

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Análisis y evaluación de seguridad eléctrica en hospital IGSS
de accidentes ceibal en ciudad de Guatemala en áreas de
cuidados intensivos y consulta externa.**

Trabajo de graduación presentado por Diego Alejandro de León Puac
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Electrónica

Guatemala,

2022

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Análisis y evaluación de seguridad eléctrica en hospital IGSS
de accidentes ceibal en ciudad de Guatemala en áreas de
cuidados intensivos y consulta externa.**

Trabajo de graduación presentado por Diego Alejandro de León Puac
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Electrónica

Guatemala,

2022

Vo.Bo.:




(f) _____
MSc. Carlos Esquit

Tribunal Examinador:

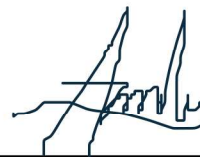


(f) _____
MSc. Carlos Esquit

M. Najarro 

(f) _____
Ing. Marvin Najarro

A.



(f) _____
Ing. Andrés Monterroso

Fecha de aprobación: Guatemala, 28 de Noviembre de 2022.

Mi eterna gratitud a Dios nuestro Señor por proveerme de todo lo necesario para la realización del presente trabajo, es una manifestación mas de su fidelidad y amor incondicional. A a mi familia por el apoyo constante y oportuno. A mis amigos compañeros de estudio, catedráticos y asesores por su empatía y solidaridad manifestadas en cada una de las etapas de mi formación académica.

Creo en la sensibilidad como una cualidad propia del ser humano que nos permite guardar empatía y solidaridad hacia el prójimo, es un valor que a través del tiempo ha sido relegado para dar lugar al egoísmo que no nos deja ver mas allá de nuestro bienestar. La empatía y la solidaridad son actitudes que impactan positivamente al prójimo, especialmente a aquel que tiene limitaciones para acceder a la salud, educación, etc. Considero importante promover una cultura de buenas acciones, que nos lleven a un estatus de convivencia fraterna y solidaria.

Mi actividad laboral me ha dado la oportunidad de tener cercanía con personas con enfermedad renal crónica, situación que ha sido fuente de inspiración y al mismo tiempo de motivación para la búsqueda de oportunidades de mejora en el entorno en el cual los pacientes son atendidos. Razón por la cual decidí enfocar mi trabajo de tesis en la investigación a cerca de analizar y evaluar el estado de la seguridad eléctrica en las áreas de cuidados intensivos y de consulta externa del hospital de accidentes Ceibal del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social en la ciudad de Guatemala, y presentar en detalle las debilidades encontradas con las recomendaciones correspondientes, con el fin de que los estándares de seguridad de las instalaciones eléctricas hospitalarias estén bajo normas internacionales, de tal forma que el personal médico, para médico y pacientes estén seguros y libres de riesgos eléctricos en las distintas localidades.

Creo que a través de la sinergia de sensibilidad, ingeniería, ciencia y tecnología se puede impactar en la calidad de vida de pacientes crónicos que guardan la esperanza de experimentar cambios positivos en su salud

Prefacio	v
Lista de figuras	xii
Lista de	xiii
Resumen	xv
Abstract	xvii
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
2.1. Centro Nacional de Metrología CENAME y UIVMML	4
2.2. Comisión Nacional de Energía Eléctrica CNEE	4
3. Justificación	5
4. Objetivos	7
4.1. Objetivo general	7
4.2. Objetivos específicos	7
5. Alcance	9
6. Marco teórico	11
6.1. Seguridad eléctrica	11
6.1.1. Entorno del paciente	11
6.1.2. Corrientes de fuga	12
6.1.3. Riesgo de electrocución	13
6.2. Parámetros susceptibles para el paciente	14
6.2.1. Microshock	15
6.2.2. Macroshock	16
6.3. Daños fisiológicos para el paciente por corriente	16
6.4. Tomacorrientes	18

6.5. Metrología	19
6.6. Concertación	20
6.7. Herramientas	20
6.7.1. ESA 609	20
6.7.2. Multímetro FLuke 117	20
6.8. Estadística descriptiva	21
6.9. Normas IEC-60601 Y NTC-IEC 60601-1	21
6.10. NEC	21
7. Metodología	23
7.1. Multímetro Fluke ESA609 y Fluke	23
7.2. Dinamómetro	23
7.3. Verificación de normativas internacionales	24
7.4. Reconocimiento de áreas	24
7.5. Diseño de formatos y protocolos	24
7.6. Pruebas de seguridad eléctrica	24
7.7. Análisis y diagnóstico	24
7.8. Diseño de manual para evaluación periódica	25
7.9. Análisis de entorno paciente	25
8. Reconocimiento de áreas	27
8.1. Intesivo 1	28
8.1.1. Aislamiento	28
8.2. Intesivo 2	30
8.3. Quirófano A1	31
8.4. Quirófano A2	32
8.5. Quirófano A3	33
8.6. Quirófano A4	34
8.7. Quirófano A5	34
8.8. Quirófano A6	35
8.9. Quirófano A7	36
8.10. Quirófano A8	36
8.11. Quirófano B1	37
8.12. Quirófano B2	38
8.13. Quirófano B3	39
8.14. Quirófano B4	39
8.15. Quirófano B5	40
8.16. Quirófano B6	41
9. Diseño de formatos y protocolos	43
9.1. Formatos de entorno al paciente: comprobación de toma corrientes y la integridad de la instalación eléctrica.	43
9.1.1. Información general	43
9.1.2. Medidas de tensión	44
9.1.3. Medida de equipotencialidad	44
9.1.4. Medidas de resistencia y fuerza de sujeción	46
9.1.5. Observaciones	46

9.2.	Formato de equipos biomédicos: prueba de seguridad eléctrica a equipos biomédicos.	46
9.2.1.	Información general	46
9.2.2.	Medidas iniciales	48
9.2.3.	Pruebas de corrientes de fuga	48
9.2.4.	Observaciones	49
9.3.	Protocolo del entorno a paciente	49
9.3.1.	Comprobación de toma corrientes e integridad de las instalaciones eléctricas	49
9.3.2.	Procedimiento	49
9.3.3.	Inspección visual	49
9.3.4.	Pruebas	50
9.4.	Protocolo de los equipos biomédicos	51
9.4.1.	Pruebas de seguridad eléctrica en equipos biomédicos	51
9.4.2.	Procedimiento	51
9.4.3.	Pruebas	51
10.	Pruebas de seguridad eléctrica	53
10.1.	Mediciones de seguridad eléctrica al entorno paciente	53
10.1.1.	Instalación eléctrica	53
11.	Resultados	57
11.1.	Intensivo 1	58
11.1.1.	Área de aislamiento	58
11.1.2.	Área general	58
11.2.	Intensivo 2	63
11.3.	Quirófano A1	66
11.4.	Quirófano A2	66
11.5.	Quirófano A3	67
11.6.	Quirófano A4	68
11.7.	Quirófano A5	68
11.8.	Quirófano A6	69
11.9.	Quirófano A7	69
11.10.	Quirófano A8	71
11.11.	Quirófano B1	71
11.12.	Quirófano B2	72
11.13.	Quirófano B3	73
11.14.	Quirófano B4	74
11.15.	Quirófano B5	75
11.16.	Quirófano B6	76
12.	Análisis y diagnóstico	77
12.1.	Intensivo 1	78
12.1.1.	Área general	78
12.1.2.	Área de aislamiento	78
12.1.3.	Recomendaciones	79
12.2.	Intensivo 2	79
12.2.1.	Recomendaciones	80

12.3. Quirófano A1	80
12.3.1. Recomendaciones	80
12.4. Quirófano A4	81
12.4.1. Recomendaciones	81
12.5. Quirófano A6	82
12.5.1. Recomendaciones	82
12.6. Quirófano A7	83
12.6.1. Recomendaciones	83
12.7. Quirófano A8	84
12.7.1. Recomendaciones	84
12.8. Quirófano B1	85
12.8.1. Recomendaciones	85
12.9. Quirófano B3	86
12.9.1. Recomendaciones	86
12.10. Quirófano B4	87
12.10.1. Recomendaciones	87
12.11. Quirófano B5	88
12.11.1. Recomendaciones	88
12.12. Quirófano B6	89
12.12.1. Recomendaciones	89
13. Conclusiones	91
14. Recomendaciones	93
15. Bibliografía	95

Lista de figuras

1.	Entorno del paciente	12
2.	Entorno del paciente	12
3.	Modelo de circuito	13
4.	Riesgo de microshock	14
5.	Riesgo de microshock	15
6.	Riesgo de microshock	16
7.	Modelo matemático	18
8.	Toma corriente grado hospitalario	19
9.	Una imagen de buena practica recorrido	28
10.	Identificación de toma corriente	28
11.	Aislamiento en intensivo 1	29
12.	Detección de falla, polaridades invertidas	30
13.	Tierra expuesta	30
14.	Detección toma corriente deteriorado	31
15.	UPS	31
16.	Sala intensivo 2.	32
17.	Sala Quirófano A1	32
18.	Sala Quirófano A2	33
19.	Sala Quirófano A3	33
20.	Sala Quirófano A4	34
21.	Sala Quirófano A5	35
22.	Sala Quirófano A6	35
23.	Sala Quirófano A7	36
24.	Sala Quirófano A8	37
25.	Sala Quirófano A8 toma corriente dañado	37
26.	Sala Quirófano B1	38
27.	Sala Quirófano B2	38
28.	Sala Quirófano B3	39
29.	Sala Quirófano B4	40
30.	Sala Quirófano B5	40
31.	Sala Quirófano B6	41
32.	Sala Quirófano B6 regleta polaridad invertida	41

33.	Información general de formato de evaluación	44
34.	Sección de medidas de tensión	45
35.	Medidas de equipotencialidad de formato de evaluación	46
36.	Sección de medidas de resistencia y fuerza de sujeción	47
37.	Formato de evaluación de equipos biomédicos	48
38.	Medición fase-neutro	54
39.	Medición fase-neutro	55
40.	Medición neutro-tierra	55
41.	Medición de equipotencialidad	56
42.	Medición de sujeción	56
43.	Resultados de evaluación área general Intensivo 1	60
44.	Resultados de evaluación área general Intensivo 1	61
45.	Resultados de evaluación área general Intensivo 1	62
46.	Resultados de evaluación área general Intensivo 2	63
47.	Resultados de evaluación área general Intensivo 2	64
48.	Resultados de evaluación área general Intensivo 2	65
49.	Resultados Quirófano A1	66
50.	Resultados Quirófano A2	67
51.	Resultados Quirófano A3	67
52.	Resultados Quirófano A4	68
53.	Resultados Quirófano A5	69
54.	Resultados Quirófano A6	70
55.	Resultados Quirófano A7	70
56.	Resultados Quirófano A8	71
57.	Resultados Quirófano B1	72
58.	Resultados Quirófano B2	73
59.	Resultados Quirófano B3	74
60.	Resultados Quirófano B4	75
61.	Resultados Quirófano B6	76
62.	Resultados Quirófano B6	76
63.	Intensivo 1 área general	78
64.	Intensivo 1 área de aislamiento	78
65.	Intensivo 2	79
66.	Quirófano A1	80
67.	Quirófano A4	81
68.	Quirófano A6	82
69.	Quirófano A7	83
70.	Quirófano A8	84
71.	Quirófano B1	85
72.	Quirófano B3	86
73.	Quirófano B4	87
74.	Quirófano B5	88
75.	Quirófano B6	89

1.	Rangos de umbral y efecto.	17
2.	Tabla de toma corriente intensivo 1	29
3.	Tabla de toma corriente intensivo 2	32
4.	Tabla de toma corriente Quirófano A1	33
5.	Tabla de toma corriente Quirófano A2	33
6.	Tabla de toma corriente Quirófano A3	34
7.	Tabla de toma corriente Quirófano A1	34
8.	Tabla de toma corriente Quirófano A4	35
9.	Tabla de toma corriente Quirófano A8	35
10.	Tabla de toma corriente Quirófano A7	36
11.	Tabla de toma corriente Quirófano A8	37
12.	Tabla de toma corriente quirófano	38
13.	Tabla de toma corriente quirófano	38
14.	Tabla de toma corriente quirófano	39
15.	Tabla de toma corriente quirófano	40
16.	Tabla de toma corriente quirófano	40
17.	Tabla de toma corriente Quirófano B6	41
18.	Resultado de evaluación intensivo 1 área de aislamiento	59

Mi investigación queda plasmada en el presente documento producto del trabajo de campo llevado a cabo, en cuyo desarrollo se observaron y aplicaron fundamentos técnicos y académicos aprendidos en el proceso de mi formación en la especialidad de Ingeniería Electrónica. permitiéndome arribar a conclusiones que derivaron en el establecimiento de recomendaciones con las cuales se aportan mejoras sustanciales en lo referente a seguridad de las instalaciones eléctricas en las distintas locaciones en las cuales convergen personal médico, para médico y pacientes, del Hospital de Accidentes Ceibal del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social.

