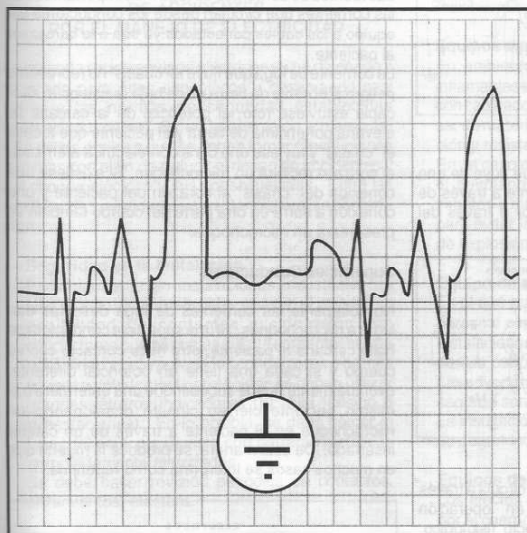


Efectos de la corriente eléctrica en el hombre y cómo evitarlos

(Segunda parte, Final)



□ **Libia Toro Vásquez, M.Sc.**
Ingeniera Electricista
Profesor Asistente
Departamento de Electricidad
Universidad del Valle

RIESGOS DE MICROCHOQUE

Los accidentes por microchoque en personas eléctricamente susceptibles, normalmente pacientes hospitalarios, se presentan en circunstancias que difieren bastante de las de macrochoque. El macrochoque, ocasionado por aplicación directa de la corriente eléctrica al corazón es provocado por corrientes de fuga generadas en el equipo eléctrico o por grandes corrientes en el sistema de tierras y producidas por diferencias de voltaje entre superficies conductoras aterrizadas.

Corrientes de Fuga

Son corrientes del orden de los microamperios que fluyen inevitablemente entre conductores aislados cercanos que se encuentran a diferente potencial. Aunque la mayoría de las corrientes de fuga en equipos eléctricos fluye a través de la capacitancia creada entre los conductores también corrientes de carácter resistivo se presentan a través del aislamiento, el polvo y la humedad.

Tipos de Corrientes de Fuga

- Corriente de fuga a tierra, que se mide a través del conductor de protección de tierra desde la red, fig. 5(a).
- Corriente de fuga de la carcasa, que fluye del "chasis" a través de un camino conductor a tierra u

otra parte del "chasis" pero no por el conductor de protección, fig. 5(b).

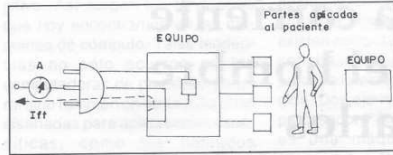


Figura 5.(a)

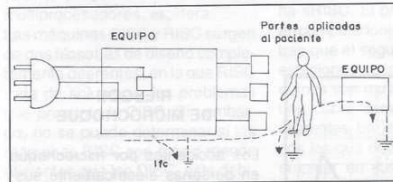


Figura 5.(b)

c) Corriente de fuga del paciente y que fluye de una parte aplicada del equipo al paciente a través de aquel a tierra, o de otro conductor a través del paciente a un equipo flotante.

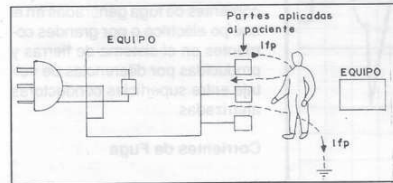


Figura 5.(c)

d) Corriente auxiliar de paciente, que circula a través de éste entre aparatos aplicados en operación normal sin pretender producir efecto fisiológico. Ej: Corriente de polarización de los transistores del amplificador de entrada.

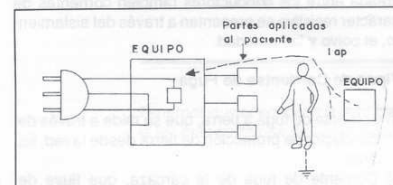


Figura 5.(d)

e) Corriente funcional del paciente es la que corre a través de éste entre aparatos aplicados cuyo funcionamiento normal busca un efecto fisiológico. Ejemplo: electrobisturí.

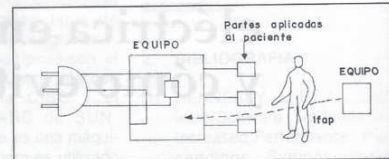


Figura 5.(e)

Las fuentes de corrientes de fuga más importantes son las corrientes que circulan desde los conductores del equipo a los cables conectados ya sea a la carcasa o al paciente.

