

# Sistemas de Aislamiento Electrico

## Hospital de Cirugía Ambulatoria

**Walter Alejandro Martínez Matamoros**

Universidad Tecnologica Centroamericana (UNITEC), walter.martinez@unitec.edu

### RESUMEN

El desarrollo tecnológico ha dado lugar a la aparición de una gran cantidad de equipos médicos que se aplican al paciente para efectuar terapias, monitorización o diagnóstico.

Esto permite mejores tratamientos, pero también implica para el paciente, un aumento del riesgo por accidente por descarga eléctrica o infecciones ocasionadas por el incumplimiento de ciertas normas ambientales que se deban cumplir en las áreas críticas de los hospitales. Si a esto se añade la necesidad de contar con instalaciones eléctricas aterrizadas de acuerdo a valores permitidos por el Reglamento de Baja Tensión (RBT) vigente y también de contar con sistemas de emergencia, el diseño se vuelve más complejo, pero mejoran las condiciones de seguridad ostensiblemente.

Es por esta razón que se plantea la necesidad de contar en los hospitales con un sistema de aislamiento eléctrico que sea capaz de garantizar, en primer lugar, la integridad física de los pacientes, que se encuentren en áreas críticas; como ser salas de operaciones, sala de cirugía de día, sala de cuidados intensivos y unidades de quemados; así mismo, con este sistema, se logra proteger a los equipos instalados en estas áreas, que son sumamente costosos, contra descargas eléctricas, debidas en su mayoría a fallas en el suministro de baja tensión provisto por la empresa estatal en Honduras.

En este caso particular se muestra el proceso de diseño, supervisión y ejecución del sistema eléctrico de aislamiento *del Hospital de Cirugía Ambulatoria del Instituto Hondureño de Seguridad Social (IHSS)*, ubicado en el Barrio Abajo, Tegucigalpa, Honduras, C.A

**Palabras claves:** Aislamiento, Hospitales, Baja tensión, Equipos, Pacientes. Dócil

### 1. INTRODUCCION

Es indudable que la seguridad eléctrica en algunas áreas dentro de los hospitales debe ser un factor absolutamente prioritario debido a la situación de dependencia de los pacientes, siendo especialmente sensible ante cualquier problema que pueda producirse en la instalación. Como definición general se considera necesaria la utilización de un sistema IT (Isolated Transformer).

De acuerdo al RBT (National Electric Code) las salas que deben tener sistema IT son:

1. Quirófanos.
2. Sala de preparación (pre-operatorio).
3. Labor y Parto.
4. UCI

5. Cuidados intermedios.
6. Procedimientos cardiológicos especiales (ecografías, marcapasos, electrofisiología, etc.).
7. Hemodiálisis.
8. Radiodiagnóstico.
9. Radioterapia.
10. Endoscopias.
11. Rehabilitación por hidroterapia.
12. Hospitalización.
13. Unidades de quemados.
14. Urgencias.

Por esta razón se hace necesario el diseño de este sistema, puesto que se garantiza la seguridad de los pacientes y las instalaciones.

## **2. OBJETIVOS**

El objetivo fundamental del sistema de aislamiento eléctrico elaborado para *el Hospital de Cirugía Ambulatoria del IHSS* es garantizar la seguridad eléctrica de los pacientes y personal que hace uso de los quirófanos de cirugía ambulatoria y las sala de cirugía video laparoscópica de dicho hospital; dentro de este contexto se tomaron en cuenta los siguientes aspectos:

1. Limitación de las corrientes de fuga, desde el punto de vista de la conectividad entre el paciente y el equipo.
2. Evitar interrupciones del suministro eléctrico que sean innecesarios, es decir, garantizar la continuidad del fluido energético.
3. Protección hacia el paciente y hacia el trabajador de riesgos ambientales y disminución de los efectos que se puedan presentar en las áreas críticas mencionadas anteriormente.
4. Proporcionar las especificaciones de los dispositivos eléctricos que se utilizaron para cumplir con las normas para la puesta en marcha del hospital en mención.
5. Facilitar planos de instalación eléctrica desde los transformadores de potencia, la acometida general y los centros de carga que alimentaran las áreas objeto del diseño.
6. Facilitar el plano de conexión de tierras generales y tierras de cada sala de cirugía, así como las conexiones a tierra a cada equipo.
7. Facilitar al personal técnico del hospital las normas eléctricas y funcionales que deben ser aplicadas para el correcto funcionamiento del hospital.

