

---

# **ELECTROTECNIA**

## **PRÁCTICA nº 1**

---

**RIESGOS ELECTRICOS. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE  
PROTECCION CONTRA LOS DAÑOS DE ORIGEN ELECTRICO.  
SEGURIDAD EN EL LABORATORIO**

## PRACTICA 1

### **RIESGOS ELECTRICOS. MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE PROTECCION CONTRA LOS DAÑOS DE ORIGEN ELECTRICO. SEGURIDAD EN EL LABORATORIO**

#### **1.- OBJETO.**

Esta práctica tiene por objeto dar la formación y los conocimientos mínimos necesarios para promover la protección de la seguridad y de la salud de los ciudadanos en general y de los trabajadores en particular, como usuarios de la energía eléctrica, en el desarrollo de sus tareas, mediante la prevención de los riesgos eléctricos derivados de la presencia de la electricidad.

Además de las medidas de seguridad introducidas y como complemento a las protecciones existentes en el laboratorio de electrotecnia, es necesario que las personas que van a desarrollar su tarea en este espacio adopten una serie de comportamientos seguros que deben de seguir, para lo cual se definirán un conjunto de normas de funcionamiento.

#### **2.- MATERIAL.**

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Reglamentarias. Real decreto 842/2002, de 2 de agosto.

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, publicada en el BOE nº 269 del 10-11-1995. Y demás legislación afín. (Reglamento de los Servicios de Prevención, Disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo, disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual, de los equipos de trabajo, etc.)

- 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.

#### **3.- INTRODUCCION.**

El riesgo que supone la electricidad se ve agravado ya que, por su reciente desarrollo, no está integrado en la memoria genética de nuestra especie, ni nuestros órganos sensoriales están capacitados para detectar su presencia.

En efecto mientras que, cuando estamos encaramados en un punto elevado, percibimos una situación evidente de peligro que, a veces, se traduce en una sensación de vértigo, no estamos capacitados, a priori, para diferenciar si un cable está, o no, en tensión.

Si embargo, los materiales electrizados, esto es, aquellos que presentan una diferencia de tensión significativa con respecto a tierra pueden ser, y de hecho lo son en demasiadas ocasiones, causa de electrocución o quemaduras a las personas y origen de incendios de graves consecuencias económicas y, lo que es más lamentable, de pérdida de vidas humanas.

El Real Decreto 614/2001 define **Riesgo eléctrico** como el riesgo originado por la energía eléctrica. Y quedan específicamente incluidos los riesgos de :

- a.- Choque eléctrico por contacto con elementos en tensión (contacto eléctrico directo), o con masas puestas accidentalmente en tensión (contacto eléctrico indirecto).
- b.- Quemaduras por choque eléctrico, o por arco eléctrico.
- c.-Caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- d.-Incendios o explosiones originados por la electricidad.

Se puede decir por lo tanto, que los principales peligros que presenta la electricidad son los derivados de los contactos con ella, que pueden ser:

\* *Contactos directos.* Contactos de personas o animales con partes activas de los materiales y equipos. Ejemplos en la figura 1

\* *Contactos indirectos.* Contactos de personas o animales domésticos con partes que se han puesto bajo tensión como resultado de un fallo de aislamiento. Se entiende por masa al conjunto de partes metálicas de un aparato o instalación que generalmente están aisladas de las zonas activas o en tensión. Ejemplos en la figura 1.

Estos contactos con la corriente eléctrica pueden ocasionar accidentes de dos formas:

- \* Directamente: atravesando el cuerpo de la víctima (choque eléctrico).
- \* Indirectamente: creando un arco eléctrico que ocasione quemaduras en la persona, o dando lugar a golpes contra objetos, caídas, etc.

Habitualmente, se denomina electrización a todo accidente de origen eléctrico cualquiera que sean sus consecuencias. El término de electrocución se reserva a los accidentes mortales de origen eléctrico.

Antes de estudiar las medidas preventivas y de protección, haremos el estudio de los daños de origen eléctrico. Dicho estudio lo dividiremos en tres partes:

- a) Daños producidos por el contacto de las personas con partes de equipos en tensión.
- b) Daños ocasionados por los efectos térmicos de origen eléctrico y
- c) Daños por incendios y efectos del fuego en las instalaciones eléctricas.

