

Seguridad en instalaciones eléctricas hospitalarias



JESÚS GIL MARTÍNEZ

Ingeniero Técnico Industrial, Inspector técnico de la Entidad de Inspección y Control Reglamentario ATISAE (Zaragoza).

SUMARIO

La protección en las instalaciones eléctricas hospitalarias de gran riesgo, como son los quirófanos y las U.V.I., es consustancial al término relativo de seguridad, en cuya realización intervienen diseño, instalación e inspecciones periódicas ajustadas a la reglamentación actual. En este tipo de instalaciones eléctricas, las medidas adoptadas nos deben llevar a la consecución del término seguridad y poder hacerlo realidad.

Palabras clave: instalaciones eléctricas, protección de quirófanos, revisiones periódicas.

INTRODUCCIÓN

El término seguridad no deja de ser siempre un concepto relativo que nos podemos plantear desde el terreno de la pura abstracción metafísica. Su absoluta realización se persigue pero nunca se alcanza.

La protección de las instalaciones eléctricas hospitalarias, y en particular de los quirófanos y U.V.I., está íntimamente ligada al concepto seguridad, y las soluciones prácticas que se pueden adoptar, permiten una protección adecuada al paciente, al personal médico y al equipo humano auxi-

liar. Los pacientes se encuentran en unas condiciones físicas disminuidas (anestesiados), con una conductividad mayor provocada por la presencia de elementos metálicos en su cuerpo que realizan la función de electrodos y, en definitiva, con una capacidad de respuesta ante un contacto eléctrico directo o indirecto menor que en una situación normal.

Las medidas adoptadas en la instalación, uso y mantenimiento de este tipo de instalaciones eléctricas nos deben llevar a la consecución del término seguridad y poder hacerlo realidad.

EFFECTOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA EN EL ORGANISMO

La energía eléctrica en forma de corriente, al circular por el cuerpo humano, produce diversos efectos como consecuencia de la interacción con los órganos y sus mecanismos fisioló-

gicos. Estos efectos dependen del recorrido de la corriente, la intensidad de la misma, la frecuencia y el tiempo de aplicación.

Puede decirse que un 50 por 100 de los hombres reaccionan con una intensidad de 1,1 mA, mientras que las mujeres son algo más sensibles y ya reaccionan con 0,7 mA, es posible hallar individuos que reaccionan con intensidades de 100 a 200 μ A.

El valor de la resistencia del cuerpo humano no es lineal en función de la tensión que se aplica al mismo. De numerosos exámenes realizados en determinadas condiciones se pueden extraer las siguientes conclusiones:

Tensión de contacto (V)	Valor de resistencia (Ω)
25 V	2.500 Ω
50 V	2.000 Ω
250 V	1.000 Ω
Valor asintótico	650 Ω

Estos valores son aplicables para corriente alterna hasta 100 Hz y para

corriente continua. Debe considerarse que estos valores se aceptan como mínimos, y normalmente con la piel seca se hallan valores superiores.

Según Koeppen-Tolazzi, los efectos de la corriente de 50-60 Hz en función de la intensidad-tiempo en la persona se pueden presentar en las siguientes curvas, que nos dividen el plano en tres zonas (Fig. 1).

Zona I: Percepción de la corriente. No hay repercusión sobre ritmo cardíaco ni sobre el sistema nervioso. Es lo que podría llamarse la zona de seguridad.

Zona II: Se provocan irregularidades en el ritmo cardíaco y sistema nervioso. Paro cardíaco reversible.

Macroshock: Ocurre cuando el contacto eléctrico se efectúa con el exterior del cuerpo y se tiene la piel como elemento de protección.

Microshock: Sucede sin la protección de la piel y ocurre en los casos de dispositivos implantados en el interior del cuerpo.

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

DISEÑO

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión nos indica, en su instrucción técnica complementaria n.º 25, cuáles son las prescripciones para locales de pública concurrencia y especialmente para establecimientos sanitarios.

Las instalaciones eléctricas en establecimientos sanitarios deben cumplir estas prescripciones, de carácter general, para locales de pública concurrencia y, además, instrucciones complementarias específicas que detallamos a continuación.

Salas de anestesia

Las salas de anestesia donde puedan utilizarse anestésicos u otros productos inflamables serán considerados locales con riesgo de incendio Clase I, División I, y cumplirán las condiciones establecidas en la Instrucción n.º 26 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Las instalaciones de aparatos de uso médico se realizarán con lo dispuesto en la Instrucción n.º 37 del citado Reglamento.

