



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA

**DIAGNÓSTICO E INSTALACIÓN DE UNA RED DE TIERRAS DE UN
ÁREA DE HOSPITALIZACIÓN**

T E S I S

Que para obtener el Título de
INGENIERO ELÉCTRICO ELECTRÓNICO

P r e s e n t a

Emily Morales Arcos

Dirigida por

M.I. Juan Manuel Gómez González

México, D.F., 2011





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Durante el trayecto de mi vida como estudiante pase por muchas etapas, en ocasiones me sentía fuerte, inteligente, capaz, con mucho optimismo pero no puedo negar que llegué a sentirme derrotada, débil, incapaz de seguir, pero doy gracias a Nuestro Señor Jesucristo y a su madre Santísima el permitirme la vida para concluir este gran proyecto.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por ser el protagonista de muchos sueños y anhelos, por ser una parte muy importante en la formación de nuestro país. Gracias por permitirme ser parte de ustedes.

A todos mis maestros gracias por sus enseñanzas, profesionalismo, entrega y por el amor con el que desempeñan su trabajo.

Gracias al M.I. Juan Manuel Gómez González,
por sus enseñanzas así como el apoyo y tiempo
para dirigir este trabajo.

Gracias a mis sinodales por sus enseñanzas
y aportaciones para la realización de este
trabajo

Ing. David Vázquez Ortiz

M.I. Rodolfo Lorenzo Bautista

Ing. Cesar M. López Portillo Alcerreca

Ing. Juan Manuel Rojas Gómez

ÍNDICE

CAPITULO I SEGURIDAD ELÉCTRICA

- 1.1 Seguridad eléctrica
- 1.2 Seguridad eléctrica hospitalaria
- 1.3 Efectos fisiológicos de la corriente eléctrica
- 1.4 Efectos fisiológicos de la corriente continua
- 1.5 Parámetros que modifican los efectos fisiológicos
- 1.6 Distribución de la potencia eléctrica
- 1.7 Entorno eléctrico de los pacientes
- 1.8 Sistemas de alimentación aislados
- 1.9 Sistemas de alimentación de emergencia
- 1.10 Puntos de entrada de la corriente eléctrica
 - a) Macroshock
 - b) Microshock

CAPÍTULO II CLASIFICACIÓN DE EQUIPO MÉDICO

- 2.1 Clasificación de equipo médico en relación a su seguridad
- 2.2 Equipo médico clase I
- 2.3 Equipo médico clase IIa
- 2.4 Equipo médico clase IIb
- 2.5 Equipo médico clase III
- 2.6 Nivel de protección a equipo médico
 - a) Tipo B
 - b) Tipo BF
 - c) Tipo CF

CAPÍTULO III TIERRA FÍSICA

- 3.1 Tierra física
- 3.2 Componentes básicos de un sistema de tierra
 - a) Conductores
 - b) Varillas o electrodos de tierra
 - c) Conectores o juntas
- 3.3 Características de los elementos del sistema de tierra
- 3.4 Distribución de potencia eléctrica y conexión a tierra
- 3.5 Diferencia entre neutro y tierra
- 3.6 Cable de tierra física
- 3.7 Clavija grado hospitalario
- 3.8 Beneficios de la tierra física
- 3.9 Puesta a tierra y equipotencialidad
- 3.10 Valor de la resistencia de conexión a tierra física
- 3.11 Diseño del sistema de conexión a tierra física
- 3.12 Comprobación del conductor de tierra
- 3.13 Tierra y resistividad
- 3.14 Medición de la resistividad del terreno
- 3.15 Valores de resistividad en diferentes terrenos
- 3.16 Técnicas de medición de la resistividad
 - a) Método de 4 puntos o método Wenner
 - b) Electrodos no igualmente espaciados arreglo Schlumberger-Palmer
 - c) Método de 3 puntos o caída de potencial
- 3.17 Resistencia a tierra de una varilla
- 3.18 Resistencia a tierra de un grupo de electrodos
- 3.19 Tratamiento químico para relleno del pozo
- 3.20 Electrodo
- 3.21 Longitud y profundidad del electrodo de tierra física
- 3.22 Diámetro del electrodo de tierra física

3.23 Número de electrodos de tierra física

CAPÍTULO IV DESARROLLO

4 PROBLEMA ENCONTRADO EN EL ÁREA DE TERAPIA INTENSIVA

4.1 DESARROLLO DEL PROBLEMA

Conclusiones

Referencias bibliográficas

Bibliografía

INTRODUCCIÓN

El avance científico y tecnológico en el ámbito de la salud permitió el desarrollo de equipo médico e instrumental para fines de diagnóstico y terapéuticos, a tal punto que hoy en día no se podría concebir a la medicina sin el apoyo de equipos electrónicos. En atención a las crecientes exigencias surge la necesidad de formar personal especializado que brinde soporte técnico en el área biomédica y mantenimiento hospitalario.

El objetivo primordial de este trabajo es el de realizar el diagnóstico de tierras físicas en el área de Terapia Intensiva y si es conveniente implementar una instalación adecuada de un sistema de tierras para un Hospital en la Ciudad de México, se tomo esta decisión debido a que durante la verificación del voltaje en los receptáculos de los 14 cubículos se encontraron variaciones entre los voltajes entre el neutro y tierra por lo que fue necesario realizar la modificación de la tierra física para esta área.

Durante los años 20 y 30, el número de incendios y explosiones en las salas de operaciones creció a una velocidad alarmante. Las causas cayeron en dos categorías:

- a) La electricidad producida por el hombre
- b) La electricidad estática (75% de los incidentes registrados)

En 1949, los expertos empezaron a estudiar estas condiciones para hacer una norma de seguridad. Las primeras normas fueron adaptadas en 1947.

La NFPA (Nacional Fire Protection Association) de Canadá reunió un comité para revisar las normas. En 1949, este comité publicó una nueva norma la NFPA No. 56, que es la base de las normas actuales.

El ambiente de un hospital presenta problemas de seguridad particulares y, en algunos casos, únicos cuando se le compara con otros ambientes como pueden ser industriales o comerciales. Estos problemas afectan al paciente, al personal y al

visitante. Se han venido dando una serie de conocimientos que es necesario entender para dar una mayor protección a nuestros pacientes, independientemente del área donde se encuentren. Especialmente se tiene interés en mencionar las condiciones eléctricas que se presentan en pacientes críticos, puesto que es necesario disminuir los accidentes eléctricos que, sin saber, se dan de una forma inimaginable. No se tiene contabilizada la cantidad de accidentes que suceden en un quirófano, los accidentes más recurrentes son por quemaduras, caídas, equipo médico descompuesto, mala manipulación de los accesorios de los equipos, instalaciones eléctricas defectuosas, choques eléctricos, entre otros.

Este trabajo se va a dirigir específicamente a la seguridad eléctrica del paciente por lo tanto, para evitar daños desde el punto de vista eléctrico a los pacientes es necesario contar con instalaciones eléctricas adecuadas así como un Sistema de Puesta a Tierra. Este sistema de protección se propone para evitar que se produzcan tensiones de valores peligrosos sobre las partes metálicas de los equipos o las instalaciones.

Los aparatos eléctricos que poseen gabinetes metálicos, están conectados eléctricamente a una tierra física y la trayectoria eléctrica que siguen es a través del cable de alimentación y se va directamente a la pata de tierra. Si por algún desperfecto interno del equipo (problema de aislamiento, fugas, etc.), aparece sobre su estructura metálica una diferencia de potencial, esto generará una corriente de fuga a tierra que hará que las protecciones de sobre corriente o diferenciales actúen, anticipándose al riesgo eléctrico.

Una de las características fundamentales de un adecuado sistema de protección y puesta a tierra, es el garantizar la operación de las instalaciones dentro de los parámetros estándar y asegurar el resguardo del personal y los equipos.

Por lo anterior los sistemas de puesta a tierra han de ser considerados justo antes de toda ampliación o implementación de sistemas eléctricos en general, y no solo cuando ocurren fallas.

La posibilidad de electrocución es mayor en los hospitales por tener dos clases de personas que están en contacto con el equipo eléctrico los pacientes y el personal que manipula el equipo.

Los pacientes que son aquellos a los que se les coloca directamente electrodos para poder monitorear señales eléctricas, catéter, sensores, placas, están acostados sobre una cama metálica, el umbral de peligro para que sufran un daño eléctrico es del orden de $100 \mu\text{A}$.

El personal médico que manipula el equipo como parte de sus actividades normales cuyo umbral de peligro para que sufra una electrocución es de 25 mA.

Puede considerarse que un paciente está conectado a tierra debido a que se encuentra vulnerable por la transpiración natural, a los baños diarios que se les hace y al simple hecho que se encuentra sobre una cama de armazón metálico.

La conexión a tierra de todos los equipos eléctricos es requerida tanto por seguridad como punto de referencia al sistema. Debe existir una perfecta equipotencialidad entre todos los componentes del sistema y tierra.

Los sistemas de puesta a tierra, son componentes cada vez más importantes de los sistemas eléctricos, debido a que permiten la conducción de las corrientes parásitas desde los receptáculos donde se encuentra conectado el equipo, hacia la tierra donde se encuentra enterrado un electrodo, también se protegen las instalaciones y personal debido a cargas eléctricas originadas por rayos. En el caso de hospitales la puesta a tierra constituye el verdadero y más tangible seguro de vida de los pacientes.

CAPÍTULO I

SEGURIDAD ELÉCTRICA

1.1 SEGURIDAD ELÉCTRICA

Para ubicar en una perspectiva adecuada la seguridad en sistemas eléctricos de un hospital, es importante comprender que las técnicas de cuidados de la salud han sufrido cambios radicales en la última década. El diagnóstico de caterización cardiaca y marcapasos trasvenos es en la actualidad muy común; no es raro que los pacientes en las salas de operación y unidades de cuidados intensivos se vean rodeados de 10 o más aparatos electrónicos.

Debido a que la mayoría de la gente también se ve rodeada de múltiples aparatos electrónicos en el hogar y en el trabajo, el hospital puede parecer no presentar más peligros eléctricos que los hogares o los lugares de trabajo industriales. Sin embargo, por razones que se verán posteriormente ciertos pacientes internos están expuestos a un peligro eléctrico, único para el ambiente del hospital. Además, la mayoría de los pacientes internos son más susceptibles a los efectos de todo tipo de peligros eléctricos.

Las condiciones en las que los peligros eléctricos de un hospital pueden ocurrir son a veces difíciles de prevenir, han surgido muchas controversias con respecto tanto a la importancia del problema de la seguridad en sistemas eléctricos, como a las medidas de seguridad propuestas.

1.2 SEGURIDAD ELÉCTRICA HOSPITALARIA

La seguridad eléctrica hospitalaria es el conjunto de actividades de prevención orientadas a reducir el riesgo para el paciente, el operador, el entorno, el equipo y las instalaciones eléctricas. Los riesgos pueden ser debido a las energías puestas en juego durante el funcionamiento normal, cuando el equipo presenta una falla o bien por la interrupción del funcionamiento del equipo. Es posible reducir estos

riesgos a niveles razonables de acuerdo con los beneficios esperados por el empleo de la tecnología que los origina.

El origen del riesgo eléctrico puede ser por la interacción directa de las corrientes eléctricas con el cuerpo humano o a través de otras radiaciones generadas a partir de la energía eléctrica.

En los equipos que son para uso médico la situación puede agravarse por diversas circunstancias. En primer lugar el paciente suele ser muy sensible a determinadas formas de energía, la realización de una medición de diagnóstico o un tratamiento invasivo pueden privarle de sus defensas naturales, como es el caso de un contacto eléctrico por debajo de la piel como lo hacen las unidades electroquirúrgicas o electrobisturis los cuales su funcionamiento consiste en ir abriendo el tejido por medio de altas frecuencias. En segundo lugar, dado que el cuerpo humano presenta una capacidad limitada de absorción de energía en todas sus formas, para cada acción no debe usarse más energía de la necesaria.

Para alcanzar la seguridad deseada es necesario implementar las siguientes acciones:

- a) proporcionar el uso correcto del equipo médico con personal capacitado
- b) Incorporar protecciones en el equipo, emplear medidas suplementarias de protección externas.
- c) Diseñar y llevar a cabo un plan de mantenimiento preventivo a los equipos médicos
- d) Adoptar precauciones en la instalación o utilización.

1.3 EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

Para que la electricidad produzca efectos sobre el organismo, el cuerpo se debe convertir en parte del circuito eléctrico. Para que circule corriente a través del

cuerpo humano deben existir al menos dos conexiones entre el cuerpo y una fuente de alimentación externa. La magnitud de la corriente dependerá de la diferencia de potencial entre las conexiones y la resistencia eléctrica del cuerpo. La mayor parte de los tejidos del cuerpo humano poseen un elevado porcentaje de agua, por lo cual la resistencia eléctrica que presentan es baja y se puede considerar como buenos conductores. Por otra parte, la impedancia de la piel (epidermis) es bastante elevada, del orden de los 200 a 500 K Ω , por lo que el cuerpo humano puede considerarse como un conductor volumétrico no homogéneo en la que la distribución del flujo de la corriente eléctrica viene determinada por la conductividad local del tejido.

