. La figura muestra una sección de la piel. La parte superior, la epidermis, está formada por dos capas; estrato córneo y estrato espinoso. En el



estrato basal de la capa córnea se forman continuamente nuevas células, mientras que la superficie de la capa expulsa de forma continua células muertas. La capa córnea tiene una resistencia eléctrica muy alta, por lo que sirve de protección eléctrica para el interior del cuerpo. Esta alta resistencia se debe principalmente a la queratinización de las células de la capa córnea. La queratina tiene una capacidad conductora eléctrica muy baja. En muchas investigaciones (estudios de seguridad eléctrica, de técnicas de electrodos y de registros, análisis de interferencias, etc.) se suele representar la piel por medio de un modelo que consiste en una combinación de resistencias y condensadores (impedancia). La impedancia en la capa cornea depende del grosor de la epidermis (por lo tanto, no conducen igual todas las partes del cuerpo), humedad y densidad de las glándulas. A su vez la capacidad de la piel de conducir electricidad varía según el contenido de agua y electrolitos así es conocido el efecto del sudor en la conducción ya que actúa como una resistencia en paralelo que conectan la superficie de la piel con el interior.

RIESGOS ELÉCTRICOS

Factores que intervienen en el riesgo eléctrico

Si el riesgo eléctrico lo definimos como "La posibilidad de circulación de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano" para que de dicha probabilidad requiere:

Que el cuerpo humano sea conductor

El cuerpo humano puede formar parte del circuito

Exista una diferencia de tensiones entre dos puntos de contacto

Cuando a través del cuerpo humano circula la corriente eléctrica ésta se comporta como una resistencia y de acuerdo con la Ley de Ohm la intensidad de corriente de paso vendrá dada por la fórmula:

$$I = V / R$$

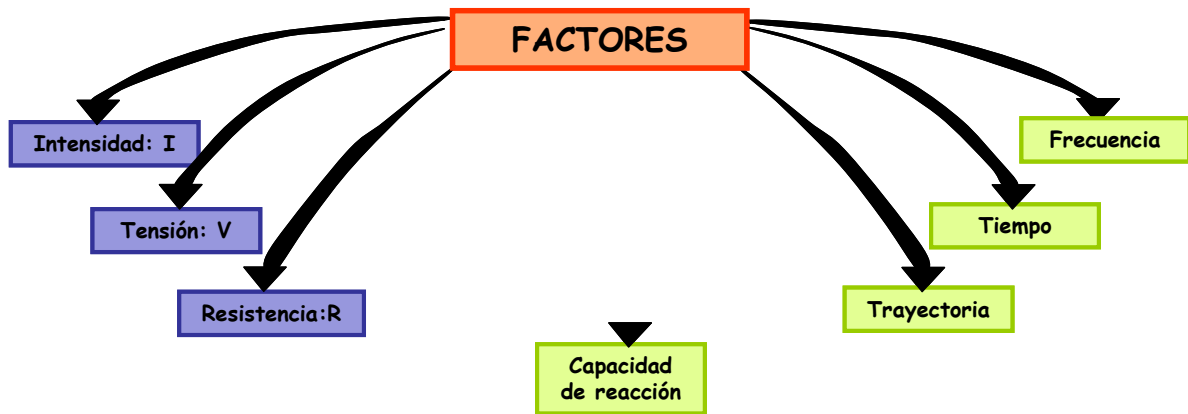
Siendo,

I = Intensidad de corriente que pasa por el cuerpo humano (Amperios)

R = Resistencia que opone el cuerpo al paso de la corriente (Ohmios)

V = Tensión de contacto existente entre el punto de entrada de la corriente y el de salida (Voltios).

De acuerdo con los datos estadísticos expuestos y del análisis de los mismos podemos resumir los factores que intervienen en los accidentes eléctricos en: Intensidad de la corriente que pasa por el cuerpo humano.



Intensidad de la corriente que pasa por el cuerpo humano

Experimentalmente está demostrado que es la intensidad que atraviesa el cuerpo humano y no la tensión la que puede ocasionar lesiones debido al accidente eléctrico. Es lo verdaderamente peligroso en un accidente, unida al tiempo de exposición

Se distingue:

Umbral de percepción. Valor de la intensidad de corriente que una persona con un conductor en la mano comienza a percibir (ligero hormigueo). Se ha fijado para corriente alterna un valor de 1 mA.

Intensidad límite. Máxima intensidad de corriente a la que la persona aún es capaz de soltar un conductor. Su valor para corriente alterna se ha fijado experimentalmente en 10 mA.

Las condiciones se deben situar en la zona 2 del grafico cuya curva delimitadora responde a la expresión: $I = I_1 + 10/t$

Tiempo de exposición al riesgo

Hemos señalado anteriormente a la intensidad de corriente como el principal causante de los accidentes por electrocución, sin embargo no se puede hablar exclusivamente de valores de intensidad sin relacionarlos con el tiempo de paso por el cuerpo humano.

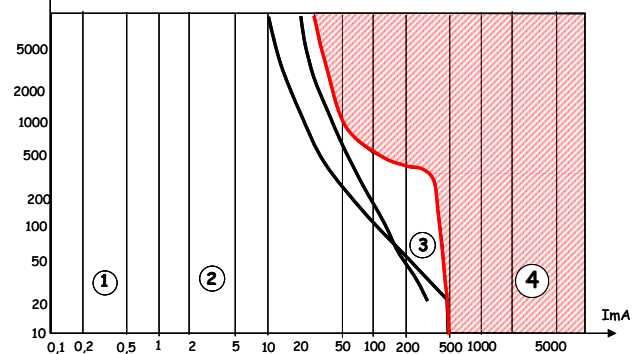
Por extrapolación de resultados obtenidos en experimentación animal, DALZIEL llegó a establecer la relación entre ambos términos mediante la expresión: $I = K/\sqrt{t}$ (mA) siendo K una constante que oscila entre 165 y 185 en función del peso y t el tiempo de paso de la corriente en segundos

De donde $t = \{ K / I \}^2$ en seg.