Instalaciones eléctricas en quirófanos

Equipos electromédicos

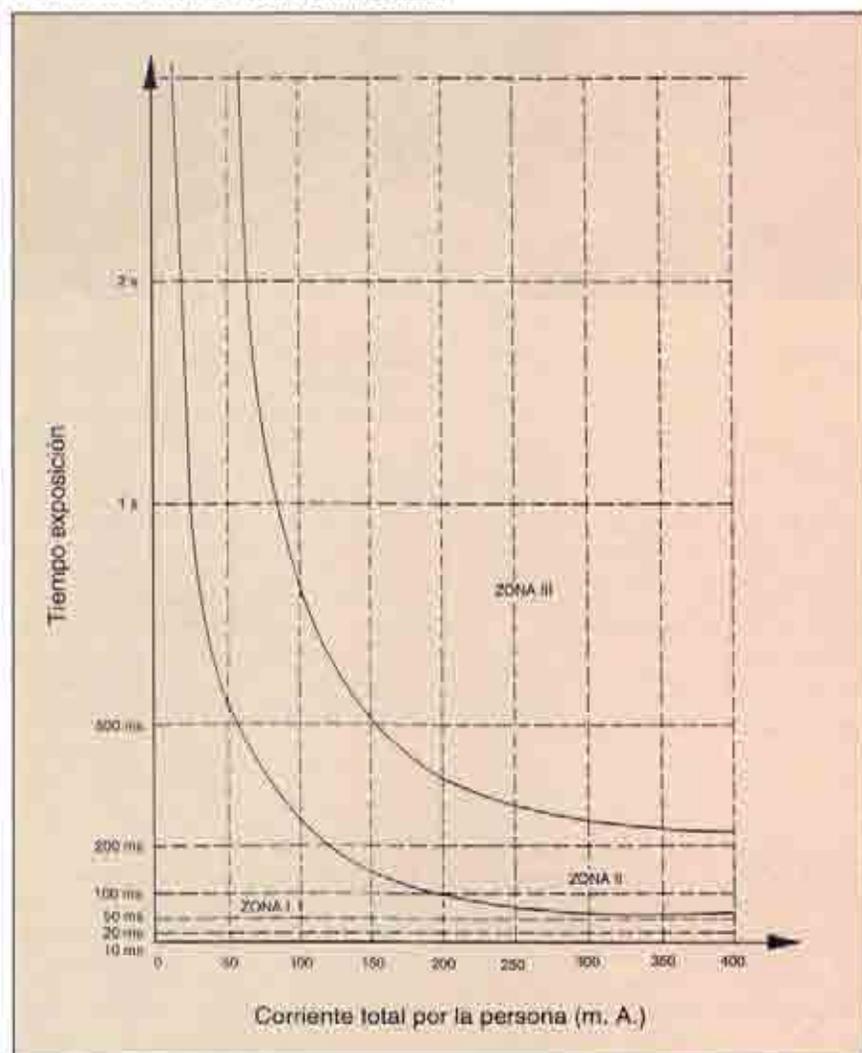
Es necesario que el equipo electromédico empleado en un quirófano cumpla con las normas técnicas que le afecten y, en caso de no existir éstas, con normas internacionales de reconocida garantía, tales como CEI, ISO, VDE, etc. Todos estos equipos dispondrán de una marca de conformidad a normas, concedida por el Ministerio de Industria o por cualquier otra entidad concesionaria de otras marcas de igual significado y que sean reconocidas a estos efectos por el Indicado Ministerio.

Tipos de esquemas en las instalaciones eléctricas en su relación con respecto a tierra

Existen dos tipos de esquemas eléctricos en las instalaciones de quirófanos y U.V.I. que coexisten simultáneamente.

Sistema IT (Fig. 2): Aplicable a sistemas que tienen todas las partes activas aisladas de tierra, o que tienen un punto conectado a tierra a través

FIGURA 1. Curvas de KOEPPEN-TOLAZZI.



de una impedancia y masas conectadas directamente a tierra.

Sistema TNS (Fig. 3): Consiste en conectar las masas al punto de la puesta a tierra de la alimentación (en corriente alterna, al punto neutro). Las funciones de neutro y de protección están aseguradas por conductores separados.