La corriente de fuga que fluye al "chasis" no representa peligro si el cable de tierra es de baja resistencia. Si el cable estuviese roto, el potencial de la carcasa se elevaría por encima de tierra y el paciente que tocara el "chasis" y tuviese una conexión eléctrica aterrizada al corazón recibiría un microchoque. Si existiese una conexión del "chasis" al corazón del paciente y una conexión a tierra en otra parte del cuerpo también se presentará un microchoque.

Superficies Conductoras

No solamente las corrientes de fuga descritas dan lugar a microchoques. Si una superficie conductora se halla cercana al paciente, otra hace contacto con su cuerpo y si cada una tiene un potencial diferente, eventualmente puede suceder que una enfermera o el mismo paciente cierren circuito ocasionando un microchoque en el paciente a través de un catéter insertado. De esta manera, se produce la muerte que en muchos casos se interpreta como repentina.

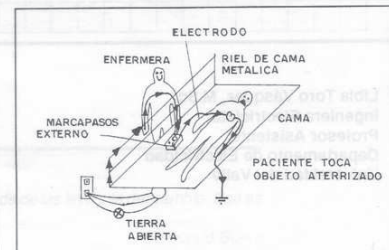


Figura 6.(a) Microchoque fluyendo desde el corazón a través de un catéter de marcapasos

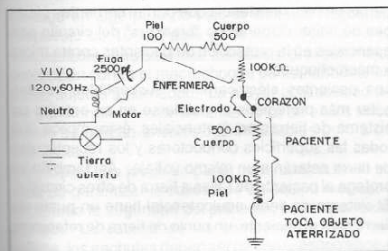


Figura 6.(b) Circuito equivalente

GUÍA BÁSICA DE PREVENCIÓN DE ACCIDENTES POR EL MANEJO DE ELECTRICIDAD

La mayoría de los equipos eléctricos se ha diseñado y fabricado para fines específicos y observando casi siempre las normas de seguridad establecidas internacionalmente. Es en la operación y manipulación de los equipos que se deben tomar precauciones mínimas con el fin de reducir el riesgo de accidentes y del choque eléctrico y sus consecuencias. Entre las medidas de seguridad de carácter general se contemplan:

• Seguridad en la Instalación

Particularmente en instalaciones industriales de alta y baja tensión se debe reducir al mínimo la posibilidad de contactos accidentales con conductores por los cuales circula corriente; si esta posibilidad existe porque los conductores o bornes no están debidamente protegidos se deben utilizar grandes letreros indicadores (E): Alta tensión o subestaciones). En lo posible, se debe cercar el lugar del equipo expuesto con barreras metálicas apropiadamente aterrizadas.

Se debe hacer revisión periódica de contactos, aislamientos, etcétera.

• Conexión a tierra del sistema

Se revisará frecuentemente y se debe garantizar continuidad del sistema de tierra con el fin de prevenir macro y microchoques.

En equipos médicos, caseros, etcétera se debe cerciorar de que el aparato, si así lo requiere, se conecte a un toma con polo a tierra polarizada según el estándar internacional y que la pata de la clavija o enchufe del equipo correspondiente al terminal de tierra no haya sido eliminada como se hace usualmente en nuestro medio.

El aislamiento y estado del cable de alimentación se debe inspeccionar con frecuencia puesto que es

el más expuesto a manipulación y por ende, a torsión y esfuerzo.

Frecuentemente y en especial en equipo médico, se debe hacer limpieza y revisión del interior del equipo para mantener un buen nivel de aislamiento que se deteriora con el polvo y así evitar un eventual corto de fase a tierra.

• Motores

Si se utilizan con carga excesiva y por largos períodos en ambientes con alto contenido de polvo o vapores inflamables, puede deteriorarse el aislamiento, constituyéndose en un factor de inseguridad. El uso de prendas sueltas u holgadas puede hacer que quien circule cerca del motor en marcha corra peligro cuando éste se encuentra en movimiento.

• Equipos a prueba de explosión

En ambientes que contengan gases o vapores inflamables se debe seleccionar el equipo eléctrico con cableado adecuado a esas condiciones. Deben ser de material duradero, proporcionar total protección y resistencia a las condiciones de trabajo.

En el caso de anestésicos inflamables usados en el quirófano es recomendable utilizar guantes, zapatos y materiales medianamente conductores, para evitar la acumulación de estática y el peligro de explosión.