Posteriormente trabajos realizados llegaron a establecer la curva y zonas:

Observando la figura:

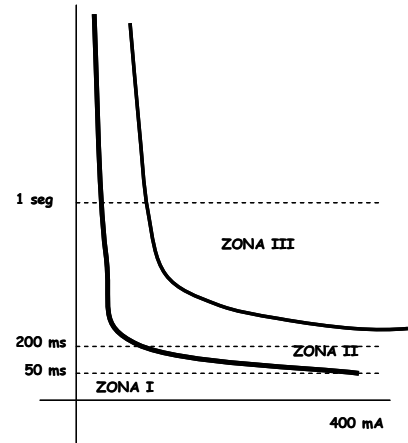
- Zona 1: No suele existir reacción alguna.
- Zona 2: habitualmente no hay efecto fisiopatológico peligroso
- Zona 3: En esta zona existe peligro de afixia
- Zona 4: Existe alto riesgo de fibrilación ventricular



Zona I: Percepción de la corriente desde el umbral de percepción hasta el momento en que no es posible soltarse voluntariamente. No hay repercusión sobre el ritmo cardíaco, ni sistema nervioso. (Zona de seguridad).

Zona II: Aumento de la presión sanguínea. Irregularidad del ritmo cardíaco y el sistema nervioso. Paro cardíaco reversible. Por encima de 50 mA se presenta estado de coma. (Zona de intensidad soportable).

Zona III: Se presenta fibrilación ventricular y estado de coma.



La OIT decidió que la expresión anterior quede como

$$I = 60 / \sqrt{t} \text{ entre } 0 \text{ y } 3 \text{ seg, el valor max de } I \text{ es } 34 \text{ mA.}$$

Tensión aplicada

La tensión o voltaje depende de las características del contrato con la compañía suministradora generalmente de 220 V o 400 V.

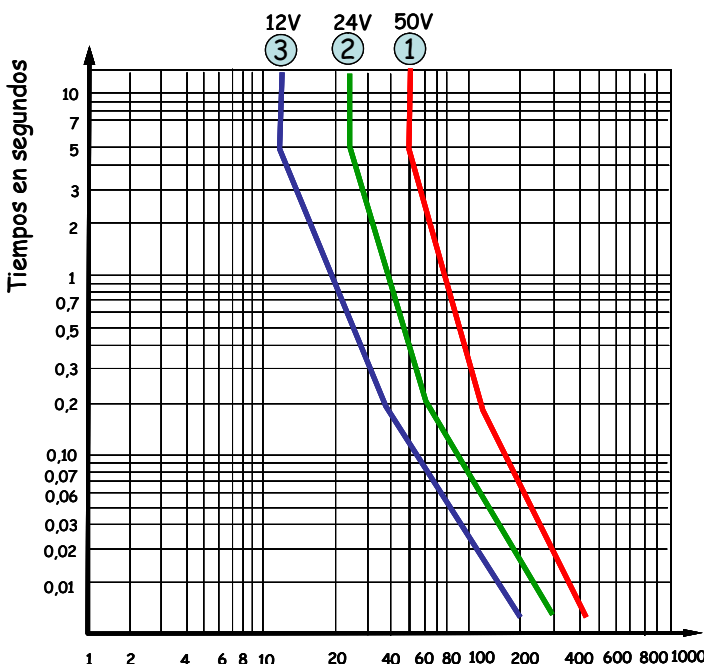
Por si sola no es peligrosa pero como el cuerpo presenta resistencia pues si lo es.

De acuerdo con los tipos de corriente diferenciamos también *tensión de contacto* (la aplicada al cuerpo humano) y *tensión de defecto*. Entendiendo por tales, la diferencia de potencial que por un defecto pueda resultar aplicada entre la mano y el pie de una persona que toque con aquella una masa o elemento normalmente sin tensión, o la diferencia de potencial que aparece a causa de un defecto de aislamiento, entre dos masas, entre una masa y un elemento conductor o entre una masa y tierra, respectivamente.

Voltio	I (mA)
125	50
220	88
400	152
600/√3	1400

Desde el punto de vista del riesgo, la única tensión a considerar es la de contacto, pero en la práctica, la tensión que se maneja es la de defecto.

En el siguiente cuadro se señalan las corrientes que circulan por el cuerpo humano en función de la tensión de contacto considerando la resistencia humana de 2.500 ohmios.



- LIMITES DE LAS TENSIONES DE CONTACTO**
No peligrosas
1. Persona con la piel húmeda
Trayectoria mano-mano, mano-pie.
 2. Persona con la piel mojada
Trayectoria mano-pie.
 3. Persona sumergida en agua.

Trayectoria mano-pie

Resistencia eléctrica del cuerpo humano

La resistencia eléctrica del cuerpo humano depende de múltiples factores por lo que su valor se puede considerar en cierto grado aleatoria.

Entre los factores que intervienen, determinados experimentalmente podemos señalar: tensión aplicada, edad, sexo, estado de la superficie de contacto -humedad, suciedad, etc.- trayectoria de la corriente, alcohol en sangre, presión de contacto, etc.

Para el organismo humano y como base de cálculo se pueden considerar los siguientes valores:

- Valor máximo: 3000 Ohmios.
- Valor medio: 1000/2000 Ohmios.
- Valor mínimo: 500 Ohmios.