La investigación dio inicio con el reconocimiento y evaluación del estado de las instalaciones en las áreas de cuidados intensivos y quirófanos de la institución hospitalaria. Estuvo enfocada en determinar bajo que estándares de seguridad eléctrica se encontraba el entorno del paciente. Para lo cual fue necesario realizar evaluaciones y análisis de las áreas antes mencionadas en virtud de la alta demanda de servicios se convierten en áreas de interés para la administración de la institución hospitalaria, quien está motivada en obtener un diagnóstico de sus instalaciones y que de este surja un propuesta de mejora y provea de herramientas de evaluación continua que permitan mantener resguardado al personal médico, para médico y pacientes, de cualquier accidente asociado con las instalaciones eléctricas.

Con el propósito de establecer el nivel de conocimientos del personal de mantenimiento en el campo de instalaciones eléctricas, fue necesario pasar un cuestionario con preguntas relacionadas con de seguridad eléctrica, para lo cual se prepararon formularios en el cual debían responder las preguntas planteadas. Esto constituyó el punto de partida de mi investigación, aprovechando también a motivar al personal y crear en ellos conciencia sobre la importancia de la seguridad eléctrica en el entorno hospitalario.

Se desarrollaron una serie de formularios con el objetivo de que permitan evaluar y conocer continuamente el estado de la seguridad eléctrica del entorno del personal médico, para médico y pacientes y también para justificar solicitudes de nuevas adquisiciones de equipos biomédicos y el correspondiente seguimiento de las referidas solicitudes. además de crear un registro de las acciones tomadas en cada evento.

My research is reflected in this document as a result of the field work carried out, in whose development the technical and academic foundations learned in the process of my training in the specialty of Electronic Engineering were observed and applied. allowing me to reach conclusions that led to the establishment of recommendations with which substantial improvements are provided in relation to the safety of electrical installations in the different locations in which medical personnel, for doctors and patients, of the Ceibal Accident Hospital of the Institute converge. Guatemalan Social Security.

The investigation began with the recognition and evaluation of the state of the facilities in the areas of intensive care and operating rooms of the hospital institution. It was focused on determining under what electrical safety standards the patient's environment was. For which it was necessary to carry out evaluations and analyzes of the areas mentioned above, due to the high demand for services, they become areas of interest for the administration of the hospital institution, who is motivated to obtain a diagnosis of its facilities and that from this arise a proposal for improvement and provide continuous evaluation tools that allow keeping medical personnel, paramedics and patients safe from any accident associated with electrical installations.

In order to establish the level of knowledge of maintenance personnel in the field of electrical installations, it was necessary to pass a questionnaire with questions related to electrical safety, for which forms were prepared in which they had to answer the questions posed. This constituted the starting point of my research, also taking advantage of motivating staff and creating awareness in them about the importance of electrical safety in the hospital environment.

A series of forms were developed with the aim of continuously assessing and learning about the state of electrical safety in the environment of medical personnel, doctors and patients, and also to justify requests for new acquisitions of biomedical equipment and the corresponding follow-up of the referred requests. in addition to creating a record of the actions taken in each event.

En Guatemala la gestión de riesgo y aplicación de normas internacionales que atañen la seguridad eléctrica, continúan en un estado de incipiente desarrollo. Razón por la cual, este trabajo de investigación se ocupó del estudio de la situación en que se encuentra la seguridad eléctrica en las áreas quirófanos y de intensivos del hospital general de accidentes Ceibal del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, áreas de interés para la administración de la institución. La Biomédica en los últimos tiempos se ha convertido en el perfecto aliado de la medicina, para establecer diagnósticos precisos que coadyuven a suministrar adecuadamente los medicamentos que el paciente necesita en el proceso de recuperación de su salud. El equipo médico por su naturaleza es sumamente sensible a los flujos irregulares de energía, por lo que requiere de instalaciones que cumplan con estándares y normas de seguridad eléctrica, de tal manera que la información que produzca sea real y que verdaderamente sea una herramienta que oriente al personal médico y para médico a cerca del estado de salud del paciente. Por otra parte, la seguridad eléctrica es un rubro que debe ser rigurosamente controlado de tal manera que el entorno del paciente, del personal médico y para médico estén libres de cualquier riesgo eléctrico que pueda comprometer la integridad física del personal y del paciente. Por lo que el presente trabajo de graduación se desarrolló con alto sentido de responsabilidad, buscando elevar los estándares de la seguridad eléctrica actuales con especial énfasis en al áreas arriba mencionadas (área de consulta externa, quirófanos y de intensivos). A lo largo del estudio se mencionan las distintas falencias encontradas en la seguridad eléctrica, en las instalaciones de la institución hospitalaria, acompañando las recomendaciones a implementar a la mayor brevedad posible. Así también, se desarrollaron formatos que permitan documentar las rutinas de mantenimiento de las instalaciones y registrar las lecturas reflejadas en el equipo utilizado para el efecto y que se convierta en herramienta útil en la evaluación constante del estado de la seguridad eléctrica en las distintas locaciones. A través del desarrollo del trabajo de investigación me ha permitido establecer que en Guatemala no existe ente regulador dedicado a controlar, verificar y certificar la seguridad eléctrica del entorno del paciente en las diversas instituciones hospitalarias. Por lo que es de suma urgencia la socialización de las normas con el propósito de brindar mayor seguridad.

Antecedentes

Realizando investigación enfocado en antecedente, no se encontraron referencias sobre seguridad eléctrica enfocado a equipo biomédico y entorno del paciente a nivel nacional. Se puede encontrar trabajos de documentación de investigación enfatizando la seguridad eléctrica en la red eléctrica industrial[1] ,sub estaciones y redes eléctricas de hospitales [2]. Cada uno de estos respaldado en normas diferentes como el NEC, CNEE , ANSI entre otros. No utilizan las normas internacionales enfocadas en seguridad eléctrica en equipo biomédico o entorno del paciente como , IEC60601, NFP99 o alguna similar.

Debido a este panorama actual, es de gran importancia realizar investigación en la biomédica y trabajo de campo en hospitales de Guatemala para poder tener referencias enfocadas a seguridad eléctrica en equipos biomédicos y entorno del paciente. La ingeniería biomédica en la actualidad es un campo incipiente en el cual se pueden realizar propuestas de mejora e innovación.

Se puede notar que están desarrollando estudios y análisis de diferentes áreas enfocadas a la biomédica como control de sistemas robóticas con señales EMG [3] para poder realizar control de prótesis robóticas o análisis de patrones de señales biomédicas ó [4].la ingeniería biomédica provee herramientas para poder realizar intervenciones quirúrgicas,diagnósticos, terapias etc. Cada uno de estos equipos deben de cumplir estándares de fabricación y parámetros que se deben verificar, debido a esto es indispensables el conocimiento e implementación de las normas de seguridad eléctrica en el entorno del paciente y equipos biomédicos en áreas hospitalarias a nivel nacional.

2.1. Centro Nacional de Metrología CENAME y UIVMML

Sabemos que la metrología es de gran importancia en la ingeniería biomédica debido a que nos da la pauta si el equipo que estamos utilizando cumple con estándares y parámetros adecuados. Actualmente en Guatemala no existe ningún ente regulador de seguridad eléctrica enfocado a equipos biomédicos y entorno del paciente que implemente normas y verifique el cumplimiento de las mismas . Actualmente en Guatemala existe el Ministerio de Metrología CENAME Y UIVMML[5] el cual se encarga de realizar calibraciones a equipos como multímetros,pesas entre otros. Sin embargo no se realizan ajustes a equipos biomédicos. Tampoco proveen algún tipo de evaluación de entorno del paciente o equipos biomédicos para verificar condiciones óptimas.

2.2. Comisión Nacional de Energía Eléctrica CNEE

En Guatemala existe una Comisión Nacional para la distribución de energía , normas y artículos constitucionales para la instalación de acometidas eléctricas , distribución ,comercialización ,regulación entre otras. Pero nuevamente no realizan énfasis en seguridad eléctrica enfocado a equipos biomédicos y eterno del paciente.[6]

Actualmente en Guatemala no existe un ente regulador encargado de verificar el cumplimiento de normas que deben regir las pruebas y verificaciones de la seguridad eléctrica en el entorno del paciente así como para el equipo biomédico .

Los estándares y normas enfocados a la seguridad eléctrica nos son difundidos en la mayoría de los casos. El desconocimiento y la falta de capacitación del personal de mantenimiento de la institución hospitalaria normalmente es uno de los panoramas más comunes.

Para la administración de las instituciones hospitalarias es de sumo interés someter a evaluación y verificación el estado de la seguridad eléctrica en las distintas áreas, esto con el propósito de cumplir normas internacionales para certificaciones. También para evitar riesgos eléctricos que puedan comprometer la integridad física y la salud de los pacientes, equipo médico y personal.

4.1. Objetivo general

Verificar el estado actual de la seguridad eléctrica en las áreas de quirófanos e intensivos del hospital general de accidentes Ceibal del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social y el diseño de herramientas de control y evaluación del entorno del paciente así como equipo biomédico instalado.

4.2. Objetivos específicos

- Contabilizar y realizar inspección visual de cada uno de los toma corrientes en áreas de quirófano e intensivos.
- Realizar pruebas de tensiones según normas en cada uno de los toma corrientes en áreas de quirófano e intensivos.
- Realizar mediciones de fuerza de sujeción de toma corrientes en áreas de quirófano e intensivos.
- Evaluación de seguridad del entorno del paciente en el área de quirófanos y cuidados intensivos.
- Elaborar diseño de herramienta que permita evaluar el cumplimiento de normas internacionales enfocado a seguridad eléctrica del entorno del paciente.
- Elaborar diseño de herramienta que permita evaluar el cumplimiento de normas internacionales de los equipos biomédicos que se adquieran a futuro.
- Realizar cuestionario al personal responsable para determinar el grado de conocimiento sobre seguridad eléctrica
- Realizar propuestas de mejora para cada una de las áreas evaluadas.

El presente trabajo de investigación tiene como propósito verificar la aplicación de normas internacionales de seguridad eléctrica en las áreas de quirófanos e intensivos 1 y 2 del Hospital General de Accidentes Ceibal del Instituto Guatemalteco de Seguridad Social. Diseñar e implementar formularios que permitan llevar un registro de los ciclos de verificación del estado de los toma corrientes en las distintas áreas de interés, necesarios para efectos de control y evaluación. Así también se levantara inventario de los toma corrientes instalados en las áreas antes mencionadas. además de verificar si cumplen o no con lo determinado en las normas de seguridad eléctrica hospitalaria. Verificar el conocimiento sobre normas de seguridad eléctrica del personal responsable mediante serie de preguntas. Se realizaran detalle acerca de los hallazgos y se darán las recomendaciones correspondientes, para que las instalaciones en las áreas de interés estén bajo normas de seguridad eléctrica. Esto con el fin de solicitar gestión administrativa de autorización y licitación de materiales que sean necesarios para efectuar las correcciones que se requieran hacer con el propósito de asegurar que el entorno del paciente sea el adecuado, que asegure también el óptimo desempeño del equipo biomédico instalado.

6.1. Seguridad eléctrica

La seguridad eléctrica como proceso de gestión comprende el conjunto de acciones que se realizan para minimizar o eliminar los riesgos de accidentes de naturaleza eléctrica, derivado de malas prácticas, ausencia de aplicación de normas establecidas, manejo inadecuado de equipo y condiciones del entorno en estado deficiente e inseguro. La seguridad debe garantizar un ambiente óptimo para el paciente, personal médico, para médico, buen desempeño del equipo biomédico instalado. Dentro de los protocolos de atención médica, se debe preguntar al paciente si tiene instalado algún aparato sensible a descargas eléctricas. Por ejemplo, procedimientos con pacientes con enfermedades cardíacas con catéteres eléctricamente conductivos y que necesiten estar conectados a equipos biomédicos. Este procedimiento presupone un riesgo de fibrilación ventricular a pacientes con estas condiciones. Por otra parte es importante tener en cuenta que la piel presenta una alta resistencia eléctrica, pero los componentes internos del cuerpo como la sangre y los músculos tienen una resistencia baja. La seguridad eléctrica en el entorno del paciente hace referencia a un área volumétrica según estándares. Esto fue necesario contemplarlo y aplicarlo para verificar las condiciones del entorno del paciente, en las camas y verificar con normas internacionales como la NFPA 99 y IEC 62353 .

6.1.1. Entorno del paciente

Es el área volumétrica donde interactúan paciente, personal médico , para médico y equipo biomédico. Es de gran importancia reconocer y delimitar el área del paciente para poder verificar los riesgos. Así también podemos observar cada una de las medidas en la Figura 1 según las norma IEC 60601. La cual contempla como entorno del paciente una altura respecto al suelo de 2.5m y a los costados 1.5m.