• Equipo de alta tensión

Es el que más reviste peligro. Sólo debe trabajar personal capacitado y autorizado en este tipo de instalaciones. Debe revisarse el estado de componentes periódicamente.

Las advertencias, señales visibles y encerramientos seguros son requeridos para estas instalaciones. La instalación debe estar acorde con los patrones de seguridad establecidos.

• Equipos de alta frecuencia

Los efectos de la circulación de corriente a 60Hz por el cuerpo fueron expuestos en la sección anterior. Cuando la frecuencia se eleva la resistencia del cuerpo no depende de la piel. Para frecuencias de 200 KHz a varios cientos de Mega ciclos, las corrientes circulan sobre la superficie del conductor (EFECTO PIEL) y se intensifica este fenómeno con el aumento de la frecuencia. Aunque se perfora la piel, las corrientes continúan circulando por la superficie y no penetran en los órganos vitales del cuerpo. La persona afectada por una fuente de alta frecuencia presentará quemaduras al intentar desprenderse del conductor estimulando la formación de un arco. Puertas cuya apertura corta el suministro de energía y aislamiento reforzado de

las bobinas son algunas de las medidas precautelativas en el manejo de altas frecuencias.

- **Calidad del mantenimiento**

Se garantiza con la capacitación y correcta selección de operarios que no vacilen en tomar las precauciones necesarias con el fin de evitar desgracias. Los equipos de prueba de seguridad como cascos, cinturones, guantes y herramientas deben ser sometidos a revisión periódicamente y sobre todo, antes de su uso.

La correcta interpretación de los manuales del fabricante y programas de mantenimiento preventivo de los equipos, optimizan la calidad del mantenimiento.

- **Protección de operarios y electricistas**

Durante labores de reparación, un equipo puede empezar a operar a control remoto, manualmente o automáticamente, ocasionando lesiones a quienes se encuentran lo suficientemente cerca como para recibir una descarga en el caso de equipos estáticos, interruptores, etcétera.

Una inoportuna puesta en marcha de un motor puede lesionar a los operarios y a quienes se encuentren en proximidad del aparato, ya sea por el accidente causado o por aplicación de una descarga.

Es función del departamento de mantenimiento velar porque el circuito del componente o equipo en reparación esté desactivado y el personal conozca qué actividades de mantenimiento se llevan a cabo, en dónde y quiénes las realizan.

- **Adiestramiento en primeros auxilios**

Todo operario debe ser práctico en este tema, con el fin de socorrer a un compañero expuesto a la acción de la corriente eléctrica, máxime cuando se conoce que después de 3 minutos de suspensión de la actividad cardíaca la muerte es inminente.

- **Protección de pacientes en el hospital contra el choque eléctrico**

Dos métodos fundamentales podrían implantarse:

1. El paciente debe estar completamente aislado de todos los objetos aterrizados y de todas las fuentes de corriente ó
2. Todas las superficies conductoras en el entorno del paciente deben estar al mismo potencial.

En la práctica no se consigue que se cumplan estas condiciones pero la combinación de ambas sí. Las

tierras de baja resistencia que portan corrientes capaces de hacer disparar los "breakers" del circuito son esenciales en la protección de pacientes contra micro y macrochoques.

Los pacientes eléctricamente susceptibles pueden estar más protegidos al instalarse en su entorno un sistema de tierras equipotenciales, ésto implica que todas las superficies conductoras y los receptáculos de tierra estarán a un mismo voltaje. Así también se protege al paciente de fallas a tierra de otros circuitos. El sistema de tierra equipotencial tiene un punto de tierra para el paciente, un punto de tierra de referencia y conexiones.

Todos los receptáculos de tierra, la cama metálica, los marcos de puertas y ventanas, la tubería del agua, y otras superficies conductoras van, una por una, al punto de tierra del paciente. La resistencia de potencial entre los receptáculos de tierra no debe sobrepasar los 20 mV (sin importar que el sistema esté o no desenergizado). La diferencia de potencial entre tierras de los receptáculos y las superficies conductoras debe ser menor que 150 mV. Cada punto de tierra del paciente debe ir individualmente conectado al punto de tierra de referencia que a su vez está conectado a la tierra del edificio.