El efecto que la corriente eléctrica producida sobre un individuo depende de diversos parámetros: la magnitud de la corriente que circula por el tejido, el tiempo de exposición, la zona por la cual circula (superficie o tejido interno) y la frecuencia que posee.

Las consecuencias del recorrido de la corriente eléctrica por el cuerpo humano dependen de los órganos que atraviesen los cuales pueden ser por el cerebro, corazón y pulmones. Las mayores lesiones se producen cuando la corriente eléctrica circula en las siguientes direcciones.

Mano derecha – Pie izquierdo

Mano izquierda – Pie derecho

Manos – Cabeza

Mano derecha – tórax – mano izquierda

Mano – Brazo – Codo

Pie derecho – Pie izquierdo

La figura 1 muestra las diferentes trayectorias de la corriente eléctrica

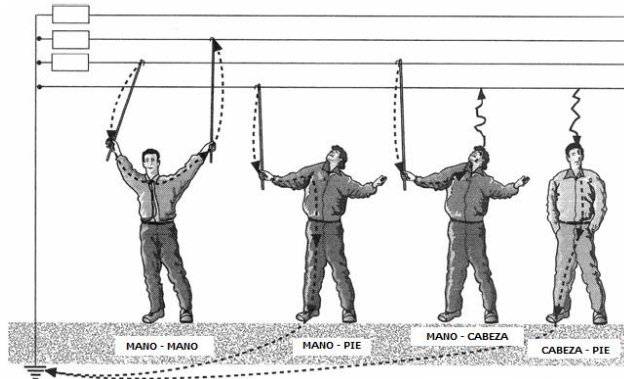


FIG 1.1 TRAYECTORIA DE LA CORRIENTE ELECTRICA

La gravedad del daño dependerá a su vez del órgano afectado, en la tabla No. 1 se muestran los efectos fisiológicos producidos por el paso de corriente eléctrica de 50/60 Hz.

INTENSIDAD	EFFECTOS FISIOLÓGICOS QUE SE PRESENTAN 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 piernas y brazos con dificultad de soltar objetos. Aumento de la presión arterial y dificultades respiratorias.
25 – 40 mA	Irregularidades cardíacas. Quemaduras, asfixia a partir de 4 s
40 – 100 mA	Efectos anteriores con mayor intensidad y gravedad. Fibrilación y arritmias cardíacas.
~1 A	Fibrilación y paro cardíaco. Quemaduras muy graves. Alto riesgo de muerte
1 – 5 A	Quemaduras muy graves. Paro cardíaco con elevada probabilidad de muerte.

TABLA No. 1 EFECTOS FISIOLÓGICOS PRODUCIDOS POR EL PASO DE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA 50/60 Hz

El órgano más susceptible a la corriente eléctrica es el corazón. Un estímulo eléctrico elevado con una frecuencia de 60 Hz que vaya directamente al corazón provoca la contracción completa del miocardio que detiene la acción de bombeo del corazón e interrumpe la circulación sanguínea. Si la circulación no se restablece en pocos minutos, en primer lugar se lesiona el cerebro y luego se produce la muerte debido a la falta de aportación de oxígeno a los tejidos cerebrales. No

obstante, si la corriente eléctrica se elimina al cabo de poco tiempo y las lesiones producidas son reversibles, el latido del corazón se reanuda de forma espontánea. Una corriente de intensidad más baja que excite sólo parte de las fibras musculares del corazón puede ser más peligrosa que una corriente suficiente para dañar el corazón entero. Esta excitación parcial puede cambiar las vías eléctricas de propagación en el miocardio desincronizando la actividad del corazón. Este fenómeno en el que el corazón pierde su sincronismo se denomina "fibrilación". La fibrilación ventricular es la causa que produce la mayoría de las muertes en los accidentes eléctricos.

Para valores más elevados de corriente, entre 18 y 22 mA, aparecen contracciones involuntarias de los músculos respiratorios, produciendo situaciones de asfixia si la corriente no se interrumpe. Contracciones fuertes involuntarias de los músculos y estimulación de los nervios pueden provocar dolores y causar fatiga si permanecen expuestos a la corriente eléctrica durante largo tiempo.

1.4 EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA CORRIENTE CONTINUA

En general no es tan peligrosa como la alterna aunque puede llegar a producir los mismos efectos con mayor intensidad de paso y mayor tiempo de exposición. Su actuación es por calentamiento aunque puede llegar a producir un efecto electrolítico en el organismo que puede generar riesgo de embolia o muerte por electrolisis de la sangre. Los efectos más graves son los producidos por la corriente continua rectificadas.

1.5 PARÁMETROS QUE MODIFICAN LOS EFECTOS FISIOLÓGICOS

Los efectos fisiológicos debido a la electrocución, como se dijo anteriormente, dependen del valor absoluto de la intensidad, duración, trayectoria de la corriente a través del cuerpo y frecuencia

Una corriente que apenas haga cosquillas en las manos de un individuo en condiciones normales, puede ser suficiente para provocar quemaduras serias a un paciente debilitado incluso la muerte por lo que se debe tener cuidado con las corrientes de fuga estas deben ser mínimas para que no se dañe al paciente.

La frecuencia de las señales bioeléctricas del organismo son del orden de la frecuencia de la red eléctrica. Debido a esto, los niveles de corriente que puede producir la fibrilación son bajos. Si la frecuencia de la corriente aplicada es mayor por lo general el riesgo eléctrico disminuye. Una corriente eléctrica de 200 mA a 50 Hz produce un efecto fisiológico mayor que una de 200 mA a 2 KHz.

Mediante estudios estadísticos, el umbral de percepción de la corriente eléctrica para los hombres es de 1.1 mA mientras que para las mujeres es de 0.7 mA utilizando electrodos, pero si se utiliza el gel conductor se disminuye la impedancia de contacto, el umbral de percepción se reduce a sólo 83 μ A para hombres y mujeres.

Si el tiempo de exposición a la corriente eléctrica es mayor, los efectos fisiológicos producidos también serán mayores.

Diversos estudios empleando animales de diferentes tamaños, denotan que el umbral de fibrilación (nivel de corriente a partir del cual se activa dicho estado) aumenta conforme al peso del cuerpo esto se debe a la cantidad de agua, grasa proteínas y otras sustancias que tiene nuestro organismo hagan menos resistente al paso de la corriente.

1.6 **DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA**

La energía eléctrica es necesaria en las instalaciones de hospitales o servicios de cuidados o asistencia no sólo para el funcionamiento de los instrumentos médicos, sino también para uso de iluminación, aplicaciones de mantenimiento, confortabilidad de los pacientes (televisión, radio, teléfono celular, etc.), siempre y cuando no se encuentren cerca de equipo electromédico.

La energía se distribuye desde una subestación principal al hospital normalmente mediante cables subterráneos o aéreos que transportan alta tensión. Por medio de un transformador reductor con toma central se obtiene una alimentación de 230-240 V el secundario del transformador generalmente tiene una toma intermedia o toma central y se conecta a un sistema de puesta a tierra. A partir de aquí se desarrolla la instalación eléctrica del edificio. Conviene resaltar que es interesante que los equipos tengan toma de tierra para derivar posibles derivaciones a éstos por parte de la red eléctrica. En las instalaciones modernas, todos los receptáculos disponen de un tercer contacto denominado "toma de tierra del equipo" y que está unida a tierra en la subestación del edificio bien mediante el conductor de acero galvanizado que protege a los otros conductores o bien mediante un conductor de masa distinto. El uso del conductor como conector a tierra puede presentar ciertos peligros debido a la corrosión o un aumento de la resistencia del conductor hasta un nivel peligroso. Por este motivo se exige un sistema de tierras equipotenciales en los lugares donde haya pacientes susceptibles a la electricidad.

1.7 ENTORNO ELÉCTRICO DE LOS PACIENTES

El peligro de shock o descarga eléctrica existe entre dos conductores entre los que exista una diferencia de potencial (230-240 ó 115-120 V). En las áreas generales de los hospitales (pasillos, zona de recepción, etc.) los pacientes rara vez entran en contacto con equipos eléctricos sin embargo en las áreas destinadas a cuidados intensivos como quirófanos, terapia intensiva, los pacientes entran en contacto con los equipos eléctricos por lo que el riesgo de descarga eléctrica aumenta. Por este motivo, es necesario que estos equipos tengan toma de tierra para minimizar estos riesgos y de esta forma conectar los equipos a tierra.

1.8 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN AISLADOS

Aunque los equipos estén bien conectados a toma de tierra, pueden existir otras descargas debido al contacto accidental de algún cable eléctrico o falla de la conexión a tierra. Por ello, se requieren sistemas que aislen eléctricamente la red eléctrica del paciente y de esta forma se rompa el bucle de corriente y se minimicen los peligros de descarga. Este aislamiento eléctrico se realiza principalmente por medio de un transformador de aislamiento.

Los transformadores de aislamiento, están diseñados para alimentar aquellos equipos sensibles a las perturbaciones presentes en las redes eléctricas. Además de aislar galvánicamente la fuente de alimentación y la carga, llevan incorporada una pantalla electrostática que filtra y conduce a tierra las señales de alta frecuencia indeseadas.

1.9 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE EMERGENCIA

En la unidad de cuidados intensivos se requiere de sistemas de alimentación de emergencia. Estos sistemas suelen entrar en funcionamiento un cierto tiempo después de que se produzca una falla en el sistema normal de abastecimiento de corriente eléctrica. Están constituidos por sistemas de alimentación ininterrumpida (SAI) en inglés Uninterruptible Power Supply UPS y pueden existir diversos tipos de sistemas de seguridad estándar (iluminación, servicios de alarma, etc.) y sistemas de seguridad críticos (alimentaciones de las áreas de cuidados intensivos o quirófanos). Las plantas de emergencia es algo muy importante dentro de un hospital para que la energía eléctrica sea continua.

1.10 PUNTOS DE ENTRADA DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA

Cuando la corriente que se aplica entre dos puntos cualesquiera al cuerpo humano, y sólo un pequeño porcentaje de esta energía o corriente durante la trayectoria que lleva atraviesa el corazón (figura 1.2A y 1.2B), pueden darse básicamente dos situaciones: El Macroshock y el Microshock.

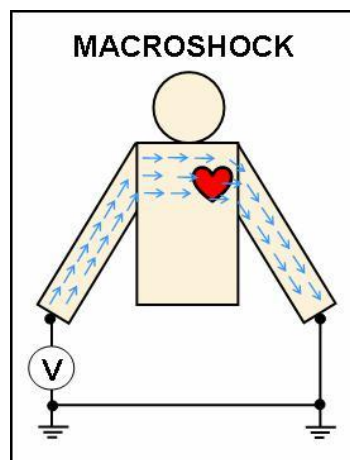


Fig 1.2A Macroshock

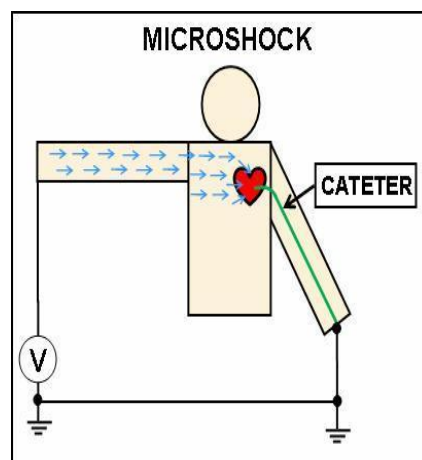


Fig 1.2 B Microshock

1.10 a **MACROSHOCK**

Para exponerse al peligro de un Macroshock eléctrico, una persona debe entrar en contacto simultáneamente con ambos conductores eléctricos, el vivo y el neutro o dos vivos a diferentes potenciales. No obstante, como el conductor neutro está conectado a tierra, existe el mismo peligro entre el conductor vivo y cualquier objeto conductor que de alguna manera esté conectado a tierra. Dentro estos objetos pueden citarse radiadores, cañerías de agua estructuras metálicas del edificio... etc. En el diseño del equipo eléctrico, debe prestarse especial atención en impedir que el personal pueda hacer contacto accidental con el cable del vivo utilizando para ello materiales aislantes adecuados y conservando las distancias de seguridad entre los conductores y chasis del equipo para minimizar posibles acoples capacitivos. Con todo esto, puede producirse un contacto accidental entre el cable del vivo y el chasis de un equipo debido a una pérdida de aislamiento, al deterioro y a averías mecánicas. Si el chasis no está conectado a tierra, cualquier persona que lo toque y esté conectado a tierra a través de otro conductor estará expuesta a un grave peligro de Macroshock como se muestra en la figura 1.3.