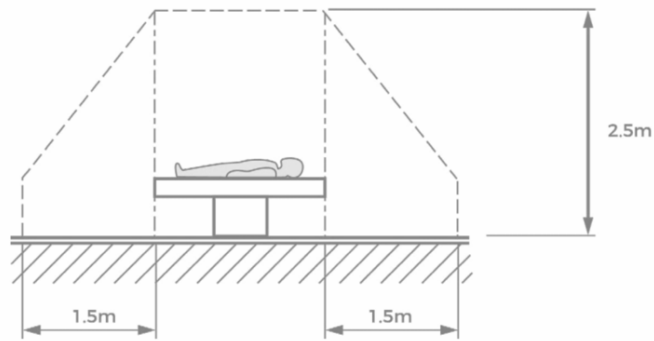


Figura 1: Entorno del paciente

6.1.2. Corrientes de fuga

En general una corriente de fuga es una corriente pequeña en el orden de μA . Este tipo de corrientes fluyen entre cualquier par de conductores aislados y adyacentes que tienen potenciales distintos. Esta corriente posee un componente resistivo pequeño que fluye a través del aislamiento y el entorno, así como un componente reactivo debido a los acoplamientos capacitivos e inductivos que crean entre los cables de alimentación, transformadores, chasis del equipo entre otros. Debido a lo antes mencionado es de gran importancia que los equipos biomédicos y los toma corrientes tengan un conductor a tierra debido a que las corrientes de fuga fluirán por esa vía debido a que el chasis tendrá a un potencial igual a las corrientes de fuga multiplicada por la resistencia del hilo de tierra. En casos normales no deberá de superar el orden de los mV provocando un entorno seguro para el paciente como se observa en la siguiente Figura 2.

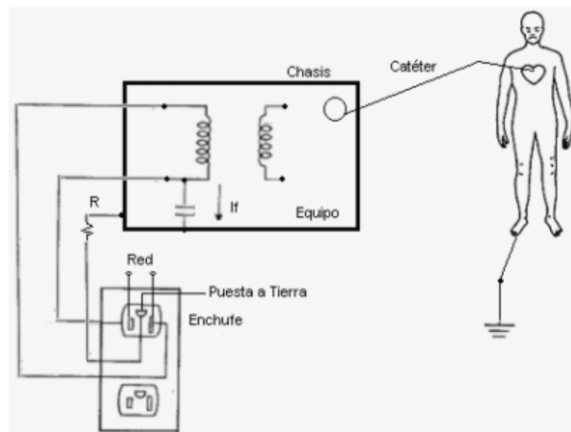


Figura 2: Entorno del paciente

6.1.3. Riesgo de electrocución

Para que exista el riesgo de electrocución debe de existir el paso de la corriente a través del cuerpo humano el cual se modelo el siguiente circuito. La corrientes eléctricas pueden ocasionar tres tipos de efectos en el cuerpo humano como: Alteraciones funcionales por estimulación a células excitables, destrucción irreversible de tejido por efecto Joule y quemaduras químicas. En donde Z_T representa la impedancia del cuerpo humano I_c esta dado por la ecuación 1.

Una característica de los materiales aislantes es su resistividad y otra su rigidez dieléctrica o máxima tensión (kV/cm) que pueden soportar manteniendo sus características entre ellas su alta resistividad. al exponerse a tensiones altas presenta mayor riesgo por diferentes motivos: El primer motivo, cuando se tiene un circuito como el de la figura , cuanto mayor sea la tensión mayor será la intensidad. En segundo lugar cuanto mayor es la tensión mayor será la probabilidad de que se produzca un circuito como el de la Figura 3, por superar la rigidez dieléctrica de los aislantes. Al aproximarse a una instalación con conductores no aislados se producen efectos capacitivos. Estos efectos aunque presentan impedancias altas, pueden provocar intensidades peligrosas si la tensión aumenta, por este motivo es necesario mantener unas distancias mínimas a los elementos no aislados. Las normas internacionales establecen una clasificación de los sistemas eléctricos por el nivel de tensión. Como resultado de esta clasificación tenemos tres grandes grupos: sistemas de Alta tensión, de Baja Tensión, y de Muy Baja Tensión de Seguridad.

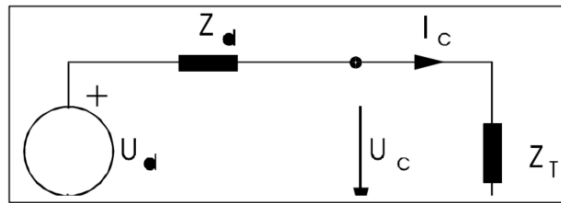


Figura 3: Modelo de circuito

$$I_c = \frac{U_d}{Z_T + Z_d} \quad (1)$$

En donde:

I_c = Corriente que circula por el cuerpo humano

U_d = Voltaje o Tensión de alimentación

Z_d = Impedancia de los conductores aislados

Z_T = Impedancia del cuerpo humano

6.2. Parámetros susceptibles para el paciente

Frecuencia de la corriente

Existe relación entre la corriente de pérdida de control y la frecuencia de la corriente. podemos observar en la Figura 4 el valor mínimo de la frecuencia de la corriente de pérdida de control es la de las líneas de potencia más utilizado y comercializado, que es 60Hz. Para frecuencias por debajo de 10 Hz, el valor del corriente mínimo para la pérdida de control aumenta probablemente debido a que los músculos pueden relajarse en ciertos intervalos del ciclo de la corriente. Este valor de umbral de la corriente de percepción se mantiene más o menos constante entre 10 Hz y 100 Hz, incrementándose de nuevo para valores superiores a 100 Hz.

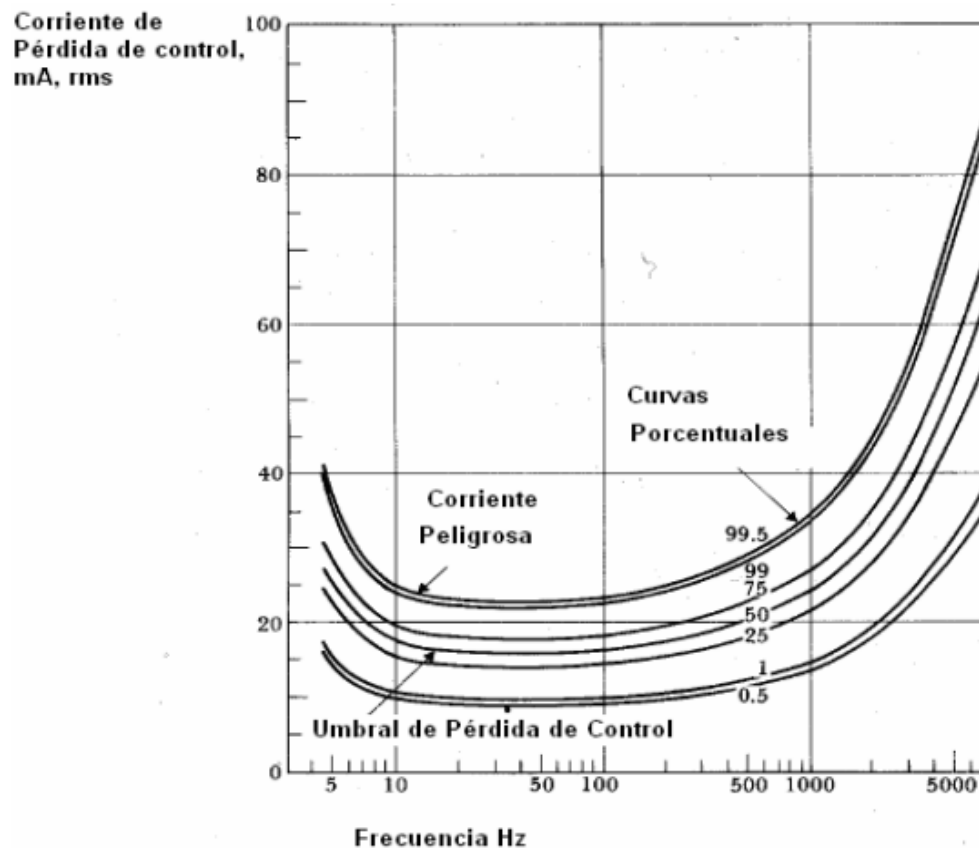


Figura 4: Riesgo de microshock

Tiempo de exposición a corriente eléctrica

El tiempo de exposición es de relevante dependiendo de la susceptibilidad del paciente, Un pulso eléctrico puede producir una fibrilación ventricular si coincide durante el periodo vulnerable de repolarización del corazón que corresponde a la onda T del ECG.

Peso del cuerpo humano.

El umbral de fibrilación aumenta conforme aumenta el peso del cuerpo. Es decir que el umbral es proporcional al peso del cuerpo humano que está expuesto a la corriente eléctrica.

Puntos de ingreso de la corriente eléctrica.

Cuando la corriente se aplica entre dos puntos del cuerpo humano, sólo un pequeño porcentaje de la corriente total pasa a través del corazón como se observa en la Figura 5. Debido a esto, pueden observarse dos tipos de situaciones: el macroshock y el microshock. El macroshock está relacionado con la circulación de corriente en la superficie corporal como se observa en la Figura 5.a. El microshock se refiere a aquellos casos especiales con pacientes susceptibles a corrientes de fuga como lo son los microshock en los que al tener un catéter conectado al corazón como se observa en la Figura 5.b, una pequeña corriente puede ocasionar daños severos al paciente e incluso la muerte.

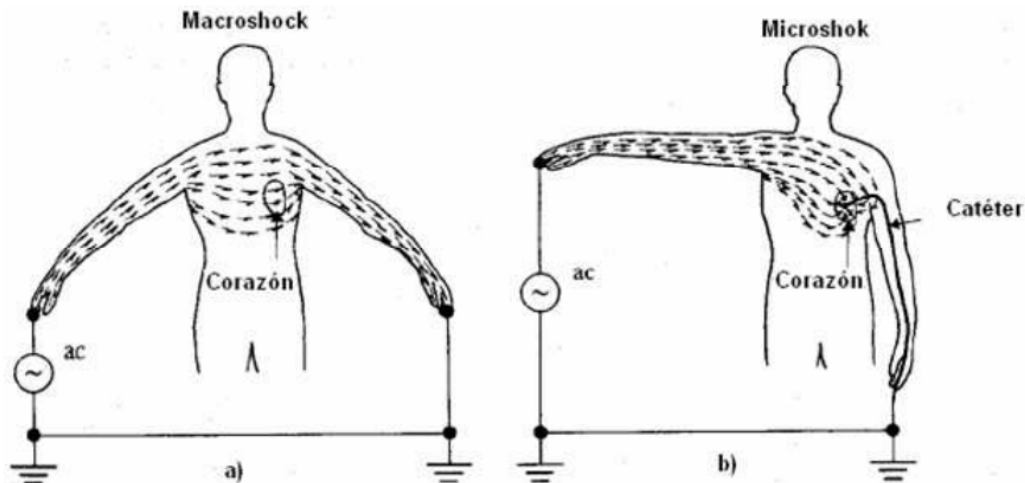


Figura 5: Riesgo de microshock

6.2.1. Microshock

Son corrientes del orden de los μA que fluyen a través de la piel y tejidos, donde se usan electrodos invasivos o catéteres que pudieran hacer posible el paso de la corriente al corazón. Este fenómeno se produce generalmente como una consecuencia de pérdida del aislamiento, aunque también se puede obtener este tipo de corriente en equipos con aislamiento en condiciones adecuadas. Esto se genera debido al acople capacitivo entre el cable activo y el chasis del equipo pueden generar corrientes en el orden de microshock.

Generalmente son catalogadas como corrientes de fuga, debido a que éstas son pequeñas corrientes es inevitable que fluyan entre cualquier par de conductores aislados y adyacentes que estén a potenciales diferentes. Aunque estos equipos son seguros para trabajar en condiciones adecuadas es riesgoso para pacientes muy susceptibles a la electricidad.

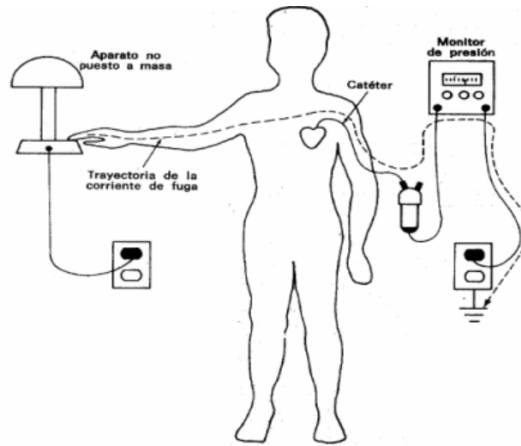


Figura 6: Riesgo de microshock

6.2.2. Macroshock

Puede provocar quemaduras severas, contracciones musculares y hasta la muerte. Este tipo de corrientes son las que se tratan evitar al momento de realizar la verificación de seguridad eléctrica en equipos biomédicos y entorno del paciente. Para que un paciente este expuesto a este tipo de corrientes la persona debe de entrar en contacto con un diferencial de potencial. Es de vital importancia que el chasis esté conectado a tierra debido a que el contacto directo y conexión a tierra a través de otro conductor es peligroso pues estará en riesgo de macroshock.