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (ITC-MI-BT-021) fija el valor de la resistencia eléctrica del cuerpo humano en 2500 ohmios. Este Reglamento es el texto básico que se utiliza en cualquier instalación eléctrica con la misión de que esta sea perfectamente segura durante su funcionamiento.

Si a los valores de resistencia del cuerpo: 5.000 Ω con piel seca y de 2.500 Ω con piel húmeda aplicamos la ley de Ohm considerando como hemos visto una intensidad límite de 10 mA resultan unos valores de las tensiones seguras en ambientes secos y húmedos:

$$V(\text{seco}) = I \cdot R = 0.01 \text{ A} \times 5.000 \Omega = 50 \text{ V}$$

$$V(\text{húmedo}) = 0.01 \text{ A} \times 2.500 \Omega = 25 \text{ V}$$

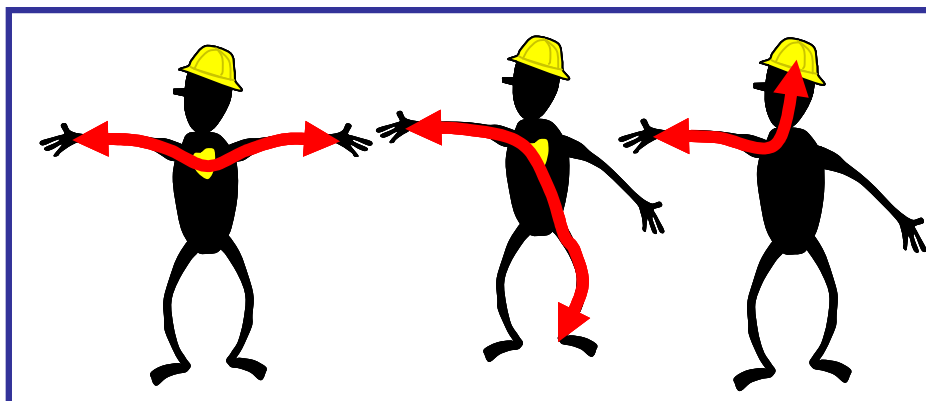
Que coinciden con los valores de 50 V (para ambientes o emplazamientos secos) y 24 V (para ambientes húmedos) contemplados en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Frecuencia:

Todo lo expuesto hasta ahora considera una corriente alterna de 50 Hz o 60 Hz que es la que se emplea normalmente para uso doméstico o industrial. Para corrientes eléctricas de frecuencia superior, la peligrosidad disminuye progresivamente a efectos de fibrilación ventricular y prevalecen los efectos térmicos de la corriente; en medicina es usual el empleo de corrientes de alta frecuencia (diatermia), para producir calor profundo en el organismo, con fines terapéuticos. Esto sucede a partir de 10.000 Hz

Trayectoria:

Es un factor muy influyente en la gravedad de la lesión. Se han llevado experimentos en los que a un animal se le ha lanzado corriente desde una zona del cuerpo y el cráneo y no resulto dañado, haciéndose al revés se produjo la muerte por fibrilación.



Lesiones producidas por la corriente en el cuerpo humano

Las principales lesiones que pueden producirse como consecuencia de un accidente de origen eléctrico son:

- a) *Con paso de corriente por el cuerpo*: muerte por fibrilación ventricular, muerte por asfixia, quemaduras internas y externas (mortal o no), efectos tóxicos de las quemaduras (bloqueo renal), embolias por efecto electrolítico en la sangre (raras) y lesiones físicas secundarias por caídas, golpes, etc.
- b) *Sin paso de corriente a través del organismo*: quemaduras directas por arco eléctrico, proyecciones de partículas, etc., lesiones oftalmológicas por radiaciones de arcos eléctricos (conjuntivitis, cegueras) y lesiones debidas a explosiones de gases o vapores iniciadas por arcos eléctricos.

Los principales factores que influyen y determinan los efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano son:

- Intensidad de la corriente
- Resistencia del cuerpo
- Tensión aplicada

Según el tiempo de exposición y la dirección de paso de la corriente eléctrica para una misma intensidad pueden producirse lesiones graves, tales como: asfixia, fibrilación ventricular, quemaduras, lesiones secundarias a consecuencia del choque eléctrico, tales como caídas de altura, golpes, etc. cuya aparición tiene lugar dependiendo de los valores $t-lc$, como hemos tenido ocasión de ver al estudiar la influencia del factor tiempo de exposición .

Pasemos a conocer los efectos de la corriente sobre el organismo humano.

Paro cardíaco. Se produce cuando la corriente pasa por el corazón y su efecto en el organismo se traduce en un paro circulatorio por parada cardíaca.

Asfixia. Se produce cuando la corriente eléctrica atraviesa el tórax. Impide la acción de los músculos de los pulmones y la respiración.

Quemaduras Internas o externas por el paso de la intensidad de corriente a través del cuerpo por Efecto Joule ($Q = 0,24 \cdot R \cdot I^2 \cdot t$) o por proximidad al arco eléctrico.

Tetanización. O contracción muscular. Consiste en la anulación de la capacidad de reacción muscular que impide la separación voluntaria del punto de contacto.