Suministro a través de un transformador de aislamiento

Con el objeto de limitar las corrientes de defecto en un sistema de alimentación y debido a las dificultades presentadas por el sistema de protección de puesta a tierra, ya que el paciente no queda suficientemente protegido contra un fallo de aislamiento, la única salida viable es aumentar la impedancia del circuito hacia tierra. Utilizando un sistema de suministro aislado por transformador separador se consigue aumentar considerablemente esta impedancia (Fig. 5). En este tipo de alimentación, teóricamente, la impedancia de aislamiento del transformador respecto a tierra es infinito y, por lo tanto, impide que circule intensidad en el hipotético caso de presentarse un cortocircuito. En la práctica, tanto el transformador como los propios conductores de la instalación tienen capacidades y resistencias parásitas a tierra, por lo que el aislamiento no es infinito, pero alcanza valores aceptables, próximos a 1 MΩ.

- Rd = Resistencia de derivación.
- Rc = Resistencia de contacto.
- Rp = Resistencia del paciente.
- Ra = Resistencia de aislamiento del paciente a tierra.
- Rl = Resistencia de puesta a tierra (línea + puesta a tierra).
- Rf = Resistencia de aislamiento.
- Considerando $Rd = Rc = Ra = 0\Omega$.

$$I_p = 220 \frac{10}{500} = 4,4 \mu A$$

$$I_d = \frac{220}{1 M\Omega} = 220 \mu A$$

$$R_p = 500 \Omega$$

$$R_l = 10 \Omega$$

$$R_f = 1 M\Omega$$

El sistema aislado reduce la intensidad de defecto y, además, tiene la ventaja de que asegura la continuidad del suministro eléctrico.

Puesto que la seguridad del sistema se basa en la impedancia de aislamiento del transformador, es importante detectar la aparición de cualquier defecto que conlleve la pérdida de aislamiento. Para llevar a cabo es-

FIGURA 2. Esquema del sistema aislado IT de la instalación eléctrica de un quirófano.

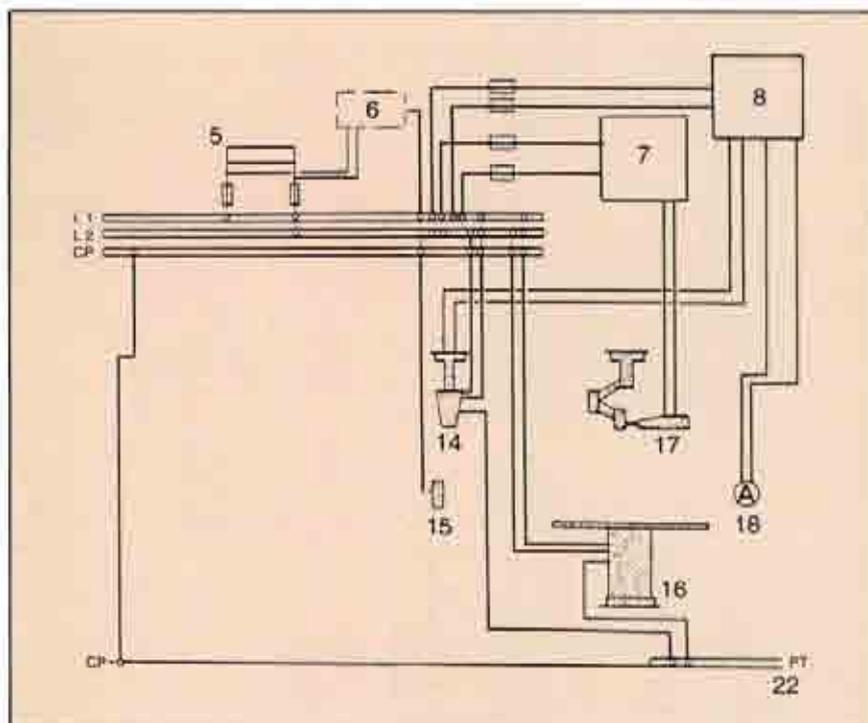
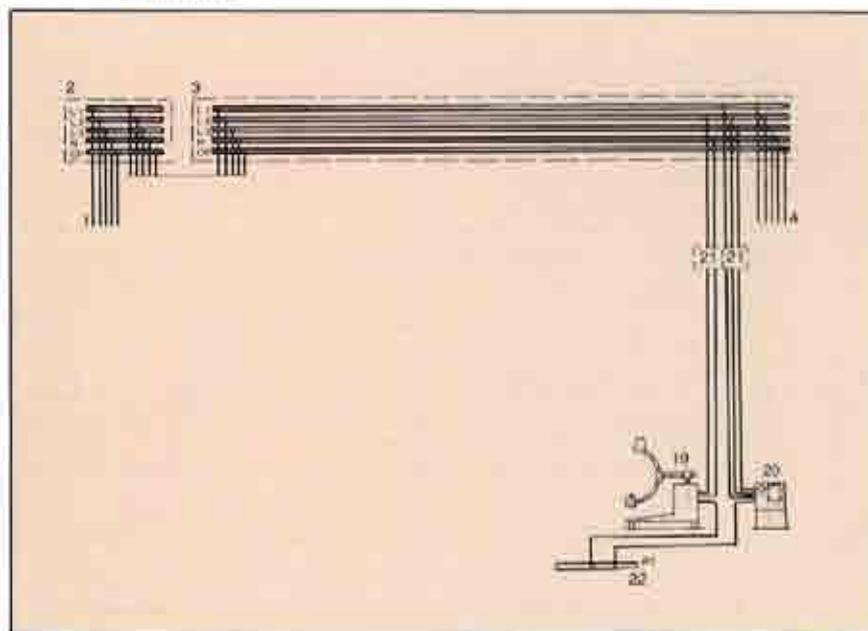