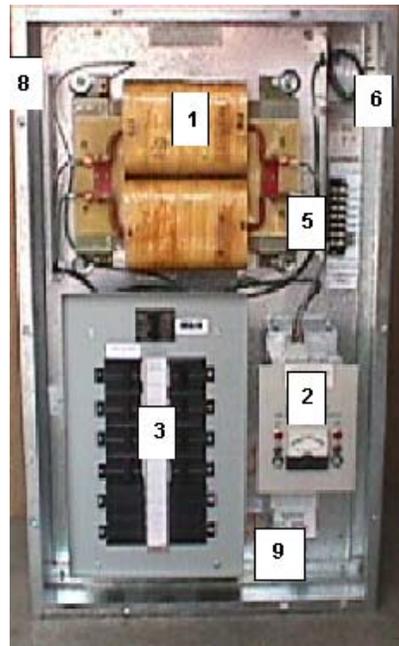
## **3. SISTEMA DE AISLAMIENTO ELECTRICICO**

El Tablero de Aislamiento para BT, contiene todo los elementos básicos de un sistema de energía aislado:

1. Transformador de Aislamiento.
2. Monitor de Aislamiento de la línea.
3. Interruptores del tablero y barra de tierra.

Este equipo fue instalado en el pasillo que se encuentra afuera de la sala de cirugía oftalmológica del Hospital de Cirugía Ambulatoria del IHSS, y cuenta con módulos de receptáculos remoto dentro de cada una de las salas de Operaciones de dicho hospital. Así mismo se instaló un Monitor de Aislamiento remoto dentro de cada quirófano conforme al Reglamento de Instalaciones Eléctricas (NEC 2001).

### 3.1 Componentes del tablero de aislamiento



*Tablero IT instalado  
(General Electric)*

#### Componentes

1. Transformador de aislamiento.
2. Monitor de aislamiento.
3. Centro de carga.
4. Puerta con chapa.
5. Compartimiento para alambrado.
6. Bloque de terminales.
7. Barra de tierra.
8. Caja.
9. Chasis.

### 3.2 Características del transformador instalado

El transformador de aislamiento, instalado en este caso, es monofásico de núcleo E, con escudo electrostático entre primario y secundario. Está diseñado para operar con corrientes de fuga muy pequeñas. La corriente de fuga máxima es de 10 microamperes, para 3 KVA de potencia aparente; Relación de transformación (220 VAC / 120 VAC); Monofásico (1PH).

## **4. COMPONENTES DEL SISTEMA DE AISLAMIENTO**

### **4.1 Monitor de aislamiento**

El monitor de aislamiento ofrece supervisión continua sin cambios entre circuitos. La señal del monitor es claramente visible, por lo que se instaló dentro de cada sala de cirugía (4 en total), para que los cirujanos, anestesiólogos, enfermeras y técnicos tuviesen la información completa sobre los niveles de aislamiento de los circuitos; para lo cual fueron entrenados por el personal biomédico (jefe de proyecto) para comprender los tipos de fallas que se pueden presentar en estos equipos.

### **4.2 Centro de carga**

Los interruptores termomagnéticos son de doble polo y un solo tiro, además se protegió el circuito primario con un interruptor termomagnético colocado en el tablero IT (con el sistemas tierra y neutro separados, TNS).

### **4.3 Bloque de terminales**

Se utilizó para la conexión de las tierras remotas del sistema. Las tierras remotas la componen todos los aparatos que no son eléctricos, en este caso:

1. La mesa para colocar el instrumental quirúrgico.
2. Las ruedas de la maquina de anestesia.
3. Las placas de gases médicos.
4. La mesa quirúrgica.
5. Las entradas y salidas metálicas del aire acondicionado.
6. Las puertas y ventanas metálicas.