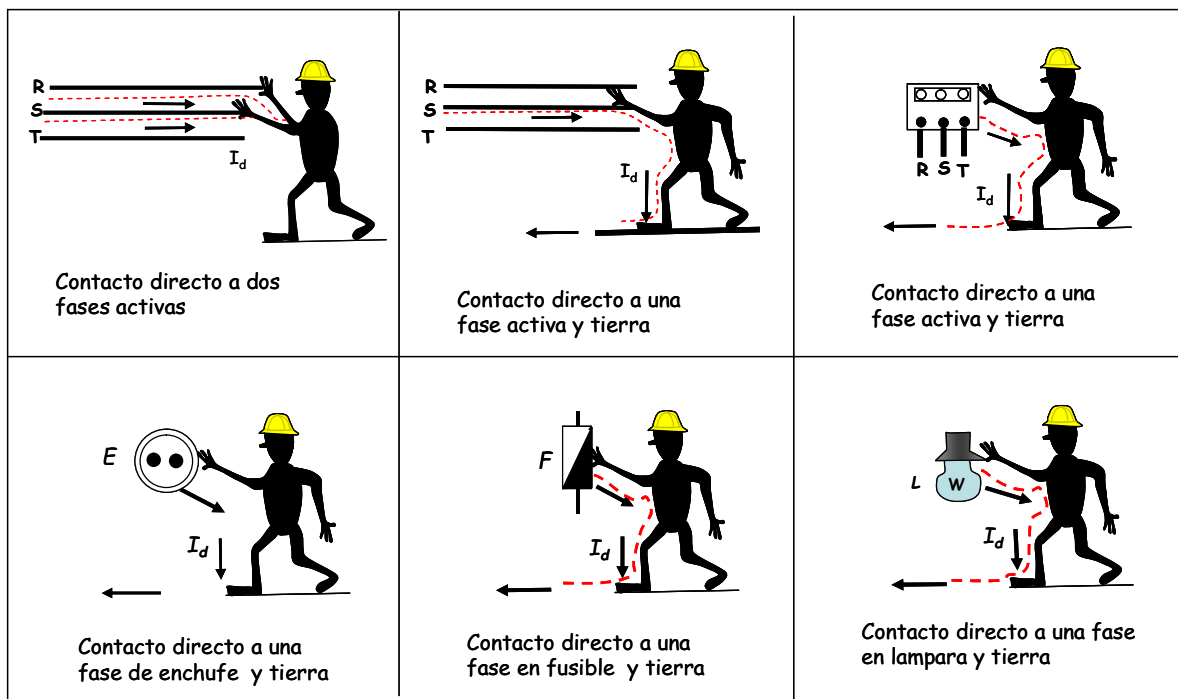
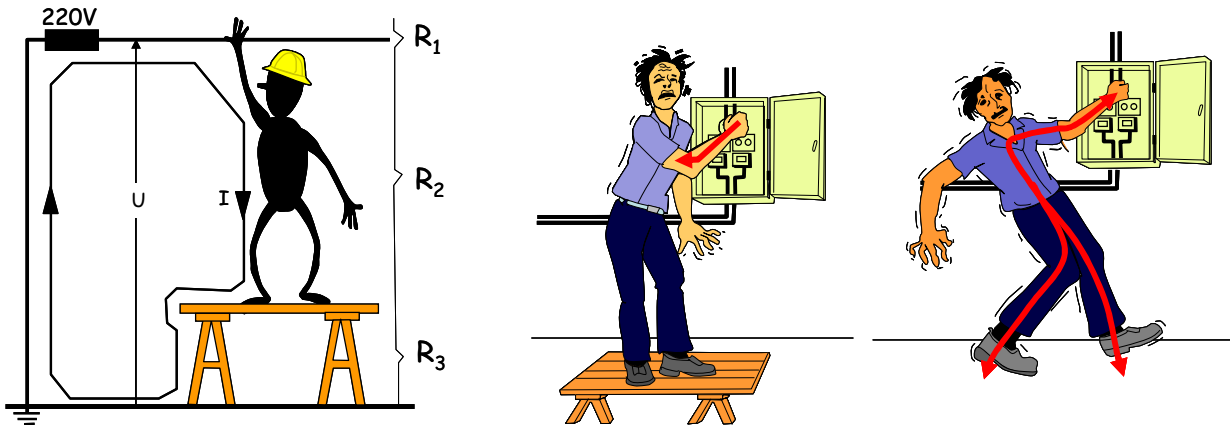
Este fenómeno sirve como hemos visto para definir el concepto de intensidad límite.

Fibrilación ventricular. Se produce cuando la corriente pasa por el corazón y su efecto en el organismo se traduce en un paro circulatorio por rotura del ritmo cardíaco. Se presenta con intensidades del orden de 100 mA.

La fibrilación se produce cuando el choque eléctrico tiene una duración superior a 0.15 segundos, el 20% de la duración total del ciclo cardíaco medio del hombre, que es de 0.75 segundos.

Lesiones permanentes. Producidas por destrucción de la parte afectada del sistema nervioso (parálisis, contracturas permanentes, etc.).

En función de estos valores y avalados por múltiples estudios experimentales se ha llegado a obtener la «curva de seguridad» representada por la curva que ya se expuso en el apartado que se hablo del efecto de la Intensidad de la corriente (gráfica $t-lc$) que permite fijar el tiempo máximo de funcionamiento de los dispositivos de corte automático en función de la tensión de contacto esperada que incluimos en el cuadro.



TIPOS DE CONTACTOS ELÉCTRICOS

Para que a una persona le suceda un paso de corriente es condición necesaria un contacto, de alguna forma, con un elemento en tensión. Esto puede ocurrir si cualquier parte del cuerpo toca directamente una instalación eléctrica o bien a través de un elemento conductor como una herramienta, una escalera metálica, etc. A efectos preventivos los contactos eléctricos se clasifican en directos e indirectos.

Se llaman "contactos eléctricos directos" aquellos en que la persona entra en contacto con una parte activa de la instalación, es decir, toca o pone en contacto con un conductor en tensión.