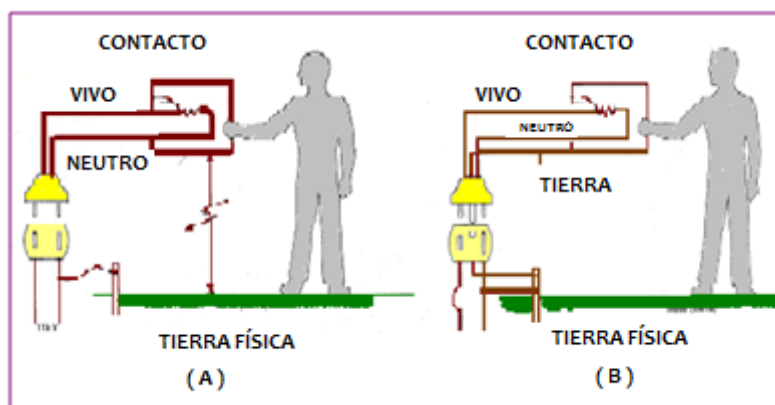


FIGURA 1.3 MACROSHOCK

La finalidad del contacto de toma de tierra del equipo en el receptáculo que se encuentra colocado en la pared es reducir el peligro de Macroshock. De esta forma

se dispone de una conexión a tierra para el chasis del equipo (figura 4b). Cuando se produce un contacto accidental entre el conductor vivo y el chasis, la corriente puede retornar a tierra a través de esta conexión equipo-tierra sin crear un peligro eléctrico. Así pues, la integridad de la conexión equipo-tierra es de gran importancia. Una interrupción de esta continuidad debido a un cable o una clavija de tierra rotos o al empleo de un adaptador de tres patas de contacto a dos (quedando la pata de tierra al aire) destruyen por completo la protección del equipo y puede provocar accidentes. Aunque la conexión a tierra no se interrumpa por completo, sólo con que presente una resistencia mayor alrededor de 1Ω , puede elevar el potencial de la carga hasta un valor tal que se cree un peligro de Macroshock.

1.10 b **MICROSHOCK**

El Microshock se refiere aquellos casos en los cuales el paciente tiene un catéter conectado al corazón, donde una pequeña corriente que allí se genere puede ocasionar grandes daños e incluso la muerte. Figura 1.4.

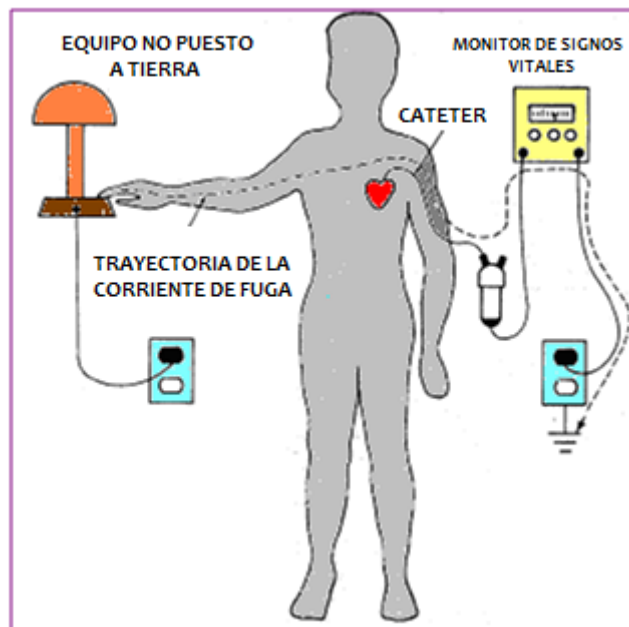


FIGURA 1.4 MICROSHOCK

El rango de corrientes que producen fibrilación en casos de Microshock es de 80 a 600 μA . el límite de seguridad aceptado para prevenir Microshock es de 10 μA . por lo tanto, no se puede proteger un Microshock a un paciente mediante el uso de interruptores diferenciales, con umbrales de sensibilidad de 10 ó 30 mA la única forma de hacerlo es conectando directamente el equipo a tierra, utilizando transformadores de aislamiento.

La protección contra el shock eléctrico que brindan los equipos alimentados externamente (desde la red eléctrica y no por baterías) se puede clasificar en Clase I, II y III. Existen varios organismos e instituciones que se dedican a establecer los niveles de seguridad y comprobar que estos se cumplan antes de homologarlos, entre ellos se encuentran:

AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación)

IEC (International Electrotechnical Commission)

IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)

CAPÍTULO II

CLASIFICACIÓN DE EQUIPO MÉDICO EN RELACIÓN A SU SEGURIDAD

2.1 CLASIFICACIÓN DE EQUIPO MÉDICO EN RELACIÓN A SU SEGURIDAD

Cuando se desea adquirir o diseñar un equipo para uso médico, no sólo deben tenerse en cuenta especificaciones relacionadas con su funcionalidad, sino también desde el punto de vista de la seguridad para evitar o minimizar el peligro de descarga eléctrica o choque eléctrico del paciente o personal que entra en contacto con él. Dependiendo de la aplicación que se quiera dar al equipo existen diversos tipos de protecciones y distintos niveles de seguridad equipo médico clase I, IIa, IIb y III.

2.2 EQUIPO MÉDICO CLASE I

Es el equipo médico de bajo riesgo, su manipulación es fácil no destinados para proteger o mantener la vida de un paciente o para un uso de importancia especial en la prevención del deterioro de la salud humana y que no representan un riesgo de potencial razonable de enfermedad o lesión. No se introducen al organismo



FIG. 2.1 EQUIPO MÉDICO CLASE I ULTRASONIDO

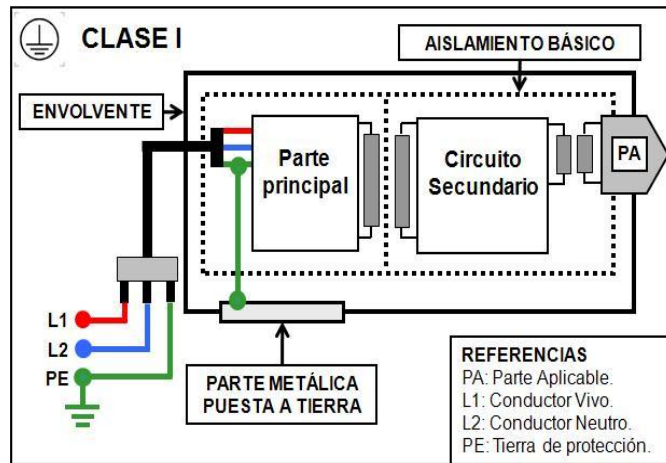


FIG. 2.2 ESQUEMA DE EQUIPO MÉDICO CLASE I

2.3 EQUIPO MÉDICO CLASE II a

Son dispositivos médicos de riesgo moderado, sujetos a controles especiales en la fase de fabricación para demostrar su seguridad y efectividad.

2.4 EQUIPO MÉDICO CLASE II b

Son dispositivos médicos de alto riesgo, sujetos a controles especiales en el diseño y fabricación para demostrar su seguridad y efectividad.

Son aquellos equipos que pueden tener variaciones en el material con el que están elaborados o en su concentración y, generalmente, se introducen al organismo permaneciendo menos de treinta días.

En el caso del equipo clase II este posee terminal de tierra, esto es debido a que la misma es utilizada como tierra funcional y no como tierra de protección

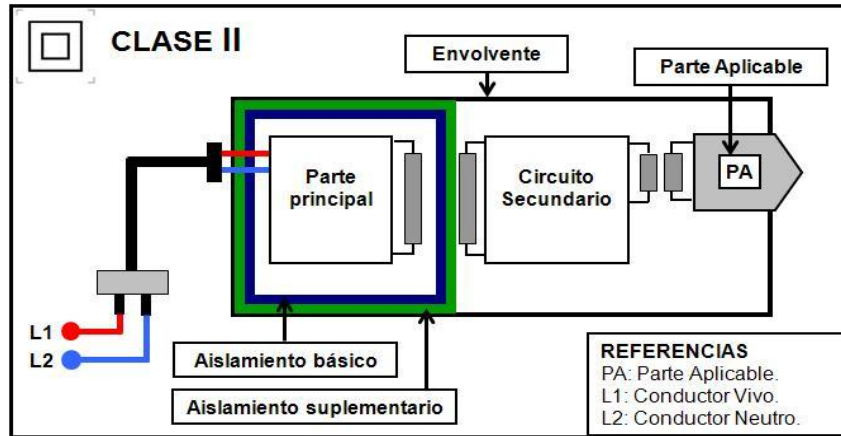


FIG. 2.3 EQUIPO MÉDICO CLASICO II

Un ejemplo de equipo clase IIa y IIb es la Unidad Electroquirúrgica



FIG. 2.4 UNIDAD ELECTROQUIRÚRGICA

Este equipo utiliza energía generada por una corriente alterna de alta frecuencia para lograr el corte o coagulación (hemostasia) de los tejidos biológicos.

Este equipo médico ocupa una técnica de aplicación denominada monopolar una vez que al generador de alta frecuencia se le ha seleccionado la energía a la cual se desea trabajar, se efectúa un flujo de corriente desde el electrodo activo lo que

hace es tocar directamente el tejido biológico y la energía disipada va hacia el electrodo neutro esta es una placa que va pegada a la piel del paciente y de esta forma se cierra el circuito eléctrico. Figura 2.5

Durante la electrocirugía el paciente es incluido en el circuito y la corriente entra y sale del cuerpo del paciente.

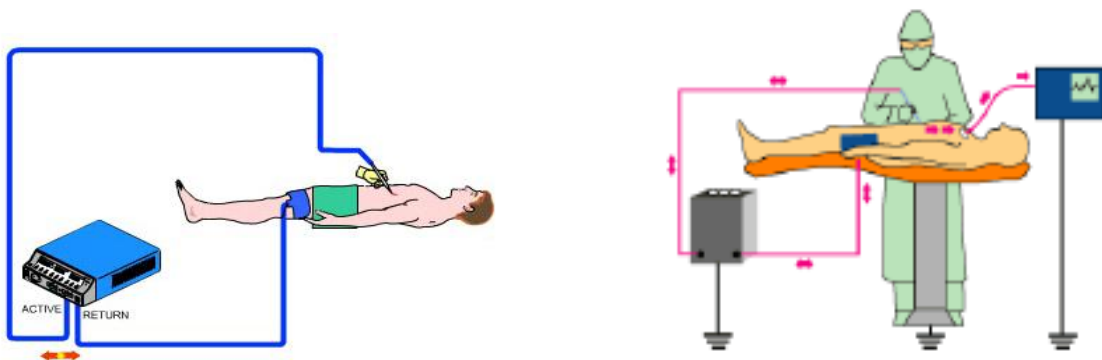


FIG 2.5 TÉCNICA MONOPOLAR LA CORRIENTE LLEGA POR UN ELECTRODO ACTIVO (LÁPIZ) Y REGRESA POR UN ELECTRODO DE RETORNO (PLACA)

Una vez que la corriente entra al paciente, debe retornar a tierra a través del electrodo de retorno. Hay objetos conductivos en contacto con el paciente como la mesa quirúrgica, instrumental médico que puede hacer contacto accidental con el paciente y el electrodo por lo que es muy importante que los equipos estén bien aterrizados para evitar quemaduras.

2.5 EQUIPO MÉDICO CLASE III

Son el equipo médico de muy alto riesgo sujetos a controles especiales, destinados a proteger o mantener la vida o para un uso de importancia sustancial en la prevención del deterioro de la salud humana, o si su uso presenta un riesgo potencial de enfermedad o lesión.

Son aquellos equipos que se introducen al organismo y permanecen en él, por más de treinta días.

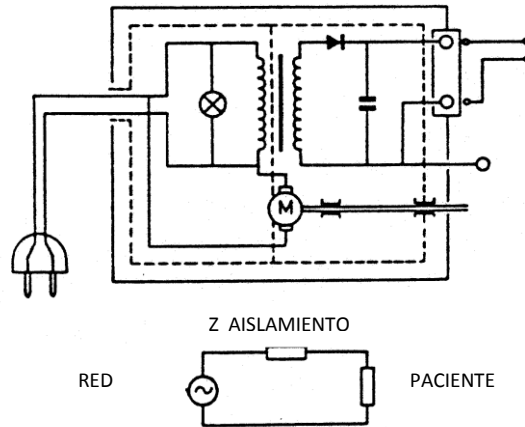


FIG. 2.6 ESQUEMA DE EQUIPO MEDICO CLASE III

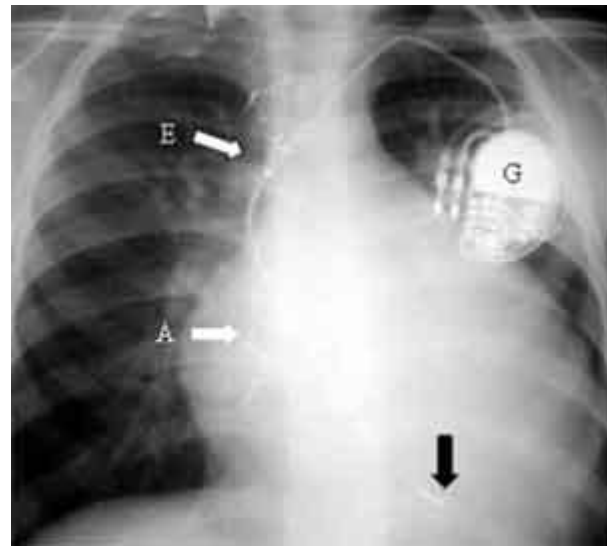


FIG. 2.7 MARCAPASOS EQUIPO MÉDICO CLASE III

2.6 NIVEL DE PROTECCIÓN A EQUIPO MÉDICO

2.6 a TIPOS B

Son los equipos de clase I, II, III o con alimentación interna que provean un adecuado grado de protección respecto a corriente de fuga y fiabilidad de la conexión de tierra, deberán ser equipos tipo B todos aquellos equipos de uso médico que no tengan una parte directamente aplicada al paciente.