### **4.4 Barra de tierra**

Se utilizó para conectar todos los conductores de tierra derivados e internos. Es muy importante conectar de manera sólida estas tierras, ya que el correcto aislamiento del sistema depende en gran medida de esta conexión.

## **5. INSTALACION**

Se instaló primero la caja del centro de carga, durante la primera fase de la obra, permitió que el contratista montase la caja en "la obra negra". El transformador, Monitor, e interruptores así como todos los otros componentes fueron preensamblados en el subpanel o chasis alambrados en la fábrica (General Electric).

El Ingeniero de la obra realizó el montaje del interior del subpanel o chasis en el interior de la caja y conectó el alimentador principal (main), los circuitos derivados así como los conductores de señalización.

Al conectar los interruptores derivados se verificó que el aislamiento del cable XHHW no hiciese contacto físico con el cable de alimentación TW o THW, tampoco debe hacer contacto con el cable desnudo de tierra.

## 5.1 Normas de instalación de sistemas aislados

1. Cuando se instale un Tablero de Aislamiento o cualquier otro equipo eléctrico DENTRO de una sala de operaciones clasificada como un área flamable de anestesia; se debe instalar por lo menos 1.52 metros de altura sobre el piso terminado conforme a Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994 ARTICULO 517-60 (NFPA 70 ARTICULO 517-60).
2. Los Conductores utilizados para la instalación de circuitos eléctricos derivados deben ser de cobre trenzado, con aislamiento de polietileno o equivalente con una constante dieléctrica de 3.5 o menos. El cable tipo **XHHW** es el adecuado para este propósito. La Norma especifica el uso de TALCO en vez de grasa o compuestos (para reducir la fricción al tirar del cable durante la instalación dentro del tubo conduit), esto evita un efecto adverso en la constante dieléctrica en el aislamiento del conductor y la norma prohíbe el uso (de grasa o compuestos) específicamente durante la instalación eléctrica de los circuito derivados del secundario del transformador aislamiento.
3. Las distancias de la Canalización deben ser lo más directas y cortas posibles para minimizar la fuga de corriente. Se requiere uso de tubo conduit METÁLICO para todas las áreas de anestesia.

## 5.2 Conexión del tablero de aislamiento

1. Primero se realizó la conexión al interruptor principal en el lado de línea a la alimentación de 220VAC
2. Se procedió a la conexión de los interruptores derivados a:
  - a. Módulo de contactos ( 2 contactos por interruptor)
  - b. Lámpara quirúrgica.
  - c. Negatoscopio.Para ello se utilizó cable XHHW calibre 10 AWG.
3. Luego se conectaron las terminales G4, G5, G8 y G10 (del IT), a sus correspondientes en el módulo de receptáculos RRP 5D5 RA. Para ello se utilizó cable THW calibre 14 AWG. Esta conexión se efectuó en tubería EMT, separada de la línea de fuerza ya que es línea de control en 24 VDC.
4. El Ingeniero comprobó que las conexiones G4, G5, G8 y G10 estaban conectadas a sus similares en el módulo de receptáculos.
5. *Para la prueba:*  
Se cerró el interruptor principal del tablero de aislamiento, la lámpara verde del IT enciende, la aguja del miliamperímetro debe permanecer en el área verde.
6. *Conexión de las tierras:*  
Se realizó la interconexión de la delta de puesta a tierra con la conexión de puesta a tierra de la subestación del hospital, el objetivo es evitar tener una diferencia de potencial entre ellas.
7. Luego se procedió a conectar de la delta de puesta a tierra al tablero de aislamiento con un cable desnudo de 4/0 AWG, a la barra de tierra del tablero de aislamiento.
8. Se conectaron al sistema de tierras los siguientes equipos:
  - a) Lámpara Quirúrgica
  - b) Negatoscopio.
  - c) Tuberías metálicas.
  - d) Tanques de gas.
  - e) Caja y cubierta metálica de contactos y tablero.
  - f) Marcos metálicos de puertas y ventanas.
  - g) Rejillas de ventilación.
  - h) Piso conductivo
  - i) Rejilla de circulación de aire

La conexión del sistema de tierras instalada es de tipo radial sin trayectorias cerradas, con el fin de evitar el fenómeno de antena. Las conexiones del sistema de tierra se soldaron en su totalidad.

