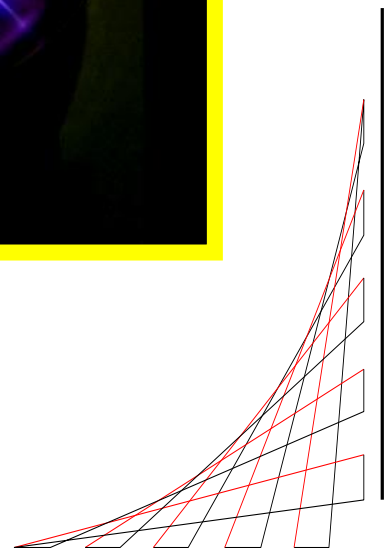


# **ELECTRICIDAD EM EL CUERPO HUMANO PROTOCOLO**

**Curso de Laboratorio de Condiciones de  
Trabajo.**



**EDICION 2009-2  
FACULTAD INGENIERIA INDUSTRIAL  
LABORATORIO DE PRODUCCION**



## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
OBJETIVOS .....	3
INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD .....	4
1 MARCO TEÓRICO.....	5
1.1 Conceptos Generales.....	5
1.2 Corriente eléctrica y el ser humano .....	8
1.2.1 Contacto eléctrico.....	8
1.2.2 Efectos de la corriente eléctrica en la persona .....	9
1.2.3 Puntos de contacto de la corriente con el cuerpo de la persona. ....	12
1.3 Electrización.....	12
1.3.1 Procesos de electrización.....	13
1.3.2 Descargas disruptivas .....	13
1.3.3 Descargas electrostáticas y peligros de incendio y explosión .....	14
1.4 Sistemas eléctricos .....	15
2 PRINCIPIOS DE PROTECCIÓN.....	16
2.1 Causas de accidentes eléctricos .....	16
2.2 Prevención a partir de la disminución de cargas eléctricas.....	17
3 Prevención a partir de aislamientos .....	19
3.1 Dispositivos de protección para contactos directos e indirectos.....	19
3.1.1 Protección contra los contactos directos.....	19
3.1.2 Protección contra los contactos indirectos .....	20
4 Normas y reglamentos .....	20
6 INSTRUMENTO DE MEDICIÓN .....	21
4. PRACTICA.....	22
7 BIBLIOGRAFÍA .....	23
8 CONTENIDO DEL INFORME DE LA PRÁCTICA .....	24

## INTRODUCCIÓN

En la sociedad actual, el uso de energía eléctrica ha incrementado, debido a que ésta es fundamental para el desarrollo de la vida moderna. Todas las industrias, funcionan gracias a la energía eléctrica y es por esta razón que se debe tener información correcta acerca de los riesgos que se pueden generar, teniendo en cuenta que se puede poner en riesgo la vida humana. Los riesgos de origen eléctrico aumentan los accidentes mortales por las descargas eléctricas debidas al contacto de personas con partes eléctricas bajo tensión.

Para poder prevenir los graves daños y lesiones que una descarga eléctrica genera, se deben adoptar medidas de protección adecuadas que se estudiaran en el desarrollo de este protocolo.

## OBJETIVOS

Los objetivos que persigue la correcta realización de esta práctica son:

- Conocer como una descarga eléctrica influye en el rendimiento de un trabajador y los efectos en la salud.
- Manejar los conceptos relacionados con descargas eléctricas.
- Aprender una metodología de obtención de datos y compararlos con los valores límites permisibles para establecer el nivel de riesgo.
- Aplicar los conceptos aprendidos a un ejercicio práctico

## INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Para evitar lesiones y accidentes durante la práctica o daños en los instrumentos utilizados, es necesario que los estudiantes tengan en cuenta:

- Seguir las instrucciones impartidas por el monitor para la realización correcta de la práctica y tener conocimiento previo del contenido de esta.
- Utilizar los elementos de protección personal que sean requeridos en cada una de las áreas a evaluar.
- En la toma de medidas y datos, tener especial cuidado al aproximar las manos y el dispositivo de medición a máquinas en movimiento, posibles fuentes de energía, elementos a altas temperaturas o fuentes de riesgo para el analista y el equipo de trabajo.
- Buscar interferir lo menos posibles con el personal y ambiente de trabajo, para evitar generar fuentes de distracción o variaciones en las condiciones normales de trabajo.

## 1 MARCO TEÓRICO.

### 1.1 Conceptos Generales

A continuación se menciona algunos conceptos importantes para el desarrollo correcto de la práctica:

- **Definición electricidad:**  
Es un fenómeno físico, que tiene como origen las cargas eléctricas y su energía se representa en efectos térmicos, mecánicos, luminosos, químicos, etc. Dentro de la naturaleza se puede observar un claro ejemplo, los rayos, los cuales se dan debido a la transferencia de energía entre la ionosfera y la superficie terrestre. También encontramos electricidad en el sistema nervioso del cuerpo humano, en electrodomésticos que usamos diariamente en nuestras casas y en los dispositivos eléctricos que las grandes industrias utilizan.
- **Carga electrical:**  
Es una propiedad de partículas subatómicas que indican la pérdida o ganancia de electrones. Éstas se manifiestan en atracción y repulsión de las mismas. En la naturaleza existen básicamente dos tipos de cargas, llamadas electrones, cuando hay carga negativa y protones que indica carga positiva. Sus unidades son culombios (símbolo C).
- **Electricidad estática:**  
Se tiene electricidad estática cuando en los objetos se forman cargas eléctricas que no se desplazan. Si las cargas circulan, se establece una corriente y la electricidad ya no es estática. Dicho término es utilizado para designar cualquier proceso que dé por resultado la separación de cargas eléctricas positivas y negativas. La conducción se mide con una propiedad denominada conductancia, mientras que un aislante se caracteriza por su resistividad.
- **Voltaje:**  
También conocido como tensión o diferencia de potencial. Esta magnitud, desde un suministro de energía eléctrica hace impulsar a los electrones en un circuito cerrado de tal manera que genera un flujo de corriente eléctrica. Su unidad son los voltios, que se representan por la letra V.