FIGURA 2.8 SÍMBOLO DE PROTECCIÓN TIPO B CON Y SIN PROTECCIÓN CONTRA DESFIBRILADORES

- Estos equipos tienen protección contra choques eléctricos
- Adecuado grado de protección respecto a corrientes de fuga
- No apto para aplicación cardiaca directa.



FIG. 2.9 ELECTROCARDÍOGRAFO EQUIPO MÉDICO TIPO B

2.6 b TIPO BF

Son todos aquellos equipos con la entrada o parte aplicada al paciente mediante circuitos flotantes. Estos equipos deberán ser equipos tipo BF todos aquellos equipos que tengan una parte aplicada al paciente



FIGURA 2.10 SÍMBOLO DE PROTECCIÓN TIPO BF CON Y SIN PROTECCIÓN CONTRA DESFIBRILADORES

- Estos equipos tienen parte aplicable Tipo F
- Tienen alta protección contra choques eléctricos
- Alto grado de protección respecto a corrientes de fuga
- No son aptos para la aplicación cardiaca directa.

2.6 c TIPOS CF

Aquellos equipos de las clases I, II o alimentados internamente que permitan un alto grado de protección en relación con corrientes de fugas y con entrada flotante. Estos equipos deberán ser equipos CF todos aquellos en que se pueda establecer un camino directo al corazón del paciente.

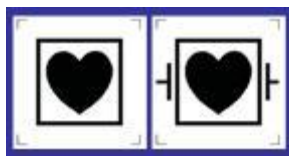


FIGURA 2.11 SÍMBOLO DE PROTECCIÓN TIPO CF CON Y SIN PROTECCIÓN CONTRA DESFIBRILADORES

- Estos equipos tienen una parte aplicable Tipo F
- Tienen una alta protección contra choques eléctricos
- Poseen un alto grado de protección en relación con corrientes de fuga.
- Equipo apto para la aplicación cardiaca directa.

En la tabla 2 se muestra el resumen de los niveles de protección a equipo médico.

NIVEL DE PROTECCIÓN	NIVEL DE PROTECCIÓN CONTRA CHOQUES ELÉCTRICOS	NIVEL DE PROTECCIÓN CONTRA CORRIENTES DE FUGA	ADMITE APLICACIÓN CARDIACA DIRECTA
B	NORMAL	NORMAL	NO
BF	ALTO	ALTO	NO
CF	MUY ALTO	MUY ALTO	SI

TABLA 2.1 NIVELES DE PROTECCIÓN A EQUIPO MÉDICO

CAPÍTULO 3

TIERRA FÍSICA

3.1 TIERRA FÍSICA

La tierra física se define como un sistema de conexión formado por electrodos y cables que salen directamente de los receptáculos donde el equipo que utilice energía para su funcionamiento. Generalmente el término es usado para hacer referencia a una red o conexión de seguridad que debe instalarse en el centro de trabajo o en cualquier lugar donde se tenga equipo eléctrico o electrónico, ya que de improviso surgen descargas ya sean por fenómenos naturales como los rayos o artificiales como las sobre cargas, interferencias o incluso errores humanos, es por eso que una instalación de puesta a tierra tiene como función forzar o drenar al terreno las intensidades de corriente nocivas que se puedan originar.

En pocas palabras consiste en la conexión de equipos eléctricos o electrónicos a tierra, esto se realiza desde un cable que sale de los receptáculos hasta llegar a un terreno donde se encuentra una pieza de metal llamada electrodo se hace la conexión y mediante este circuito se van a drenar las corrientes no deseadas o las descargas eléctricas evitando que se dañen los aparatos, maquinaria o personas.

3.2 COMPONENTES BÁSICOS DE UN SISTEMA DE TIERRA

Una instalación de tierras físicas a grandes rasgos debe tener los siguientes elementos:

- a) Conductores
- b) Varillas o electrodos de tierra
- c) Conectores o juntas

3.2 a CONDUCTORES

Sirven para formar el sistema de tierra y para la conexión a tierra de los equipos. Los conductores empleados en los sistemas de tierra son generalmente cables concéntricos formados por varios hilos y los materiales empleados en su fabricación son el cobre, cobre estañado, copperweld (acero recubierto con cobre), acero, acero inoxidable, acero galvanizado o aluminio.

El factor principal en la selección del material es la característica de corrosión que presenta al estar enterrado.

El cobre es la selección más común para los conductores, ya que es económico y tiene buena conductividad, además de ser resistente a la corrosión y a la fusión.

El calibre de los conductores, se determinará por requerimientos de conducción de corriente.

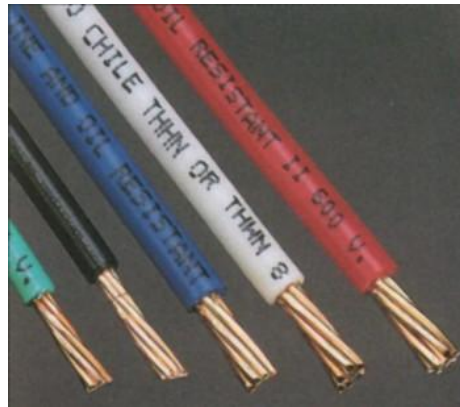


FIG. 3.1 CONDUCTORES

3.2 b VARILLAS O ELECTRODOS DE TIERRA

Estos elementos se clavan en el terreno y sirven para encontrar zonas más húmedas y por lo tanto, con menor resistividad eléctrica en el subsuelo.

Los materiales empleados en la fabricación de varillas o electrodos de tierra son generalmente el acero, acero galvanizado, acero inoxidable y copperweld.

Como en los conductores, la selección de material dependerá de las características de corrosión que presenten al estar enterrados.

El copperweld es el material más empleado en las varillas de tierra ya que combina las ventajas del cobre con la alta resistencia mecánica del acero, tiene buena conductividad, resistencia a la corrosión y buena resistencia mecánica para ser clavada en el terreno.

El diámetro y longitud de las varillas o electrodos, se determinará por resistencia mecánica y por las características de resistencia eléctrica que presenten al estar enterrados.



FIG. 3.2 ELECTRODOS

3.2 c CONECTORES O JUNTAS

Son los elementos que nos sirven para unir los conductores del sistema de tierra, para conectar las varillas a los conductores y para la conexión de los equipos al sistema de tierras.



FIG. 3.3 CONECTORES

Los conectores utilizados en los sistemas de tierra son generalmente de 2 tipos:

- a) Conectores a presión
- b) Conectores soldables

Los conectores a presión son todos aquellos que mediante presión mantienen en contacto a los conductores.

En este tipo están comprendidos los conectores atornillados y los de compresión.

Los conectores atornillados son aquellos que se fabrican formando dos piezas que se unen por medio de tornillos. El material del conector es de bronce con alto contenido de cobre y el de los tornillos es de bronce al silicio que les da alta resistencia mecánica a la corrosión.

Los conectores a presión deberán diseñarse para una temperatura máxima de 250 a 350 °C.

Los conectores soldables son aquellos que mediante una reacción química exotérmica, los conductores y el conector se sueldan en una conexión molecular.

Este tipo de conector, por su naturaleza, soporta la misma temperatura de fusión del conductor.

Los conductores deberán seleccionarse con el mismo criterio con que se seleccionan los conductores, además tendrán las siguientes propiedades:

- a) Tener dimensiones adecuadas para absorber el calentamiento que se produce al circular por él corrientes elevadas (resistente a la fusión).
- b) Tener suficientemente asegurados a los conductores para soportar los esfuerzos electrodinámicos originados por las fallas, además de no permitir que el conductor se mueva dentro de él.

3.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS DEL SISTEMA DE TIERRA.

Cada elemento del sistema de tierra deberá tener las siguientes características:

- a) Resistencia a la corrosión. Para retardar su deterioro en el ambiente donde se localice
- b) Conductividad eléctrica. De tal manera que no contribuya sustancialmente con diferencias de potencial en el sistema de tierra.
- c) Capacidad de conducción de corriente. Suficiente para soportar los esfuerzos térmicos durante las condiciones más adversas impuestas por la magnitud y duración de las corrientes de falla.
- d) Resistencia mecánica. De tal manera que soporte esfuerzos electromecánicos y daño físico.

3.4 DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA Y CONEXIÓN A TIERRA

Una instalación de tierras físicas a grandes rasgos debe tener los siguientes elementos.

La energía eléctrica es necesaria en las instalaciones de hospitales o servicios de cuidados de asistencia, no solo por el funcionamiento de los instrumentos médicos, sino también para uso de iluminación, aplicaciones de mantenimiento, confortabilidad de los pacientes.

En la siguiente figura se muestra un diagrama simplificado de un sistema de distribución de energía eléctrica. La energía se distribuye desde una subestación y esta llega al hospital por medio de cables subterráneos o aéreos que transportan alta tensión 63,000 V. por medio de un transformador de configuración delta-estrella. El secundario del transformador generalmente tiene toma intermedia o toma central y se conecta a tierra. A partir de aquí se desarrolla la instalación eléctrica del hospital.

Conviene resaltar que es interesante que los equipos estén conectados a tierra. En las instalaciones modernas, todos los receptáculos disponen de un tercer contacto denominado "toma de tierra del equipo" y que está unida a tierra en la subestación del edificio bien mediante un conductor de masa distinto. El uso del conductor como conector a tierra puede presentar ciertos peligros debido a la corrosión o un aumento de la resistencia del conductor hasta un nivel peligroso. Por este motivo las normas exigen un sistema de tierras equipotenciales en los lugares donde haya pacientes susceptibles a la electricidad.

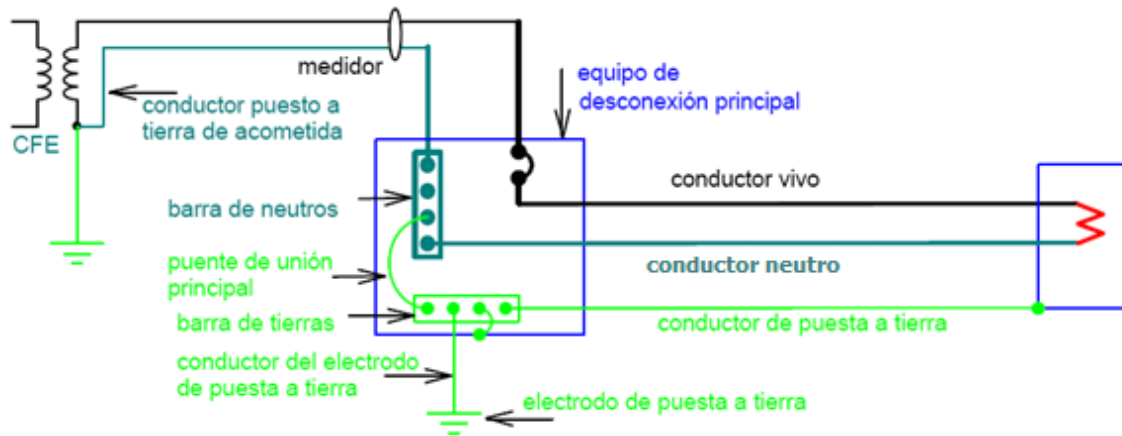


FIGURA 3.4 ESQUEMA SIMPLIFICADO DE LA DISTRIBUCIÓN DE POTENCIA ELÉCTRICA

En la figura 3.4 tanto el conductor vivo como el conductor neutro portan corriente eléctrica cuando la carga es alimentada. Bajo condiciones normales de operación la corriente que pasa por el conductor de puesta a tierra, la que pasa por el conductor del electrodo de aterrizaje y por el puente de unión principal es cero; solo hay corriente en estos conductores en presencia de falla eléctrica.

3.5 DIFERENCIA ENTRE NEUTRO Y TIERRA

Durante mucho tiempo ha existido la confusión por la diferencia que existe entre el neutro y tierra, este problema se debe a la poca importancia que se le ha dado a la tierra física, se pueden ver instalaciones eléctricas en fábricas, casas, incluso en los hospitales donde la tierra física está mal colocada o incluso no existe.

El neutro es un conductor proveniente de un sistema de transformación con secundario en estrella y sirve para el cierre de circuitos donde son conectadas cargas monofásicas. El neutro lo usamos como regreso de nuestra línea de alimentación o en otras palabras es por donde pasa la corriente de regreso a los postes del suministro eléctrico.

Por otro lado la conexión a tierra, es la conexión que usamos para que circule la corriente no deseada o descargas eléctricas hacia tierra para evitar que dañen a equipos eléctricos, electrónicos e incluso personas, explicado de otra forma es la conexión que usamos para la protección personal y de equipos contra sobre tensiones o descargas eléctricas de cualquier tipo.

En la práctica las normas técnicas nos dicen que el neutro y la tierra solo se deben de aterrizar en un solo punto la acometida principal o tablero principal del secundario, pero jamás utilizar el neutro como tierra porque lo que se desarrollan desbalance y aparición de armónicas.