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

### TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO

1. Tensión del primario: 220 VAC, monofásico.
2. Tensión del secundario 120 VAC, monofásico.
3. Frecuencia de la red, 60 Hz.
4. Potencia aparente, 3 KVA.
5. Máxima corriente de fuga de la línea, 8.5 micro amperes
6. Máximo nivel de ruido, 25 dB.
7. Transformador tipo IDP.

### MONITOR DE AISLAMIENTO

1. Monitoreo por medio de microprocesador.
2. Máxima corriente de falla de línea 5 mA.
3. Alarma de fuga de corriente de línea excesiva.
4. Monitor dentro del área quirúrgica donde se aprecie la corriente de fuga a tierra.
5. Indicadores luminosos de fallas de corriente.
6. Fácil de instalar.
7. Parámetros del monitor en inglés y/o español.

### PROTECCIONES

1. Interruptor principal, termomagnético bipolar de 30 A, 220 volts.
2. Alimentación desde centro de carga tipo IT.
3. Interruptores de circuitos 1 al 5, termomagnéticos bipolares de 20 A, 120 VAC.
4. Corriente de cortocircuito del main 10,000 A.

### CABLES

1. Toda la cablea debe ser del tipo XHHW, ya que las normas dicen que en este tipo de instalación no se puede utilizar cable con recubrimiento de poliolefino de vinilo.  
Los calibres que se utilizarán son:  
a) XHHW 8 AWG para conectar el centro de carga IT con el primario del transformador de aislamiento.  
b) XHHW 10 AWG para los 5 circuitos del sistema.  
c) XHHW 4/0 AWG de la clavija de tierra al transformador de aislamiento.  
d) THWN 16 AWG para conectar el monitor de control.  
e) THWN 2 AWG para conexión de la clavija de tierra del transformador de aislamiento a la tierra de la instalación.

### TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO

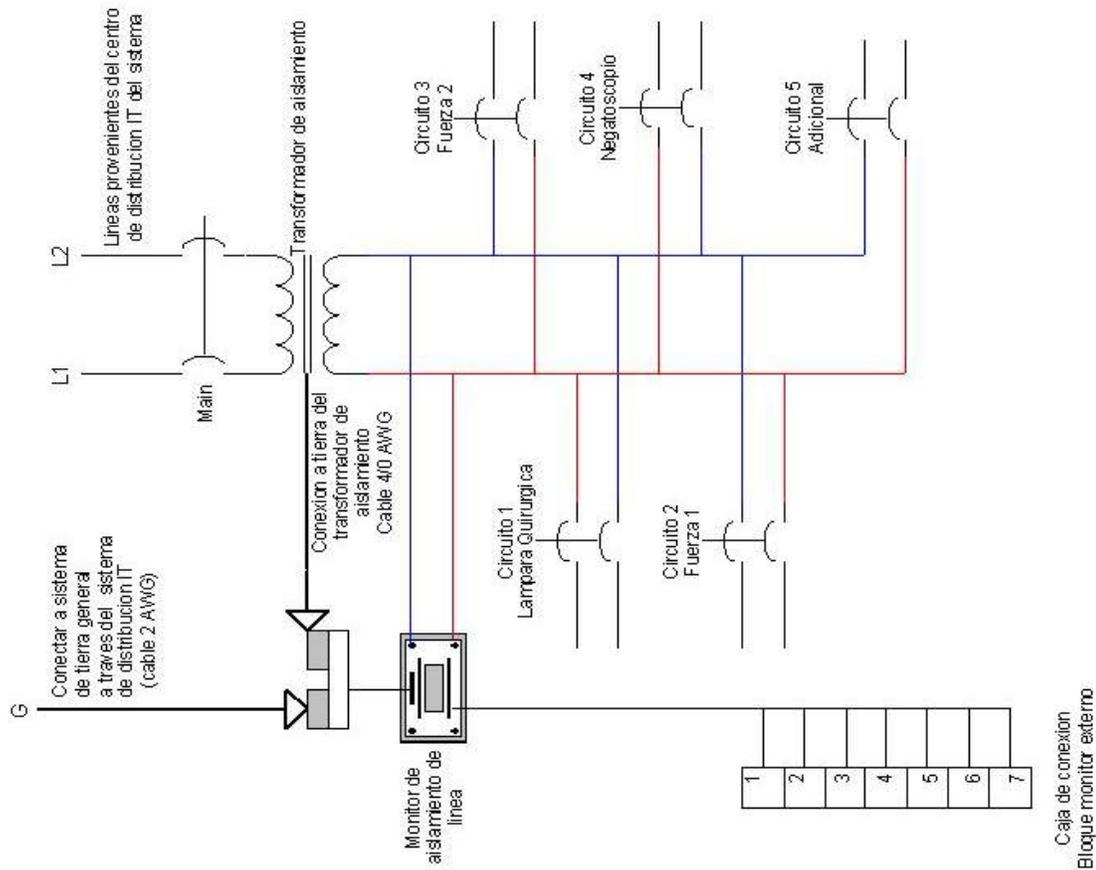


Diagrama del sistema de aislamiento  
Hospital de Cirugía Ambulatoria IHSS  
Junio 2003

### **5.3 Aterraje de superficies dentro de las salas de cirugía**

El sistema de tierras equipotencial instalado consiste en un grupo de conductores que aterrizan todas las superficies conductoras que rodean al espacio quirúrgico. Al aterrizar la sala se asegura que toda superficie conductora expuesta tenga el mismo potencial.

Estas tierras se instalaron abiertas, sin conduit, por medio de cable desnudo THHN 10 AWG. Las superficies metálicas como: Marcos de Puertas, Marcos de Ventanas, ventanas, tubería de agua, piso conductivo, salidas médicas de gas, rejillas de ventilación, etc., fueron conectadas a tierra.

También se instalaron cables de tierra separados entre cada punto, en paralelo, no en serie, ya que si se conectan en serie y se llega a abrir el conductor, se perdería la tierra, adicionalmente la conexión en serie incrementa la distancia y con ello la impedancia de la misma.

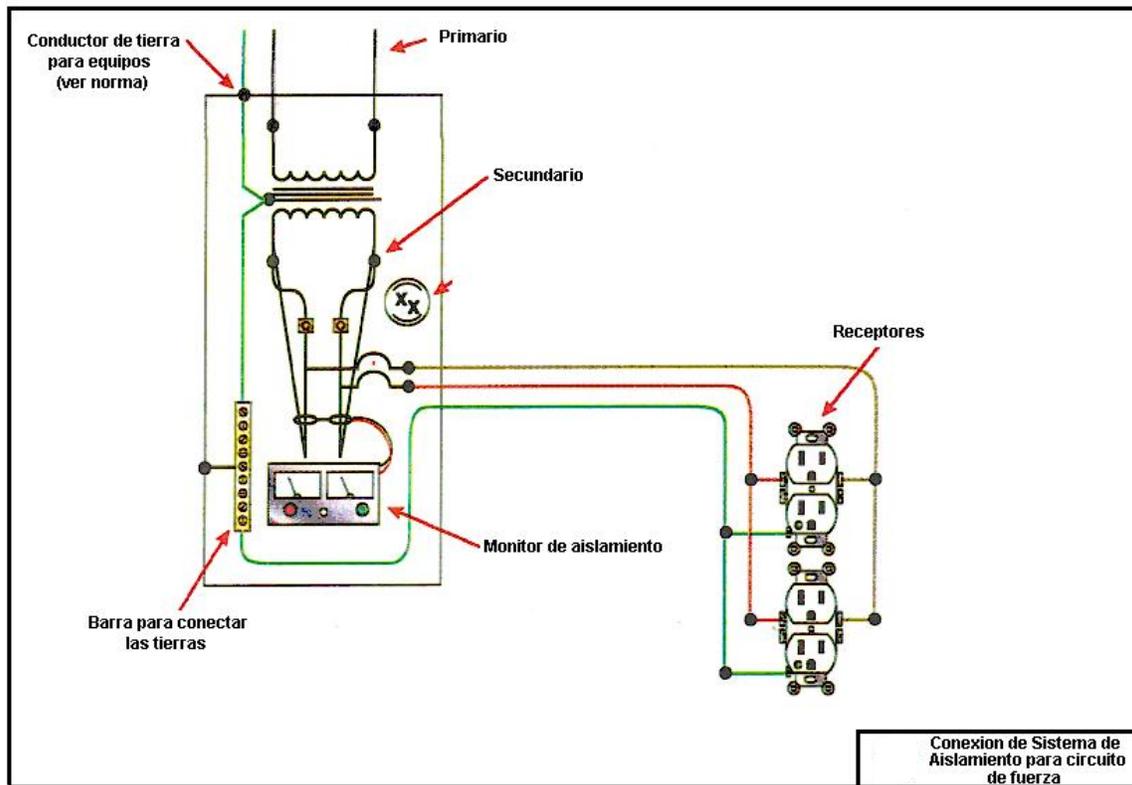
La conexión con objetos metálicos dentro del quirófano, se efectuó con cable extraflexible #10 AWG y se conectaron las mesas, lámparas, cama, etc. con zapatas de ojillo, la longitud del cable no debe exceder los 7.6 metros (25 pies) de longitud, por lo que en este caso, se instalaron conductores con menos de 25 pies de largo.