- Resistencia:

Es conocida como la dificultad que un objeto presenta para el paso de corriente a través del mismo, lo cual genera una diferencia de potencial. La resistencia de un material depende de ciertas características del mismo por lo que será necesario conocer su longitud, área transversal y resistividad, para hallar su resistencia. Se simboliza con la letra R y sus unidades son los Ohmios, representadas por la letra  $\Omega$ . Hoy en día existen tablas de colores que nos permiten saber el valor de los ohmios de un elemento.

- Corriente:

También conocido como intensidad eléctrica. Se refiere al flujo de carga por unidad de tiempo que pasa a través de un material, este flujo se debe al movimiento de los electrones. Se representa con la letra I y su unidad de medida son los amperios, denominados con la letra a. El paso de corriente en el cuerpo humano puede llegar a causar serios daños en el mismo, si éste llega a ser de 50 miliamperios o más a través del corazón, la persona muere.

- Resistividad:

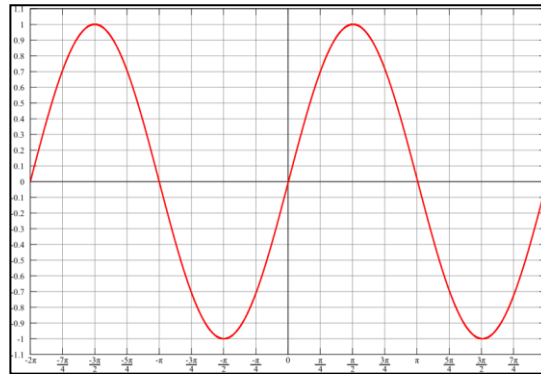
Grado de dificultad que encuentran los electrones en sus desplazamientos, se designa con la letra griega rho minúscula y se mide en ohm por metro. Esta medida ayuda a calcular la resistencia de un objeto. Algunos materiales conocidos como buenos conductores, como por ejemplo el metal, tienen una resistividad baja, mientras que los materiales aislantes, como por ejemplo los polímeros, tienen una resistividad alta.

- Impedancia:

Es la propiedad que tiene un componente para limitar el paso de corriente a través de un circuito. Tiene una parte real que es la resistencia y una parte imaginaria que es la reactancia (La ley de Lenz dice que todo conductor sometido a un campo magnético variable, crea en sí una corriente inducida que tiende a oponer sus efectos a la causa que la produce.<sup>1</sup>).

---

<sup>1</sup> Tomado de: [http://es.wikipedia.org/wiki/Reactancia\\_inductiva](http://es.wikipedia.org/wiki/Reactancia_inductiva)



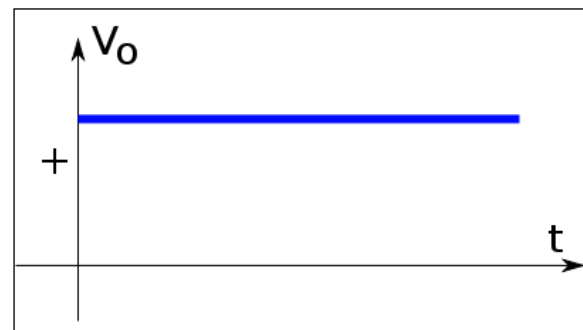
**Figura 1.** Relación de frecuencia y amplitud en una onda sinusoidal para corriente alterna.

- Corriente alterna:

Denominada a la corriente eléctrica en la que la magnitud y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda sinusoidal, como se ve en la Figura 1, puesto que se consigue una transmisión más eficiente de la energía.

- Corriente continua:

Es el flujo continuo de electrones a través de un conductor entre dos puntos de distinto potencial. a diferencia de la corriente alterna, en la corriente continua las cargas eléctricas circulan siempre en la misma dirección (es decir, los terminales de mayor y de menor potencial son siempre los mismos). 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.



**Figura 2.** Relación de tiempo y voltaje en una onda sinusoidal para corriente continua.

- **Conductancia:**

La conductancia se encuentra directamente relacionada con la facilidad que un material ofrece al paso de corriente, es decir es lo opuesto a la resistividad. Mientras que los metales tienen una alta conductancia, los aislantes tienen una baja conductancia. La conductancia se conoce como la inversa de la resistencia de un material.

## 1.2 Corriente eléctrica y el ser humano

Aunque a diario el ser humano está expuesto a diversas situaciones que lo obligan a utilizar un sistema eléctrico, son pocas las veces que este percibe lo peligroso que es sobre el cuerpo.

### 1.2.1 Contacto eléctrico

Entonces cuando se habla de contacto eléctrico es ese instante en donde el ser humano entra en contacto con la corriente eléctrica ya sea por una instalación o un sistema eléctrico que se encuentre en funcionamiento.

Al entrar en contacto, se tiene en cuenta las siguientes situaciones:

El sistema cuenta con una tensión (voltaje y/o corriente) que hay en el punto de contacto antes de que lo toque el individuo.