3.6 CABLE DE TIERRA FÍSICA

El concepto de tierra física se aplica concretamente a un cable o conductor que va conectado a la tierra o al suelo, éste se conecta en el tercer conector de los receptáculos a los que se les llama polarizados aterrizados. En sí una tierra física es todo un conjunto de elementos necesarios para una adecuada instalación. La tierra física protegerá a todo el equipo conectado a un tomacorriente de cualquier sobrecarga que se pudiera originar y así mismo brindará seguridad y tranquilidad al personal hospitalario.

Es importante mencionar al hablar de tierras físicas que sobre todo se busca el máximo aprovechamiento de la potencia de entrada a los aparatos y equipos médicos, así como la compatibilidad y acoplamiento efectivo entre las fuentes de energía y las cargas eléctricas.

3.7 CLAVIJA GRADO HOSPITALARIO

Son clavijas que tienen un punto verde pintado en el cuerpo de la misma y que nos indican que tienen mayor resistencia mecánica en la pata de tierra, se pueden desarmar fácilmente o son transparentes para verificar las conexiones de cada cable (vivo, neutro y tierra).



FIGURA 3.5 CLAVIJA GRADO HOSPITALARIO

La pata de tierra es más larga para asegurar que sea la primera en entrar al contacto eléctrico y sea la última en salir, esto permite que la corriente de fuga que disipa el equipo se vaya por esta y no al paciente.

Este tipo de clavijas son las que deben de utilizar todos los equipos médicos para ser alimentados debido a que cuentan con la pata de tierra y a través de ella, se aterriza el equipo, esto es parte de la protección eléctrica al paciente. Las clavijas deben ser revisadas constantemente, por lo menos 3 veces al año, aunque depende del uso que se le dé al equipo, dado que algunos usuarios, desconectan el equipo jalando el cable, al no tomar correctamente la clavija desde el cuerpo de la misma para desconectarla ocasionando que los cables se rompan pudiendo producir un corto o una fuente de corriente de falla y con esto un Macroshock o un Microshock.

3.8 BENEFICIOS DE LA TIERRA FÍSICA

Existen muchos entre los que destacan el incremento en la seguridad en los centros de trabajo, además de que disminuye el calentamiento en los motores y cables, también se incrementa el tiempo de vida en los equipos y disminuye el consumo en la energía eléctrica. Además mejora considerablemente la calidad del servicio, se disipa la corriente asociada a descargas atmosféricas y limita las sobretensiones generadas.

3.9 PUESTA A TIERRA Y EQUIPOTENCIALIDAD

Las partes conductoras accesibles del equipo deberán estar puestas a tierra. En aquellos equipos con partes conductoras accesibles o que sean de clase II, III, alimentación interna o bien del tipo CF se dispondrá de una terminal de equipotencialidad que permite conectar entre sí todos los equipos que rodean al paciente. Un principio importante en la conexión del equipo a la red es el de no utilizar extensiones del cable de alimentación ya que se puede aumentar la resistencia del tercer electrodo. Unos límites adecuados de resistencia máxima en relación con el tercer conductor de tierra son los siguientes: tanto para equipos que incorporan el cable de conexión a red como aquellos que no utilizan, la resistencia máxima entre el terminal de protección de tierra del equipo y cualquier otra parte conectada a él debe ser inferior a 0.1 ohm. Para los equipos con cable flexible, la resistencia máxima entre la terminal de tierra del receptáculo a la red y cualquier parte del circuito del equipo conectada a él deberá ser inferior a 0.2 ohm.

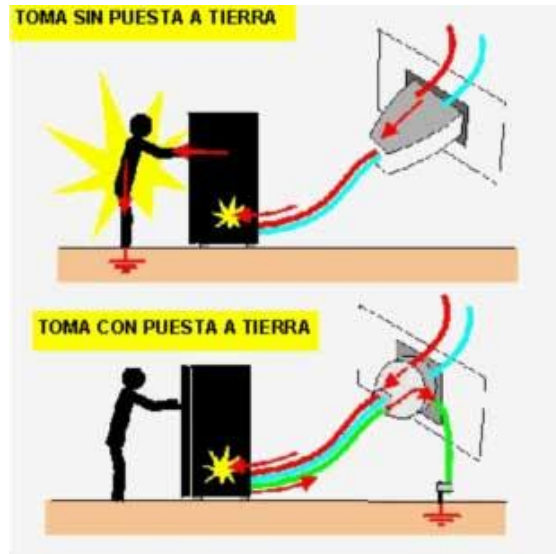


FIGURA 3.6 TOMA CON Y SIN PUESTA A TIERRA

Las medidas de seguridad empleadas con mayor frecuencia tienen como finalidad asegurar en primer lugar que no puedan existir diferencias de potencial entre los objetos que pueden entrar en contacto con el paciente y que los pacientes no puedan entrar en contacto con ningún objeto puesto a tierra o conductor. En segundo lugar se toman medidas para reducir las corrientes de fuga por debajo de $10 \mu\text{A}$ para disminuir el riesgo de Microshock en el caso de que algún equipo perdiese la integridad de la puesta a tierra del equipo.

Para asegurar que todos los equipos u objetos conductores cercanos al paciente estén al mismo potencial, hay que emplear un sistema de tierras equipotenciales, en todas las zonas donde haya pacientes susceptibles a la electricidad. En la figura 16 se muestran que todas las tomas de corriente de una habitación están agrupadas en un panel. Los contactos de toma de tierra del equipo que hay en las tomas de corrientes están unidos por una línea de tierra. Además todos los equipos u objetos metálicos se conectan a esta línea (tierra de referencia) mediante cables de conexión independientes. Este sistema garantiza que todos los objetos que puedan entrar en contacto con el paciente estén al mismo potencial

con tal que las conexiones individuales de toma de tierra de todos los equipos eléctricos se encuentren intactas.

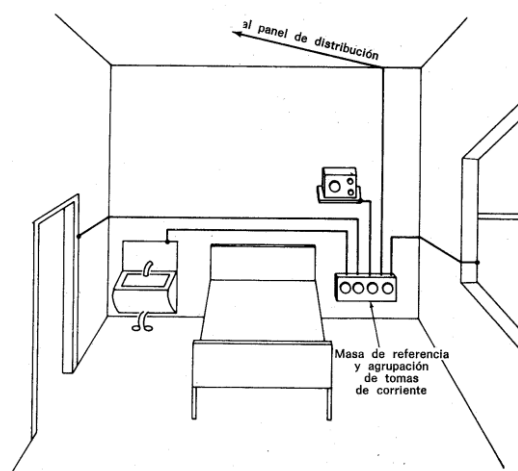


FIGURA 3.7 . PRINCIPIOS DE UN SISTEMA EQUIPOTENCIAL DE MASAS EN UN CUARTO HOSPITALARIO

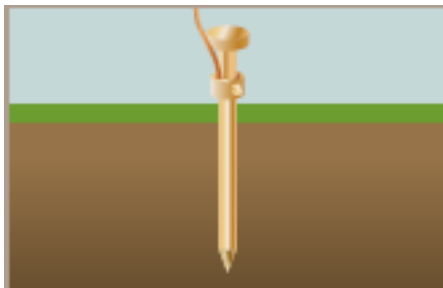
3.10 VALOR DE LA RESISTENCIA DE CONEXIÓN A TIERRA FÍSICA

Idealmente una conexión a tierra física debe tener una resistencia de 0Ω . No existe un valor normalizado de resistencia de conexión a tierra física que sea reconocido por todas las agencias. Sin embargo, la NFPA (National Fire Protection Association) y el IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) han recomendado un valor de resistencia de conexión a tierra física de 5.0Ω o menos. La práctica recomendada IEEE 142 "Prácticas recomendadas para la conexión a tierra de sistemas eléctricos industriales y comerciales" sugiere una resistencia de la toma de tierra entre 1 y 5Ω , para sistemas comerciales o industriales de gran tamaño. El NEC ha indicado lo siguiente: "Asegúrese de que la impedancia del sistema de conexión a tierra física sea menor a 25Ω . En instalaciones con equipo sensible, debe ser de 5.0Ω o menos. La Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones Eléctricas recomienda que en áreas críticas como lo son Terapia Intensiva, Cirugía, Unidad Metabólica, el valor de la resistencia debe ser menor a 2Ω .

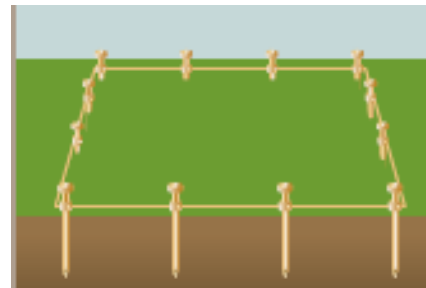
3.11 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONEXIÓN A TIERRA FÍSICA

Los sistemas simples de conexión a tierra física constan de un único electrodo de tierra física colocado en el terreno. El uso de un único electrodo de tierra física es la forma más común de realizar dicha conexión a tierra física y puede encontrarse fuera de su casa o lugar de trabajo. Los sistemas complejos de conexión a tierra física constan de varias varillas de conexión a tierra física conectadas entre sí, de redes en malla, de placas de conexión a tierra física. Estos sistemas típicamente se instalan en las subestaciones generadoras de energía eléctrica, Hospitales, Industrias.

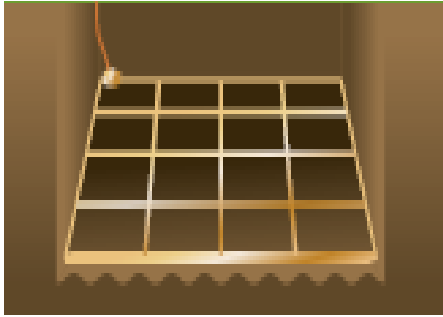
Las redes complejas aumentan drásticamente la cantidad de contacto con la tierra circundante, y disminuyen las resistencias de conexión a tierra física. En la siguiente figura se muestran las diferentes formas de conexión de electrodos a tierra física.



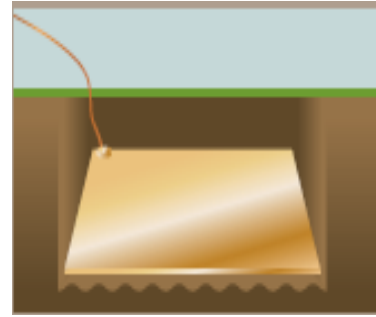
ELECTRODO ÚNICO DE CONEXIÓN A TIERRA FÍSICA



VARIOS ELECTRODOS DE TIERRA FÍSICA CONECTADOS ENTRE SÍ



RED DE MALLA



PLACA DE CONEXIÓN A TIERRA FÍSICA

FIGURA 3.8 DISEÑOS DEL SISTEMA DE CONEXIÓN A TIERRA FÍSICA

3.12 COMPROBACIÓN DEL CONDUCTOR DE TIERRA

Antes de medir la resistencia de la toma de tierra, es recomendable verificar la buena conexión eléctrica del conductor de tierra desde el propio electrodo hasta el borne principal de tierra. La mayoría de los terrómetros incorporan la medida de resistencia eléctrica a dos hilos y disponen de una buena resolución para esta prueba, por lo que resultan perfectos para la tarea. El valor de resistencia eléctrica desde el borne principal de tierra hasta el electrodo deberá ser inferior a 1Ω .

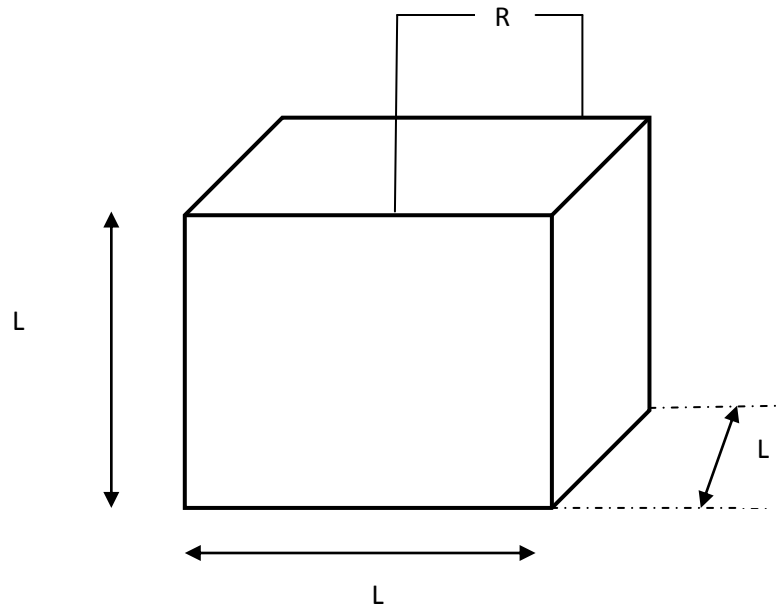
3.13 TIERRA Y RESISTIVIDAD

La resistividad eléctrica del suelo que rodea a una varilla o electrodo de tierra es uno de los parámetros más críticos que el diseñador tiene que determinar. Por ello es requisito conocerla para calcular y diseñar la puesta a tierra del sistema.

La resistividad del suelo es la propiedad que tiene éste, para conducir electricidad, es conocida como la resistencia específica del terreno. En su medición se promedian los efectos de las diferentes capas que componen el terreno bajo estudio, ya que éstos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición.

Hay que recordar que el principal objetivo del diseñado de una red de tierras es limitar estos parámetros a valores seguros.