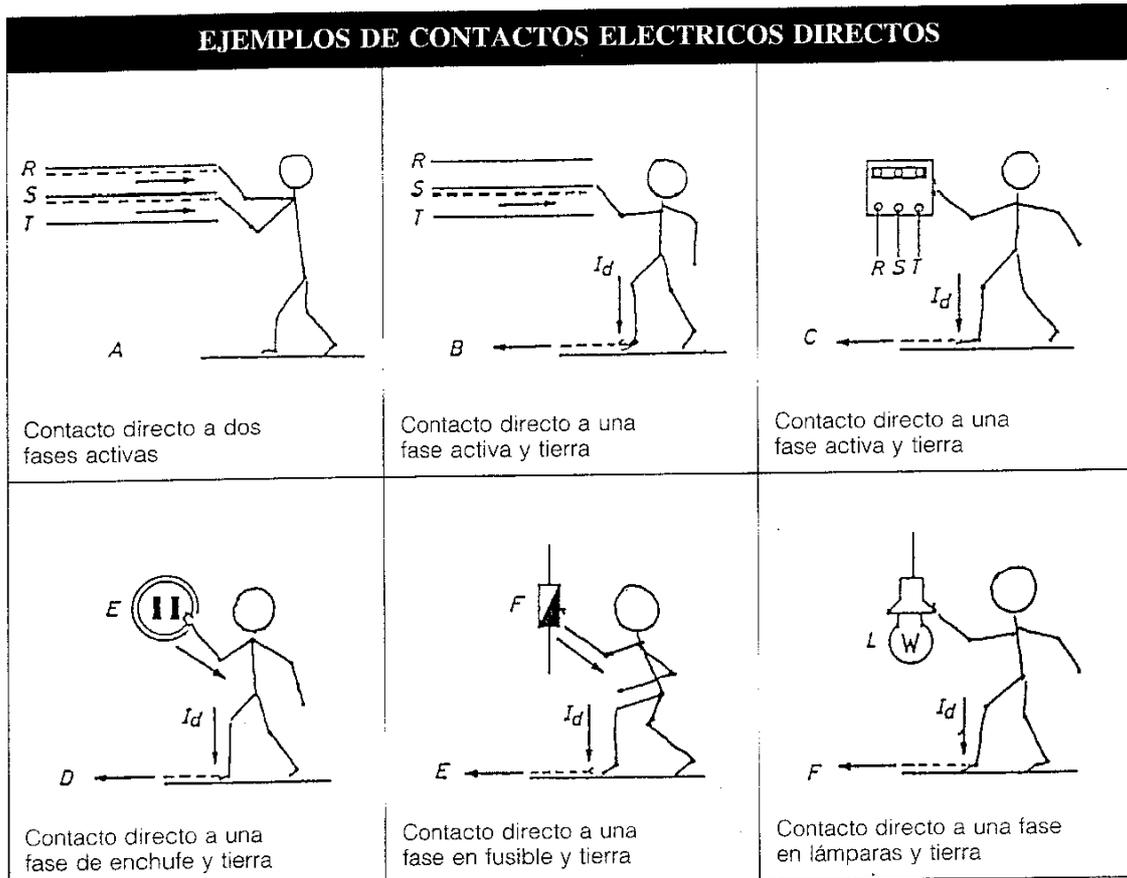


Figura n.º 1

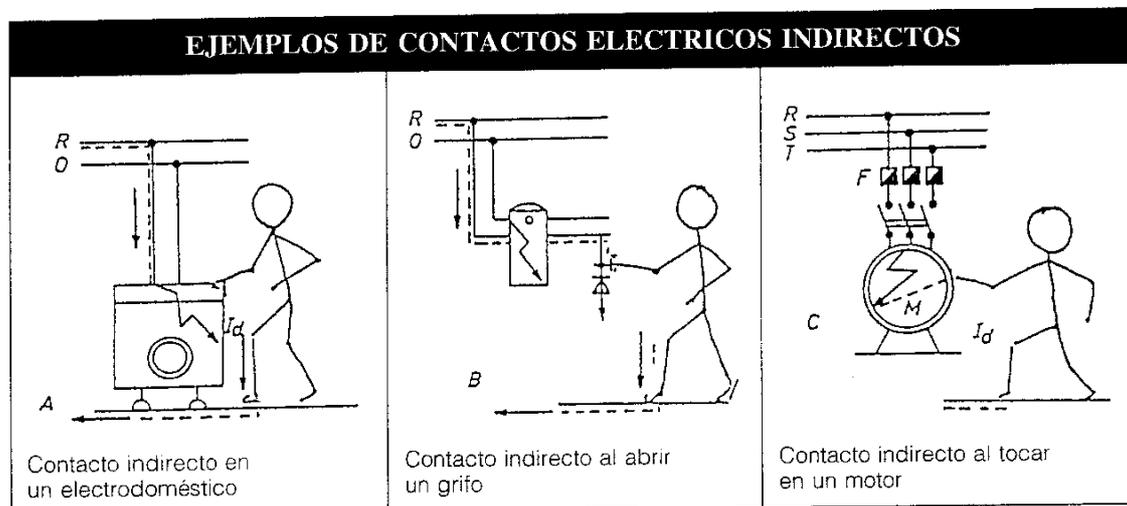


Figura n.º 2

#### **4.- CONTACTOS ELÉCTRICOS DE LAS PERSONAS CON PARTES DE EQUIPOS EN TENSIÓN.**

##### **I.- Efecto cualitativo de la corriente eléctrica en el ser humano.**

Ordenados por su peligrosidad creciente, se relacionan y describen los efectos que debe conocer un técnico en electricidad, para evaluar el riesgo potencial que ofrece una instalación. Son manifestaciones fisiológicas y fisiopatológicas debidas al paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano. Puede darse desde un simple cosquilleo, sin consecuencias, hasta la muerte por parálisis respiratoria o por paro cardíaco.

*Calambre.-* Es una contracción muscular que se produce por un contacto breve con una parte en tensión. Puede provocar la caída de la persona o la caída de lo que esta esté sujetando, con el riesgo que ello supone.

*Tetanización muscular.-* Es el efecto de paralización o agarrotamiento debido a la contracción de un músculo, cuando este es atravesado por una corriente eléctrica. En ocasiones puede impedir que la persona se suelte del elemento en tensión que le ha producido la descarga eléctrica y si el tiempo de contacto es largo, el efecto puede ser grave e incluso mortal.

*Tetanización de los músculos respiratorios.-* Afecta a los músculos intercostales o del diafragma. Se puede producir una parálisis respiratoria, que no es necesariamente mortal si se corta la corriente antes de 3 minutos y se produce la reanimación del accidentado.

*Asfixia.-* Si la parálisis respiratoria persiste después del accidente, se puede producir la asfixia (síncope azul). Para evitarlo deberá aplicarse de manera inmediata e ininterrumpida la respiración artificial, incluso durante horas.

*Fibrilación ventricular.-* Las fibras musculares del miocardio, que actúan como auténticos marcapasos, pierden su sincronismo, por lo que el corazón deja de bombear la sangre, lo que equivale a una parada cardíaca, produciéndose lesiones anóxicas (falta de oxígeno en el cerebro), irreversibles pasados muy pocos minutos, que provocarán la muerte del accidentado (síncope blanco).

Todos los efectos citados, excepto la fibrilación ventricular, son reversibles en condiciones normales, siempre que se presten adecuadamente los primeros auxilios. La fibrilación ventricular precisa un tratamiento especial con un desfibrilador o estimulador cardíaco.

La seguridad eléctrica debe centrarse en impedir que se pueda llegar a los efectos más severos de los antes descritos.

##### **II.- Efecto cuantitativo de la corriente eléctrica en el ser humano.**

El paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano, produce distintos efectos que dependen de la interacción de esta corriente con los distintos órganos y su funcionamiento. Influyen en la gravedad de estos efectos varios factores, muy relacionados entre sí, como son la forma de la corriente, la intensidad de la corriente, la frecuencia, el tiempo de contacto, el recorrido de la corriente por el cuerpo y el estado físico, psíquico y fisiológico previo.

## 1.- Intensidad de la corriente eléctrica y su relación con el efecto producido.

La corriente eléctrica al circular por el cuerpo humano, lo hace como a través de un conductor cualquiera, ajustándose a la ley Ohm. ( $I = V / Z$ ).

Es la intensidad y no la diferencia de potencial la causa determinante de la gravedad de la mayoría de los accidentes eléctricos.

¿Cuál es el umbral a partir del cual la intensidad es peligrosa? El umbral de intensidad de la corriente a partir del cual se produce la fibrilación ventricular permanece todavía mal definida, ya que los datos experimentales que se poseen se han obtenido mediante medidas efectuadas sobre animales.

Los efectos de la intensidad de la corriente los vemos en la Tabla nº1.1.

Tabla nº 1.1

<b>EFFECTOS DE LA INTENSIDAD EN EL CUERPO HUMANO</b>	
<b>INTENSIDAD</b>	<b>EFFECTOS EN EL CUERPO HUMANO</b>
<b>De 1 a 3mA.</b>	* Un organismo normal percibe un picor sin peligro (umbral de percepción).
<b>A partir de 5 mA.</b>	* Un contacto prolongado puede provocar movimientos bruscos en ciertas personas.
<b>A partir de 8 mA.</b>	* Comienzan las contracciones musculares y tetanización (rigidez y tensión convulsiva) de los músculos de la mano y del brazo, pudiendo ocasionar que la piel se quede pegada a los puntos de contacto con las partes bajo tensión (fenómeno de agarrotamiento).
<b>Por encima de 25 mA.</b>	* En un contacto de más de 2 minutos, si el paso de la corriente es por la región del corazón, se puede producir una tetanización del músculo del pecho, pudiendo llegar a sufrir la asfixia por bloqueo muscular de la caja torácica.
<b>Entre 30 y 50 mA.</b>	* Se puede producir la fibrilación ventricular si la corriente atraviesa la región cardíaca, produciendo la muerte, si el accidentado no es atendido en pocos minutos.
<b>Entre 2 y 3 A.</b>	* Sobreviene la parada respiratoria, inconsciencia, aparecen marcas visibles.
<b>Para intensidades superiores a los 3 A.</b>	* Las consecuencias son quemaduras graves y puede ser la muerte.

De la siguiente tabla nº 1.2 se puede deducir que una corriente de 10 mA ya es dolorosa, que 15 mA provoca el agarrotamiento muscular y que un paso de 25 mA ya es muy doloroso. Como consecuencia de ello un diferencial de 30 mA puede no proteger si se está en un andamio o escalera elevados, pues puede lanzar a una persona al vacío.

Tabla nº1.2

<b>Efectos sobre el hombre (*)</b>	<b>Intensidad de corriente en mA</b>		
	<b>Continua</b>	<b>50 Hz</b>	<b>10 kHz</b>
Cosquilleo	5	1	12
Mano adormecida	10	2	18
Descarga dolorosa	60	10	60
Límite de control muscular	75	15	75
Muy dolorosa y problemas respiratorios	90	25	95
Fibrilación ventricular a partir de 3 seg.	500	100	-

(\*) En la mujer estos valores son, aproximadamente, un tercio menores.