El individuo deberá soportar la tensión de contacto ( $V_C$ ) cuando se produzca el contacto.

Existen dos tipos de contactos:

- Contacto directo cuando la persona toca directamente al conductor. Para determinar la intensidad que pasa a través del cuerpo humano se utiliza la siguiente ecuación:

$$I_c = \frac{V_C}{R_C}$$

En donde:

$I_c$ : Corriente que circula por el cuerpo humano.

$V_c$ : Voltaje de contacto.

$R_c$ : Resistencia de contacto, aproximadamente  $2.500 \Omega$  según normatividad Española.

Sin embargo, la resistencia del cuerpo humano es la suma de la resistencia de la piel ( $r$ ) en los puntos de contacto y de la resistencia interna del cuerpo ( $r$ ); la resistencia de la piel varía con factores ambientales y en parte depende de la tensión de contacto.



Otros factores como la presión, el área de contacto, el estado de la piel en el punto de contacto, y factores individuales influyen también en la resistencia; así pues, es poco realista el tratar de basar medidas preventivas en estimaciones de la resistencia de la piel, por el contrario, la prevención debe basarse en la adaptación de equipo y procedimientos a las personas, no a la inversa.

- Contacto indirectos cuando se llega al contacto por una falla del sistema de aislamiento.

$$I_a = \frac{V_c}{R_t + R_i}$$

En donde:

$I_c$ : Corriente que circula por el cuerpo humano, es llamada corriente de defecto o falla.

$V_c$ : Voltaje de contacto.

$R_c$ : Resistencia de contacto y/o puesta a tierra.

$R_i$ : Resistencia fallo del aislante.

### 1.2.2 Efectos de la corriente eléctrica en la persona

A continuación se enuncian algunos efectos fisiológicos que puede producir el paso de la corriente eléctrica sobre el organismo:

- Paro cardíaco:** debido al paso de corriente eléctrica el corazón se paraliza, sus consecuencias son irreversibles y pueden llegar a la muerte.
- “Fibrilación ventricular:** Es una falta de sincronización de las contracciones musculares del corazón, que produce una alteración del ritmo cardiaco debido al paso de la corriente eléctrica y que puede degenerar en un paro cardíaco. Se considera como la causa principal de muerte por choque eléctrico.”<sup>2</sup>
- Contracción muscular (o tetanización):** movimiento incontrolado de los músculos debido a la acción de la corriente eléctrica, con pérdida de control en brazos y piernas. Cuando sucede la persona queda sujeta al elemento que transmitía la tensión y es incapaz de soltarse por sí sola.
- Asfixia:** es la contracción de los músculos de los pulmones y se manifiesta en el individuo como dificultad para respirar; puede ocasionar paro respiratorio hasta llegar a la muerte.

<sup>2</sup> SEGURIDAD ELÉCTRICA., Jaume Nogués.  
[http://www.xtec.es/~jnogues%20documents/Seguretat/Seguridad\\_%20electronica\\_1.pdf](http://www.xtec.es/~jnogues%20documents/Seguretat/Seguridad_%20electronica_1.pdf)

- e) **Aumento de la presión sanguínea:** se produce el paso de la corriente eléctrica por la sangre a lo largo de las arterias y las venas.
- f) **Quemaduras:** Se pueden producir por el paso de la corriente eléctrica o incendio de origen eléctrico.

Para efectos de comprensión se debe tener en cuenta la siguiente tabla, la cual muestra los efectos fisiológicos mencionados anteriormente vs. la intensidad producidos sobre una persona adulta, con un peso de 50 kg.