FIGURA 3. Esquema del sistema aislado TNS de la instalación eléctrica de un quirófano.



ta vigilancia se emplea un dispositivo (monitor detector de fugas) capaz de medir dicho aislamiento, bien por su impedancia o por su resistencia.

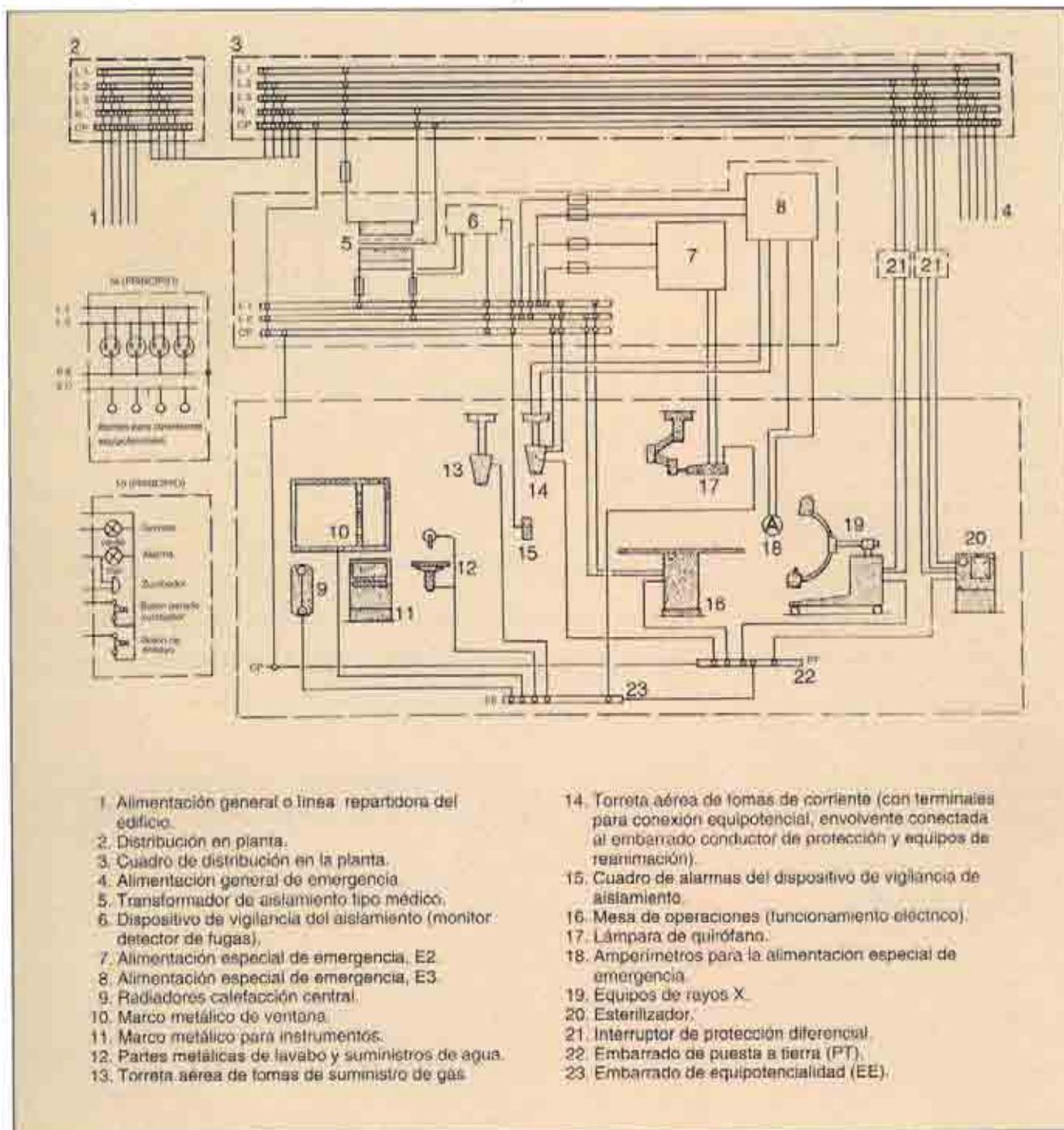
El sistema calcula la suma vectorial de componentes resistivos y capacitivos por impedancia. Dispone de un dispositivo de medida que indica el valor de una eventual intensidad que