## 2.- Frecuencia.

De la tabla nº1.3 también se deduce que los efectos del choque eléctrico varían con la frecuencia. Aumentando esta empieza a tener importancia el efecto pelicular, no produciéndose más efecto que el calentamiento de los tejidos por efecto Joule. Esta propiedad se aprovecha en aplicaciones terapéuticas tales como los bisturís eléctricos.

Tabla nº 1.3

<b>Frecuencia</b>	<b>Umbral de percepción</b>	<b>Límite de control muscular</b>
0 Hz (cc)	2 mA	75 mA
50 Hz	0,5 mA	15 mA
10 kHz	5 mA	75 mA

La corriente continua resulta para intensidades iguales normalmente menos peligrosa que la alterna. No obstante, la continua puede provocar, si pasa por el cuerpo de la víctima un tiempo prolongado, un efecto que no provoca la alterna, la electrólisis de la sangre y la generación de gases que pueda provocar la embolia gaseosa.

Respecto a la frecuencia cabría decir que el peligro disminuye a medida que ésta aumenta. A partir de unos 5.000 Hz las corrientes no penetran en el cuerpo y sólo se propaga superficialmente por la piel; sin embargo, a partir de 100 KHz empiezan a aparecer efectos peligrosos unidos a la exposición de frecuencia de radio-radar. Para estas frecuencias, el peligro se presenta por la exposición del cuerpo humano a campos electromagnéticos de elevada potencia. Las radiaciones electromagnéticas producen el calentamiento de los tejidos en repercusión sobre el sistema nervioso central y sobre el sistema cardiovascular.

## 3.- Impedancia eléctrica del cuerpo humano.

De acuerdo con la ley de Ohm, la intensidad de la corriente que, con motivo de un choque eléctrico, recorrerá el cuerpo de una persona dependerá de la impedancia. ( $I = V / Z$ ).

La impedancia que ofrece el cuerpo humano al paso de la corriente no es un valor constante, pues varía con la tensión y el tiempo de contacto. A estos efectos, el cuerpo humano se comporta con respecto a la corriente como un semiconductor, pues su resistencia varía con la tensión aplicada.

Además, las diferentes partes del organismo (piel, sangre, músculos, otros tejidos, huesos y articulaciones) presentan una cierta impedancia compuesta de elementos resistivos y capacitivos. Se puede considerar la impedancia de la piel, la impedancia interna del cuerpo humano, la impedancia total del cuerpo humano y la resistencia inicial del cuerpo humano.

Por tanto, la impedancia depende del trayecto de la corriente, de la tensión de contacto, de la duración del paso de la corriente, de la frecuencia, del estado de humedad de la piel, de la superficie de contacto, de la presión ejercida y de la temperatura.

La norma francesa NF 15-100 nos da los valores de la resistencia del cuerpo humano en función de la humedad que figuran en la Tabla nº 1.4.

Tabla nº 1.4

Impedancia del cuerpo humano en función del estado de humedad de la piel (en  $\Omega$ ) y en trayectos mano-mano o mano-pié.

Tensión de contacto (en V)	Estado de humedad de la piel			
	Seca BB1	Húmeda BB2	Mojada BB3	Inmersa BB4
25	5000	2500	1000	500
50	4000	2000	875	440
250	1500	1000	650	325
Límite	1000	1000	650	325

\* *Piel seca.* Ninguna humedad. No hay sudor sobre la piel.

\* *Piel húmeda.* Piel sudada sin gotas. No se tiene en cuenta ni ropa, ni calzado.

\* *Piel mojada.* Piel cubierta de sudor con gotas. No tiene en cuenta la resistencia de la piel de los pies. En la práctica corresponde a los emplazamientos exteriores no cubiertos o instalaciones a la intemperie y las instalaciones de obras.

\* *Estado de inmersión.* Piel sumergida en agua. La resistencia de la piel es la resistencia interna del cuerpo humano. Estas condiciones se encuentran en los volúmenes de prohibición de los baños, piscinas, salas de duchas.

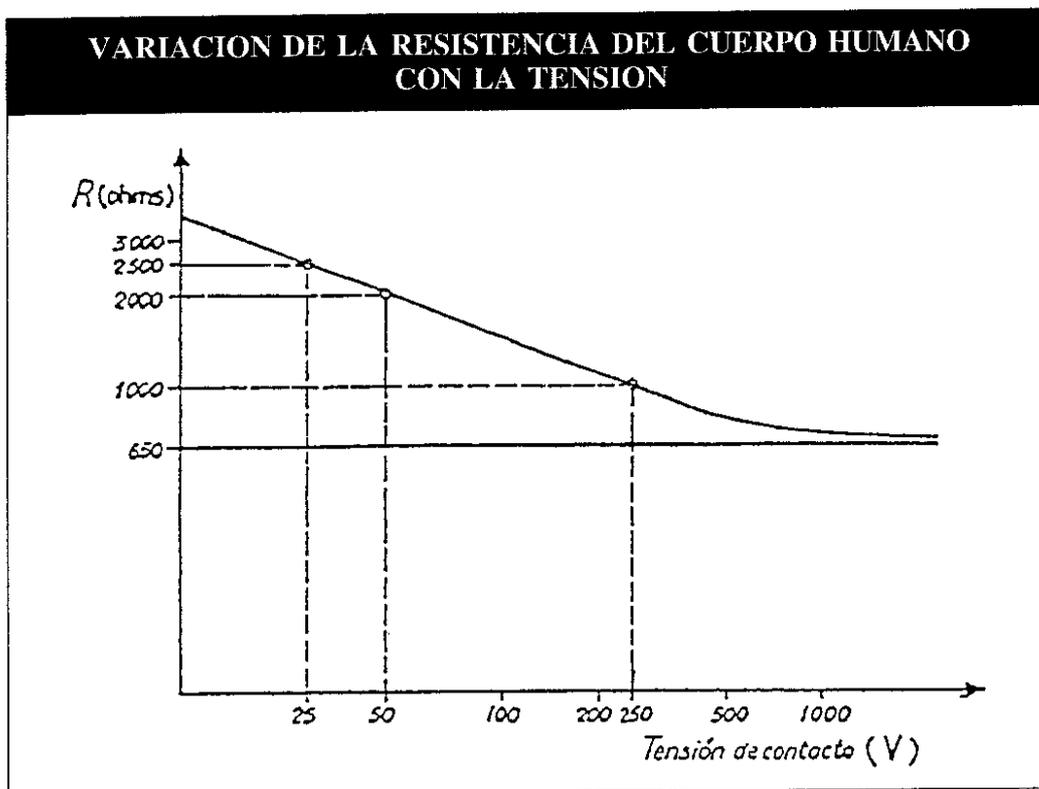


Figura nº 3

Asimismo, se ponen de relieve los siguientes valores mínimos:

TENSIÓN DE CONTACTO (V)	RESISTENCIA DEL CUERPO HUMANO (Ω)
25	2.500
50	2.000
250	1.000
Valor asintótico	650

Tabla nº 1.5

Se observa que, prácticamente se alcanzan los valores límite a una tensión de 250 V. Estos valores son aplicables para corriente alterna hasta 100 Hz y para corriente continua.

Los valores admitidos para la resistencia del cuerpo humano (Figura n.º3) corresponden a las condiciones más probables en que puede producirse un contacto con elementos conductores.