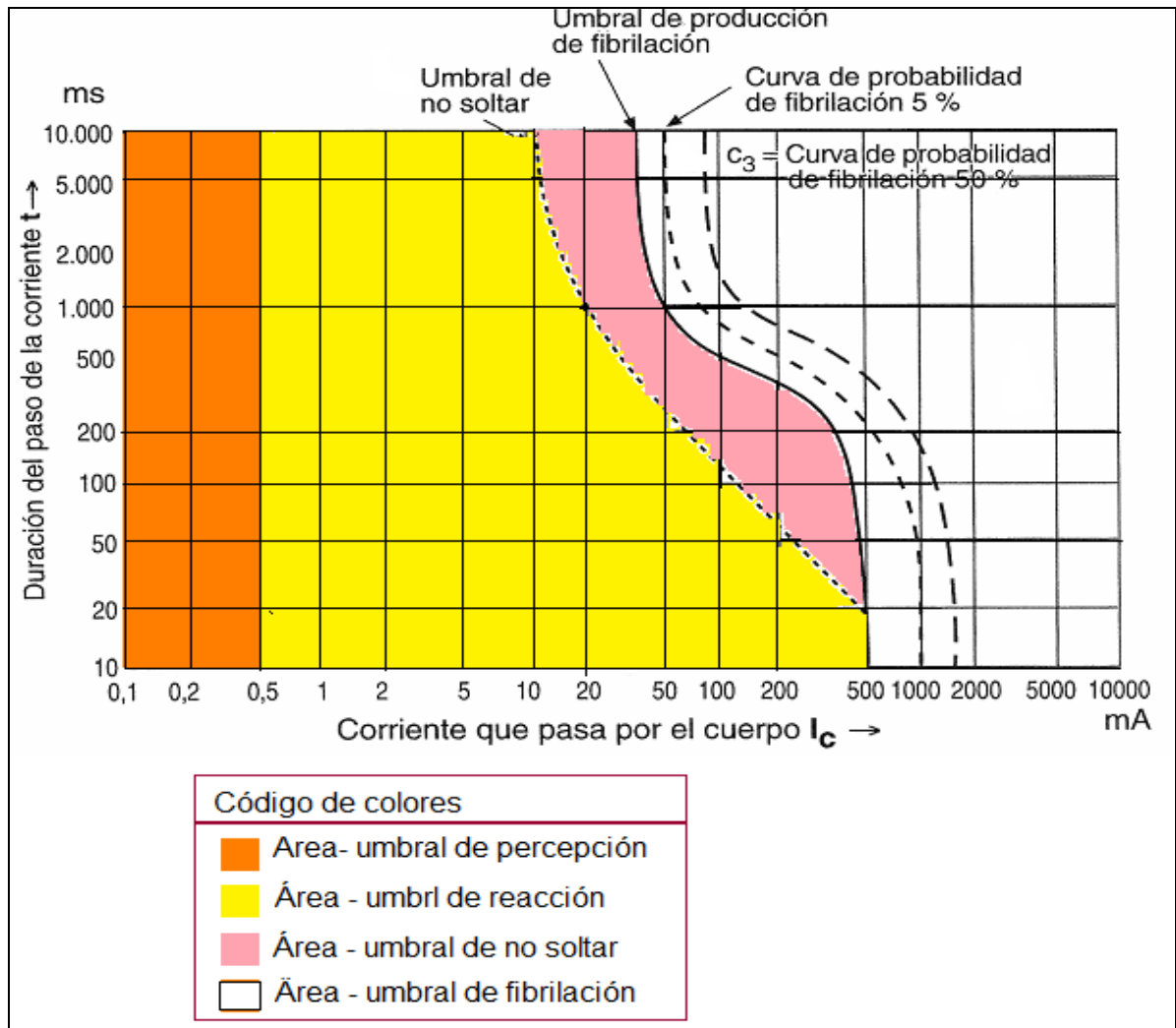
Intensidad	Efectos fisiológicos que se observan en condiciones normales
0 - 0,5 mA	No se observan sensaciones ni efectos. El umbral de percepción se sitúa en 0.5 mA
0,5 - 10 mA	Calambres y movimientos reflejos musculares. El umbral de no soltar se sitúa en 10 mA
10-25 mA	Contracciones musculares. Agarrotamiento de brazos y piernas con dificultad de soltar objetos. Aumento de la presión arterial y dificultades respiratorias.
25-40 mA	Fuerte tetanización. Irregularidades cardiacas. Quemaduras. Asfixia a partir de 4 segundos
40 - 100 mA	Efectos anteriores con mayor intensidad y gravedad. Fibrilación y arritmias cardiacas.
~ 1 A	Fibrilación y paro cardiaco. Quemaduras muy graves. Alto riesgo de muerte.
1 - 5 A	Quemaduras muy graves. Parada cardiaca con elevada probabilidad de muerte

Fuente: Seguridad Eléctrica. Jaume Nogués.  
[http://www.xtec.es/~jnogues%20/documents/Seguretat/Seguridad\\_%20electrica\\_1.pdf](http://www.xtec.es/~jnogues%20/documents/Seguretat/Seguridad_%20electrica_1.pdf)

**Tabla 1.** Efectos fisiológicos producidos por el paso de una intensidad eléctrica

La Tabla 1 se nombra los siguientes conceptos:

- **Umbral de percepción:** es el valor mínimo de corriente que genera una leve sensación en la persona con la que entra en contacto. (Ver rango en Tabla 2)
- **Umbral de reacción:** difiere al umbral de percepción porque existe una contracción muscular. (Ver rango en Tabla 2)
- **Umbral de no soltar (tetanización):** sucede cuando entra en contacto una persona con los valores máximos de corriente, esta se carga de electrodos que pueden soltarse. (Ver rango en Tabla 2)
- **Umbral de fibrilación ventricular:** valor que provoca fibrilación ventricular. (Ver rango en Tabla 2)



**Tabla 2.** Efecto de la corriente en la persona – Áreas umbral

En términos generales se contempla que dependiendo de los siguientes aspectos el efecto en la persona será diferente:

- Intensidad de la corriente eléctrica.
- Tiempo de contacto o de paso de la corriente.
- Tensión o diferencia de potencial.
- Resistencia del cuerpo entre los puntos de contacto.
- Trayectoria o recorrido de la corriente a través del cuerpo.
- Condiciones fisiológicas de la persona.

### 1.2.3 Puntos de contacto de la corriente con el cuerpo de la persona.

Otro factor importante es la trayectoria recorrida por la corriente a través del cuerpo, la cual varía la resistencia de la persona a este impacto. Es entonces cuando trayectorias que atraviesan órganos vitales como corazón, pulmones, cerebro entre otros representan un mayor riesgo en comparación con una trayectoria que atravesase el tronco.

Para determinar el factor de riesgo que se generaría si la persona entrara en contacto con la corriente se utiliza la siguiente ecuación.

$$I_R = I * f_{cc}$$

En donde:

$I_R$ : Corriente que llega al corazón

$I$ : Corriente del elemento conductor.