6.3. Daños fisiológicos para el paciente por corriente

Para que la electricidad produzca efectos en el organismo, el cuerpo humano debe convertirse en parte de un circuito eléctrico como se describe en figura 5 en su mayoría el cuerpo humano está compuesto de agua debido a eso la impedancia es pequeña por lo tanto lo hace un buen conductor. Aunque la impedancia de la epidermis es bastante alta, se encuentra en los rangos de 200-500 KOhm. Debido a eso podemos concluir que el cuerpo humano puede considerarse como un conductor volumétrico no homogéneo en la que la distribución del paso de la corriente eléctrica es determinado por la conductividad del tejido de cada ser humano. Por otra parte, la corriente eléctrica puede afectar al cuerpo humano según sus características como: Frecuencia, tiempo de exposición, zona circulante, magnitud. Los efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano pueden ser afectado principalmente de tres formas.

Estimulo eléctrico

En primer lugar se produce una excitación eléctrica de los tejidos excitables (nervios y músculos), comenzando con una sensación de “hormigueo” o irritación que si alcanza intensidad suficientemente elevada puede ser dolorosa y molesta. La estimulación de estos nervios o músculos motores puede provocar contracciones.

Altas temperaturas

En segundo lugar, puede aparecer un incremento de la temperatura del tejido debido a la resistencia que presenta y la energía disipada por el mismo

Lesiones

El aumento de temperatura es muy elevado, puede provocar lesiones (quemaduras) en el tejido. Con la corriente eléctrica doméstica las quemaduras se limitan por lo general a lesiones localizadas en los puntos de contacto o en sus inmediaciones, lugares donde se produce mayor densidad de corriente. En los accidentes industriales causados por alta tensión, así como en accidentes por rayos, la energía eléctrica disipada puede provocar quemaduras que abarcan grandes áreas del cuerpo.

Efecto	Umbral
Umbral o nivel de percepción (Nivel mínimo a detectar)	10uA-0.5mA valores eficaces CA,60Hz; 2-10 mA CC
Corriente de pérdida del control motor. (Nervios y músculos pueden excitarse y provocar contracciones).	6mA-16mA
Parálisis respiratoria dolor y fatiga. (Asfixia)	18mA-22mA
Fibrilación ventricular(Pérdidas de sincronismo de las diferentes fibras del músculo cardíaco	75mA-400mA
Contracción del miocardio sostenida (Músculo completo del corazón se contrae)	1A-6A.
Daños físicos y quemaduras	10A en adelante
Muerte(Posibles causas insuficiencia circulatoria. Lesión en centros bulbares Lesión neurológica puede ser atribuida	

Tabla 1: Rangos de umbral y efecto.

Defecto o rotura del conductor de puesta a tierra: En la Figura 1.15 puede observarse dos situaciones diferentes de riesgo de microshock donde existe un defecto o rotura de la puesta a tierra, así como sus circuitos eléctricos equivalentes. Puede observarse que, para una tensión de red de 120 V, y una capacidad parásita de 2500 pF pueden originarse corrientes de fuga de 110 μ A considerando que la resistencia de la piel es de 100 K Ω y la del cuerpo 500 Ω .

$$I = \frac{120}{\left[(1/wC)^2 + (R_{total})^2 \right]^{1/2}} = 109\mu A \quad (2)$$

En donde:

I = Corriente eléctrica.

w = Frecuencia

C = Capacidad parásita

R_{Total} =Resistencia total de cuerpo humano

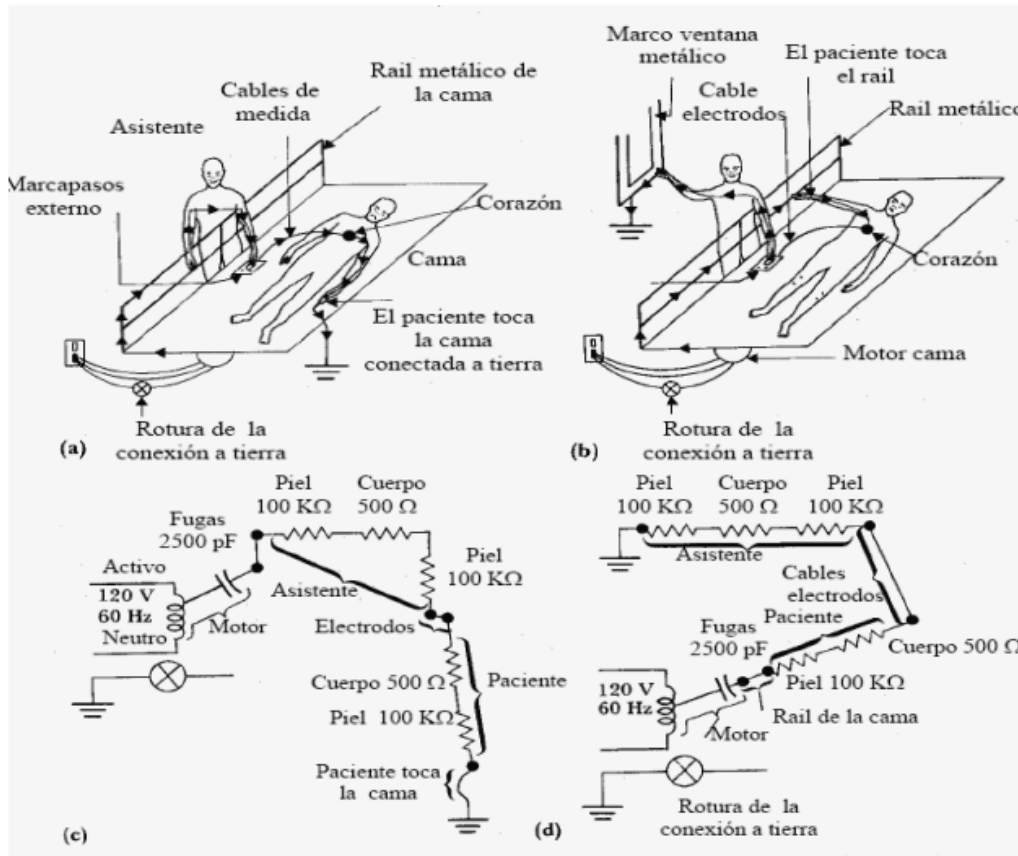


Figura 7: Modelo matemático

6.4. Tomacorrientes

Dispositivo que posee contactos hembra, cuyo propósito es establecer una conexión eléctrica con una clavija de algún equipo. Los toma corrientes son de gran importancia debido a que deben cumplir con características que son necesarias para evitar accidente asociados al corte de suministro de electricidad de un equipo biomédico. Debido a eso deben de ser seleccionados toma corriente de grado hospitalario.

Todos los toma corrientes del sistema de emergencia deben de estar identificados con el número de circuito derivado, tablero de distribución y deben ser de color rojo. Según lo establecido con la norma NFPA99 se debe cumplir con lo siguiente:

- Según el numeral 4.3.2.2.7.1, el polo de tierra de cada receptáculo debe ser altamente

confiable capaz de mantener baja resistencia con su conector de acoplamiento.

- Según el numeral 4.3.3 (Criterios de Desempeño y Pruebas) la eficacia del sistema de tierra se determinará mediante las mediciones de tensión y las mediciones de impedancia. Las mediciones de tensión y de impedancia se hacen con una exactitud de $\pm 20\%$. La medición de impedancia será la relación entre la tensión desarrollada (o de 60 Hz o DC) entre el punto bajo prueba y el punto de referencia a la corriente aplicada entre estos dos puntos.
- Según numeral 4.3.3.2.4 (Verificación de toma corrientes y áreas de cuidado de pacientes) En las áreas de cuidado del paciente se deben comprobar la integridad física de cada receptáculo por medio de una inspección visual. La continuidad del circuito que pone a tierra a cada receptáculo debe ser verificada. En los toma corrientes debe comprobarse que exista la tensión de línea adecuada. También verificar La mínima fuerza mecánica para poder retirar una conexión individual en cualquiera de las tres salidas de un receptáculo debe ser mayor a 115 g lo cual es equivalente a 1.127 N.
- Las mediciones de tensión se harán con un instrumento que tiene una resistencia de entrada de $1000\ \Omega \pm 10\%$ en la frecuencia de 1000 Hz o menos. La tensión entre neutro y tierra no deberá exceder de 0.5 V, para nuevas construcciones no debe exceder de 0.02 V. La impedancia entre neutro y tierra no deberá exceder de $0.2\ \Omega$. La tensión entre los terminales de tierra equipotencial o entre cualquiera superficie conductora y tierra, en áreas de cuidados generales no debe exceder de 0.5 V y en áreas de cuidados intensivos no debe exceder de 0.04 V.



Figura 8: Toma corriente grado hospitalario

6.5. Metrología

La metrología es una de las ramas importantes de la ingeniería biomédica debido a que es de vital importancia para tener certeza de la calibración de los equipos y los datos que despliegan para verificar normas internacionales y cumplir con rangos normados para la seguridad del paciente.

Es una especialidad de la metrología que estudia las mediciones relacionadas con las magnitudes biológicas, físicas o químicas, generadas por el cuerpo humano, y traducidas por los equipos biomédicos, cuyos resultados sirven para determinar el estado o la condición de un ser humano y la consecuente toma de decisiones médicas sobre diagnóstico, soporte y tratamiento.

6.6. Concertación

$$s = \sqrt{s^2} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n-1} - \frac{n \cdot \bar{x}^2}{n-1}} \quad (3)$$

podemos utilizar la formula de desviación estándar para una muestra(3)

6.7. Herramientas

6.7.1. ESA 609

El ESA 609 es un analizador portátil y compacto, de funciones completas que verifica la seguridad eléctrica de dispositivos médicos. El analizador se ha probado conforme a las normas de seguridad eléctrica estadounidenses (ANSI/AAMI ES1, NFPA 99) e internacionales (y partes de IEC 62353 e IEC 60601-1). Es fácil seleccionar cargas integradas del paciente según ANSI/AAMI ES1 e IEC 60601-1. [7] El analizador realiza las pruebas siguientes:

- Resistencia de línea de tierra (o toma de tierra de protección)
- Corriente del equipo
- Fuga de línea de tierra (toma de tierra)
- Fuga de chasis (caja)
- Fugas directas del equipo
- Fugas y resistencia de punto a punto

6.7.2. Multímetro FLuke 117

El multímetro para electricistas Fluke 117, posee detección de voltaje sin contacto integrada y la función AutoV/LoZ evita las lecturas falsas producidas por voltaje fantasma, es el medidor perfecto para los verificación eléctrica debido a su precisión. El multímetro Fluke 117 proporciona lecturas de mín,máx,promedio, mediciones de frecuencia y capacitancia. Fue de gran utilidad para utilizar en mediciones en toma corrientes convencionales menores a 20A que no poseen la configuración de conexión de los toma corrientes de grado hospitalario o de 20A que tienen una ranura perpendicular en el contacto de neutro el cual es utilizado para la conexión del fluke ESA609.

6.8. Estadística descriptiva

La estadística descriptiva tiene como característica principal describir algo de una forma cuantitativa o cualitativamente además de recolectar, almacenar, ordenar, datos para realizar tablas o gráficos para analizarlos después. En el trabajo de campo fue una herramienta para realizar análisis del entorno del paciente con diferentes variables a evaluar y comparar con parámetros de normas internacionales.

- Variable cualitativa: Hace referencia a una cualidad. Ejemplo: el estado en que se encuentra un toma corriente, dañado, sucio.
- Variable cuantitativa: Hace referencia a una medida cuantitativa. Ejemplos: cuantos toma corrientes existen en un área del hospital.

6.9. Normas IEC-60601 Y NTC-IEC 60601-1

La conformidad de acuerdo con la normativa IEC 60601 es un requisito para la certificación de los productos electro médicos en muchos países del mundo. Esta norma fue de gran utilidad para poder tomar parámetros de referencia para realizar protocolos y comparar valores en los cuadros de evaluación.

6.10. NEC

Según las normas de instalaciones eléctricas se debe de tener un apuesta a tierra para seguridad eléctrica y esto es de vital importancia para que los equipos biomédicos puedan evitar cualquier microshock o macroshock. Esta norma fue de gran utilidad para poder tomar parámetros de referencia para realizar protocolos y comparar valores en los cuadros de evaluación.

Para realizar la verificación de seguridad eléctrica en el entorno del paciente se realizaron pruebas eléctricas en los toma corrientes los cuales proveen el suministro de energía eléctrica a los equipos biomédicos. Se realizó identificación de cada uno de los toma corrientes para poder tener una referencia exacta de la ubicación. Se procedió a realizar pruebas y verificaciones de características ideales según las normas internacionales.