circularía en caso de un defecto directo a tierra, haciendo sonar la alarma cuando dicha intensidad alcanza 4mA a 220V.

Por resistencia, el sistema vigila la resistencia de aislamiento entre conductores y masa.

La normativa española indica que la alarma deberá actuar si el aislamien-

FIGURA 4. Esquema básico de la instalación eléctrica de un quirófano.



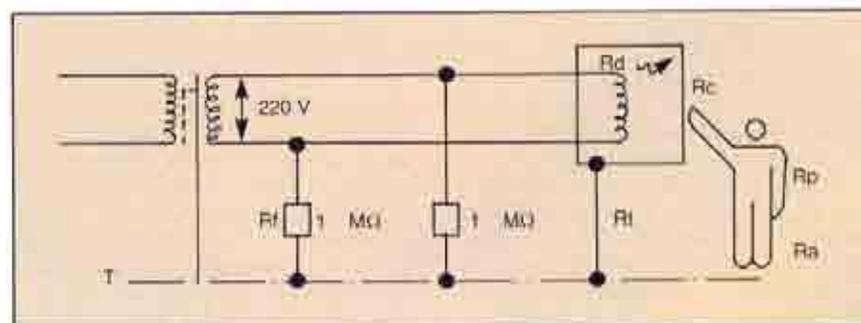
to disminuye por debajo de 50 K Ω .

Para ambos vigilantes de aislamiento, el dispositivo indicará de forma visible (señal roja) y audible (zumbador).

Medidas de protección

Las medidas de protección están enfocadas hacia los contactos directos e indirectos que pudieran producirse y, preferentemente, a proteger

FIGURA 5. Sistema aislado real.



al paciente y al equipo médico de aquellas corrientes de fuga que se establecen desde las partes activas hacia las conductoras accesibles o conectadas al propio paciente. Estas corrientes tienen una componente resistiva (provocada por la conductividad de los dieléctricos utilizados, ya que no existen aislantes perfectos) y una componente capacitiva por el efecto condensado que se produce en conductores separados al aplicarles una tensión alterna.

Puesta a tierra

Las instalaciones eléctricas hospitalarias, y concretamente los quirófanos, dispondrán de un suministro trifásico con neutro y conductor de protección. Las masas metálicas deben conectarse, a través de un conductor de protección, a un embarrado común de puesta a tierra, y éste, a su vez, a la puesta a tierra general del edificio. La impedancia del embarrado común de puesta a tierra de un quirófano y los contactos de tierra de las bases de toma de corriente no deberá exceder de 0,2 ohmios.

Conexión de equipotencialidad

Todas las partes metálicas accesibles deberán estar unidas a un embarrado de equipotencialidad; la impedancia de estas partes y el embarrado no deberán exceder de 0,1 Ω , y su diferencia de potencial no será superior a 10 mV. Además, los embarrados de puesta a tierra y equipotencialidad estarán unidos por un conductor de cobre de 16 mm² de sección mínima.