$F_{cc}$ : Factor de corriente de corazón (Ver Tabla 3)

Trayecto de la Corriente	Factor de corriente de corazón
Mano izquierda a pie izquierdo, a pie derecho o a los dos pies	1,0
Dos manos a los dos pies	1,0
Mano izquierda a mano derecha	0,4
Mano derecha a pie izquierdo, a pie derecho o a los dos pies	0,8
Espalda a la mano derecha	0,3
Espalda a la mano izquierda	0,7
Pecho a la mano derecha	1,3
Pecho a la mano izquierda	1,5
Glúteos a la mano izquierda, a la mano derecha o a las dos manos	0,7

**Tabla 3.** Factores de riesgo para el cuerpo dependiendo la trayectoria.

Por ejemplo una corriente de 22mA con un recorrido de glúteos a la mano izquierda, presenta un riesgo equivalente a una corriente de 15.4mA.

### 1.3 Electrificación

Se debe hacer una distinción entre electrificación y electrocución ya que la electrificación hace referencia a los individuos (vivos o fallecidos) que han experimentado descargas eléctricas y tiene lugar cuando hay una diferencia

de potencial entre dos puntos del organismo, mientras que la electrocución debe reservarse para casos seguidos de muerte. El peligro de accidentes eléctricos no surge del mero contacto con un conductor activo, sino del contacto simultáneo con un conductor activo y otro cuerpo a potencial diferente.

### **1.3.1 Procesos de electrización**

Para inducir electricidad basta con que haya contacto entre dos materiales. La fricción solo es un tipo de interacción que aumenta el área de contacto y genera calor: fricción es el término general que describe el movimiento de dos objetos en contacto; la presión ejercida, su velocidad de deslizamiento y el calor generado son los determinantes principales de la carga generada por fricción.

Cuando los dos sólidos en contacto son metales (contacto metal-metal), hay migración de electrones de uno al otro. Cada metal se caracteriza por un potencial inicial diferente y la naturaleza tiende siempre al equilibrio; es decir, los fenómenos naturales trabajan para eliminar las diferencias de potencial. Tal migración de electrones da lugar a la generación de un potencial de contacto. Como las cargas de un metal son muy móviles (los metales son conductores excelentes), las cargas se recombinarán incluso en el último punto de contacto antes de que los dos metales se separen.

El aumento o disminución del contenido de agua llega a invertir el sentido de la circulación de cargas. Cuando se juntan un sólido y un líquido (para formar una interfaz sólido-líquido), hay una transferencia de cargas por la migración de los iones existentes en el líquido. Tales iones surgen de la disociación de posibles impurezas o por reacciones electroquímicas de oxidación-reducción.

La electrización sólo ocurre si las cargas positivas o las negativas se adhieren con preferencia a la superficie del sólido.

Si a un cuerpo cargado (un electrodo) que tiene un radio pequeño (p. ej., un alambre) se le aplica una tensión alta (de varios kilovoltios), el campo eléctrico en la proximidad inmediata del cuerpo cargado es elevado, pero disminuye en seguida con la distancia. Si hay descarga de las cargas almacenadas, dicha descarga estará limitada a la región en que el campo eléctrico es más intenso que la rigidez dieléctrica de la atmósfera circundante, fenómeno conocido como efecto corona, porque el arco también emite luz.

### **1.3.2 Descargas disruptivas**

Una descarga disruptiva es aquella “descarga brusca que se produce cuando la diferencia de potencial entre dos conductores excede de cierto límite. Se

manifiesta por un chispazo acompañado de un ruido seco.”<sup>3</sup> Cuando el campo eléctrico inducido supera la capacidad del ambiente circundante para resistir a la carga (es decir, supera a la rigidez dieléctrica del ambiente), tiene lugar una descarga. (En el aire, la rigidez dieléctrica depende del producto de la presión por la distancia entre los cuerpos cargados).

Las descargas disruptivas adoptan las formas siguientes:

- Chispas o arcos que puentean dos cuerpos cargados (dos electrodos metálicos);
- Descargas parciales, o en escobilla, que puentean un electrodo metálico y un aislante, o incluso dos aislantes; estas descargas se denominan parciales porque el camino de conducción no pone en cortocircuito dos electrodos metálicos, sino que en general es múltiple y en forma de escobilla,
- Descargas en corona, conocidas también como poder de las puntas, que surgen en el fuerte campo eléctrico formado alrededor de cuerpos cargados o electrodos de radio muy pequeño.

El cuerpo humano es un conductor electrostático, con una capacidad típica respecto a tierra de unos 150 pF (picofaradios) y un potencial de hasta 30 kV (Kilovoltios). Como las personas son conductores aislados, pueden experimentar descargas electrostáticas, como la sensación (más o menos desagradable) que se nota cuando una mano se acerca a la manilla de una puerta o a otro objeto metálico.

Cuando el potencial alcanza el valor aproximado de 2 kV, se experimentará el equivalente a una energía de 0,3 mJ (mili julios), aunque este umbral varía de una persona a otra. Si las descargas son más fuertes, los movimientos reflejos involuntarios pueden originar caídas. En el caso de trabajadores que utilizan herramientas, ello puede dar lugar a lesiones en la víctima y en otras personas que se hallen trabajando cerca.

### **1.3.3 Descargas electrostáticas y peligros de incendio y explosión**

En atmósferas explosivas pueden tener lugar violentas reacciones de oxidación exotérmicas, con transferencia energética a la atmósfera, provocadas por llamas francas, chispas eléctricas, chispas de radiofrecuencia en las inyecciones de una emisora de radio potente, chispas producidas por colisiones (p. ej., entre metal y hormigón), descargas electrostáticas, etc.