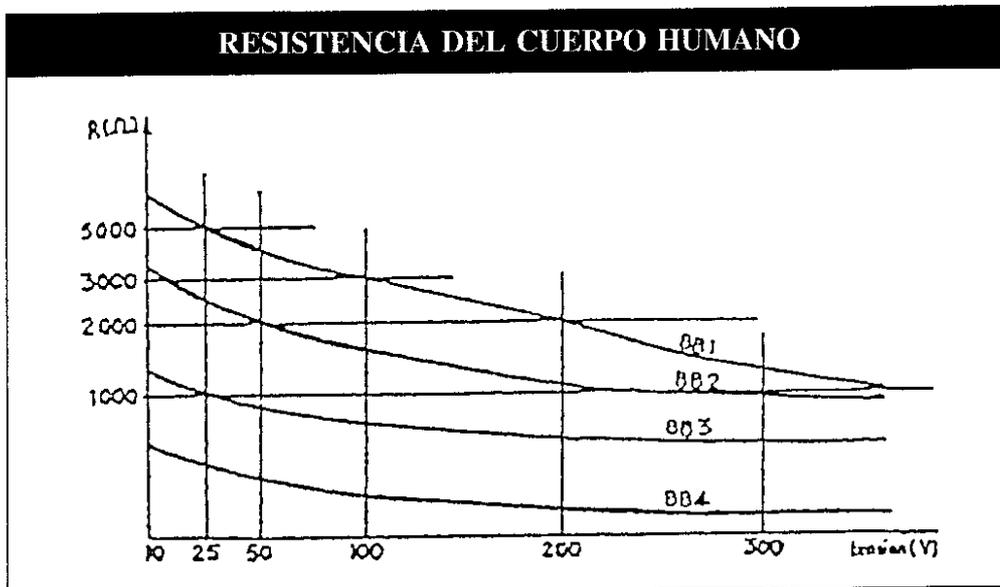


Figura n.º 4

Para trayectos distintos al mano-mano o mano-pié, los valores de las impedancias medidos son notablemente inferiores, por lo que se tomarán los valores de corrección que se mencionan en la norma UNE 20-572-92, que son para trayectos de mano a: cabeza (50%), cuello (40%), tórax (45%), abdomen (50%), cadera (55%), brazo (60%), antebrazo (75%), muslo (60%), rodilla (70%) y pierna (75%),

Otros factores a considerar son:

- \* La superficie de contacto.
- \* La presión de contacto.
- \* Estado fisiológico (sobre todo tasa de alcohol en la sangre).
- \* Dureza de la epidermis.

#### 4.- Recorrido de la corriente por el cuerpo humano.

La influencia del recorrido de la corriente en sus consecuencias es debido a la importancia de los órganos a quienes afecta la corriente a su paso.

Así, todos aquellos recorridos que interesan al tórax o a la cabeza son más graves que los demás.

Como ejemplo de los recorridos más peligrosos se pueden mencionar:

- \* **Mano - pie del lado contrario.**
- \* **Mano - cabeza.**
- \* **Mano derecha - tórax - mano izquierda.**

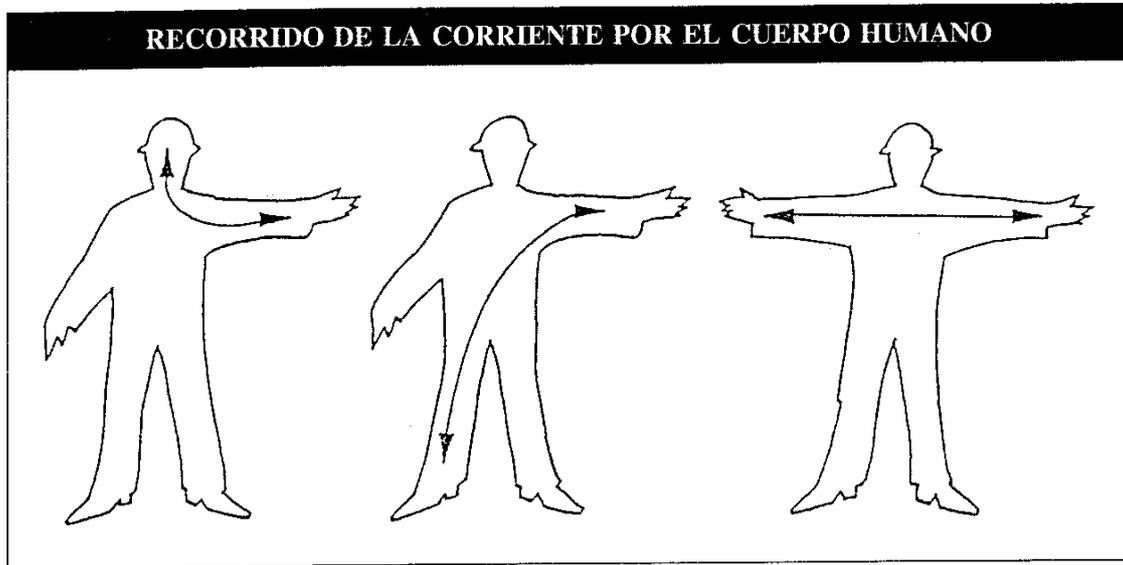


Figura n.º 5

### 5.- Tiempo que dura el paso de la corriente.

Junto con la intensidad es la otra característica que influye mucho en los efectos y las consecuencias del contacto eléctrico.

La norma UNE 20-572 fija unas curvas (a, b, c y d) que delimitan las distintas zonas de peligro de la corriente eléctrica en función del tiempo (ver Figura n.º6).

El diagrama representado en la figura corresponde al efecto del paso de la corriente eléctrica alterna de 50/60 Hz, a través de las extremidades del cuerpo humano, con peso superior a los 50 kgs.

**Zona 1:** No aparece ninguna reacción. Está limitada superiormente por los 0,5 mA y es independiente del tiempo de actuación.

**Zona 2:** La corriente se nota, produciendo un cosquilleo e incluso dolor, pudiendo el accidentado soltarse. Generalmente no es de esperar ningún efecto fisiopatológico.

Esta zona es función del tiempo de aplicación a partir de los 10 mA y puede llegar a los 300 mA para un límite de tiempo de 10 mseg. A partir de esta zona el accidentado empieza a tener dificultades para soltarse.

**Zona 3:** No presenta habitualmente ningún riesgo de fibrilación ventricular. Riesgo de asfixia. Sus límites superiores van de 1250 mA durante 10 mseg. a unos 42 mA durante 10 seg.

**Zona 4:** Existe riesgo de fibrilación ventricular. Sus límites superiores van de 3 A durante 10 mseg. a 130 mA durante 10 seg.

**Zona 5:** Es probable la aparición de fibrilación ventricular. Es conveniente fijarse que, en caso de corriente de duración prolongada, existe riesgo de asfixia a partir de la zona 3.