7.1. Multímetro Fluke ESA609 y Fluke

Estos multímetros fueron indispensables para realizar pruebas de seguridad eléctrica de entorno del paciente, para verificar cada una de las diferentes tensiones de los toma corrientes. Verificar el suministro de energía de camas midiendo diferencia de tensión, corriente y resistencia de los toma corrientes donde son conectados los equipos biomédicos de las áreas evaluadas.

7.2. Dinamómetro

Se utilizó un dinamómetro para verificar fuerza de sujeción de los toma corrientes a analizar, los resultados obtenidos se compararon con valores de normas internacionales y verificar que los toma corrientes tengan una fuerza de sujeción suficiente para evitar problemas con los equipos biomédicos debido a un corte de suministro eléctrico por deterioro de los toma corrientes.

7.3. Verificación de normativas internacionales

Debido a que en Guatemala no se encontraron normas vigentes que estipulen cada uno de estos parámetros se realizó búsqueda de normas en países con entes reguladores con normas en vigencia como la NFPA99, IEC60601,IEC, IEC 62353,NTC 2050. Se realizó verificación de estas normas en los apartados de interés para poder verificar el estado actual de las áreas a evaluar basado en estas normas como parámetro de comparación.

7.4. Reconocimiento de áreas

Se realizó la verificación de las áreas del hospital general de accidentes ceibal, enfocados en las áreas de intensivo 1 , intensivo 2 y quirófanos debido a que eran áreas de interés para el departamento de mantenimiento. Este reconocimiento es necesario para verificar el estado actual de las instalaciones y si existe la cantidad adecuada en cada uno de los respectivas áreas.

7.5. Diseño de formatos y protocolos

Para realizar los formatos de evaluación fue tomado en cuenta el entorno al paciente, las especificaciones del equipo biomédico a evaluar y los límites establecidos por la diferentes normas NTC 1340, NFPA 99 y NTC-IEC 60601-1. Esto con el objetivo de tener una herramienta que permita evaluar de una manera eficaz y practica al realizar una inspección y trazabilidad de cada uno de los incidentes que se puedan presentar y tomar medidas preventivas o correctivas.

7.6. Pruebas de seguridad eléctrica

Para realizar las pruebas de seguridad eléctrica se utilizaron multímetros digitales fluke con el cual se hicieron las mediciones al entorno eléctrico del paciente. El registro de la información en tablas y formatos permitirá realizar la comparación con los valores establecidos por la norma utilizándola como herramienta en la evaluación.

7.7. Análisis y diagnóstico

Al terminar la evaluación las mediciones y comparados los valores con los establecidos en la norma NTC 1340, NFPA 99 y NTC-IEC 60601-1, se procedió a realizar el estudio de los datos obtenidos correspondiente a tensiones, resistencias, corrientes, entre otras para proceder a realizar un diagnóstico que garantice el estado de las áreas de quirófanos enfocado a seguridad eléctrica en el entorno del paciente. Se deben tener en cuenta las mediciones nombradas anteriormente para realizar las recomendaciones indicadas.

7.8. Diseño de manual para evaluación periódica

Como material de apoyo, se diseñó manual de procedimientos para efectos de la evaluación de la seguridad eléctrica en el entorno del paciente y de equipos biomédicos instalados. El cual está sintetizado para ser práctico ,conciso y sea una herramienta de trabajo para que el personal encargado de realizar periódicamente las verificaciones así como lecturas correspondientes en el proceso de inspección seguridad eléctrica. Además de llevar un control de mantenimientos preventivos.

7.9. Análisis de entorno paciente

Sabemos es de vital importancia reconocer el entorno del paciente, una de los puntos importantes es tener identificado cada uno de los toma corrientes en el área a evaluar para poder ubicar fallas o mantenimientos de una forma eficiente. Para poder enumerar e identificar la forma correcta se puede observar en la Figura 9. También deben de ser identificados cada uno de los toma corrientes para realizar una correcta evaluación ,como se muestra en la Figura 8.

Reconocimiento de áreas

Se realizó un recorrido por las distintas áreas de interés de la institución hospitalaria con el fin evaluar el estado de la seguridad eléctrica, el cual fue aprovechado para levantar un inventario de toma corrientes instalados en cada locación, que nos permita diagnosticar si la cobertura esta de acuerdo a normas de seguridad eléctrica.

Se realizó reconocimiento de áreas en el intensivo 1, intensivo 2 y quirófanos localizado en la primera planta. Se realizaron cada una de las pruebas del entorno del paciente en los toma corrientes, debido a que son los que proveen la conexión del suministro eléctrico a los equipos biomédicos. Se procedió realizar medidas con multímetro Fluke ESA 609 y multímetro FLUKE 117 para poder obtener medidas de voltaje en cada una de las partes del toma corriente así como cada una de las diferentes características como ubicación respecto al suelo, tipo de toma corriente, orientación entre otros parámetros relevantes.

Debido a que en las áreas a evaluar se tienen una cantidad considerable de toma corrientes se procedió a numerarlos para poder tener una referencia al realizar mediciones. Se procedió a identificarlos de la siguiente manera: Para iniciar la evaluación se tomó como posición inicial la puerta de ingreso observando al interior del área de interés como se describe en la Figura 9. Se inicia recorriendo el área en sentido contrario a las manecillas del reloj, comenzando de abajo hacia arriba, denominando a un toma corriente doble el primero A y el segundo B como se ilustra en la Figura 10. Este método es aplicable a cualquier otra área a evaluar para poder identificar y localizar de una manera metódica la realización de toma de mediciones o pruebas pertinentes.

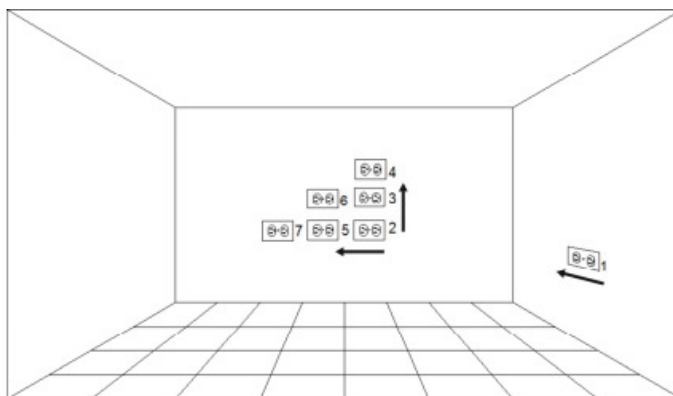


Figura 9: Una imagen de buena practica recorrido

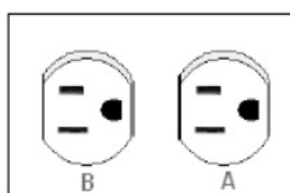


Figura 10: Identificación de toma corriente

8.1. Intensivo 1

La primer área para evaluar fue el intensivo 1. Los pacientes en esta área son aquellos que se encuentran en alguna condición grave de salud y que pone en riesgo su vida. Debido a esas condiciones requieren de una monitorización constante de sus signos vitales además de otros parámetros importantes así como el control de líquidos y medicamentos. Se realizó un levantamiento en esta área, cuenta con 12 camas y por cada una 10 toma corrientes de tipo normales. Se pueden encontrar un resumen en la tabla de cantidad y tipo de toma corrientes por cama 2. Se observan equipos biomédicos tales como: ventiladores, monitores de signos vitales, bombas de infusión, camas eléctricas entre otros para el cuidado de los pacientes y monitorización. En esta área se realizaron algunos hallazgos relevantes de los cuales se hizo un análisis más adelante.

8.1.1. Aislamiento

Se realizó evaluación de área de aislamiento la cual es parte del intensivo 1. Los pacientes en esta área denominada cuidados intensivos en aislamiento, son aquellos que se encuentran en alguna condición grave de salud y que pone en riesgo su vida como la de sus entorno debido a que tienen alguna enfermedad contagiosa o viral. Debido a esas condiciones requieren de una monitorización constante de sus signos vitales otros parámetros importantes así como el control de líquidos y medicamentos en un ambiente aislado para evitar el contagio de toda el área de intensivo. Se llevó a cabo un levantamiento en esta área cuenta con 1 cama, 5 toma corrientes dobles normales y 2 de tipo grado hospitalario. Se puede encontrar un resumen

Ubicación		Intensivo 1		
Intensivo área general	Toma corrientes normales	Intensivo área aislamiento	Toma corrientes normales	Toma corrientes hospitalarios
cama 1	10	Cama 1	10	4
cama 2	10			
cama 3	10			
cama 4	12			
cama 5	10			
cama 6	10			
cama 7	10			
cama 8	10			
cama 9	10			
cama 10	10			
cama 11	10			
cama 12	10			
Total	136			

Tabla 2: Toma corrientes intensivo 1,cantidad y tipo de toma corrientes.

en la Tabla por cantidad y tipo de toma corrientes por cama en Tabla 2.Podemos observar el área en la Figura 11,se observan equipos biomédicos tales como: ventiladores,monitores de signos vitales, bombas de infusión, camas eléctricas entre otros para el cuidado de los pacientes y monitorización.En esta área se realizaron algunos hallazgos relevantes que que se realiza análisis en un capítulo posterior.



Figura 11: Aislamiento en intensivo 1

En el proceso de evaluación y mediciones de pruebas de seguridad eléctrica en toma corrientes, se observó que el equipo FLUKE ESA609 detectó una falla de polaridad invertida. Esta falla produce riesgo eléctricos para el entorno del paciente y problemas con equipos que se conecten.Existe el riesgo de un microchoque y macrochoque para el personal y el paciente crítico.

Se puede observar que el sistema eléctrico cuenta con una tierra física. La tierra en donde están aislados los equipos esta al mismo nivel del suelo sin contar con protección dieléctrica, existe el riesgo de una descarga eléctrica como se especificó en el capítulo tal. Esta tierra está ubicada en el área de personal encargado de intensivo lo cual hace susceptible a descargas eléctricas. Es un riesgo potencialmente peligroso, debido a que todas las fugas del sistema eléctrico están concentradas en esa ubicación.



Figura 12: Detección de falla, polaridades invertidas



Figura 13: Tierra expuesta

Sabemos que en cuidados intensivos es de vital importancia que se provea suministro de energía eléctrica interrumpida. Debido a eso es necesario colocar un UPS general o ups individuales por cama evaluando tiempo de respaldo. Debido a que los UPS tienen la característica de tener un tiempo de respuesta de milisegundo a diferencia de la planta que son segundos de respuesta es necesario incluirlos en el suministro de energía eléctrica para evitar la percepción de pérdida de suministro de energía en el equipo biomédico según sus especificaciones.

En cuidados intensivos se debe utilizar UPS para los equipos que sean necesarios para que un paciente esté estable y no tener complicaciones por el corte de suministro de energía. Se puede observar que existe la disponibilidad de UPS, pero no se utilizan. Como se ha mencionado con anterioridad es de vital importancia que los toma corrientes estén en condiciones óptimas para proveer suministro de energía a equipos biomédicos. Por medio de la inspección visual 15 hallamos un toma corriente de grado hospitalario ubicado en área de aislamiento en intensivo 1 se encuentra dañado y orientación errónea. La forma correcta es ubicar toma corrientes de grado hospitalario dobles en orientación horizontal.

8.2. Intensivo 2

En el intensivo 2 los pacientes están bajo control y cuidados intensivos, debido a que se encuentran en alguna condición grave de salud y que pone en riesgo su vida como la de sus



Figura 14: Detección toma corriente deteriorado



Figura 15: UPS

entorno debido a que tienen alguna enfermedad contagiosa o viral. Debido a esas condiciones requieren de una monitorización constante de sus signos vitales otros parámetros importantes así como el control de líquidos y medicamentos.

Se cuenta con 9 camas, cada una con sus respectivos toma corrientes . En la Tabla 3 se puede observar la cantidad y el tipo de toma corriente en las diferentes camas. También tiene equipos biomédicos tales como: ventiladores, monitores de signos vitales, bombas de infusión para el cuidado del paciente. A diferencia del intensivo 1 este no tiene área de aislamiento.

Se encontraron algunos hallazgos relevantes, existen toma corrientes que se encuentran en la parte baja de la cama lo cual dificulta la conexión de equipo y a una altura propensa a humedad y salpicaduras. Además, en comparación con el intensivo uno podemos observar que se encuentran solamente 6 toma corrientes normales por cada cama a una altura de 1.5m de altura de nivel del suelo. La distribución eléctrica es proporcionada por disyuntores en el tablero eléctrico, cada cama tiene asignado un disyuntor para cada uno de los toma corrientes normales ubicados en cada cama. Una característica importante de la distribución es que este intensivo 2 no cuenta con un transformador aislado.