---

<sup>3</sup> Tomado de <http://www.diclib.com/>, diccionario de la lengua Alkona.

El peligro de incendio asociado a las descargas electrostáticas se calcula tomando como referencia el límite inferior de inflamabilidad de los gases, vapores y sólidos o de los aerosoles líquidos. Donde se relaciona el límite de energía en Julios para que se dé la descarga.

El límite inferior de inflamabilidad (Ver Tabla 4) es la concentración mínima de gases, vapores o nieblas inflamables en aire, por arriba de la cual la mezcla no es explosiva. Se puede determinar que se necesita 1  $\mu\text{J}$  de energía para producir una descarga en explosivos.

DESCARGA	LÍMITE
Algunos polvos	Varios Julios
Aerosoles muy finos de azufre y aluminio	Varios milijulios
Vapores de hidrocarburos y otros líquidos orgánicos	200 microjulios
Hidrógeno y acetileno	20 microjulios
Explosivos	1 microjulio

**Tabla 4.** Límites inferiores típicos de inflamabilidad.

Se ha demostrado experimentalmente que cada sustancia inflamable tiene una distancia de seguridad máxima, correspondiente a la distancia entre electrodos mínima a la cual ocurre una explosión. En los hidrocarburos, esta distancia es menor que 1 mm.

Muchos procesos utilizados a diario para manipular y transportar sustancias químicas generan cargas electrostáticas. Entre ellas se cuentan el vertido de polvos desde sacos, el cernido, el transporte por tuberías, la agitación de líquidos, sobre todo en presencia de varias fases, sólidos suspendidos o gotas de líquidos no miscibles, el rociado o niebla de líquidos.

#### 1.4 Sistemas eléctricos

Los sistemas eléctricos se pueden clasificar de acuerdo con el grado de tensión que manejan, así pues tenemos:

- Alta tensión: aquellos en los que se utilizan tensiones alternas de valor eficaz superior a 1000 V o tensiones continuas superiores a 1500 V. Normalmente las instalaciones de alta tensión son de corriente alterna trifásicas y la tensión de las mismas se refiere al valor de su tensión de línea (tensión eficaz entre cada dos de los tres conductores de fase).

Hay por lo tanto instalaciones de alta tensión en las centrales eléctricas, las líneas eléctricas de transporte y distribución en alta tensión, las subestaciones eléctricas (instalaciones destinadas a maniobras de conexión y desconexión así como a transformación de la tensión), los centros de transformación, algunas instalaciones industriales cuando utilizan motores de gran potencia, (habituales en sectores como la siderurgia, la fabricación de cemento, etc.).

- **Baja tensión:** aquellos en los que se utilizan tensiones alternas de valor eficaz entre 50 V y 1000 V o tensiones continuas entre 75 V y 1500 V. Los sistemas eléctricos de baja tensión se utilizan fundamentalmente para la conversión de la energía eléctrica en otra forma de energía, porque la gran mayoría de receptores eléctricos están diseñados para el funcionamiento a baja tensión. Todas las instalaciones de baja tensión se alimentan con corriente alterna, habitualmente a tensiones eficaces de 120 V y 220 V las monofásicas, y de 380 V (tensión de línea) las trifásicas.
- **Muy Baja Tensión:** Corresponden a las tensiones menores de 24 V en lugares húmedos y de 50V en lugares secos no conductores. Se emplean estas instalaciones en los casos de aparatos con aislamiento funcional solamente, que deban ser utilizados en emplazamientos muy conductores (como depósitos metálicos, calderas, hornos, etc). La potencia de estos sistemas suele ser baja (inferior a 1 kW). Existen máquinas en las que se maneja una tensión muy alta, por lo que se considera bastante riesgoso manejarlas directamente a través de interruptores directos.

## **2 PRINCIPIOS DE PROTECCIÓN**

A continuación se enuncian algunos principios básicos a tener en cuenta.

### **2.1 Causas de accidentes eléctricos**

Para analizar la manera de prevenir accidentes eléctricos se debe tener en cuenta las causas de éstos. Éstas pueden ser internas o externas.

- Las causas internas comprenden tensiones excesivas, cortocircuitos, modificación de la forma de onda de la corriente, inducción, interferencia, corrientes excesivas, corrosión, que provoca fugas de corriente eléctrica a tierra, calentamiento de materiales conductores y aislantes, que pueden producir quemaduras en el operador, misiones de gases tóxicos, incendio de componentes y, en atmósferas inflamables, explosiones, fugas de líquidos aislantes, como el aceite,



generación de hidrógeno o de otros gases que favorezcan la formación de mezclas explosivas.

- Entre las causas externas se cuentan factores mecánicos (caídas, golpes, vibración), factores físicos y químicos (radiación natural o artificial, temperaturas extremas, aceites, líquidos corrosivos, humedad), viento, hielo, rayos, vegetación (árboles y raíces, secos y mojados), animales (en zonas urbanas y rurales), que pueden dañar el aislamiento de líneas de distribución de energía y, por lo tanto, provocar cortocircuitos o falsos contactos, y, no menos grave aunque se mencione en último lugar, adultos o niños inconscientes de los riesgos y de los procedimientos de funcionamiento.

Otras causas externas son la interferencia electromagnética procedente de líneas de alta tensión, receptores de radio, máquinas de soldar (capaces de generar sobretensiones transitorias) y solenoides.