## **6. CONSIDERACIONES FINALES**

Antes de la puesta en servicio de la instalación se realizó una capacitación a nivel de usuarios y a nivel de técnicos (electricistas, biomédicos, electromecánicos, etc.) con el fin de explicar de manera completa el funcionamiento, control y mantenimiento del equipo instalado en el sistema de aislamiento eléctrico del hospital; también se elaboró un informe escrito sobre los resultados de los controles realizados al término de la ejecución de la instalación, en donde se mencionaba los siguientes tópicos:

1. Funcionamiento de las medidas de seguridad.
2. Continuidad de los conductores activos y de los conductores de protección y puesta a tierra.
3. Resistencia de las conexiones de los conductores de protección y de las conexiones de equipotencialidad.
4. Resistencia de aislamiento entre los conductores activos y tierra en cada circuito.
5. Resistencia de puesta a tierra.
6. Resistencia de aislamiento de suelos antielectrostáticos.
7. Funcionamiento de todos los suministros complementarios.
8. Protocolos de mantenimiento.
9. Pruebas de rigor.
10. Alarmas en caso de fallos.
11. Manejo de casos de emergencia por interrupción del suministro eléctrico.

Así mismo en los equipos médicos, y de acuerdo a la norma del IMSS, se emplearon clavijas de toma de corriente del tipo acodado, o clavijas con dispositivo de retención de cable, dichas clavijas de toma de corriente para diferentes tensiones, tienen separaciones o formas, también distintas entre los vástagos de toma de corriente.



*Conexión de tomas de corriente (grado hospitalario)*

## 7. CONCLUSIONES

- Los sistemas de aislamiento eléctrico garantizan la seguridad del paciente al momento de ser sometido a un procedimiento quirúrgico o terapéutico en donde se requieran de equipo médico, alimentado con corriente eléctrica.
- Con la instalación del sistema de aislamiento eléctrico el Hospital de Cirugía Ambulatoria del IHSS, estará evitando problemas, especialmente en el caso de demandas por muertes debidas a electrocución y también con esto se logra la protección de los equipos médicos, que son altamente costosos y sofisticados.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- National Electric Code (NEC), edición 2001.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-SEMP-1994 ARTICULO 517-60 (NFPA 70 ARTICULO 517-60).
- Manual de instalación de transformadores de aislamiento, General Electric, 2001.
- Chapman, Stephen, Maquinas Electricas, Tercera Edicion, Mc. Graw Hill, 2000.

## Comunicaciones personales

Narvaez, Eduardo, Ingeniero de Proyectos, General Electric, Tegucigalpa, Honduras, Enero 2001

Berrios Mario, Ingeniero Electricista, Tegucigalpa, Honduras, Enero 2001

### ***Autorización y Renuncia***

*Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en los procedimientos de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito*

### ***Authorization and Disclaimer***

*Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.*