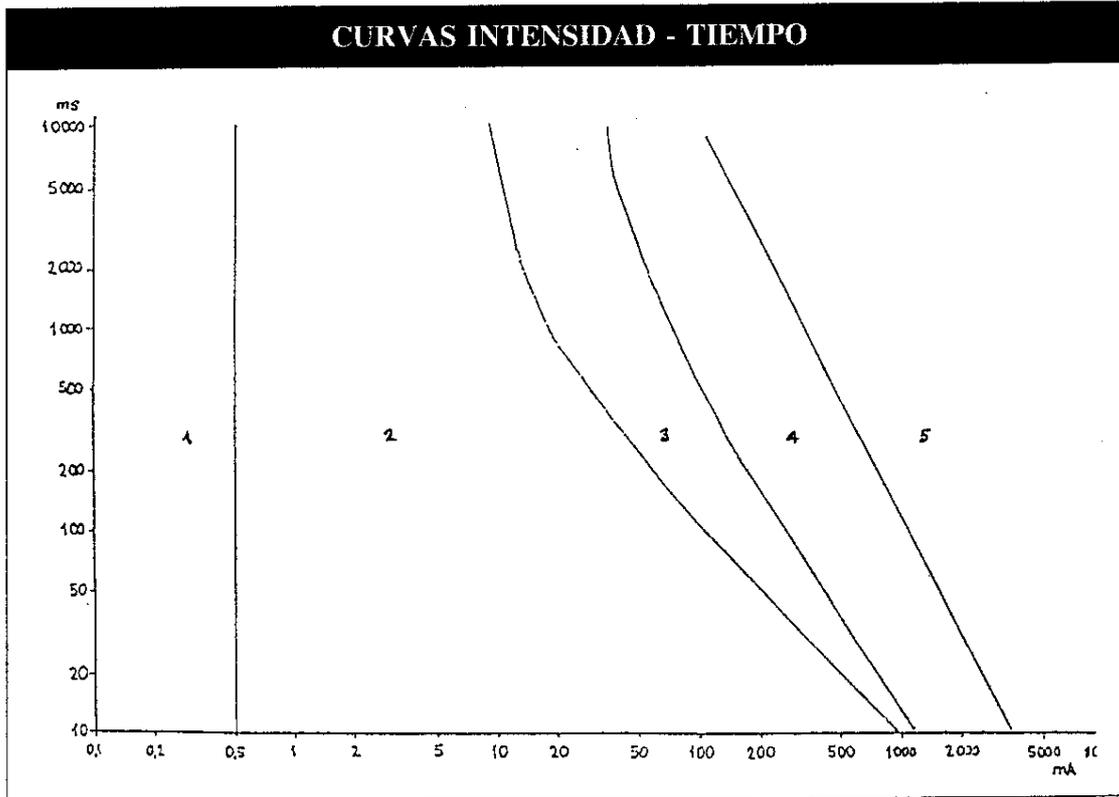


Figura n.º 6

Si se toma como umbral de seguridad 30 mA (por debajo de la cual no se produce fibrilación ventricular) podemos exponer la siguiente tabla (n.º 1.6), en donde se indican las tensiones de seguridad.

TENSIONES DE SEGURIDAD		
TIPO DE LOCAL	RESISTENCIA	TENSIÓN DE SEGURIDAD
Local húmedo	800 Ω	24 voltios
Local seco	1.500 Ω	45 voltios

Tabla n.º1.6

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión fija estos valores en 25 y 50 voltios respectivamente.

### 6.- Capacidad de reacción de las personas.

Parece claro que el efecto de la corriente cuando un cuerpo se electriza es muy diferente en función de las características de la persona afectada.

Algunas causas posibles serían:

- a) Su estado físico y psicológico.
- b) El alcohol que contenga.
- c) Si está dormido o despierto (un sujeto dormido aguanta, aproximadamente, el doble de intensidad que despierto).
- d) El nerviosismo o excitación del sujeto afectado.
- e) Si tiene o no problemas cardíacos.
- f) Otros como: sexo, fatiga, etc.

## **5.- EFECTOS TÉRMICOS DE ORIGEN ELÉCTRICO.**

### **I. Quemaduras.**

Mención aparte, por la distinta naturaleza de las lesiones, merecen las: *Quemaduras*.- Desde el punto de vista eléctrico, las quemaduras vienen provocadas por el desprendimiento de calor que el paso de la corriente provoca en los materiales por efecto Joule y la transferencia de energía térmica desde el agente productor al organismo. Las quemaduras eléctricas pueden originarse por:

- Calor radiante.
- Salpicaduras de metal fundido.
- Calor por contacto.
- Fuegos de origen eléctrico.

La barrera que nos protege de las quemaduras es la piel, que es capaz de soportar un amplio margen de temperaturas, con la condición de que el tiempo de exposición sea muy corto.

En la piel se distinguen, de fuera a dentro, tres capas superpuestas:

*La epidermis:* Capa exterior de las células de la piel de espesor inferior a 0,1 mm. Esta capa no contiene células nerviosa ni vasculares y su función es proteger las capas de piel subyacentes.

*La dermis :* Su espesor es de unos 2 mm y contiene vasos sanguíneos y terminaciones nerviosas.

*La hipodermis:* Capa más profunda constituida por la grasa subcutánea.

Por su severidad las quemaduras se clasifican en:

- Quemaduras de primer grado
- Quemaduras de segundo grado y
- Quemaduras de tercer grado.

Según que produzcan enrojecimiento de la piel, destruyan la epidermis formándose ampollas en la piel o destruyan gran parte de la dermis, presentándose úlceras que dejan cicatrices permanentes al curar.

Los riesgos por quemaduras se pueden clasificar en tres grupos:

- a) Quemaduras electrotérmicas, ocasionadas a causa del calor que se produce al paso de la corriente eléctrica a través del organismo, que puede provocar trombosis, coágulos, cangrena o lesiones del sistema nervioso.
- b) Quemaduras por efectos térmicos o por arco eléctrico, que pueden superar los 2.500 °C.
- c) Quemaduras por llama, por ignición de las ropas de la víctima, por chispas o por arco eléctrico.

## **6.- INCENDIOS Y EFECTOS DEL FUEGO EN LAS INSTALACIONES ELECTRICAS.**

### **I. Incendios.**

Los riesgos por incendio pueden darse debido a:

- a. La instalación eléctrica puede presentar peligro de incendio para otros materiales instalados en su proximidad.
- b. La temperatura de los materiales eléctricos fijos pueden alcanzar valores susceptibles de ocasionar un incendio.
- c. Los materiales eléctricos pueden ser susceptibles de originar arcos o chispas.
- d. Los materiales combustibles componentes del equipo eléctrico se pueden propagar fundidos o ardiendo a otras partes del edificio.
- e. También pueden desprender gases tóxicos o humos

### **II. Efectos del fuego en las instalaciones eléctricas.**

Se puede constatar que, mientras las víctimas de accidentes de electrocución son proporcionalmente más abundantes entre los profesionales de la electricidad, las víctimas de incendios, de origen eléctrico o no, son más abundantes entre los usuarios de los equipos eléctricos y buena parte de dichos usuarios sufren daños, no a consecuencia del incendio en sí, sino debido a la emisión de gases tóxicos y humos que se desprenden de los aislamientos y cubiertas de los equipos eléctricos, fundamentalmente los cables y sus canalizaciones, debido a su mayor difusión en la instalación.

## **7.-MEDIDAS PREVENTIVAS Y DE PROTECCIÓN CONTRA LOS DAÑOS DE ORIGEN ELECTRICO EN BAJA TENSION.**

### **I Medidas contra los contactos eléctricos directos.**

Estas están previstas para proteger a las personas contra los peligros derivados del contacto directo con partes activas.

Según el RD 614/2001 y definidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, las medidas pasivas para evitar los contactos directos son las siguientes:

#### **1. Separación de las partes activas.**

Consiste en la separación de 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 habitualmente cerca de la instalación. Se considera zona alcanzable con la mano la que, medida a partir del punto donde la persona pueda estar situada, está a una distancia límite de 2,5 metros hacia arriba, 1 metro lateralmente y hacia abajo, tomando como punto de referencia el situado en el suelo entre los 2 pies (Figura n.º7).

Si habitualmente se manipulan objetos conductores (tubos, barras, etc.), estas distancias deberán aumentarse de acuerdo con la longitud de dichos elementos conductores, ya que las distancias fijadas por el Reglamento hacen referencia al alcance de la mano.