La resistividad eléctrica o resistencia específica del suelo, es la resistencia de un volumen que tenga un área con sección transversal y longitud unitarias.



De la ecuación:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

Despejando ρ se tiene:

$$\rho = R \frac{A}{L} = \text{ohms} \frac{\text{long} \times \text{long}}{\text{long}} = \text{ohms} \cdot \text{long}$$

En el sistema métrico:

ρ = Resistividad del terreno en Ohms-metro (Ω -m)

R = Resistencia en Ohm (Ω)

A = Área de la sección transversal en m^2

L = Longitud en metros (m)

La resistividad del suelo es la propiedad que tiene éste, para conducir electricidad, es conocida además como la resistencia específica del terreno. Para el diseño de una red de tierras, generalmente se determina por una interpretación apropiada de los datos de campo. Debido a que la resistividad del terreno varía tanto horizontal como verticalmente, los datos se conocen como "perfil de resistividad aparente del suelo", los cuales se obtiene por pruebas en varios lugares donde se vaya a realizar la construcción y hasta en una cierta profundidad en el terreno.

3.14 MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD DEL TERRENO

La resistividad del terreno se mide fundamentalmente para encontrar la profundidad y grueso de la roca en estudios geofísico, así como para encontrar los puntos óptimos para localizar la red de tierras, sistema electrónico, planta generadora, entre otros. Así mismo puede ser empleada para indicar el grado de corrosión de tuberías subterráneas.

Para medir la resistividad del suelo se requiere de un equipo llamado terrómetro (nombrado en otros países por telurómetro o Megger de tierras de cuatro terminales).

La resistividad del terreno varía ampliamente a lo largo y ancho del globo terrestre, estando determinada por:

- a) Sales solubles
- b) Composición propia del terreno
- c) Estratigrafía
- d) Granulometría
- e) Estado higrométrico

- f) Temperatura
- g) Compactación

3.15 VALORES DE RESISTIVIDAD EN DIFERENTES TERRENOS

CLASES DE TERRENO	RESISTIVIDAD ELÉCTRICA Ω -m
Pantanosos	Menor de 30
Limo	20 a 100
Humos	10 a 150
Turba Húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Arena Silíceas	200 a 3000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5000
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1000 a 5000
Calizas agrietadas	500 a 1000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800

TABLA 3.1 VALORES DE RESISTIVIDAD EN DIFERENTES TERRENOS

Los terrómetros deben inyectar una corriente de frecuencia que no sea de 60 Hz para evitar que se midan voltajes y corrientes que no se deban al aparato sino a ruidos eléctricos. Por ejemplo, si estamos cerca de una subestación o de una línea en servicio, y vamos a realizar mediciones de resistividad y resistencia de tierra, con un aparato de 60 Hz, dichos sistemas van a indicar corrientes por el suelo debido a los campos electromagnéticos de 60 Hz y darán una lectura errónea.

De igual manera sucede cuando los electrodos de prueba están mal conectados o tienen falsos contactos, darán señales falsas de corriente y voltaje. Si hay corrientes distintas a las que envió el aparato, éste leerá otras señales de voltaje y corriente que no son las adecuadas.

Los terrómetros tienen cuatro terminales 2 de corriente (C1, C2) y 2 de potencia (P1, P2) y están numerados en el aparato C1 P1 P2 C2. Los terrómetros deben estar certificados y probados en el campo con una resistencia antes de realizar mediciones.

3.16 TÉCNICAS DE MEDICIÓN DE LA RESISTIVIDAD

La investigación en campo del lugar en el que se va a ubicar un edificio, fábrica, hospital, es esencial para determinar la composición general del suelo y obtener algunas ideas básicas acerca de su homogeneidad. Las muestras de campo para los estudios de Mecánica de Suelos son muy útiles, ya que proporcionan información sobre las diferentes capas del subsuelo y los materiales que las componen, dándonos una idea del rango de su resistividad.

El valor de la resistividad del suelo que se usará en el diseño de la red de tierras, generalmente se determina con pruebas de campo en el lugar donde se ubicará una de las construcciones antes mencionadas.

Debido a que existen variaciones en el sentido horizontal y vertical en la composición el suelo, es conveniente realizar las pruebas de campo en varios lugares del terreno. La mayor cantidad de datos obtenidos en las pruebas, nos permitirá seleccionar con más precisión el modelo de suelo a usar en el diseño de nuestra red.

Existen dos métodos para la medición de la resistividad en el terreno:

3.16 a **MÉTODO DE 4 PUNTOS o MÉTODO WENNER**

El principio básico de este método es la inyección de una corriente directa o de baja frecuencia a través de la tierra entre dos electrodos C1 y C2 mientras que el potencial que aparece se mide entre dos electrodos P1 y P2. Estos electrodos están enterrados en línea recta y a igual separación entre ellos. La relación V/I es conocida como la resistencia aparente. La resistividad aparente del terreno es una función de esta resistencia y de la geometría del electrodo.

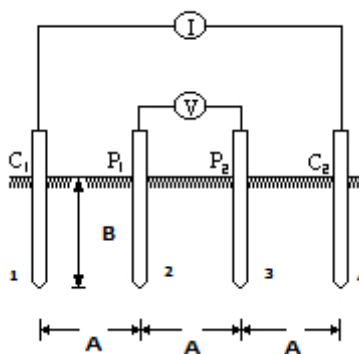


Fig. 3.9 DONDE 1, 2, 3 y 4 SON ELECTRODOS

Si "A" es la distancia entre dos electrodos adyacentes, la resistividad, en términos de las unidades de longitud en que "A" y "B" se midan será:

$$\rho = \frac{4\pi AR}{1 + \frac{2A}{\sqrt{A^2 + 4B^2}} - \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2}}}$$

Si "A" y "B" se miden en cm o en m y la resistencia R en Ω , la resistividad estará dada en $\Omega.m$ o en $\Omega.cm$ respectivamente. Si la longitud "B" es mucho menor que la longitud "A", puede suponerse B=0 y la fórmula se reduce a:

$$\rho = 2\pi AR$$

Con estas fórmulas se obtiene la resistividad promedio del terreno, también conocida como resistividad aparente.

Las lecturas obtenidas en campo pueden graficarse en función de su espaciamiento, indicándonos en donde existen capas de diferentes tipos de suelo con sus resistividades y profundidades respectivas.

3.16 b ELECTRODOS NO IGUALMENTE ESPACIADOS o ARREGLO SCHLUMBERGER-PALMER

El método de Schlumberger es una modificación del método de Wenner, ya que también emplea 4 electrodos, pero en este caso la separación entre los electrodos centrales o de potencia (a) se mantiene constante, y las mediciones se realizan variando la distancia de los electrodos exteriores a partir de los electrodos interiores, a distancia múltiplos (na) de la separación base de los electrodos interiores (a).

La configuración, así como la expresión de la resistividad correspondiente a este método de medición se muestra en la figura 3.10

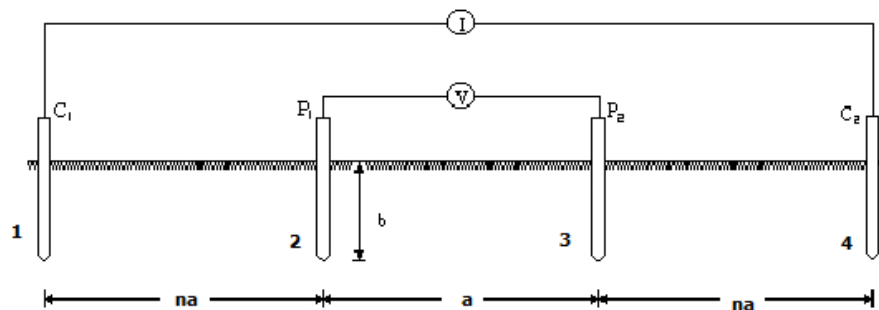


FIG. 3.10 ARREGLO SCHLUMBERGER-PALMER

El método de Schlumberger es de gran utilidad cuando se requieren conocer el valor de resistividad de capas más profundas, sin necesidad de realizar mediciones

como en el método Wenner. Se utiliza también cuando los aparatos de medición son poco precisos. Solamente se recomienda hacer mediciones a 90 grados para que no resulten afectadas las lecturas por estructuras subterráneas

$$\rho = 2\pi R(n + 1)na$$

3.16 c MÉTODO DE 3 PUNTOS O CAÍDA DE POTENCIAL

El diagrama de conexiones para este método se muestra en la figura 3.11.

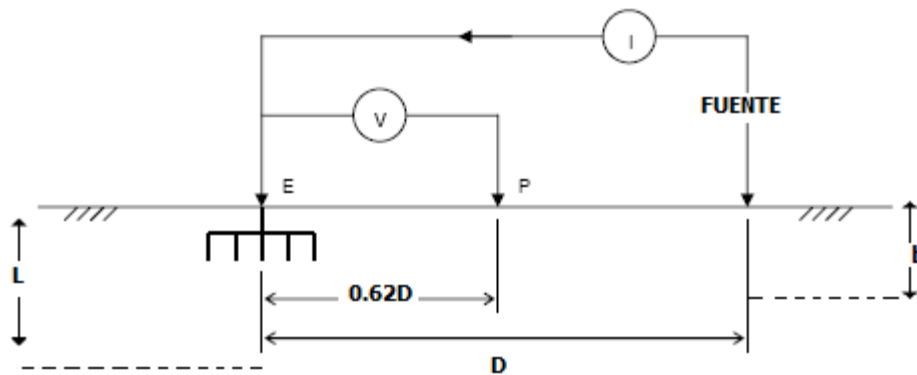


FIG. 3.11 MÉTODO DE CAÍDA DE POTENCIAL

En este método, la profundidad L de la varilla de prueba es variable. Las otras 2 varillas, conocidas como varillas de referencia, se entierran a una profundidad "b" y en línea recta con la varilla de prueba.

La varilla de referencia de tensión deberá localizarse a 62% de la distancia entre la varilla de referencia de corriente y la varilla de prueba.

Para minimizar la interferencia inter-electrodos, la varilla de referencia de corriente deberá localizarse al menos a una distancia 5L de la varilla de prueba.

Estas especificaciones para la localización de las varillas de referencia, están basadas en la suposición de un suelo uniforme.

3.17 RESISTENCIA A TIERRA DE UNA VARILLA

En un suelo uniforme de resistividad ρ , la resistencia a tierra de una varilla de diámetro d y enterrada una longitud L , está dada por la fórmula

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \left[\ln \frac{2.943L}{d} \right]$$

Para cada longitud L de la varilla, la resistencia R medida, determina el valor de resistividad aparente. Cuando este valor se grafica contra L , se observan las variaciones de la resistividad del terreno con la profundidad.

3.18 RESISTENCIA A TIERRA DE UN GRUPO DE ELECTRODOS

Cuando se conectan en paralelo varios electrodos o varillas de tierra, el valor de resistencia a tierra que presenta el conjunto es menor que la resistencia a tierra que presenta un solo electrodo.

Si conectamos a una varilla existente otra varilla en paralelo, el valor de resistencia a tierra de las dos no es la mitad del valor de una de ellas, a menos que se encuentren separadas a una distancia igual a varias veces la longitud de las varillas.

Una regla práctica es que los sistemas de tierra formados por 2 hasta 24 electrodos ubicados en línea recta, formados en triángulo, un cuadrado o ubicados en un círculo y separados entre sí una distancia igual a la longitud del electrodos, presentarán una resistencia a tierra igual a la resistencia que tiene un solo electrodo dividida entre el número de electrodos y multiplicada por un factor F :

$$R_g = \frac{R}{n} \times F$$

El valor del factor F se determina de la siguiente tabla 3.2.

No. DE ELECTRODOS	F
2	1.16
3	1.29
4	1.36
8	1.68
12	1.80
16	1.92
20	2.00
24	2.16

TABLA 3.2 VALOR DEL FACTOR F

Referencia: IEEE Std 142-1991. Recommended practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems

3.19 TRATAMIENTO QUÍMICO PARA RELLENO DEL POZO

El tratamiento químico del suelo surge como un medio de mejorar y disminuir la resistividad del terreno, sin necesidad de utilizar gran cantidad de electrodos. Existen diversos tipos de tratamiento químicos para reducir la resistencia del pozo de tierra.

SALES PURAS: (Cloruro de Sodio) no actúan como un buen electrolítico en estado seco, por lo que se le incorpora carbón vegetal con el fin de que este sirviera como absorbente de las sales disueltas de la humedad.

BENTONITAS: son sustancias minerales arcillosas que retienen las moléculas del agua, pero la pierden con mayor velocidad que con la que la absorben, debido al aumento de la temperatura ambiente. Al perder el agua, pierden conductividad y restan toda compactación lo que deriva en la pérdida de contacto entre electrodo y medio, elevándose la resistencia del pozo ostensiblemente. Una vez que la bentonita se ha secado su capacidad de absorber nuevamente es casi nula.

Thor-Gel: es un compuesto químico complejo, que se forma cuando se mezclan en el terreno las soluciones acuosas de sus 2 componentes. El compuesto químico resultante tiene naturaleza coloidal, y es especial para el tratamiento químico electrolítico de las puestas a tierra, este componente viene usándose mayormente por sus buenos resultados, debido a que posee sales concentradas de metales que neutralizan la corrosión de las sales incorporadas, como también aditivos para regular el PH y la acidez de los suelos.