Protección diferencial

Este sistema se basa en la limitación del tiempo de exposición a los efectos de la corriente. Se dispondrá de sistemas de protección diferencial de alta sensibilidad (≤ 30 mA) para la protección de aquellos equipos que no estén alimentados a través del transformador de aislamiento.

Pequeñas tensiones de seguridad

En los quirófanos, la tensión de seguridad será de 24V para c.a. y 50 V para c.c. El suministro se realizará a través de un transformador de seguridad o de otros sistemas con aislamiento equivalente.

FIGURA 6. Circuito equivalente.

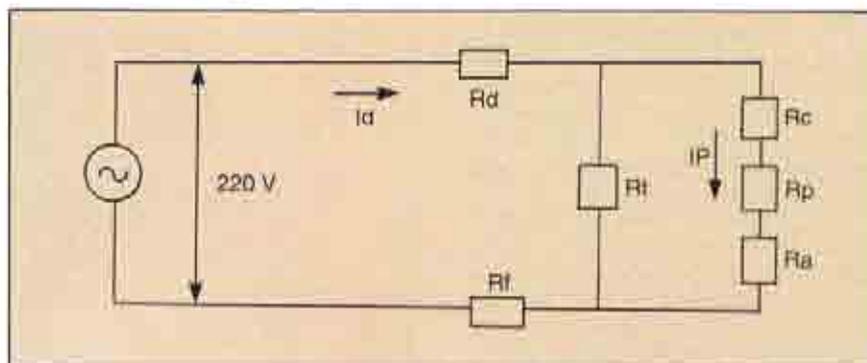


FIGURA 7. Transformador de aislamiento y dispositivo detector de fugas.



Otro riesgo para el paciente proviene de una interrupción del suministro de energía. La fiabilidad del suministro de energía se contempla en el Reglamento de Baja Tensión, que dispone la necesidad de tener una fuente propia alternativa.

En quirófanos y zonas de alto riesgo de un hospital encontraremos, además de un grupo electrógeno de energía alternativa en caso de fallo del suministro, una alimentación continuada, sin más interrupción que la de 0,5 segundos, destinada a aparatos de asistencia vital y a la lámpara asómbtrica central del quirófano.

La fiabilidad del suministro está garantizada por:

- **Baterías:** Los aparatos de asistencia vital van provistos de baterías para suministro continuo. Para ello, el único equipo fijo en el quirófano para el cual la instalación eléctrica debe prever un suministro continuado es la lámpara asómbtrica central (Fig. 9).

- **Convertidores:** Resuelven el problema de la alimentación ininterrumpida con salida en tensión alterna senoidal (Fig. 10).

- **Grupos electrógenos:** El grupo electrógeno suministra a los circuitos de servicios esenciales y de iluminación de emergencia de todo el hospital, pero no a los aparatos de asistencia vital.

Es importante destacar que la separación de los circuitos normal y de emergencia debe ser total y efectiva, tanto de conductores activos como de neutro, para evitar retorno de corriente no esperado, que del grupo iría al secundario del transformador con posibilidad de tener alta tensión en primario, y evitar que suceda un accidente si se intenta manipular, creyéndose seguro por haber sido desconectado por la parte de alta.

Las medidas de protección no deben descuidarse cuando se use el suministro a través de la red de emergencia.

Electricidad estática

Un cuerpo con una determinada cantidad de cargas eléctricas que no están equilibradas por las de signo contrario, se dice que está cargado de electricidad estática, y permanecerá en este estado hasta que no se facilite un camino «conductor» para que entren o salgan las cargas que faltan o sobran. La electricidad estática es peligrosa en zonas donde se usan anestésicos inflamables, como en el interior de un quirófano, donde

FIGURA 8. Embarrados de puesta a tierra. Control equipotencial.