Los contactos eléctricos indirectos son aquellos en que la persona entra en contacto con algún elemento que no forma parte del circuito eléctrico y que en condiciones normales no debería tener tensión pero que la ha adquirido accidentalmente.

El RD 614/2001 establece obligaciones de carácter general sobre las características, forma de

utilización y mantenimiento que deben seguirse en las instalaciones eléctricas de los lugares de trabajo y remite a la normativa específica aplicable en cada caso particular. Los Reglamentos Electrotécnicos establecen las condiciones y garantías de seguridad y calidad para las instalaciones, aparatos y materiales eléctricos y también, por supuesto, para las personas.

Estas prescripciones se establecen con carácter general estableciendo unos sistemas de protección que impidan los efectos de las sobreintensidades y sobretensiones que por distintas causas cabe prever en las mismas, al tiempo que establece, a efectos de seguridad general, las condiciones que deben cumplir las instalaciones para evitar los contactos directos y anular los efectos de los indirectos, así como las revisiones que se deben realizar para controlar los potenciales riesgos. Por otra parte, el Reglamento Electrotécnico establece unas prescripciones especiales para ciertos lugares que presentan características singulares.

como por ejemplo:

- Instalaciones en locales de pública concurrencia o con riesgo de incendio o explosión:

- Locales de espectáculos y actividades recreativas
- Locales de reunión, trabajo y usos sanitarios
- Locales con riesgo de incendio o explosión

- Instalaciones en locales de características especiales:

- Locales húmedos
- Locales mojados
- Locales con riesgo de corrosión
- Locales polvorientos sin

riesgo de incendio o explosión

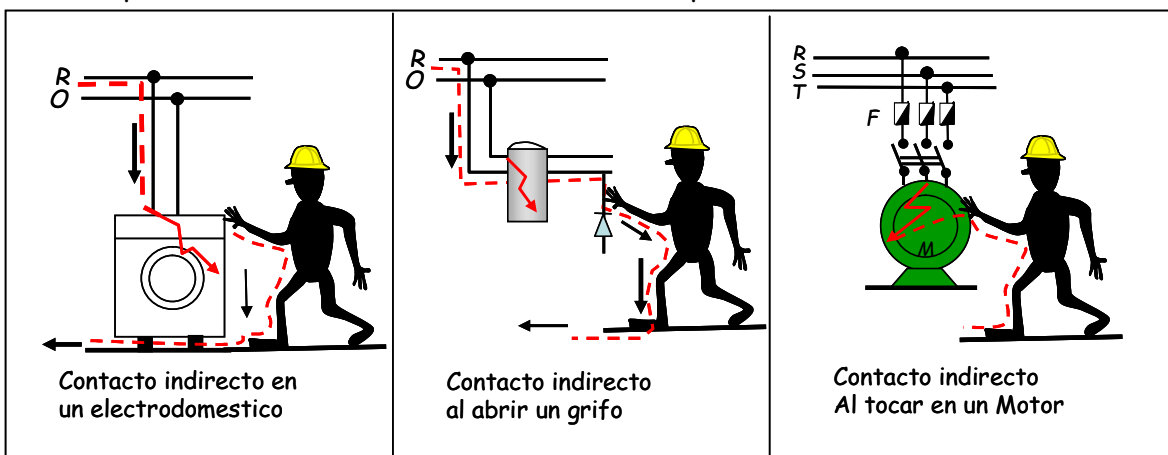
- Instalaciones en locales a temperatura elevada
- Instalaciones en locales a muy baja temperatura
- Instalaciones en locales en los que existan baterías de acumuladores
- Instalaciones en locales afectos a un servicio eléctrico

- Instalaciones con fines especiales:

- Máquinas de elevación y transporte
- Piscinas y fuentes
- Instalaciones provisionales

y temporales de obras

- Ferias y stands
- Establecimientos agrícolas y hortícolas
- Quirófanos y salas de intervención
- Cercas eléctricas para ganado
- Otras instalaciones no incluidas anteriormente en las que concurren circunstancias especiales que puedan originar peligro para las personas o cosas.



Evaluación del Riesgo.-

En aquellos casos en los que exista un riesgo específico (como el eléctrico) que derive generalmente de deficiencias existentes en las propias instalaciones y/o equipos para los que exista una

reglamentación industrial, ya sea de ámbito nacional, autonómica o local, se considera que no es necesario realizar tal evaluación toda vez que el cumplimiento de las correspondientes normativas debe presuponer que el riesgo se encuentra controlado.

En este caso será suficiente con realizar inspecciones de seguridad cuyo objetivo sea el detectar incumplimientos con la normativa de aplicación para su inmediata subsanación.

Medidas de Seguridad ante los riesgos eléctricos:

Podemos esquematizar como sigue:

Medidas informativas	De información de riesgos
	De información personal
Medidas protectoras	De protección de las instalaciones
	De protección personal

Las medidas de información de riesgo ponen de manifiesto la posibilidad de que aquel ocurra.

Ejemplo. Señales de Peligro.

Las medidas de información al personal se concretan en la formación e información que han de recibirlos trabajadores relacionados con esta actividad y donde han de explicarse los reglamentos de alta y baja tensión con todo detalle.

En resumen: Normativas, instrucciones, señalización e identificación y detección.

La protección contra los contactos indirectos queda reflejada en resumen en el cuadro siguiente:

Pasiva	Separación de partes activas Aislamiento de partes activas Interposición de Obstáculos	Clase A	Separación de circuitos Empleo de bajas tensiones Aislamiento Inaccesibilidad Recubrimiento de masas Conexiones equiponenciales
Activa	Tensiones de seguridad Doble aislamiento Protección diferencial	Clase B	Puestas a tierra Interruptores diferenciales

Protección contra riesgos eléctricos:

Directos.