8.3. Quirófano A1

El quirófano A1 que se observa en Figura 17 esta especializado en realizar intervenciones de columna exclusivamente. Se puede observar que posee cuatro toma corrientes normales dobles y un toma corrientes aislado doble .En la Tabla 4 se puede observar resumen de los toma corrientes que posee este quirófano y especificaciones del tipo de toma corriente. Estos toma corrientes están ubicados a 1.65 m del suelo esto disminuye el riesgo eléctrico causado

	Toma corriente
Cama	Normal
Cama 1	10
Cama 2	10
Cama 3	10
Cama 4	10
Cama 5	10
Cama 6	10
Cama 7	10
Cama 8	10
Cama 9	10

Tabla 3: Toma corrientes intensivo 2. Cantidad y tipo de toma corrientes.



Figura 16: Sala intensivo 2.

por humedad y salpicaduras. También se puede observar que se utilizan extensiones para alimentación eléctrica de equipos biomédicos lo cual aumenta la resistencia a tierra. Se realizaron algunos hallazgos, se observa daño en toma corriente A1,A2,B1,B2 esto es un riesgo eléctrico para el entorno del paciente debido al estado de exposición que se encuentra. También se puede observar en regletas utilizadas que se tiene polaridad invertida.



Figura 17: Sala Quirófano A1

8.4. Quirófano A2

El quirófano A2 que se observa en Figura 18 está enfocado a realizar intervenciones de miembro inferior. Este quirófano contiene cuatro toma corrientes aislado dobles debido al tipo de entrada no es posible realizar mediciones con puntas de multímetro. En la Tabla 5 se puede observar resumen de los toma corrientes que posee este quirófano y especificaciones del tipo de toma corriente. Estos toma corrientes están ubicados a 1.60 m respecto al suelo, esto

Ubicación:		Quirófano A1
	Toma corriente normal	Toma corriente aislado
	8	2
Total	10	

Tabla 4: Toma corrientes Quirófano A1.Verificación de cantidad y tipo de toma corrientes.

disminuye el riesgo eléctrico causado por humedad y salpicaduras.



Figura 18: Sala Quirófano A2

Ubicación:		Quirófano A2
	Toma corriente normal	Toma corriente aislado.
	0	8
Total	8	

Tabla 5: Toma corrientes Quirófano A2.Cantidad y tipo de toma corrientes.

8.5. Quirófano A3

El quirófano A3 que se observa en Figura 19 está enfocado a realizar intervenciones de ortopedia en mujeres.Se puede observar que posee ocho toma corrientes aislados.En la Tabla 6 se pude obtener un resumen de la cantidad de toma corrientes que posee esta área. Estos toma corrientes están ubicados a 1.60m del suelo esto evita daños por humedad y salpicaduras. Se puede observar que que se utilizan extensiones para alimentación eléctrica de equipos biomédicos. Se puede observar también daño estructural en un toma corriente, esto es un riego eléctrico para el entorno del paciente debido al estado de exposición que se encuentra y puede ocasionar corto circuito en equipos biomédicos para realizar intervenciones quirúrgicas.



Figura 19: Sala Quirófano A3

Ubicación:		Quirófano A3
	Toma corriente normal	Toma corriente Aislado
	0	8
Total	8	

Tabla 6: Toma corrientes Quirófano A3.Cantidad y tipo de toma corrientes.

8.6. Quirófano A4

El quirófano A4 está enfocado a realizar intervenciones de ortopedia de mujeres, pelvis y caderas. Se puede observar que posee 3 toma corrientes normales dobles y dos toma corrientes grado hospitalario. En la Tabla 7 se especifica la cantidad de toma corrientes que posee. Estos toma corrientes están ubicados a 1.50 del suelo esto evita daños por humedad y salpicaduras. Se puede observar que se utilizan extensiones para alimentación eléctrica de equipos biomédicos. Se puede observar también daño en un toma corriente, esto es un riesgo eléctrico para el entorno del paciente debido al estado de exposición que se encuentra.



Figura 20: Sala Quirófano A4

Ubicación		Quirófano A4
Toma corriente	Toma corriente normales	Toma corriente hospitalario.
	6	2
Total	8	

Tabla 7: Toma corrientes Quirófano A4.Cantidad y tipo de toma corrientes.

8.7. Quirófano A5

El quirófano A5 que se observa en Figura 21 está enfocado a realizar intervenciones del miembro superior. Se puede observar que posee dos toma corrientes normales dobles y un toma corrientes aislados doble. En la Tabla 8 se puede observar un resumen de la cantidad de toma corrientes que posee esta área. Estos toma corrientes están ubicados a 1.67 m del suelo esto evita daños y riesgo eléctrico por humedad y salpicaduras. Se puede observar que se utilizan extensiones para alimentación eléctrica de equipos biomédicos lo cual no es una buena practica al realizar intervenciones quirúrgicas debido al aumento de la resistencia entre el toma corrientes y el equipo biomédico.



Figura 21: Sala Quirófano A5

Ubicación:		Quirófano A5
	Toma corriente normal	Toma corriente aislado
	4	2
Total	6	

Tabla 8: Toma corrientes Quirófano A5.Verificación de cantidad y tipo de toma corrientes.

8.8. Quirófano A6

El quirófano A6 que se observa en Figura 22 esta enfocado a realizar procedimientos de pelvis y cadera exclusivamente. Se puede que posee seis toma corrientes normales dobles y un toma corriente aislado doble se puede observar en la Tabla 9 la cantidad de toma corrientes que posee. Estos toma corrientes están ubicados a 1.70m esto disminuye el riesgo eléctrico causado por humedad y salpicaduras.



Figura 22: Sala Quirófano A6

Ubicación		Quirófano A6
Toma corriente	Toma corriente normales	Toma corriente hospitalario.
	12	2
Total	14	

Tabla 9: Toma corrientes Quirófano A6.Cantidad y tipo de toma corrientes.

8.9. Quirófano A7

El quirófano A7 está enfocado a realizar procedimientos de ortopedia exclusivamente. Se puede que posee seis toma corrientes normales dobles y un toma corrientes aislados observar en la Tabla 10 . Estos toma corrientes están ubicados a 1.60 m esto disminuye el riesgo eléctrico causado por humedad y salpicaduras.



Figura 23: Sala Quirófano A7

	Ubicación	Quirófano A7
Toma corriente	Toma corriente normales	Toma corriente hospitalario.
	12	2
Total	14	

Tabla 10: Toma corrientes Quirófano A7. Cantidad y tipo de toma corrientes.

8.10. Quirófano A8

El quirófano A8 que se observa en Figura 24 está enfocado a realizar intervenciones intensivas exclusivamente. Se puede observar que posee tres toma corrientes normales dobles y ninguno aislado. En la Tabla 11 se puede obtener un resumen de la cantidad de toma corrientes que posee esta área. Estos toma corrientes están ubicados a 0.30m del suelo lo cual es susceptible a riesgo eléctrico debido a daños por humedad y salpicaduras. Se puede observar en la figura que se utilizan extensiones para alimentación eléctrica de equipos biomédicos esto aumenta la lectura de voltaje entre neutro y tierra además de tener polaridad en un toma corrientes de la extensión invertida. Se puede observar también daño en toma corrientes, esto es un riesgo eléctrico para el entorno del paciente debido al estado de exposición en el que se encuentra y puede ocasionar interrupción del suministro de energía.



Figura 24: Sala Quirófano A8

Ubicación:		Quirófano A8
	Toma corriente normal	Toma corriente aislado
	6	0
Total	6	

Tabla 11: Toma corrientes Quirófano A8.Cantidad y tipo de toma corrientes.

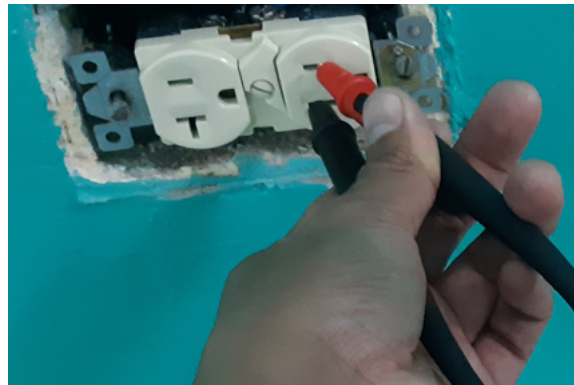


Figura 25: Sala Quirófano A8 toma corriente dañado

8.11. Quirófano B1

El quirófano B1 que se observa en Figura 26 está enfocado a realizar intervenciones de neurocirugía principalmente. Se puede observar que posee ocho toma corrientes dobles y ninguno de otro tipo. En la Tabla 12 se puede obtener un resumen de la cantidad de toma corrientes que posee esta área. Estos toma corrientes están ubicados a 1.70 m del suelo lo cual evita riesgo eléctrico, daños por humedad y salpicaduras. Entre los hallazgos encontrados se observó toma corriente A1, B1 expuesto el cual es susceptible a riesgo eléctrico debido a que no cuenta con protección.



Figura 26: Sala Quirófano B1

	Ubicación	Quirófano B1
Toma corriente	Toma corriente normales	Toma corriente hospitalario.
	16	0
Total	16	

Tabla 12: Toma corrientes Quirófano B1.Cantidad y tipo de toma corrientes.

8.12. Quirófano B2

El quirófano B2 que se observa en Figura 27 está enfocado a realizar intervenciones de cirugía general principalmente. Se puede observar que posee ocho toma corrientes dobles y ninguno de otro tipo. En la Tabla 13 se pudo obtener un resumen de la cantidad de toma corrientes que posee esta área. Estos toma corrientes están ubicados a 1.70 m del suelo lo cual evita riesgo eléctrico, daños por humedad y salpicaduras. Entre los hallazgos encontrados se observan dos toma corriente dobles expuestos A1, B1, A8, B8.

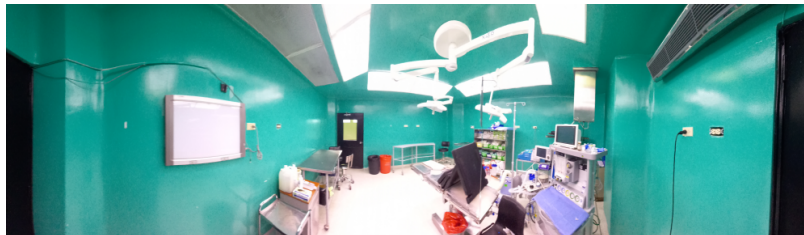


Figura 27: Sala Quirófano B2

	Ubicación	Quirófano B2
Toma corriente	Toma corriente normales	Toma corriente hospitalario.
	16	0
Total	16	

Tabla 13: Toma corrientes Quirófano B2.Cantidad y tipo de toma corrientes.

8.13. Quirófano B3

El quirófano B3 que se observa en Figura 28 está enfocado a realizar intervenciones maxilofacial y ortopedia principalmente. Se puede observar que posee ocho toma corrientes dobles y ninguno de otro tipo. En la Tabla 14 se puede obtener un resumen de la cantidad de toma corrientes que posee esta área. Estos toma corrientes están ubicados a 1.70 m del suelo lo cual evita riesgo eléctrico, daños por humedad y salpicaduras. Entre los hallazgos encontrados se observan que se tiene en el toma corriente A1 tierra de equipo adherida. Es de utilidad verificar que equipo perdió esta tierra debido a que representa un riesgo para el equipo que no posee esta terminal de tierra. Se puede observar en la figura que se utilizan extensiones para alimentación eléctrica de equipos biomédicos.



Figura 28: Sala Quirófano B3

	Ubicación	Quirófano B3
Toma corriente	Toma corriente normales	Toma corriente hospitalario.
	16	0
Total	16	

Tabla 14: Toma corrientes Quirófano B3. Cantidad y tipo de toma corrientes.

8.14. Quirófano B4

El quirófano B4 que se observa en Figura 29 está enfocado a realizar intervenciones de cirugía plástica y ortopedia principalmente. Se puede observar que posee ocho toma corrientes dobles y ninguno aislado. En la Tabla 15 se puede obtener un resumen de la cantidad de toma corrientes que posee esta área. Estos toma corrientes están ubicados a 1.70 m del suelo lo cual evita riesgo eléctrico, daños por humedad y salpicaduras. Entre los hallazgos encontrados se observan tres toma corriente expuesto A5, B5, A6, B6, A8, B8. Se puede observar en la figura que se utilizan extensiones para alimentación eléctrica de equipos biomédicos.



Figura 29: Sala Quirófano B4

	Ubicación	Quirófano B4
Toma corriente	Toma corriente normales	Toma corriente hospitalario.
	16	0
Total	16	

Tabla 15: Toma corrientes Quirófano B4.Cantidad y tipo de toma corrientes.