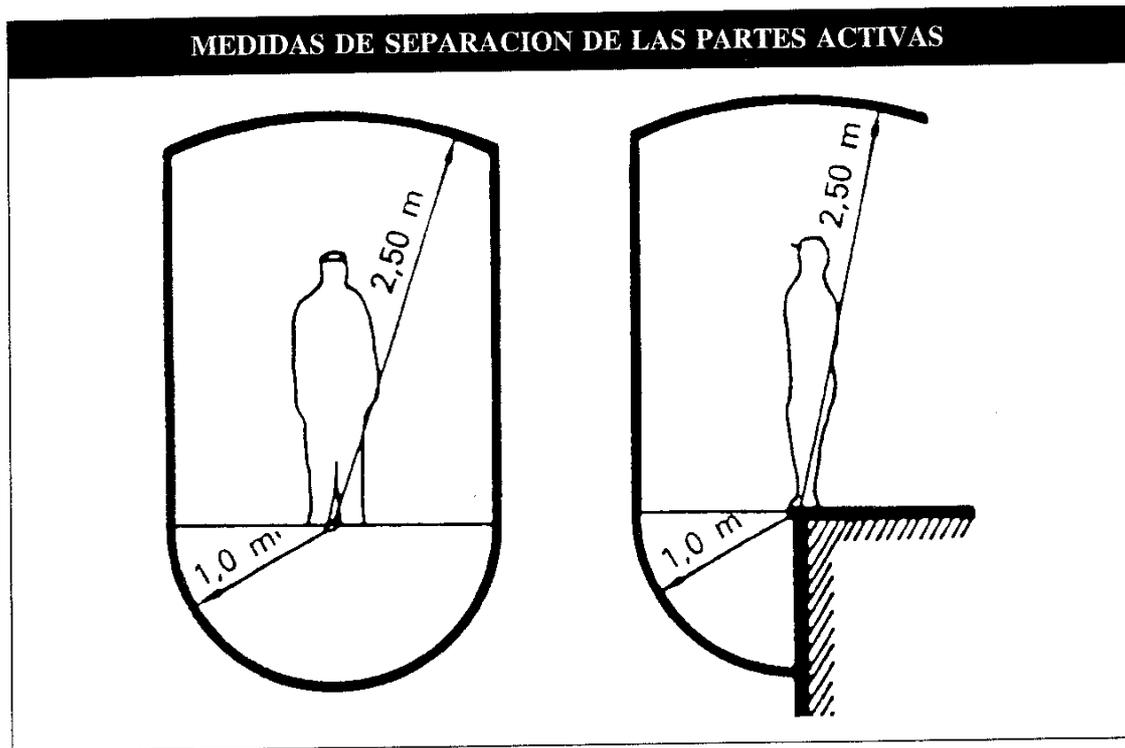


Figura n.º 7

## 2. Aislamiento de las partes activas.

Consiste en el aislamiento de las partes activas mediante un aislamiento apropiado, capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que evite una tensión de contacto que origine una intensidad de un valor superior a 1 mA. La resistencia del cuerpo humano será considerada como 2.500 ohmios.

No se consideran satisfactorias a este fin las pinturas, lacas y barnices aplicadas para recubrir las partes activas.

## 3. Interposición de obstáculos que impidan los contactos.

Se trata de la interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas al descubierto de la instalación. Los obstáculos de protección (tabiques, rejillas, pantallas, etc.) deben estar fijados de forma segura y resistir los esfuerzos mecánicos usuales.

Si los obstáculos son metálicos, se considerarán como masas y deberán estar protegidos contra los contactos indirectos.

## II. Medidas contra los contactos eléctricos indirectos.

Están concebidas para proteger a las personas contra los peligros que pueden derivarse de un defecto de aislamiento entre las partes activas y masa u otras partes conductoras accesibles.

Según la Instrucción Complementaria MIBT 021, apartado 2, del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, es preceptivo establecer sistemas de protección contra contactos indirectos en aquellas instalaciones con tensiones superiores a los 50 V., agrupándose en dos clases: Clase A y Clase B.

## Clase A

Consistente en suprimir el riesgo haciendo que los contactos no sean peligrosos e impedir los contactos simultáneos entre las masas y los elementos conductores. Las de más frecuente uso son:

### a) Separación de circuitos.

Este sistema de protección consiste en separar los circuitos de utilización respecto de la fuente de energía por medio de transformadores, manteniendo aislado todos los conductores del circuito de utilización, incluido el neutro (Figura n.º8).

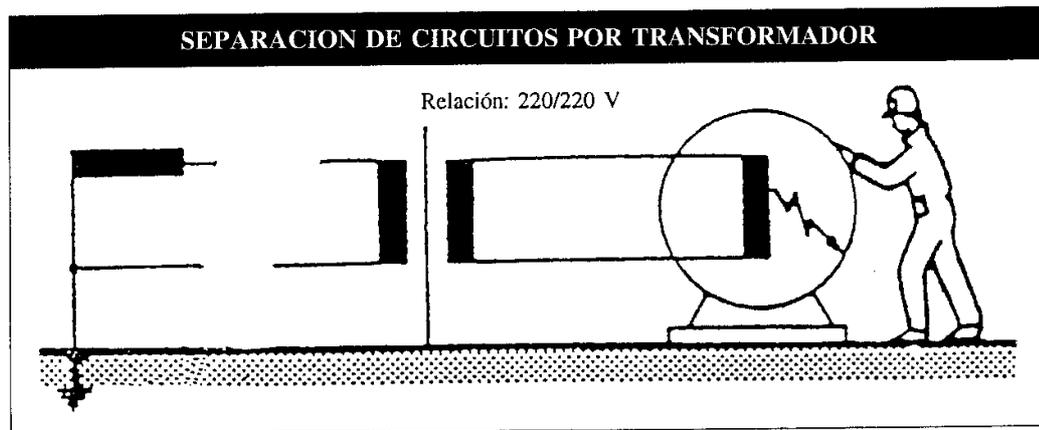


Figura n.º 8

### b) Empleo de pequeñas tensiones de seguridad.

Los valores utilizados son de 24 V. de valor eficaz, para locales húmedos o mojados y 50 V. para locales secos. La tensión de seguridad será suministrada por transformadores, baterías, etc. y estarán aisladas de tierra.

### c) Separación de las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamiento de protección.

El doble aislamiento está señalado con el símbolo:  $\square$

Este símbolo se aplica en máquinas herramientas portátiles, aparatos electrodomésticos pequeños, interruptores, pulsadores, etc.

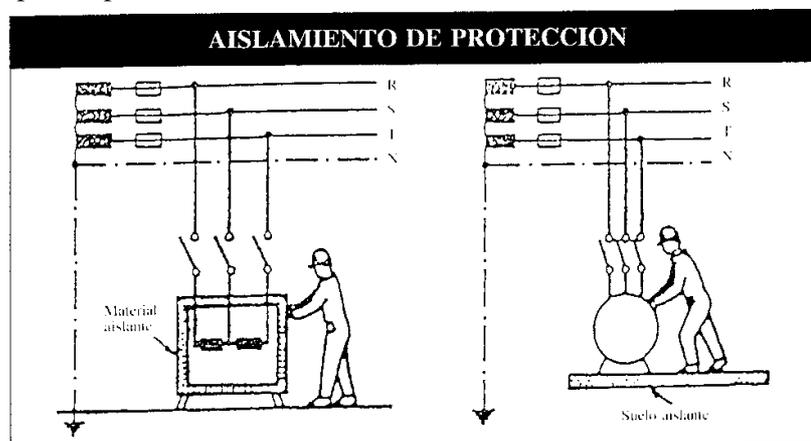


Figura n.º 9

#### **d) Conexiones equipotenciales de las masas.**

Este sistema de protección consiste en unir entre sí todas las masas de la instalación a proteger y a los elementos conductores simultáneamente accesibles, para evitar que puedan aparecer, en un momento dado, diferencias de potencial peligrosas entre ambos.

Esto se consigue uniendo por medio de un conductor de protección y a través de uniones de muy débil resistencia:

\* Todas las masas entre sí.

\* Con los elementos conductores de la edificación susceptibles de contacto (tuberías, radiadores, etc.).

\* Y con los electrodos de puesta a tierra, si nos interesa proteger y también contra la tensión  $V_{masa}$  y  $V_{suelo}$ .