Las medidas de protección contra contactos eléctricos directos están destinadas a proteger a las personas del riesgo que implica el contacto con las partes activas de las instalaciones y equipos eléctricos. Se entiende por "partes activas" los conductores y piezas conductoras bajo tensión en servicio normal.

Cabe distinguir las medidas destinadas a proteger los equipos e instalaciones para su uso o funcionamiento normal de las medidas que deben adoptarse para realizar trabajos en las instalaciones.

Para considerar satisfecha la protección contra los contactos directos en las instalaciones, se puede adoptar una de las medidas que se exponen a continuación, contempladas en la Normativa

Aislamiento de las partes activas

Esta medida de protección la confieren los materiales aislantes que recubren las partes activas. Los aislamientos utilizados serán apropiados y capaces de conservar sus propiedades en el tiempo. No se consideran materiales apropiados las lacas, los barnices, las pinturas y otros productos análogos. Esta medida de protección normalmente se ha previsto en la construcción de los elementos eléctricos como cables aislados, bornes aislados, portalámparas, etc.; no obstante, subsisten elementos con partes activas al descubierto que en algunos casos pueden protegerse mediante recubrimiento posterior: barras en procesos electroquímicos y cuadros eléctricos, terminales, bornes, etc.

Interposición de barreras o envolventes

La interposición de barreras o envolventes debe impedir todo contacto con las partes activas de la instalación. Tales barreras o envolventes estarán fijados de forma segura y serán resistentes a los esfuerzos mecánicos usuales en su función. Esta medida aplicada a las cubiertas y envolventes del material eléctrico supone que éstas deben poseer como mínimo un grado de protección IP2X (protegido contra el acceso a partes peligrosas con un dedo).

Cuando las superficies superiores de las barreras o envolventes horizontales son fácilmente accesibles o los equipos eléctricos deban instalarse en locales para niños de corta edad o disminuidos psíquicos, el grado de protección no será inferior a IP4X (protegido contra el acceso a partes peligrosas con un alambre de 1mm de diámetro). La eliminación de las barreras o envolventes sólo podrá realizarse con una de las siguientes condiciones:

- Con el uso de una llave o de una herramienta.
- Con la existencia de un sistema que, tras quitar la tensión de las partes activas protegidas, impida el restablecimiento de la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envolventes.
- Con la existencia de una segunda barrera de protección en el interior del equipo.

La aplicación de esta medida de protección es muy amplia; receptores en general, tomas de corriente, armarios y cuadros eléctricos, etc.

La norma UNE 20324/1M:2000, expone los grados de protección proporcionados por las envolventes, que se indican con el sistema de codificación (IP), el cual consta de las letras de código IP seguido de una primera cifra característica que indica el grado de protección de la envoltura del material eléctrico contra el ingreso de objetos extraños sólidos en el equipo o el grado de protección de las personas contra el acceso a partes peligrosas, una segunda cifra característica que expresa el grado de protección del equipo contra la penetración de agua con efectos perjudiciales, una letra adicional y una letra suplementaria. Estas dos letras son opcionales y aportan información suplementaria sobre la protección del equipo o de las personas. Cuando no es necesaria una cifra característica es sustituida por la letra X. Para cada cifra característica la norma describe las condiciones de ensayo para verificar las especificaciones.

La citada norma UNE-20324 es exigible reglamentariamente en virtud de lo dispuesto en la ITC-BT-02. La norma UNE-EN 50102 se refiere a un sistema de clasificación de los grados de protección proporcionados por los envolventes para los materiales eléctricos contra los impactos mecánicos externos. Se aplica a envolventes para materiales eléctricos de tensión asignada inferior o igual a 72,5 kV.

La disposición del código IK es IKXX, siendo XX el grupo de cifras desde 00 a 10, Cada grupo de cifras representa un valor de la energía de impacto.

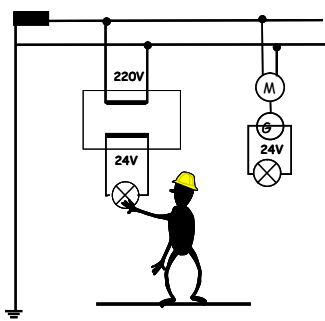
Interposición de obstáculos

Los obstáculos están destinados a impedir los contactos fortuitos con las partes activas, pero no los

contactos voluntarios por una tentativa deliberada de salvar el obstáculo.

Alejamiento de las partes activas

Se conseguirá separando las partes activas de la instalación a una distancia tal del lugar donde las personas habitualmente se encuentran, o circulan, que sea imposible un contacto fortuito con las manos o por la manipulación de objetos conductores, cuando éstos se utilicen cerca de la instalación. Claros ejemplos de aplicación de esta medida los encontramos en las alturas que alcanzan los tendidos eléctricos, tanto en alta como en baja tensión, estando reguladas las distancias mínimas por la reglamentación oficial. La aplicación de esta medida requiere un estudio en fase de proyecto, debiendo limitar su aplicación sólo a aquellos casos en que no sea previsible la utilización de elementos conductores de considerable longitud.



Utilización de pequeñas tensiones de seguridad

No es necesario tener medidas de protección contra contactos eléctricos directos cuando la tensión nominal entre las partes activas de polaridades diferentes sea como máximo de 24 voltios.

Son "pequeñas tensiones de seguridad" las obtenidas por transformadores, generadores, baterías, pilas, etc. que respondan a las normas UNE correspondientes para esta aplicación de los citados aparatos. Esta medida se desarrolla más adelante como sistema de protección contra contactos eléctricos indirectos.