Este compuesto posee otra ventaja que al unirse en el terreno se forma un compuesto gelatinoso que le permite mantener una estabilidad, química y eléctrica por aproximadamente 4 años. El método de aplicación consiste en incorporar al pozo los electrolitos de aglutinados bajo la forma de un Gel, mejoran la conductividad de la tierra, y retienen la humedad en el pozo, por un periodo prolongado. De esta manera se garantiza una efectiva reducción de la resistencia eléctrica y una estabilidad que no se vea afectada por las variaciones del clima.

3.20 ELECTRODO

Entre los elementos que se deben usar para la instalación del sistema de tierra física destaca el electrodo, que por lo general es una pieza de metal, cobre la mayoría de las veces que debe ser resistente a la corrosión por las sales de la tierra, esta pieza va enterrada a la tierra a una profundidad variable para servir

como el elemento que tendrá como función disipar la corriente a tierra en caso de alguna sobrecarga o falla de la instalación o incluso un rayo

Es muy importante tomar en cuenta que los electrodos de puesta a tierra de los sistemas eléctricos deben estar accesibles y preferiblemente en la misma zona del puente de unión principal del sistema. El sistema de electrodos de puesta a tierra se forma interconectando los siguientes tipos de electrodos (siempre que existan):

- a) Tubería metálica de agua enterrada
- b) Estructura metálica del inmueble
- c) Electrodo empotrado en concreto (Ufer)
- d) Anillo de tierra

En caso de no disponer de alguno de los anteriores, se deben usar uno o más de los electrodos especialmente contruidos:

- a) Electrodo de varilla o tubería
- b) Electrodo de placa
- c) Otras estructuras o sistemas metálicos subterráneos cercanos

Los tipos de electrodos no permitidos por la norma oficial mexicana son

- a) Tuberías de gas enterradas. Porque en los E.U. las compañías suministradoras de este fluido se opusieron a ello.
- b) Electrodos de aluminio, aunque en Europa se han utilizado, los comités del NEC, se opusieron a incluirlos porque el aluminio es un material que se corroe con mayor facilidad que el cobre y los compuestos químicos que se le forman no son buenos conductores eléctricos.

3.21 LONGITUD Y PROFUNDIDAD DEL ELECTRODO DE TIERRA FÍSICA

Una manera muy eficaz de disminuir la resistencia de la conexión a tierra física es logrando que los electrodos a conexión a tierra física tengan una mayor profundidad. El terreno no tiene una resistividad constante, y puede ser muy impredecible. Resulta crítico al instalar el electrodo de tierra física que éste se encuentre debajo de la línea de congelamiento. Esto se hace para que la resistencia a la tierra física no se vea demasiado influenciada por el congelamiento del terreno circundante. Por lo general, al duplicar la longitud del electrodo de tierra física, es posible reducir el nivel de resistencia en un 40% adicional. Hay ocasiones en las que es físicamente imposible colocar las varillas de conexión a tierra física a una profundidad mayor, se trata de áreas compuestas de roca, granito, etc.

3.22 DIÁMETRO DEL ELECTRODO DE TIERRA FÍSICA

El aumento del diámetro del electrodo de tierra física tiene muy poco efecto en disminuir la resistencia. Por ejemplo, es posible duplicar el diámetro de un electrodo de tierra física, y la resistencia sólo disminuiría en un 10%.

3.23 NÚMERO DE ELECTRODOS DE TIERRA FÍSICA

Otra manera de disminuir la resistencia de conexión a tierra física es utilizar varios electrodos de tierra física. En este diseño, se coloca más de un electrodo en la tierra, y se lo conecta en paralelo, a fin de reducir la resistencia. Para que los electrodos adicionales resulten eficaces, el espaciado de las varillas adicionales debe ser al menos igual a la profundidad de la varilla colocada. Si un espaciado correcto de los electrodos de tierra física, sus esferas de influencia se interceptarán, y no se disminuirá la resistencia

*PROBLEMA ENCONTRADO EN EL
ÁREA DE TERAPIA INTENSIVA*

PROBLEMA ENCONTRADO EN EL ÁREA DE TERAPIA INTENSIVA

El concepto de Áreas de atención crítica según Norma de la Secretaría de Energía NOM-001-SEDE-2005 menciona que son aquellas unidades de atención especial como: unidades de cuidados intensivos, unidades de cuidados coronarios, laboratorios de angiografía, laboratorios de caterización cardiaca, salas de expulsión, salas de operación y áreas similares en las cuales los pacientes estén sujetos a procedimientos invasivos y conectados a equipos y aparatos electromédicos sofisticados que estén energizados mediante receptáculos grado hospital.

En el área de Terapia Intensiva, el paciente se encuentra en un evento agudo y amenazante de su vida. Ya que la mayoría de las veces, no puede respirar de forma natural, por lo que requiere de un ventilador, siempre debe estar monitorizado para estar verificando los signos vitales. Algunas veces durante su tratamiento o para diagnóstico requieren de Máquinas de Hemodiálisis así como la obtención de placas por medio de equipo de Rayos X, Desfibriladores, catéter, sondas, etc.

Como se puede observar depende de mucho equipo médico para su diagnóstico y recuperación motivo por el cual es importante contar con buenas instalaciones eléctricas para garantizar el funcionamiento de los equipos y con esto la seguridad de todas las personas que se encuentran cerca de él.

En todos los hospitales ya sean de 1º, 2º ó 3er nivel si hay equipo médico debe existir personal capacitado que sepa la forma de manipular el equipo, las características de instalación del equipo eléctricas, de gases, en caso de que exista alguna falla el personal sea capaz de solucionar el problema y dejar el equipo

funcionando con la plena seguridad de que no va a dañar al paciente y que los parámetros que se midan sean confiables.

Un Ingeniero Biomédico es una persona capacitada para trabajar en el área hospitalaria. Dentro de sus actividades está la realización de Mantenimientos Preventivos (MP) a los equipos médicos por lo menos 2 veces al año. Esta actividad se hace con el fin de prevenir que el equipo presente alguna falla, aunque las fallas del equipo se pueden presentar en cualquier momento debido al mal uso o a descomposturas debidas a fallas eléctricas.

Durante la realización del Mantenimiento Preventivo a los equipos que se encuentran en el área de terapia intensiva, uno de los puntos a verificar es la seguridad eléctrica y esto se realiza con un equipo denominado "equipo de seguridad eléctrica" figura 1 donde se miden los valores de voltajes entre tierra-neutro, tierra-vivo, vivo-neutro, así como verificar el valor de las corrientes de fuga del chasis del equipo y de los latiguillos (si el equipo los tiene) son los cables que se conectan a electrodos que van pegados al tórax del paciente para poder monitorear señales eléctricas (Electrocardiograma).

Otro parámetro que mide el equipo de seguridad eléctrica es el de la resistencia del cable de línea que está conectado al equipo, este valor debe ser menor a 5Ω , si llegara a presentarse un valor más elevado el equipo de seguridad eléctrica comienza a alarmarse y nos indica que el cable de línea probablemente en su parte interna se encuentre roto, la pata de tierra floja o rota. Por lo que se procede a reparar la clavija o cambiar el cable de línea.



FIGURA 1. EQUIPO DE SEGURIDAD ELÉCTRICA

Una actividad que se realizó adicional al mantenimiento preventivo del equipo que se encuentra en Terapia Intensiva, fue la verificación de los receptáculos de los 14 cubículos.

Lo que se hizo con un voltmetro se midieron los voltajes entre vivo-neutro, neutro-tierra, tierra-vivo y los valores de voltaje entre tierra-neutro no eran los esperados que deberían de ser un valor mayor a 0 V pero menor a 1 V ya que variaban mucho. Los datos que se obtuvieron se muestran en la tabla siguiente:

CUBÍCULO	VALOR DEL VOLTAJE DE LA TIERRA FÍSICA ENTRE RECEPTÁCULOS
1	1.901
2	1.899
3	1.756
4	1.411
5	1.078
6	1.067
7	1.098
8	1.090
9	1.672
10	1.980
11	1.323
12	1.456
13	0.876
14	1.573

TABLA 1 VALORES DE VOLTAJE ENTRE LA TIERRA DE LOS RECEPTÁCULOS

Por lo que se procedió a revisar el tablero del área y colocando una punta del voltmetro en la barra de tierras físicas y la otra punta en el chasis del tablero se esperaba que el valor de la tierra física fuera aproximadamente 0 V, pero lo que se observó que el valor no se estabilizaba, variaba entre 0.897 V y 1.967 V

Se verificaron los voltajes de entrada entre fases y estos fueron los esperados aproximadamente 120 V entre vivo y neutro, 120 V entre vivo y tierra.

Una de las alternativas para poder reducir este valor entre tierra-neutro era que se regaran los jardines donde supuestamente se encontraría enterrado el electrodo

de esa área y lo que se persigue con la tierra mojada es disminuir la resistencia al paso de las corrientes parásitas para que estas fluyan eficazmente.

Se buscó el jardín donde se encontraría enterrado el electrodo de esa área "según planos" y lo que se encontró fue el cable roto, debido a que se construyó una ampliación del área de Terapia Intensiva y no se volvió a colocar la instalación correcta de la tierra física.

El cable de tierra que debería llegar al jardín se encontró roto, no tenía ningún contacto con la tierra, estaba oxidado, a la intemperie y lo único que tenía puesto para su protección era cinta de aislar en la punta.

Se dio aviso al jefe de esa área para informarle que se implementaría en el área la conexión de tierra física

El área de Terapia Intensiva tiene la conexión de tipo copo de nieve como se muestra en la siguiente figura:

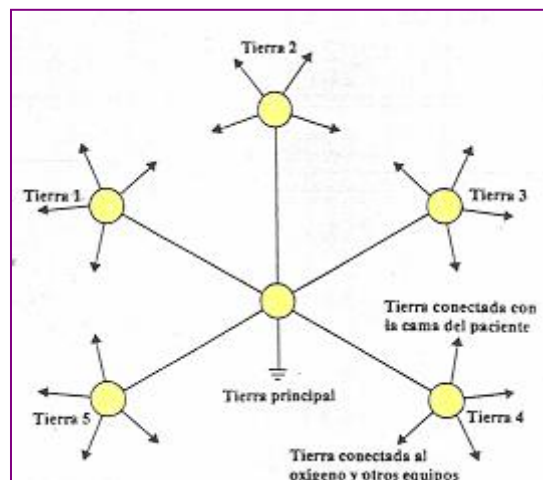


FIGURA 2 INSTALACIÓN ELÉCTRICA EQUIPOTENCIAL DEL TIPO COPO DE NIEVE

CONEXIÓN DE LA TIERRA FÍSICA EN EL ÁREA DE TERAPIA INTENSIVA

De cada uno de los receptáculos tomando solamente el de tierra física de un solo cubículo así como las tomas de gases medicinales (aire, oxígeno, toma de vacío) y todas las partes metálicas se aterrizaron (de ese cubículo), se conectaron a través de un cable de cobre a una placa de cobre que será la tierra independiente de ese cubículo. En cada cubículo se hará lo mismo y de la placa de cada cubículo (tierra independiente) saldrá otro cable de cobre que se conectará a la tierra central del área (en este caso la de Terapia Intensiva), este cable se llevó al jardín cercano donde se enterraría el electrodo.

CONEXIÓN DEL ELECTRODO

Una vez que se designó el lugar dónde se colocaría el electrodo el material con el que se contaba para realizar dicha actividad fue el siguiente

El material utilizado para la colocación del electrodo fue el siguiente:

- a) Electrodo
- b) Conector
- c) Bentonita
- d) Soldadura
- e) Tapa para el registro

Como se puede observar en la siguiente imagen se tiene el cable de cobre que sale de la conexión de todas las tierras físicas del área.



FIGURA 3 CABLE DE TIERR FISICA

Se hizo un agujero, con una profundidad de aproximadamente de 1 m se enterró la varilla y para que estuviera más firme se golpeo en la parte superior para que entrara unos 10 cm más. La varilla es de material de cobre altamente conductivo con un diámetro nominal de 2" y 1.2 m de longitud.



FIGURA 4 COLOCACIÓN DE LA VARILLA

Una vez colocada la varilla se rellenó el agujero haciendo una mezcla con bentonita que es una arcilla consistente en el mineral montmorillonita. Y tiene una resistividad de 2.5 ohm-m con humedad, entre otros compuestos como el sulfato de magnesio, sulfato de cobre y de compuestos químicos, los cuales hacen que disminuya la resistencia eléctrica.

Se soldó el conductor.



FIGURA 5 CONDUCTOR SOLDADO



FIGURA 6 RELLENÓ Y HUMEDAD EN EL ÁREA



FIGURA 7 SE COLOCÓ UNA TAPA PARA SU UBICACIÓN Y MANTENIMIENTO

Una vez realizada la instalación de la tierra física se regó el jardín donde se colocó el electrodo, se hicieron nuevamente mediciones en los cubículos y los valores obtenidos fueron los siguientes:

CUBÍCULO	VALOR DEL VOLTAJE DE LA TIERRA FÍSICA ENTRE RECEPTÁCULOS
1	0.256
2	0.221
3	0.254
4	0.229
5	0.278
6	0.253
7	0.247
8	0.269
9	0.241
10	0.287
11	0.222
12	0.249
13	0.256
14	0.255

TABLA 3 VALORES DE VOLTAJE ESPERADOS EN LOS CUBÍCULOS RECEPTÁCULOS DE LOS CUBÍCULOS

Los valores medidos después de la instalación del electrodo fueron los esperados se hicieron pruebas de seguridad eléctrica a los equipos que se encuentran en el área de terapia intensiva, así como la medición del valor del voltaje entre receptáculos.