Se trata de crear una jaula de Faraday en el recinto a proteger de tal manera que, en el caso de circulación de corriente, ésta no crea caídas de tensión peligrosas.

#### **B. Limitaciones**

La principal limitación de este sistema de protección está en que por sí solo, aunque evite el riesgo, no hace desaparecer la causa que provoca el fallo, pudiendo éste persistir y poniendo en grave peligro al operario al abandonar o entrar en el local o emplazamiento protegido.

Por ello, es necesario asociar a este sistema de protección otro de la *Clase B* (medidor de aislamiento, en el caso de emplazamientos o locales aislados o dispositivos de corte como interruptores diferenciales).

Igualmente, se ha de tener sumo cuidado en la realización de este sistema, introduciendo manguitos aislantes siempre que exista peligro de propagación de tensiones peligrosas a otros locales. Esta condición es difícil de respetar si la instalación no se realiza en obra, por lo que hace muy limitado el uso de este sistema de protección.

#### **Clase B**

Consiste en la puesta de las masas directamente a tierra o a neutro, y, además, en la dotación de un dispositivo de corte automático que dé lugar a la desconexión de las instalaciones defectuosas.

Los principales sistemas de protección Clase B son:

##### **1. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto.**

Este sistema de protección evita la persistencia de una tensión peligrosa entre la masa de la instalación y un punto de tierra, produciéndose el corte automático en un tiempo menor de 5 seg.

##### **2. Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.**

Este sistema de protección consiste en unir las masas metálicas de la instalación al conductor neutro, de tal forma que los defectos francos de aislamiento se transformen en cortocircuitos entre fase y neutro, provocando el funcionamiento del dispositivo de corte automático. Los dispositivos de corte utilizados serán interruptores automáticos o cortocircuitos fusibles.

##### **3. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.**

Este sistema de protección consiste en unir las masas metálicas de la instalación a la tierra mediante electrodos o grupo de electrodos enterrados en el suelo, de tal forma que las

carcasas o partes metálicas no puedan quedar sometidas por defecto de derivación a una tensión superior a la de seguridad. Para ello, se utilizan como dispositivos de corte los diferenciales. Estos diferenciales serán de mayor sensibilidad cuanto mayor sea la resistencia de la tierra a la que está unido el circuito de protección.

#### 4. Empleo de interruptores diferenciales.

La misión de los diferenciales es la siguiente:

\* Reducir el tiempo de paso de la corriente por el cuerpo humano, mediante la interrupción rápida.

\* Reducir la corriente que pasa por el cuerpo humano, a un valor suficientemente bajo.

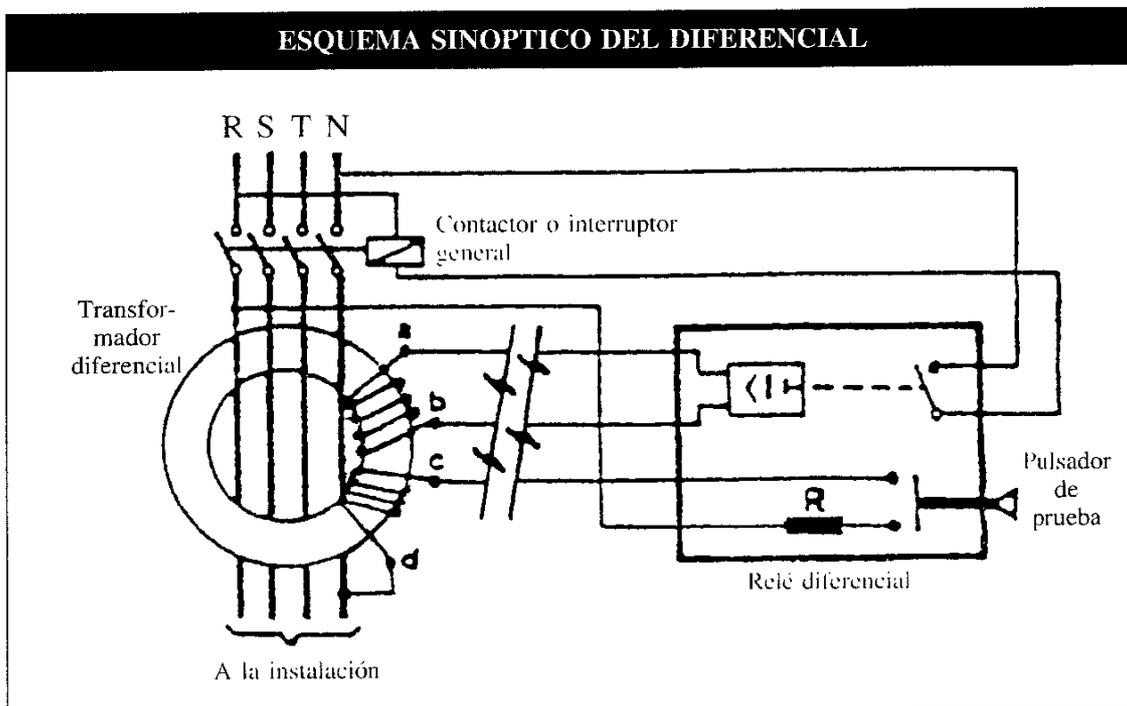


Figura n.º 10

Teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables para el cuerpo humano en que puede producirse la fibrilación según los valores intensidad/tiempo, se estima que la sensibilidad debe de ser 25 a 30 mA y el tiempo de disparo menor de 250 m. seg.

Principio de disparo del diferencial. El diferencial como se observa en la fig. 10, está constituido por un toroidal magnético que es atravesado por las fases y neutro de la instalación a proteger y al cual están enrollados, un devanado secundario "a-b" que conecta al elemento de detección y éste, a su vez, al interruptor de disparo y un devanado de prueba "c-d".

La detección de la corriente diferencial está basada en que los flujos magnéticos inducidos en el núcleo del toroidal por las intensidades de entrada y salida se anulan recíprocamente. Si se produce una intensidad de defecto, el flujo magnético se desequilibra induciendo una tensión en el devanado secundario; si esta tensión sobrepasa los límites fijados, equivalente a una derivación de 30 mA., actúa el elemento disparador poniendo al diferencial fuera de servicio.

El pulsador de prueba somete al toro a un desequilibrio a través de su devanado, produciendo el disparo del interruptor general como si de un defecto se tratara.

## 5. Resumen.

Lo habitual en la zona de distribución andaluza es que:

Al objeto de proteger tanto a las personas como a las instalaciones contra los contactos directos e indirectos se utilice el método de puesta a tierra de las masas y sistema de corte por intensidad de defecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada.

Para la protección contra sobrecargas (sobrecargas y cortocircuitos) se utilizan los interruptores magnetotérmicos, cortacircuitos fusibles y relés térmicos, de diversas clases y calibres.

## 8.-MEDIDAS DE PREVENCIÓN PARA TRABAJOS Y MANIOBRAS ELÉCTRICAS EN BAJA TENSIÓN.

La clasificación de las instalaciones eléctricas, según el valor nominal de la tensión y de acuerdo con el R.E.B.T. se muestra en la tabla 1.7.

<b>CLASES DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS SEGÚN EL VALOR NOMINAL DE LA TENSIÓN</b>		
<b>CLASE DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>	<b>TENSIÓN NOMINAL</b>	
	<b>Corriente alterna</b>	<b>Corriente continua</b>
<b>De pequeña tensión</b>	V < 50 Voltios	V < 75 Voltios
<b>De baja tensión</b>	V < 1.000 Voltios	V < 1.500 Voltios
<b>De alta tensión</b>	V >1.000 Voltios	V >1.500 Voltios

Tabla 1. 7

Para efectuar trabajos en instalaciones eléctricas con tensiones usuales (entre 50 y 500 V. corriente alterna de 50 Hz) y pequeñas tensiones (menores o iguales a 50 V. eficaces) es preciso atenerse a unas reglas en cuanto a:

- \* La aplicación de unos métodos de trabajo especificados.
- \* La forma de proceder en cada trabajo.
- \* La formación del personal.