Las causas de los problemas más habituales proceden del mal funcionamiento o falta de normalización de elementos como: equipo protector mecánico, térmico o químico, sistemas de ventilación, sistemas de refrigeración de máquinas, equipo, coordinación de aislantes empleados en partes diferentes de la planta, coordinación de fusibles y disyuntores automáticos.

## **2.2 Prevención a partir de la disminución de cargas eléctricas**

Todos los problemas relativos a electricidad estática se derivan de:

- La generación de cargas eléctricas
- La acumulación de estas cargas en aislantes o conductores aislados
- El campo eléctrico producido por cargas, que a su vez dan lugar a una fuerza o a una descarga disruptiva.

Para poder atacar el problema de raíz se deben tomar las siguientes medidas: Supresión o reducción de la generación de cargas electrostáticas: Las cargas se generan siempre que dos materiales, uno de los cuales como mínimo es aislante, entran en contacto y a continuación se separan. En la práctica, puede haber generación de carga incluso por contacto y separación de un material consigo mismo.

Para reducir la cantidad de cargas generadas por superficies que entran en contacto, es preciso: Evitar que los materiales entren en contacto mutuo si tienen afinidades electrónicas muy diferentes; es decir, si están muy

separados en la serie triboeléctrica<sup>4</sup>. Por ejemplo, evitar el contacto entre vidrio y Teflón (PTFE), o entre PVC y poliamida (nylon).

Reducir la tasa de flujo entre materiales, con lo cual disminuye la velocidad de deslizamiento entre materiales sólidos. Por ejemplo, puede reducirse el ritmo de extrusión de películas plásticas, del movimiento de materiales colocados en una cinta transportadora o el caudal de líquidos en una tubería.

Puesta a tierra de la electricidad estática: la regla básica de la prevención electrostática es eliminar las diferencias de potencial entre objetos. Para conseguirlo, o bien se conectan entre sí, o se ponen a masa (toma de tierra).

Protección contra las descargas electrostáticas: todos los problemas electrostáticos incluyen una fuente de descarga electrostática (el objeto cargado inicialmente), un blanco que recibe la descarga y el medio por el cual circula la descarga (descarga dieléctrica).

Protección de trabajadores: Los trabajadores que tienen motivos para creer que se encuentran cargados eléctricamente (por ejemplo, cuando se desmontan de un vehículo en tiempo seco o andan con determinados tipos de calzado), pueden adoptar numerosas medidas protectoras, como las siguientes:

- Reducir la densidad de corriente en la piel, para lo cual basta con tocar un conductor puesto a tierra con un elemento metálico, como una llave o herramienta.
- Reducir el valor de cresta de la corriente mediante la descarga en un objeto disipador que se pueda tener a mano.

Protección en atmósferas explosivas: En atmósferas explosivas, es el propio ambiente el que resulta ser sensible a las descargas electrostáticas, que de ocurrir podrían dar lugar a ignición o explosión. En estos casos, la protección consiste en sustituir el aire, bien por una mezcla gaseosa cuyo contenido de oxígeno sea inferior a la concentración mínima para que la mezcla se inflame, o bien por un gas inerte, como el nitrógeno.<sup>5</sup>

---

<sup>4</sup> El efecto triboeléctrico es un tipo de [electrificación](#) causado por el contacto con otro material (por ejemplo el frotamiento directo). La [polaridad](#) y la fuerza de las cargas producidas se diferencian según los materiales, la aspereza superficial, la temperatura, la tensión, y otras características.

<sup>5</sup> FOLLIOT Dominique, ELECTRICIDAD, RIESGOS GENERALES. Efectos fisiológicos de la electricidad. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo. SUMARIO.

### **3 PREVENCIÓN A PARTIR DE AISLAMIENTOS**

Además de prevenir el surgimiento de cargas eléctricas inesperadas, se debe proteger siguiendo el principio del aislamiento.

- Aislamiento: conjunto de las materias aislantes empleadas en la construcción de un aparato o instalación y destinados a impedir cualquier contacto con las partes activas.

Para prevenir los efectos del paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo humano se pueden aplicar medidas:

- Evitando que se cierre un circuito eléctrico con la tensión y la impedancia tal que provoque corrientes peligrosas a través del cuerpo humano.
- Instalando algún dispositivo que abra el circuito en un tiempo suficiente para evitar daños irreversibles, cuando circulen corrientes peligrosas a través del cuerpo humano. No siempre es posible aplicar esta medida.

#### **3.1 Dispositivos de protección para contactos directos e indirectos**

##### **3.1.1 Protección contra los contactos directos**

- Aislamiento de las partes activas
- Aislamiento funcional: necesario para asegurar el funcionamiento correcto y la protección fundamental contra el choque eléctrico.
- Aislamiento suplementario: es un aislamiento independiente previsto además del aislamiento funcional, con objeto de evitar el choque eléctrico en caso de defecto del aislamiento funcional.
- Doble aislamiento: comprende a la vez un aislamiento funcional y un aislamiento suplementario.
- Aislamiento reforzado: aislamiento funcional mejorado con propiedades eléctricas y mecánicas tales que proporciona el mismo grado de protección que el doble aislamiento.
- Por medio de barreras o envolventes: Las barreras o envolventes tienen por objeto evitar cualquier contacto con las partes activas.
- Estas serán robustas y duraderas y se fijarán de forma segura y a la distancia adecuada de las partes activas, teniendo en cuenta para ello las influencias externas a las que vayan a estar sometidas.
- Por puesta fuera de alcance por alejamiento: tiene por objeto evitar únicamente los que se pueden producir de forma fortuita. Dos partes se consideran simultáneamente accesibles si pueden ser tocadas simultáneamente por una persona.