Uno de los problemas encontrados en el área mencionada es la utilización de extensiones de mala calidad, no propias para utilizarlas en un hospital, como ya se mencionó las clavijas a utilizar son grado médico y una de sus características es que la pata de tierra es robusta comparada con otras clavijas que no son grado médico y las extensiones que utilizan en esta área se observa que la entrada de la pata de tierra no cuenta con esta entrada debido a que no es polarizada aterrizada o es demasiado angosta le entrada por lo que los usuarios han optado por cortarla o dejarla fuera.

Es importante tomar en cuenta lo siguientes puntos:

- a) Las tierras de todos los contactos en el cuarto de un paciente se deben unir entre sí a una placa metálica conductora de cobre.
- b) Los cables de conexión de estas tierras individuales deben ser aproximados de la misma longitud
- c) La resistencia que presenten estos cables entre sí, no deben exceder a 0.1Ω
- d) El voltaje medido entre las tierras de dos receptáculos en el mismo cubículo no debe variar y debe ser mayor a 0 V pero menor a 1 V a 60 Hz.

Las placas de tierra de cada cuarto deben conectarse a una placa de tierra central por medio de un cable calibre 12 con un recubrimiento aislante de color verde.

- a) La resistencia entre el cable de línea del equipo y la tierra del cuarto no debe ser mayor a 0.5Ω
- b) En el sistema de distribución eléctrica debe haber un interruptor para cada cubículo, junto con un fusible adecuado.

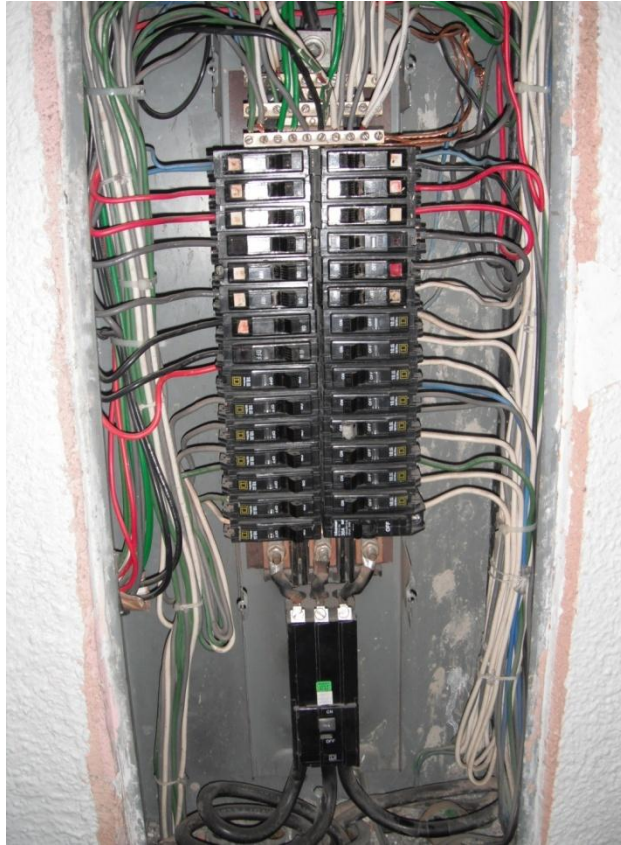


FIGURA 8 TABLERO DE DISTRIBUCIÓN DE TERAPIA INTENSIVA

Como sistema de protección en esa área cuentan desde hace mucho tiempo con reguladores de voltaje dos por cada cubículo uno conectado a la línea normal y otro a la de emergencia. Todos estos reguladores cuentan con su tierra física independiente a otro tablero de alimentación diferente al de los cubículos.

Un regulador de voltaje (también llamado estabilizador de voltaje o acondicionador de voltaje) es un equipo eléctrico que acepta una tensión eléctrica de voltaje variable a la entrada, dentro de un parámetro predeterminado y mantiene a la salida una tensión constante (regulada).



FIG. 9 REGULADORES DE VOLTAJE

Cuando se produce una variación de voltaje elevado los reguladores tienen como protección en la salida unos varistores los cuales se abren y el equipo comienza a alarmarse.

Los varistores proporcionan una protección fiable y económica contra transitorios de alto voltaje que pueden ser producidos, por ejemplo, por relámpagos, fallas eléctricas. Su tiempo de respuesta es de menos de 20 ns, absorbiendo el transitorio en el instante que ocurre la falla.



FIG. 10 VARISTORES

BENEFICIOS DE CONTAR CON UN REGULADOR DE VOLTAJE

Funcionamiento permanente y seguro de todos los equipos, las variaciones de voltaje de la red eléctrica no afectarán el funcionamiento. Es indispensable que los equipos estén trabajando las 24 horas del día debido a su utilización, los pacientes, el personal médico deben confiar de su buen funcionamiento.

CAPACITACIÓN AL PERSONAL SOBRE LA IMPORTANCIA DE LA TIERRA FÍSICA

En varias sesiones se les explicó al personal médico, enfermeras, camilleros, inhaloterapistas, residentes y personal de limpieza, la importancia que tiene la tierra física.

Se explicó que todo equipo médico debe tener un cable de línea con una clavija polarizada y aterrizada grado médico, que la pata de tierra no tienen porque cortarla cuando utilicen extensiones que carezcan de esa entrada, las extensiones deben ser de uso industrial y no deben conectar equipos en los cubículos que no

sean para el diagnóstico y recuperación del paciente como son radios, cargadores de celulares, televisiones, parrillas, ya que pueden provocar un accidente o alteran la señales de los equipos. Se le prohibió la utilización de convertidores de 3 a 2 patas bajo ninguna circunstancia deben conectar un equipo médico con este objeto.

También se capacitó al personal de mantenimiento para que se tuviera el cuidado necesario para colocar una buena instalación de tierras físicas en otras áreas ya que ellos comentan que durante los cambios que ha tenido el hospital se ha requerido de esta instalación pues en tiempos anteriores no se usaba o no se le daba la importancia necesaria, solamente lo hacían cuando llegaban equipos grandes como los tomógrafos, resonancia magnética y siempre y cuando lo solicitaran.

Cuando se instaló el electrodo de Terapia Intensiva se les propuso y proporcionó la bentonita ya que ellos cuando volvían a rellenar lo hacían con la misma tierra y en otras instalaciones ponían sal de grano dentro del agujero.

Se les explicó que una varilla de construcción no sirve como electrodo para tierra física el material con el que está diseñado no cumple con lo requerido para una puesta a tierra.

Los pocos registros de tierras físicas encontrados en los jardines no se les da el mantenimiento apropiado, se les hizo saber que deben estar midiendo la resistencia de la tierra, no tienen un terrómetro para medir por lo que se les sugirió que lo contemplen para la siguiente licitación.

Otra de las propuestas es que el Departamento de Ingeniería Biomédica y el área de Mantenimiento deben estar en constante comunicación debido al crecimiento que se tiene en áreas y a la construcción de nuevas instalaciones para que cada una de las áreas cumpla con su trabajo a realizar y así garantizar el buen funcionamiento del equipo y la confianza para que sea manipulado por el usuario y utilizado por el paciente.

CONCLUSIÓN

Es importante recordar que donde quiera que nos encontremos (casa, oficina, trabajo, etc.) estaremos en contacto con equipo conectado a la línea de alimentación eléctrica y que debemos saber cómo cuidarnos. Sin embargo, en los hospitales debemos de saber qué hacer en caso de que un equipo falle, saber actuar de forma eficaz para poder prevenir un accidente, ya que, bajo ciertas circunstancias, la corriente eléctrica que puede ser percibida solamente como un "toque" para los que no somos pacientes, para muchos de ellos, el mismo "toque" puede ser mortal.

La seguridad del suministro eléctrico en recintos hospitalarios tiene una especial importancia por el elevado número de equipos electromédicos y técnicos que apoyan el trabajo sanitario en beneficio de los pacientes.

Es importante contar con personal capacitado para hacer una buena instalación del equipo médico, el lugar dónde se va a colocar, la humedad del lugar, la temperatura, instalaciones eléctricas y suministro de gas hospitalario, para todo esto se deben realizar los cálculos necesarios para así poder ahorrar pérdidas innecesarias.

Lo que se propuso en este trabajo fue la realización de una tierra física en el área de Terapia Intensiva de la importancia vital que se debe tener para proteger el equipo eléctrico y electrónico mediante una buena conexión a tierra que permita dar seguridad patrimonial y humana, ya que de improviso pueden surgir descargas, sobrecargas o interferencias que dañan severamente el equipo. Su principal función es forzar o drenar al terreno las intensidades de corriente que se puedan originar por cortocircuito o por alguna descarga atmosférica.

Con lo que respecta a lo encontrado en el área de Terapia Intensiva fue importante explicarle al personal de Mantenimiento la importancia que tiene su trabajo y que el instalar un electrodo no es simplemente el hecho de enterrar, soldar y tapar, sino que es importante realizar un buen trabajo para que el equipo médico trabaje adecuadamente y lo más importante se evita que las personas corran el peligro de la electrocución.

Pues un toque eléctrico puede ser fatal para un paciente que se encuentra en un estado vulnerable como lo están todos los pacientes en terapia intensiva, ya que están mojados probablemente su cuerpo esté constantemente segregando líquidos, muchos de ellos después de su intervención quirúrgica se deben mantener con la herida abierta o incluso cuando tienen infecciones muy fuertes las heridas están a flor de piel en cualquier parte del cuerpo y también la mayoría están invadidos, es decir se encuentran con catéter, sondas marcapasos dentro de su cuerpo. Por lo que es importante que las corrientes parásitas que se lleguen a formar en los equipos tengan una salida y no debe ser por los cables del paciente sino por el cable de tierra física.

De igual manera se les explicó la diferencia que existe entre el neutro y tierra ya que para muchos de ellos no existía diferencia y el cable de tierra se podía conectar al neutro y no pasaba nada.

Otro de los puntos tratados es la utilización correcta de extensiones, ya que se conectan una gran cantidad de equipos sobre una misma extensión y estas no soportan tanta carga y pueden causar daños a los equipos, por lo que se acordó que cuando se utilicen extensiones estas deben cumplir con el calibre, clavija y tamaño correcto.

Durante el mantenimiento preventivo del equipo médico realizar las pruebas de corrientes de fuga, verificar que exista la equipotencialidad en los receptáculos de las áreas y de no ser así hacer lo necesario para que todo funcione correctamente.

Como se puede observar las Normas establecen criterios, especificaciones y métodos de prueba, que se deben cumplir o que se deben realizar con el objetivo de realizar todo con procedimientos y establecer métodos para que los productos, servicios y en este caso Sistema de Tierras Físicas estén dentro de lo establecido.

REFERENCIAS

[1.1] "IEEE Std 142 Grounding of Industrial and Commercial Power Systems". Green Book.

[1.3] "NOM-001-SEDE-2005 Instalaciones Eléctricas (utilización)". *Diario Oficial de la Federación* 13 Marzo 2006.

Fluke 2009 Medida de la resistencia de la toma de tierra en edificios comerciales, residenciales y en plantas industriales Fluke Corporation.

Fluke 2006 Resistencia de la Tierra Física Fluke Corporation

La Guía MetAs 2006 Medidores de Aislamiento Eléctrico 2010-Enero. Metrólogos Asociados.

BIBLIOGRAFÍA

1. DANERI, A. PABLO **"ELECTROMEDICINA EQUIPOS DE DIAGNÓSTICO Y CUIDADOS INTENSIVOS"** EDITORIAL HASSA, 2007
2. STONER, DAVID L. **"LA SEGURIDAD EN HOSPITALES"** EDITORIAL LIMUSA, 1987
3. PIÑA, BARBA MARÍA CRISTINA. **"LA FÍSICA EN LA MEDICINA"** EDITORIAL FCE 2009
4. RUELAS, GOMEZ ROBERTO **"TEORÍA Y DISEÑO DE SISTEMAS DE TIERRAS SEGÚN LAS NORMAS OFICIALES MEXICANAS"** (NOM) E IEEE
5. MORALES, OSORIO NELSON **"MANUAL TÉCNICO PARA PROCOBRE CHILE"** 1999. www.procobre.org
6. ALAMOS, HERNÁNDEZ JUAN ALERCIO **"SISTEMA DE PUESTA A TIERRA"** 2006. juan_alamos_h@yahoo.es
7. La Guía MetAs **"TIERRA FÍSICA METODOS DE COMPROBACIÓN DE CONEXIÓN A TIERRA FÍSICA"**, AÑO 08 No. 3 MARZO 2008.
8. LORENZO, BAUTISTA RODOLFO **"PUESTA A TIERRA DE SISTEMAS ELÉCTRICOS, ELECTRÓNICOS Y DE PARARRAYOS"** 1º AGOSTO 2008