Previamente a iniciar cualquier trabajo en Baja Tensión, hay que proceder a identificar el conductor o instalación en donde se tiene que efectuar el mismo.

Toda instalación será considerada bajo tensión mientras no se compruebe lo contrario con aparatos destinados al efecto.

### **I. Trabajos que se realicen sin tensión.**

Esta norma de seguridad es la que debe ser llevada a la práctica generalmente y a ser factible sólo excepcionalmente se permitirá trabajar con tensión.

Las principales condiciones a cumplirse son las indicadas en el RD 614/2001.

\* Será aislada la parte en que se vaya a trabajar de cualquier posible alimentación, mediante la apertura de los aparatos de seccionamiento más próximos a la zona de trabajo.

\* Será bloqueado en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de seccionamiento citados, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.

\* Se comprobará mediante un verificador la ausencia de tensión en cada una de las partes eléctricamente separadas de la instalación (fases, ambos extremos de los fusibles, etc.).

\* No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos, sin comprobar que no existe peligro alguno.

Como complemento de estas medidas se puede añadir que es recomendable que los aparatos de seccionamiento sean de corte visible, con objeto de que se pueda apreciar visualmente que se han abierto todos los contactos.

El letrero o señalización a colocar ha de ser de material aislante con una zona en donde pueda figurar el nombre del operario que realiza los trabajos.

Los comprobadores de tensión estarán protegidos y dotados de puntos de pruebas aislados menos en sus extremos en una longitud lo más pequeña posible para evitar cortocircuitos en las mediciones.

La señalización solamente será retirada por el operario que la colocó y cuyo nombre figura en ésta.

## II. Trabajos que se realicen con tensión.

Además del equipo de protección personal (casco, gafas inactivas, calzado aislante, ropa ignífuga, etc.), se empleará en cada caso el material de seguridad más adecuado entre los siguientes:

1. Guantes aislantes homologados.
2. Alfombras o banquetas aislantes.
3. Vainas o caperuzas aislantes.
4. Comprobadores de tensión.
5. Herramientas aislantes homologadas.
6. Material de señalización (discos, barreras, etc.).

Al realizar trabajos en tensión habrá que considerar no sólo el riesgo de contacto eléctrico con partes activas, sino también la posible formación de arcos eléctricos por cortocircuito.



Figura n.º 11

La ropa de trabajo de los electricistas y operadores eléctricos será resistente al calor, de tal manera que en caso de producirse un arco no la inflame, aumentando las lesiones, desaconsejándose la ropa acrílica y utilizando ropa de algodón o de tipo ignífugo.

Las comprobaciones de tensión para averías, reparaciones, etc., serán consideradas como un trabajo con tensión, por lo que se usarán los elementos de protección antes citados (guantes aislantes, gafas de protección ocular).

### III. Métodos de trabajo.

Durante la realización de cualquier trabajo el operario ha de tener su cuerpo aislado de cualquier posible circulación de corriente por él, así como de que no se produzcan contactos entre fases o fase y tierra, que den lugar a arcos accidentales que puedan alcanzarle.

Para ello, se podrán utilizar, según los casos, las medidas de prevención que aparecen en la tabla 1.8.

<b>MEDIDAS DE PREVENCIÓN A ADOPTAR TANTO TÉCNICAS COMO PERSONALES</b>		
<b>De forma general</b>	* Antes de cada trabajo.	* Se comprobará el buen estado de los guantes aislantes y de las herramientas, materiales y equipo.
	* Accesorios aislantes.	* Pantallas cubiertas, etc.
	* Dispositivos aislantes.	* Plataformas, banquetas, alfombras.
	* Protecciones personales.	* Guantes, gafas, casco.
<b>En los casos de cables subterráneos</b>	* Asegurar el revestimiento de la zanja o canalización y de las masas con las que el operario pueda entrar en contacto al mismo tiempo que con el conductor en tensión.	* Protectores, tubos vinílicos.
	* Toda persona que pueda tirar de un operario, bien directamente o por medio de herramientas u otros útiles, llevarán ...	* Guantes aislantes y estar situado sobre superficie aislante.

Tabla 1.8

### IV. Formación del personal.

El personal encargado de realizar trabajos en instalaciones eléctricas en tensión estará adiestrado en los métodos de trabajo a seguir en cada caso y en la utilización del material de seguridad, equipo y herramientas aislantes homologadas.

## **9.-MEDIDAS DE SEGURIDAD EN EL LABORATORIO. NORMAS DE FUNCIONAMIENTO.**

Las normas de actuación que deben de ser seguidas en el laboratorio a la hora de realizar las prácticas con el objeto de minimizar los riesgos eléctricos y la protección de las instalaciones son las que se detallan a continuación.

1. Leer detenidamente la ficha de prácticas y entenderla.
2. Dibujar si es necesario los esquemas correspondientes.
3. Comprobar que están en buen estado todos los elementos.
4. Cableado del circuito.
5. Revisión del circuito y autorización explícita de conexión por parte del profesor o persona autorizada.
6. Cierre del interruptor y puesta en marcha.
7. Toma de medidas.
8. Apertura del interruptor automático una vez terminadas la toma de medidas.
9. Desconexión de los cables unidos a las fuentes de tensión y desmontaje del circuito.

## **10.-TRABAJO A REALIZAR POR EL ALUMNO**

**A°.-** Con una extensión máxima de un folio por las dos caras, hacer un resumen del tema, con lo que le haya parecido más importante, más novedoso, más preocupante, etc; así como la impresión personal de esta práctica.

**B°.-** Contestar a las siguientes preguntas tipo test:

1ª.-Podemos considerar como riesgo eléctrico el originado por la energía eléctrica y se consideran:

- a) Los incendios o explosiones originados por la electricidad.
- b) Las caídas o golpes como consecuencia de choque o arco eléctrico.
- c) Las quemaduras por choque eléctrico, o por arco eléctrico.
- d) Los choques eléctricos por contacto con elementos en tensión, o masas puestas accidentalmente en tensión.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

2ª.-Los efectos fisiológicos de la corriente, al circular por el cuerpo humano, dependen de los siguientes factores:

- a) De la intensidad de corriente y de la tensión.
- b) Del tiempo de contacto y de la resistencia del cuerpo entre los puntos de contacto.
- c) Del recorrido de la corriente por el cuerpo y de la frecuencia de la corriente.
- d) De las condiciones fisiológicas de la persona.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

3ª.-El valor de la intensidad que recorre el cuerpo humano:

- a) No es importante sólo la tensión a la que está sometido.
- b) Circula por el cuerpo humano y no se ajusta a la ley de Ohm.
- c) Es un factor que va a condicionar la gravedad del accidente puesto que a mayor intensidad el accidente puede ser más grave.
- d) Es constante en el cuerpo humano.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

4ª.-La impedancia que ofrece el cuerpo humano al paso de la corriente:

- a) No es un valor constante.
- b) Varía con la tensión y el tiempo de contacto.
- c) Depende del estado de humedad de la piel.
- d) Depende de la superficie de contacto.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

5ª.-Entre las medidas preventivas contra los contactos eléctricos directos tenemos:

- a) Empleo de pequeñas tensiones de seguridad.
- b) Conexiones equipotenciales de las masas.
- c) No separar circuitos.
- d) Separación de las partes activas.
- e) Todas las respuestas anteriores son válidas.
- f) Ninguna respuesta es válida.

Cº.- El alumno debe de proponer dos preguntas tipo test relacionadas con el tema y decir cuál sería la solución en cada caso.