### 3.1.2 Protección contra los contactos indirectos

Las medidas de protección contra contactos indirectos se pueden agrupar en dos clases.

**Clase A.** Estas medidas tratan de suprimir el riesgo mismo haciendo que los contactos no sean peligrosos o de impedir los contactos simultáneos entre masas y elementos conductores cuando pueda haber una tensión peligrosa.

Dentro de las medidas se tiene:

- Empleo de muy bajas tensiones de seguridad.
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medios de aislamientos de protección.
- Inaccesibilidad simultánea de elementos conductores y masas (locales).
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección.
- Separación de circuitos.
- Conexiones equipotenciales.

**Clase B.** Estas medidas están basadas en la actuación de un dispositivo de corte automático que desconecte la instalación defectuosa cuando puedan circular intensidades peligrosas a través de personas o animales.

Las más usuales son las siguientes:

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto.
- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.

## 4 Normas y reglamentos

A nivel de normalización se tiene la Organización Internacional de Normalización (ISO), el Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC) fue creado en 1957 por los comités de ingeniería eléctrica de los países firmantes del Tratado de Roma que estableció la Comunidad Económica Europea. A los seis miembros fundadores se sumaron después los miembros de la Asociación Europea de Libre Comercio (AELC), y CENELEC en su forma actual data del 13 de febrero de 1972.

En contraste con la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI), el CENELEC se centra en la implantación de normas internacionales en los países miembros y no en la creación de nuevas normas.

La Asociación Internacional de Ensayos y Materiales, precursora de la ISO, como se conoce en la actualidad, fue Algunas organizaciones nacionales sobrevivieron, como la American Society for Testing and Materials (ASTM). En 1926 se fundó en Nueva York la Asociación Internacional de Normalización (ISA), que mantuvo actividad hasta la segunda Guerra Mundial. La ISA fue reemplazada en 1946 por la ISO, que es responsable de todos los campos excepto los de ingeniería eléctrica y telecomunicaciones. El Comité Europeo de Normalización (CEN) es el equivalente europeo de la ISO y tiene la misma función que el CENELEC, aunque sólo el 40 % de las normas CEN se derivan de normas ISO.

## 6 INSTRUMENTO DE MEDICIÓN

### Multímetro:

También conocido como polímetro, es un instrumento que se utiliza para medir diferentes parámetros eléctricos, como lo son: el voltaje, medida en voltios; la corriente, en amperios; y la resistencia, medida en ohmios.



Figura 3. Multímetro

### Como medir con el multímetro digital:

- Midiendo de voltajes:

Cuando se quiere tomar la medición de la tensión, se deben colocar las puntas entre los puntos que se quieren medir. Se debe verificar que la escala esté en voltaje.

- Midiendo resistencias:

Este proceso, es muy similar al de medir tensiones. Sólo se deben colocar las puntas en donde se quiera medir los ohmios. Si no se sabe cuántos ohmios tiene las resistencias, se debe empezar por la escala más grande, hasta encontrar la escala.

- Midiendo intensidades:

Este proceso es diferente de las otras dos mediciones. Esta medición debe hacerse en serie, es decir, debe abrirse el circuito para poder medir la cantidad de corriente. Para poder lograr esto, se debe utilizar el multímetro como parte del circuito, uniendo cada una de las patas con un elemento del circuito, esto con el fin de que pase corriente por el multímetro.

Se debe tener cuidado especial con el rango, pues si se coloca la escala por debajo de la corriente que va a circular, el multímetro podría dañarse debido a la resistencia interna que éste tiene.

#### 4. PRACTICA

1. Asegurarse de que todas las personas que estén presentes en la práctica porten los elementos de protección personal.
2. Los estudiantes que realicen la práctica deben encontrarse en buen estado de salud (que no tengan marcapasos ni otros aparatos similares).
3. La primera persona debe colocar sus manos sobre la escalera.
4. El monitor debe accionar el pulsador de la escalera.
5. Tomar nota sobre lo sucedido.
6. Alejar el contacto de la escalera y observar que pasa. Anotar.
7. Completar la siguiente tabla.
8. Repetir el procedimiento con los guantes de baqueta.
9. Tomar nota. Analizar.

Condiciones	Observaciones
Ejemplo: sin ningún tipo de protección	Se sintió una leve descarga.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

- FOLLINOT Dominique, ELECTRICIDAD, RIESGOS GENERALES. Efectos fisiológicos de la electricidad. Enciclopedia de Salud y Seguridad en el trabajo. SUMARIO.
- <http://www.paranauticos.com/notas/Tecnicas/seguridad/el-fuego.htm>
- <http://www.diclib.com>

## **8 CONTENIDO DEL INFORME DE LA PRÁCTICA**

- 1.** Introducción.
- 2.** Objetivos (Generales y Específicos).
- 3.** Marco Teórico.
- 4.** Descripción de los procedimientos.
- 5.** Estudio de Campo.
  - Formato de recolección de datos.
  - Análisis y Observaciones de los datos y procesos estudiados.
  - Análisis comparativo de tiempo de alistamiento con los tiempos de operación (respectivo).
  - Realizar un plan de emergencia para el hogar, que incluya los planos y los riesgos eléctricos a los que se encuentra expuesto, teniendo en cuenta las medidas preventivas.
- 6.** Conclusiones de la práctica.
- 7.** Recomendaciones.
- 8.** Bibliografía.