Protección complementaria con dispositivos de corriente diferencial residual

Las medidas de protección contra contactos eléctricos directos pueden presentar fallos ocasionales debidos a defectos de mantenimiento, fallos de aislamiento, imprudencias, etc. La adopción de una medida de protección complementaria, que permite asegurar una rápida desconexión de la instalación, constituye un método para reducir la probabilidad de consecuencias mortales en el caso de un accidente por contacto eléctrico directo.

Esto puede conseguirse mediante la instalación de dispositivos diferenciales de corte automático de la corriente eléctrica de alta sensibilidad, es decir, capaces de actuar para fugas de corriente de intensidades inferiores a 0,03 amperios. La utilización de estos dispositivos no deberá realizarse nunca como sustitutivo de una de las medidas de protección antedichas.

Como ejemplo de aplicación cabe citar la instalación de dispositivos diferenciales de alta sensibilidad en aquellos circuitos que deban alimentar tomas de corriente para receptores móviles o portátiles, porque obtendremos una protección complementaria contra contactos eléctricos en los siguientes supuestos:

- Introducción de objetos en la base de la toma de corriente.
- Acceso a las espigas o alvéolos de las tomas de corriente en caso de rotura de sus envolventes o en caso de utilización de clavijas o sistemas de conexión no adecuados.
- Acceso a los conductores activos de los cables flexibles por deterioro de su aislamiento.
- Protección contra contactos indirectos en los receptores por falta de continuidad en el conductor de protección.

Indirectos:

Los sistemas de protección contra contactos eléctricos indirectos tratan de prevenir los contactos peligrosos de las personas con masas que accidentalmente se han puesto en tensión. Se basan en alguno de los siguientes principios:

- Impedir la aparición de defectos mediante aislamientos complementarios.
- Hacer que el contacto resulte inocuo, usando tensiones no peligrosas o limitando la intensidad de fuga.
- Limitar la duración del efecto mediante dispositivos automáticos de corte. La ITC-BT-24 contempla los diversos "sistemas de protección". A continuación se describen los de uso más corriente.

Doble aislamiento :

Este sistema de protección consiste en el empleo de materiales que dispongan de aislamiento de protección o aislamiento reforzado entre sus partes activas y sus masas accesibles. Basa su seguridad en que, por características constructivas, la probabilidad de que las masas accesibles queden en tensión es muy baja.

Los materiales de Clase II no llevan dispositivos para la conexión de sus masas accesibles a tierra y su aislamiento con respecto a masa es muy elevado (la tensión de ensayo es de 4.000 V). Se reconocen por el símbolo g y deben estar contruidos según la norma UNE 20314. La norma UNE 20460-4-41:1998 también describe alguna de sus características.

Se aplica a pequeños receptores, como electrodomésticos, cajas y cuadros eléctricos, máquinas de oficina, herramientas eléctricas manuales, etc.

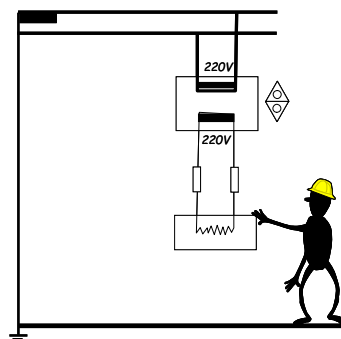
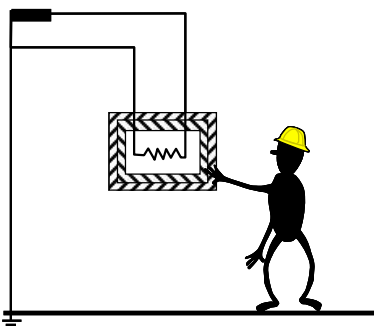
Separación de circuitos:

Este sistema de protección consiste en mantener separados el circuito de utilización y la fuente de energía, por medio de un transformador, manteniendo aislados de tierra a todos los conductores del circuito de utilización.

Se trata, por tanto, de mantener una red flotante de modo que, ante un primer fallo de aislamiento, el contacto con la masa no resulta peligroso debido a que el posible circuito de defecto está abierto y en consecuencia no existe circulación de corriente de defecto. Si posteriormente aparece un segundo defecto, actúan los fusibles o magnetotérmicos por cortocircuito.

Cuando un transformador alimenta a más de un receptor, éstos estarán unidos entre sí. Cuando se utilicen en locales mojados, conductores o sumergidos, el transformador permanecerá fuera de dichos recintos.

El sistema proporciona muy buena protección pero es caro y sólo aplicable hasta 16 kVA. Sus principales aplicaciones se dan en quirófanos y para alimentación de receptores móviles o portátiles en emplazamientos mojados o conductores.



Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto. Diferenciales. (Esquema TT)

Este es el sistema de protección de mayor implantación. Se basa en que la aparición de un primer defecto de aislamiento en las masas a proteger provoca:

- Una intensidad de defecto que fuga a través de tierra.