8.15. Quirófano B5

El quirófano B5 que se observa en Figura 30 está enfocado a realizar intervenciones pediátricas exclusivamente. Se puede observar que posee tres toma corrientes normales dobles y un toma corriente doble grado hospitalario. En la Tabla 16 se puede obtener un resumen de la cantidad de toma corrientes que posee esta área. Estos toma corrientes normales están ubicados a 1.80 m del suelo lo cual evita riesgo eléctrico, los toma corrientes de grado hospitalario se encuentran a 0.30 m respecto al suelo esto lo hace susceptible a riesgo eléctrico, daños por humedad y salpicaduras. Entre los hallazgos encontrados se observan dos toma corriente expuesto A1, B1. Se puede observar en la figura que se utilizan extensiones para alimentación eléctrica de equipos biomédicos lo cual perjudica debido a que aumenta la resistencia de tierra.



Figura 30: Sala Quirófano B5

Ubicación:	Sala Quirófano	
toma corriente normal	toma corriente	grado hospitalario
	6	2
Total	8	

Tabla 16: Toma corrientes Quirófano B5.Cantidad y tipo de toma corrientes.

8.16. Quirófano B6

El quirófano B6 que se observa en Figura 31 está enfocado a realizar intervenciones que requieran aislamiento exclusivamente. Se puede observar que posee dos toma corrientes dobles y ninguno de otro tipo. En la Tabla 17 se puede obtener un resumen de la cantidad de toma corrientes que posee esta área. Estos toma corrientes están ubicados a 0.20 m del suelo lo cual lo hace susceptible a riesgo eléctrico, daños por humedad y salpicaduras.

Entre los hallazgos encontrados se observa que se utilizan extensiones para alimentación eléctrica de equipos biomédicos lo cual aumenta la resistencia de protección a tierra. También se puede observar que la extensión posee toma corrientes con polaridad invertida lo cual puede provocar riesgo eléctrico cuando se realizan intervenciones quirúrgicas.

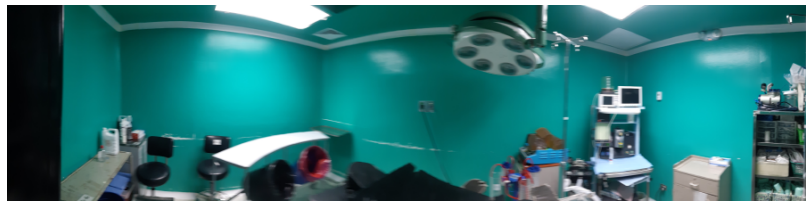


Figura 31: Sala Quirófano B6

Ubicación:		Quirófano B6
	Toma corriente normal	Toma corriente grado hospitalario
	4	0
Total	4	

Tabla 17: Toma corrientes Quirófano B6. Cantidad y tipo de toma corrientes.



Figura 32: Sala Quirófano B6 regleta polaridad invertida

Diseño de formatos y protocolos

Debido a la relevancia que tienen en el paciente los equipos biomédicos y las instalaciones eléctricas de las instituciones hospitalarias, requieren de un proceso periódico de inspección y mantenimiento, para evaluar y minimizar los riesgos de peligro a los que está sometido el paciente y el personal.

Con las normas que se tomaron de referencia, se realizaron diseño de formatos y protocolos comprensibles y concisos. El registro de la información en los formatos facilita la comparación con los valores establecidos por la norma minimizando tiempo de trabajo y sirviendo como herramienta en el diagnóstico. Los protocolos son una serie de pasos, que guían al encargado de la inspección, para que se realice un adecuado proceso y registro. El primer paso fue realizar el diseño de los formatos. Para realizar dichos formatos se debe tener en cuenta los límites establecidos por las normas que fueron tomadas de referencia. En los formatos de entorno a paciente, se aplican las normas NTC 1340 y la NFPA 99. Para los formatos de equipos biomédicos, se aplica la norma IEC 60601-1 y IEC 62353. Se realizó una explicación en cada una de las partes de las cuales están compuestos los formatos.

9.1. Formatos de entorno al paciente: comprobación de toma corrientes y la integridad de la instalación eléctrica.

9.1.1. Información general

En la primera parte del formato se tiene en cuenta la información correspondiente a fecha, nombre del área, ubicación, datos del equipo biomédico (tales como, marca, modelo, serie, clasificación según el grado de protección contra descargas eléctricas, el número del inventario y el nombre de la persona encargada de realizar las mediciones). Esta información

nos permite identificar el equipo biomédico a evaluar y el área donde se encuentra para ubicarlo fácilmente, y de este modo aplicar las recomendaciones correspondientes dadas por los resultados obtenidos en las mediciones.

Ubicación:		Realizado por:	Fecha:
Área:		Verificado por:	
Cantidad de toma corrientes			
toma corriente grado hospitalario		Toma corriente hospitalario aislado a tierra	Toma corriente normales
toma corriente de emergencia		toma corriente aislado de tierra regulado.	Total de toma corrientes

Figura 33: Información general de formato de evaluación

9.1.2. Medidas de tensión

Observamos que en esta sección del formato, se registran los datos obtenidos de las mediciones de tensión entre fase-neutro, fase-tierra y neutro- tierra, para cada uno de los toma corrientes. Cada uno de estos valores obtenidos se deben comparar con los límites establecidos por la normas NTC 1340 que tomamos de referencia, la norma especifica que la tensión entre fase - neutro y fase - tierra debe ser 120 (+5 % -10 %) V, la norma NFPA 99 establece que el voltaje entre neutro - tierra no debe exceder los 0.5 V cada una de estos valores fueron colocados en los formatos para poder comparar de una forma directa .

9.1.3. Medida de equipotencialidad

Podemos observar que en esta sección del formato se registran los datos obtenidos de la medición de la tensión entre los terminales de tierra equipotencial de los equipos biomédicos u otras superficies conductoras como camas eléctricas, lámparas , partes metálicas,camillas,tierra de un equipo biomédico entre otros. Cada uno de los valores obtenidos son comparados con los límites establecidos por la norma NFPA 99 dice que la tensión entre los terminales o entre cualquier superficie conductora y tierra, en áreas de cuidados generales no debe exceder de 0.5 V y en áreas de cuidados intensivos no debe exceder de 0.04 V.cada una de estos valores fueron colocados en los formatos para poder comparar de una forma directa.

Toma corriente aislado de tierra	Tensión de línea entre fase-neutro	Límites establecidos NTC 1340	Tensión de línea entre fase-tierra	Límites establecidos NTC 1340	Tensión de línea entre neutro-tierra	Límites establecidos NFPA99
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
Toma corriente aislado de tierra regulado	Tensión de línea entre fase-neutro	Límites establecidos NTC 1340	Tensión de línea entre fase-tierra	Límites establecidos NTC 1340	Tensión de línea entre neutro-tierra	Límites establecidos NFPA99
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
Toma corriente grado de emergencia	Tensión de línea entre fase-neutro	Límites establecidos NTC 1340	Tensión de línea entre fase-tierra	Límites establecidos NTC 1340	Tensión de línea entre neutro-tierra	Límites establecidos NFPA99
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
Toma corriente grado normal	Tensión de línea entre fase-neutro	Límites establecidos NTC 1340	Tensión de línea entre fase-tierra	Límites establecidos NTC 1340	Tensión de línea entre neutro-tierra	Límites establecidos NFPA99
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
Toma corriente grado hospitalario	Tensión de línea entre fase-neutro	Límites establecidos NTC 1340	Tensión de línea entre fase-tierra	Límites establecidos NTC 1340	Tensión de línea entre neutro-tierra	Límites establecidos NFPA99
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V
		120(+5%-10%)V		120(+5%-10%)V		<0.5V

Figura 34: Sección de medidas de tensión

Equipotencialidad		
Equipos	Entre terminales de tierra equipotencial	Límites establecidos
Área de cuidados intensivos	Área de cuidados intensivos	NFPA 99
Entre equipo 1 - equipo 2.		<0.5V
Entre equipo 2 - equipo 3.		<0.5V
Entre equipo 3- equipo 1.		<0.5V

Figura 35: Medidas de equipotencialidad de formato de evaluación

9.1.4. Medidas de resistencia y fuerza de sujeción

Podemos observar que en esta sección del formato los datos obtenidos de las mediciones de resistencia entre neutro-tierra para los toma corrientes se registran y se comparan con los límites establecidos por la norma NFPA 99. La impedancia entre neutro y tierra no deberá exceder los 0.2Ω . de igual manera para las mediciones de fuerza de sujeción, donde la norma NFPA 99 establece que la mínima fuerza sujeción para poder retirar una conexión individual en cualquiera de las tres salidas de un toma corrientes sea mayor a 115 g o 1.127 N.

9.1.5. Observaciones

Es la parte final del formato, donde se registran las consideraciones pertinentes de las pruebas realizadas al equipo biomédico o de su estado. Pueden ser utilizadas para documentar solicitudes de compra de equipo o contratación, que el personal asistente pueda sugerir o recomendar al encargado del área.

9.2. Formato de equipos biomédicos: prueba de seguridad eléctrica a equipos biomédicos.

9.2.1. Información general

En esta sección del formato se toma en cuenta la información actual correspondiente a fecha, nombre del área, ubicación, datos del equipo biomédico, marca, modelo, serie, clasificación según el grado de protección contra descargas eléctricas, el número del inventario y el nombre de la persona encargada de realizar las mediciones. Esta información permite identificar el equipo biomédico a evaluar, el área donde se encuentra para ubicarlo fácilmente. Esto facilita la manera de aplicar las recomendaciones correspondientes dadas por los resultados obtenidos en las mediciones y hallazgos.

Toma corriente grado hospitalario.	Resistencia entre neutro y tierra	Límites establecidos NFPA 99	Fuerza de sujeción			Límites establecidos NFPA 99			Altura
			Fase	Neutro	Tierra	Fase	Neutro	Tierra	
		<0.2 Ohm							
		<0.2 Ohm							
		<0.2 Ohm							
Toma corriente aislado de tierra.	Resistencia entre neutro y tierra	Límites establecidos NFPA 99	Fuerza de sujeción			Límites establecidos NFPA 99			Altura
			Fase	Neutro	Tierra	Fase	Neutro	Tierra	
		<0.2 Ohm							
		<0.2 Ohm							
		<0.2 Ohm							
Toma corriente aislado de tierra regulado.	Resistencia entre neutro y tierra	Límites establecidos NFPA 99	Fuerza de sujeción			Límites establecidos NFPA 99			Altura
			Fase	Neutro	Tierra	Fase	Neutro	Tierra	
		<0.2 Ohm							
		<0.2 Ohm							
		<0.2 Ohm							
Toma corriente grado de emergencia.	Resistencia entre neutro y tierra	Límites establecidos NFPA 99	Fuerza de sujeción			Límites establecidos NFPA 99			Altura
			Fase	Neutro	Tierra	Fase	Neutro	Tierra	
		<0.2 Ohm							
		<0.2 Ohm							
		<0.2 Ohm							
Toma corriente grado normales.	Resistencia entre neutro y tierra	Límites establecidos NFPA 99	Fuerza de sujeción			Límites establecidos NFPA 99			Altura
			Fase	Neutro	Tierra	Fase	Neutro	Tierra	
		<0.2 Ohm							
		<0.2 Ohm							
		<0.2 Ohm							

Figura 36: Sección de medidas de resistencia y fuerza de sujeción

Ubicación:		Realizado por:		Fecha:	
Área:		Verificado por:			
Nombre de equipo		Serie:			
Marca:		Modelo:			
Clase:	I	II		No.inventario:	
Tipo:	B	BF	CF	Fecha adquisición:	

Tensión de línea.	Valor	Límites establecidos NTC 1340
		120(+%-10%)V
Resistencia del tercer conductor(*).		Límites establecidos IEC60601-1
		<0.15 Ohm

Pruebas	Condiciones	Valores	Límites establecidos iec60601-1					
			Tipo B		Tipo BF		Tipo CF	
			c.n	c.f.u	c.n	c.f.u	c.n	c.f.u
Corriente de fuga a tierra	c.n							
	c.f.u neutro abierto		500 Ua	1000 uA	500uA	1000uA	500uA	1000uA
	c.f.u polaridad invertida							
Corriente de fuga a carcasa.	c.n							
	c.f.u tierra abierta		100uA	500 Ua	100uA	500uA	100uA	500uA
	c.f.u neutro abierto							
Corriente de fuga a paciente.	c.f.u polaridad invertida							
	c.n paciente-paciente.							
	c.n paciente-tierra.							
	c.f.u tierra abierta		100uA	500uA	100uA	500uA	10uA	50uA
	c.f.u neutro abierto							
	c.f.u polaridad invertida							

Figura 37: Formato de evaluación de equipos biomédicos

9.2.2. Medidas iniciales

Cuando el equipo biomédico a evaluar se conecta al analizador de seguridad eléctrica, la primera medida que se registra en el formato es el valor de la tensión de línea, seguidamente se coloca el valor de la resistencia del tercer conductor del cable de red eléctrica. Estos valores son comparados con las normas vigentes. La norma NTC 1340, establece los límites de tensión, debe ser 120 (+5 % -10 %) V. La IEC 60601-1 establece que la impedancia del tercer conductor del cable de conexión a la red eléctrica no debe exceder los 0.15 Ω.