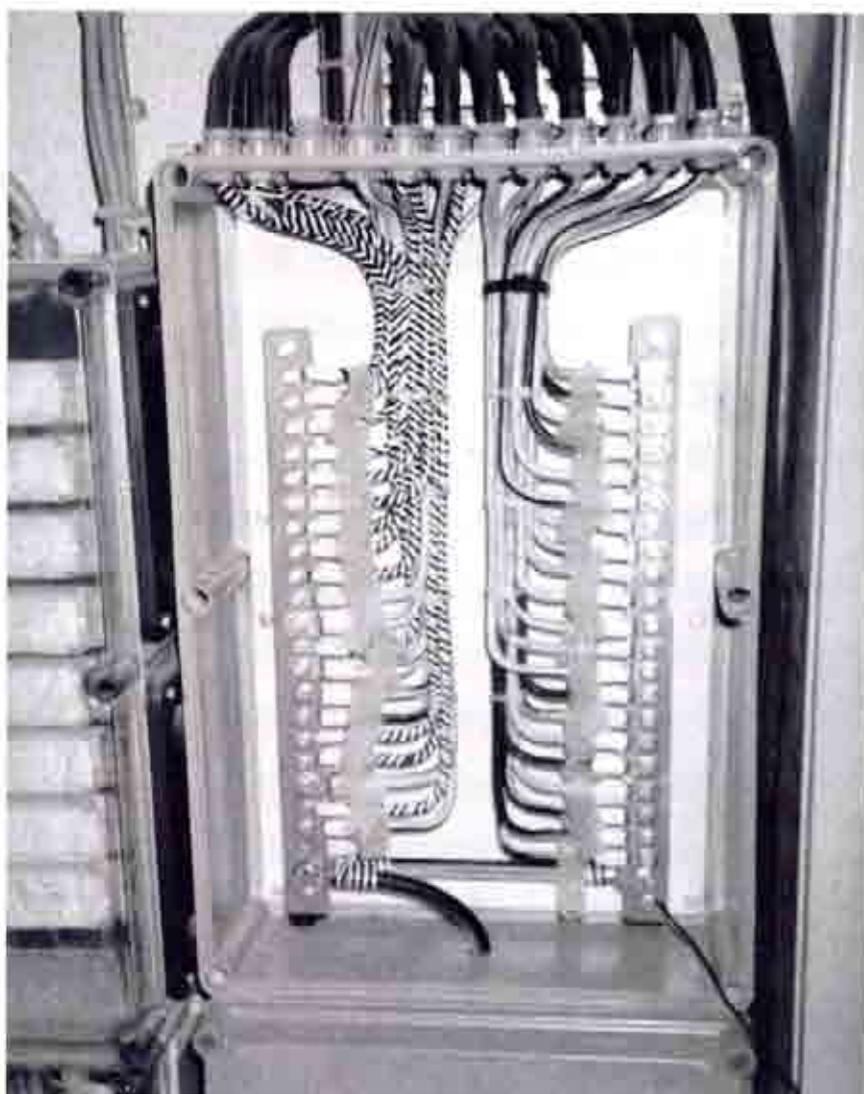


FIGURA 9. Alimentación por baterías.

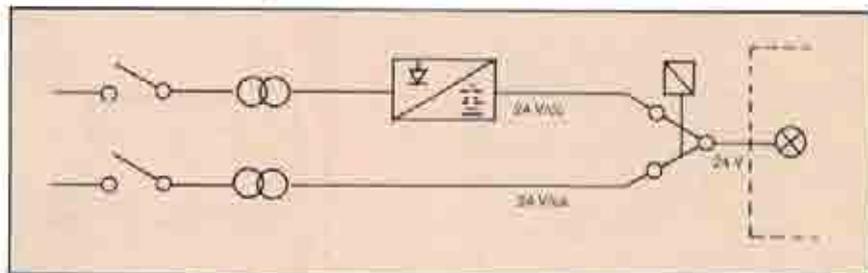


FIGURA 10. Alimentación por convertidores estáticos.

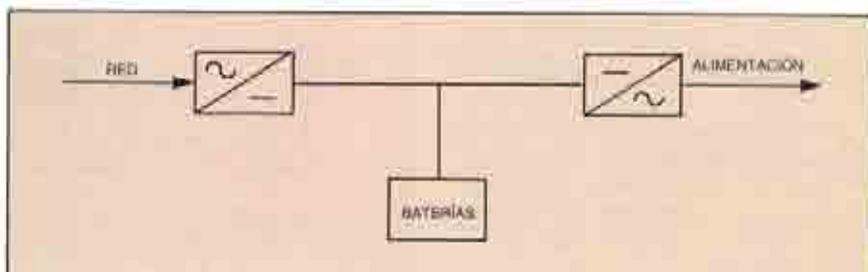


FIGURA 11. Batería de quirófano.