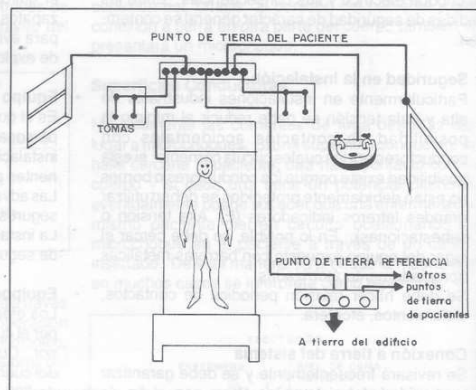


Figura 7. Sistema de tierras equipotenciales para un paciente

Aunque escasas veces ocurre en equipo de calidad y adecuadamente reparado, puede presentarse el caso de voltajes entre las tierras, por grandes fallas a tierra que a su vez producen grandes corrientes aún en un buen sistema de tierras equipotenciales. Las transformaciones de aislamiento se utilizan para evitar tales corrientes creando un sistema de distribución de voltaje aislado. Este sistema también reduce la corriente

de fuga en algo pero no bajo el límite de seguridad propuesto de 10 mA para pacientes eléctricamente susceptibles. Los sistemas aislados si proveen mejor protección contra el macrochoque particularmente en áreas sujetas a humedad. La mayor aplicabilidad de los transformadores de aislamiento se da en los sitios donde se utilizan anestésicos inflamables pero a un alto costo.

Otro tópico que juega un papel importante cuando se trata de garantizar la calidad de un equipo médico, y sobretodo la seguridad del paciente, es el diseño del equipo: La calidad de los componentes debe ser óptima, los enchufes deben ser de tipo hospitalario, los cables de alimentación deben ser especiales con baja corriente de fuga, ahora disponibles en el mercado con menos de 1 mA/m.

También se pueden reducir las corrientes dentro del "chasis" utilizando materiales que minimizan la capacitancia entre conductor vivo y la carcasa.

Otra manera de evadir la posibilidad que el paciente o el operario entre en contacto eléctrico con superficies conductoras ó las carcasas de equipo, es utilizar una segunda carcasa hecha de material aislante; todas las palancas y perillas deben tener doble aislamiento. El doble aislamiento protege entonces de micro y macrochoques.

También se puede evitar el macrochoque si se reduce el voltaje para que sea lo suficientemente seguro en caso de aplicarlo directamente a la piel húmeda. La mayoría de equipos de estado sólido son alimentados por baterías de bajo voltaje (menor que 8V) ó por transformadores de aislamiento de bajo voltaje.

Aún a bajo voltaje los equipos de corriente alterna pueden provocar un microchoque si se conectan directamente al corazón pero son menos inseguros que los de voltaje superior.

El aislamiento eléctrico de los cables que van al paciente por medio de optoacopladores o por transformadores, es tal vez, la mejor alternativa para proteger

al paciente de micro o macrochoques. La alimentación para los circuitos de entrada y la señal deseada se transmiten separadamente por acopladores ópticos o por transformador con baja capacitancia de acople.

Por último, es la ética o la conciencia individual, el reconocimiento de las capacidades, conocimientos y limitaciones personales de índole técnica, los que definen la responsabilidad de asumir una tarea sea en el diseño, en la construcción, operación o reparación de un equipo.

Cuanto más se conozca del equipo - muchos obvian la instrucción de manual de operaciones, de las condiciones del entorno y de los alcances de la electricidad, más provecho se obtiene del aparato a la vez que el número de accidentes se reduce para bienestar de operarios y usuarios.

BIBLIOGRAFIA

- [1.] COMISION NACIONAL DE SEGURIDAD INDUSTRIAL DEL SECTOR ELECTRICO: "Código de Seguridad Industrial del Sector Eléctrico", 1982.
- [2.] CROMWELL L. y otros; "Instrumentación y Medidas Biomédicas"; Marcombo Editores, Barcelona, 1980.
- [3.] GALVAN J., PALLAS R.; "Seguridad Eléctrica en Equipos e Instalaciones Hospitalarias", Revista "Mundo Electrónico", Nos. 93 y 94, 1980.
- [4.] DALZIEL, Ch.; "Dangerous Electric Currents", AIEE Tech. Paper 46-112. 1946.
- [5.] HOENIG, S., SCOTT D.; "Aparatos Médicos Eléctricos", Linusa, México, 1981.
- [6.] MOMOW, L.C.: "Manual de Mantenimiento Industrial" MC Graw-Hill, 1986.
- [7.] WEBSTER, J.G.; "Medical Instrumentation" Application and Design. Houghton Mifflin Company, Boston, 1978