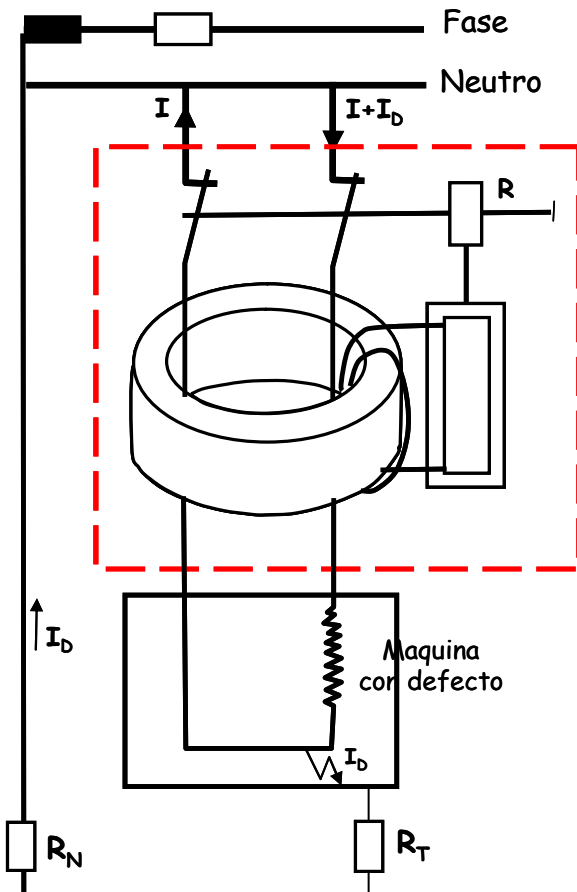
- Una tensión de defecto entre las masas y tierra, que podrá afectar a las personas que toquen dichas masas.

Esta tensión puede ser peligrosa en la mayoría de los casos si no existe un dispositivo de corte que limite su duración.

Los diferenciales son unos dispositivos de corte automático sensibles a la intensidad de defecto (I_D) e insensibles a la intensidad de funcionamiento normal de los aparatos. Esto significa que únicamente desconectan la instalación cuando por los circuitos que controla circula una intensidad de defecto tal que:

$$I_D > I_{AN}$$

siendo I_{AN} la sensibilidad nominal del diferencial. Los valores más corrientes de I_{AN} son: 8 mA, 15 mA, 30 mA, 300 mA, 500 mA, 1 A, 2 A y 5 A. Se denominan diferenciales de alta sensibilidad si $I_{AN} < 30$ mA. Basándose en los diferentes tipos y líneas de consumo (alumbrado y fuerza) de una instalación general y para evitar que pueda quedar con relativa facilidad fuera de servicio ante una eventual fuga de corriente en la masa de un equipo, se subdivide tal instalación general en diferentes líneas, protegidas cada una de ellas con sus correspondientes diferenciales de sensibilidad adecuada, permaneciendo el suministro principal de entrada a su vez protegido con un diferencial de sensibilidad menor.



Las cinco reglas de oro para trabajar en instalaciones eléctricas

Los trabajos realizados sin tensión en alta y baja tensión están considerados en el anexo II.A del Real Decreto 614/2001. Las cinco reglas de oro que se presentan son un extracto básico de dicho anexo, a tener en cuenta para trabajar en condiciones seguras. En el anexo II.B se

establecen disposiciones particulares que complementan o modifican, según los casos, las disposiciones generales del anexo II.A, para la realización de los siguientes trabajos: reposición de fusibles, trabajos en líneas aéreas y conductores de alta tensión, trabajos en instalaciones con condensadores que permitan una acumulación peligrosa de energía y trabajos en transformadores y en máquinas en alta tensión. Antes de comenzar la aplicación del procedimiento para suprimir la tensión es necesaria la identificación de la zona y de los elementos de la instalación donde se va a realizar el trabajo.

Primera: Desconectar.

Abrir con corte visible todas las fuentes de tensión mediante interruptores o seccionadores que aseguren la imposibilidad de su cierre intempestivo. Para que el corte pueda ser visible tendría que ser en circuitos que no estén en carga, en los que no se produce arco eléctrico. En estos no se necesita extinguir el arco que supondría el uso de otros interruptores de corte no visible.

Segunda: Prevenir cualquier posible realimentación.

Enclavar o bloquear, si es posible, los aparatos de corte. El enclavamiento o bloqueo es el conjunto de operaciones destinadas a impedir la maniobra de un aparato de corte, manteniéndolo en una posición

determinada. Esta medida preventiva pretende evitar un fallo técnico, un error humano o cualquier causa imprevista. En el bloqueo físico se coloca un elemento aislante entre las partes del aparato de corte que hay que bloquear para imposibilitar físicamente la unión de sus contactos.

En el bloqueo mecánico se inmoviliza el mando del aparato de corte mediante cerraduras y candados, con la particularidad de cierre o apertura mediante dos o tres llaves de accionamiento simultáneo. Estas llaves se distribuyen entre los distintos responsables que se deban poner de acuerdo para desbloquear el citado mando del aparato de corte.

El bloqueo eléctrico se realiza impidiendo el funcionamiento del aparato mediante la apertura del circuito de accionamiento. En el bloqueo neumático se actúa sobre la alimentación del circuito de aire comprimido vaciando el calderín que acciona el mando del interruptor. Además se deberían señalar las limitaciones del aparato de corte colocando las señales sobre su mando de accionamiento.

Tercera: Verificar la ausencia de tensión.

Mediante los elementos y aparatos adecuados se verifica, sobre los conductores de la instalación eléctrica, que todas las fuentes de tensión han sido abiertas. Durante el reconocimiento se deberá proceder como si la instalación estuviera en tensión.

Cuarta: Poner a tierra y en cortocircuito todas las posibles fuentes de tensión.

La puesta a tierra se debe hacer a ambos lados donde se efectúen los trabajos o maniobras. La protección completa se consigue con la puesta a tierra y el cortocircuito ya que se origina la unión equipotencial de los elementos cortocircuitados en la instalación eléctrica.

Quinta: Proteger frente a los elementos próximos en tensión y delimitar la zona de trabajo mediante señalización o pantallas aislantes.

La señalización de la zona de trabajo consiste en delimitarla con cintas, vallas, etc. de tal forma que se prevenga el riesgo de accidente eléctrico.