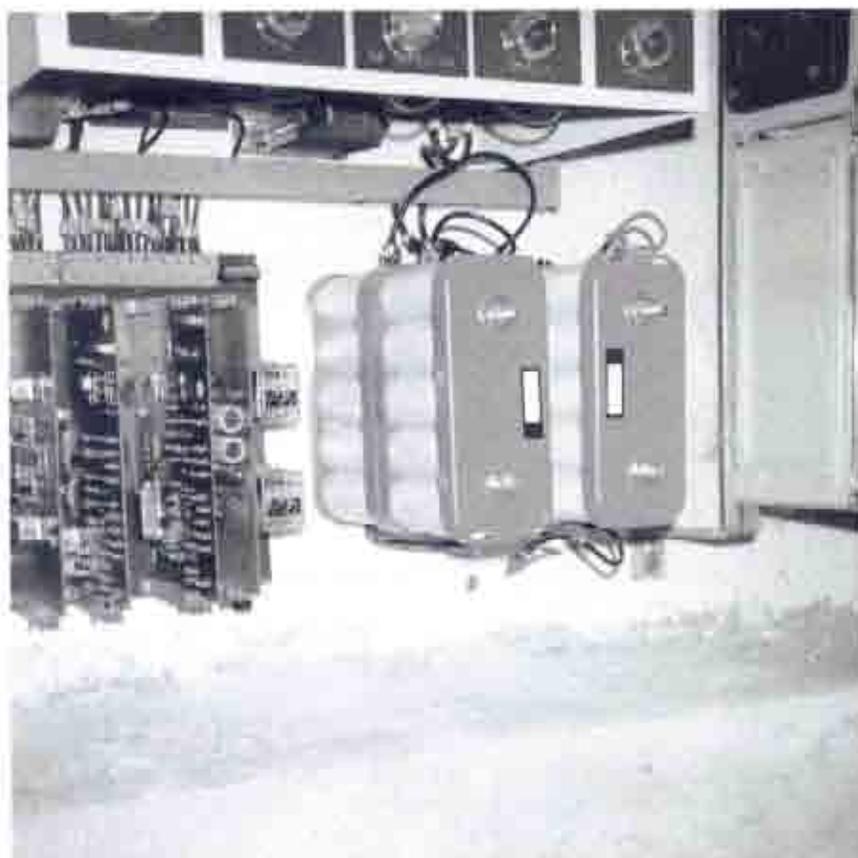


FIGURA 12. Medida conductividad en suelos antielectrostáticos.



se puede originar por diversas causas: rozamiento del personal con el pavimento; movimiento de aparatos, carros, mesillas de instrumental; frotamiento de textiles aplicados al paciente, etc., siendo necesario tomar medidas contra las mismas. Es conveniente suprimir el uso de textiles fabricados con fibras sintéticas; así, el pavimento del quirófano será de material antiestático; los tubos de goma de los respiradores y aparatos de anestesia serán de goma conductora; los materiales plásticos de las colchonetas de la mesa de quirófano serán parcialmente conductores, y es conveniente que el calzado utilizado sea conductivo.

MANTENIMIENTO

La tarea de mantenimiento en instalaciones hospitalarias, y sobre todo en un quirófano, implica, además del personal de mantenimiento, a los usuarios de dichas instalaciones. Las personas que trabajan en los quirófanos son quienes mejor conocen las incidencias y anomalías que puedan aparecer. El mantenimiento se ha programado con dos clases de intervenciones: las revisiones que hacen referencia a una serie de puntos que se comprobarán con frecuencias diaria y semanal, para las cuales no es necesario utilizar aparatos de medida, y los controles mensuales, trimestrales y anuales, cuya complejidad va aumentando a medida que aumenta también la frecuencia. Las revisiones diarias pueden hacerse con el personal usuario, las semanales y de mayor frecuencia, por personal técnico cualificado provistos de los aparatos de medida adecuados para comprobar el buen estado de la instalación.

La revisión periódica de la instalación debe realizarse anualmente (MI BT 042), incluyendo, al menos, lo indicado en el punto primero del apartado 7.1.4 de la instrucción MI BT 025 del Reglamento de Baja Tensión.

BIBLIOGRAFIA

- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias*. Ministerio de Industria.
- Ponencia de mantenimiento eléctrico hospitalario*. Asociación Electrotécnica Española (AEE) y Asociación de Investigación Industrial Eléctrica (ASINEL).
- Revisión de instalaciones eléctricas de quirófanos*. ATISAE.
- Grupos electrogenos*. Editorial Paraninfo.