9.2.3. Pruebas de corrientes de fuga

En esta parte del formato, se registran los datos obtenidos de las mediciones de corriente de fuga a tierra, corriente de fuga a carcasa y corriente de fuga a paciente. El procedimiento para realizar estas mediciones debe de ser en condiciones normales y bajo las siguientes condiciones de falla común: neutro abierto, polaridad invertida, uno cada vez y tierra abierta. Los datos obtenidos se comparan con los límites establecidos por la IEC 60601-1, obteniendo de esta forma proceso eficiente de diagnóstico para los equipos biomédicos y una comparación rápida.

9.2.4. Observaciones

Es la parte final del formato, donde se registran las consideraciones pertinentes de las pruebas realizadas al equipo biomédico o de su estado. Además de retroalimentación, presolicitudes y recomendaciones de parte del personal de asistencial encargado del área.

9.3. Protocolo del entorno a paciente

Para realizar los protocolos se tiene en cuenta los requisitos que se deben cumplir al realizar las pruebas como normas de seguridad, conocimiento seguridad eléctrica y herramientas de medición que se utilizan para realizar la toma de datos. Las pruebas se dividen en dos etapas. La primera etapa es la inspección visual de los toma corrientes, donde se verifica su integridad y características según normas. La segunda etapa son las mediciones de tensión, resistencia y fuerza de sujeción.

9.3.1. Comprobación de toma corrientes e integridad de las instalaciones eléctricas

Se tiene como objetivo evaluar la seguridad eléctrica en el entorno del paciente de la institución hospitalarias del hospital. Para tal efecto, se deben realizar diferentes pruebas, con el fin para evaluar la integridad de la instalación eléctrica y si cumplen con las normas NTC 1340 y NFPA 99. Esto con el propósito de evitar que se presenten eventos adversos asociados al uso de la energía eléctrica, a los que pueden estar expuestos los pacientes y personal de apoyo del hospital. Se utilizaran diferentes equipos de medición como multímetro digital fluke 117, multímetro biomédico ESA 609, dinamómetro, clavijas con polos individuales fase, neutro y tierra.

9.3.2. Procedimiento

Antes de iniciar con las actividades para el diagnóstico de la seguridad del entorno, es muy importante que la persona encargada de realizar dicha inspección aplique las siguientes normas mínimas de seguridad:

1. Tener conceptos y conocimiento en seguridad eléctrica.
2. Utilizar zapatos que tenga suela de goma o material dieléctrico.
3. Evitar portar objetos metálicos como : cadenas, anillos, pulseras, etc.
4. Colocarse equipo de protección para ingresar a cada una de las diferentes áreas.

9.3.3. Inspección visual

Verificación del estado de los toma corrientes .

- Los toma corrientes próximos al paciente deben estar ubicados a una altura de 1.53 m con respecto al suelo.
- En áreas críticas verificar que los toma corrientes sean dobles con polo a tierra del tipo grado hospitalario, deben tener mínimo 6 toma corrientes por cada cama, todos conectados a tierra mediante un conductor de cobre aislado.
- También estas áreas deben contar con toma corrientes del sistema de alimentación de emergencia. En áreas generales verificar que los toma corrientes sean dobles con polo a tierra del tipo grado hospitalario y deben tener mínimo 4 toma corrientes por cada cama.
- Los toma corrientes deben estar bien fijados a la pared, y en buen estado (que no presenten daños externos e internos), etc.

9.3.4. Pruebas

Las siguientes pruebas se realizan con el multímetro FLUKE 117 O ESA 601.

Áreas críticas y generales:

- Comprobar la tensión de suministro normal, entre fase - neutro debe ser 120 (+5% - 10%) V, según la norma NTC 1340.
- Comprobar la tensión de suministro normal, entre fase - tierra debe ser 120 (+5% - 10%) V, según la norma NTC 1340.
- Comprobar la tensión entre neutro - tierra, debe ser menor de 0.5 V, según la norma NFPA 99.
- Comprobar la equipotencialidad, midiendo la tensión entre los terminales de tierra equipotencial de los equipos biomédicos, es importante realizar la medida de equipotencialidad entre equipos y partes conductoras (metálicas), por ejemplo: máquina de anestesia con un desfibrilador, monitor con lámpara cielítica, máquina de anestesia con cama eléctrica, electrobisturí con parte metálica (ventana), etc.
- La tensión de los terminales o entre cualquier superficie conductora y tierra, en áreas de cuidados generales no debe exceder de 0.5 V y en áreas de cuidados intensivos no debe exceder de 0.04 V, según lo establecido por la NFPA 99.
- Realizar la medición de resistencia entre neutro y tierra para los toma corrientes, esta prueba se debe efectuar sin el suministro eléctrico. Según la norma NFPA 99, la resistencia debe ser menor a 0.2 Ω .
- Realizar la prueba de sujeción utilizando un dinamómetro y tres clavijas con polos individuales (fase, neutro y tierra). La norma NFPA 99 dice que la fuerza sujeción para poder retirar una conexión individual en cualquiera de los tres polos de un toma corriente debe ser superior a 115 g lo cual es equivalente a 1.127 N.

- Finalmente, se realizan las observaciones correspondientes del área en general y de las mediciones realizadas. Todas las mediciones realizadas y las observaciones se deben registrar en los formatos “comprobación de toma corrientes y la integridad de la instalación eléctrica”

9.4. Protocolo de los equipos biomédicos

Como se describió en el protocolos del entorno a paciente, cada una de las recomendaciones que la persona encargada de las mediciones que debería de tomar en cuenta. En este protocolo se explica el procedimiento para llevar a cabo las pruebas de corrientes de fuga a los equipos biomédicos.

9.4.1. Pruebas de seguridad eléctrica en equipos biomédicos

Con el objetivo de evaluar la seguridad eléctrica a los equipos biomédicos de la institución hospitalaria, se debe llevar a cabo una serie de procedimientos para verificar los límites de las corrientes de fuga de tierra, carcasa y paciente, según la norma IEC 60601-1, Idealmente sería una buena practica verificar periódicamente y corregir fallas o hallazgos realizados para evitar el riesgo eléctrico.

9.4.2. Procedimiento

Se dan las recomendaciones pertinentes al personal que realizará las mediciones para evitar riesgos que puedan afectar su integridad, además de facilitar la toma de mediciones, las cuales permitirán un efectivo diagnóstico a cerca del estado de la seguridad eléctrica en el entorno del paciente , es importante que la persona encargada de realizar la evaluación tome en cuentas las siguientes recomendaciones antes de iniciar.

1. Tener conocimiento con la seguridad eléctrica.
2. Utilizar zapatos que tenga suela de goma o material dieléctrico.
3. Evitar portar objetos metálicos como : cadenas, anillos, pulseras, ente otros.
4. Colocarse equipo de protección para ingresar a cada una de las diferentes áreas.

9.4.3. Pruebas

Para la evaluación de las pruebas de seguridad eléctrica en equipos biomédicos se debe de tomar en cuenta los parámetros que estipulan las normas internacionales. Al realizar cada una de estas pruebas se realizan las observaciones del equipo biomédico y de las mediciones obtenidas. Todas las mediciones realizadas se registran en el formato “Prueba de seguridad eléctrica a equipos biomédicos” para poder tener plasmada cada una de las lecturas del

equipo y realizar una comparación de forma directa con los valores estipulados por las normas internacionales.

- Conectar el equipo biomédico al analizador de seguridad eléctrica FLUKE ESA 609 sin ninguna extensión de por medio.
- Registrar en el formato “Prueba de seguridad eléctrica a equipos biomédicos” la tensión de línea que muestra el analizador de seguridad eléctrica FLUKE ESA 609.
- Comprobar la resistencia del tercer conductor del cable de conexión eléctrica del equipo biomédico. Según la norma IEC 60601-1 no debe exceder los 0.15Ω .
- Comprobar la corriente de fuga a tierra, en condiciones normales y luego medirla bajo las siguientes condiciones de falla única: neutro abierto y polaridad invertida. La norma IEC 60601-1 establece los límites de corriente de fuga a tierra, para equipos tipo B, BF y CF, en condiciones normales no debe exceder de $500 \mu\text{A}$ y en condiciones de falla única no debe exceder de $1000 \mu\text{A}$.
- Comprobar la corriente de fuga a carcasa, en condiciones normales y luego se debe medir bajo las siguientes condiciones de falla única : tierra abierta, neutro abierto y polaridad invertida. La norma IEC 60601-1 establece los límites de corriente de fuga a carcasa, para equipos tipo B, BF y CF, en condiciones normales no debe exceder de $100 \mu\text{A}$ y en condiciones de primer defecto no debe exceder de $500 \mu\text{A}$.
- Comprobar la corriente de fuga a paciente (terminal de paciente a tierra y entre terminales de paciente), en condiciones normales y en condiciones de falla única (tierra abierta, neutro abierto, y polaridad invertida). Si la corriente de fuga del terminal paciente a tierra supera los $0 \mu\text{A}$ se verifica cuál es el electrodo paciente que excede dicho valor. Esto se realiza a través de la medición entre terminales de paciente, pulsando la tecla del analizador para verificarlo uno a uno. La norma IEC 60601-1 establece los límites de corriente de fuga a paciente, para equipos tipo B y BF, en condiciones normales no debe exceder de $100 \mu\text{A}$ y en condiciones de primer defecto no debe exceder de $500 \mu\text{A}$. Para equipos tipo CF, en condiciones normales no debe exceder de $10 \mu\text{A}$ y en condiciones de primer defecto no debe exceder de $50 \mu\text{A}$.

Pruebas de seguridad eléctrica

Como ya se ha recomendado con anterioridad en cada uno de los pasos previos a realizar las mediciones , es importante que la persona responsable de realizar las pruebas tenga el conocimiento básico acerca sobre seguridad eléctrica, evitar el uso de accesorios metálicos y utilizar zapatos con suela de goma o material dieléctrico.

10.1. Mediciones de seguridad eléctrica al entorno paciente

Para realizar estas mediciones se utilizo un multímetro digital FLUKE 117, un dinamómetro y tres clavijas,cada una con polos individuales fase, neutro y tierra.Es importante identificar las salidas de los toma corrientes,ya que al no identificarlo adecuadamente se puede tomar mediciones incorrectas. Además es importante realizar mediciones más de una veces para obtener un diagnóstico más preciso en el momento de evaluar las áreas y tener lecturas que convergen a un valor.

10.1.1. Instalación eléctrica

Con el fin de evaluar la seguridad eléctrica en el entorno del paciente de la institución hospitalaria, se debe llevar a cabo una serie de pasos estipulados para verificar el estado actual de la instalación eléctrica comparándolo con la normas NTC 1340 y NFPA 99, debido a que es una práctica necesaria que se debe implementar en cada una de las áreas objeto de estudio, con el fin de evitar que ocurran eventos asociados a peligros eléctricos en el entorno del paciente: macro choques, micro choques o incluso la muerte. Estos riesgos son a los que pueden estar expuestos los pacientes y cualquier personal que este en su entorno.

Medida de tensión entre fase – neutro

Según la norma el valor de tensión entre fase – neutro no debe superar los 120 (+5% - 10%) V. Para realizar esta medición se ubicaron las puntas del multímetro en el toma corriente. La punta roja se colocó en la fase y la punta negra en el neutro.



Figura 38: Medición fase-neutro

Medida de tensión entre fase – tierra

Según la norma este valor no debe superar los 120 (+5% - 10%) V. Para realizar esta medición se ubicaron las puntas del multímetro en el toma corriente. La punta roja se colocó en la fase y la punta negra en la tierra.

Medida de tensión entre neutro – tierra

Según la norma este valor debe ser menor a 0.5 V. Para realizar esta medición se ubicaron las puntas del multímetro en el toma corriente. La punta roja se colocó en el neutro y la punta negra en la tierra.



Figura 39: Medición fase-neutro



Figura 40: Medición neutro-tierra

Medida de equipotencialidad

En equipos biomédicos es de gran importancia la medida equipotencial. En la mayoría de equipos se puede observar en la parte trasera el símbolo de tierra a lado de un pin como se observa en la Figura 41 según la norma en áreas de cuidados generales el valor obtenido no debe exceder de 0.5 V y en áreas de cuidados intensivos no debe exceder de 0.04 V. Esta prueba se realiza entre los terminales de tierra equipotencial de los equipos biomédicos o con alguna superficie conductora.



Figura 41: Medición de equipotencialidad

Prueba de sujeción

Para realizar esta prueba se utilizó el dinamómetro y las tres clavijas con polos individuales, esto con el objetivo de evaluar y verificar la fuerza sujeción que tiene neutro, tierra y fase del toma corriente individualmente. La fuerza mínima para poder retirar una conexión individual en cualquiera de las tres salidas del toma corriente es de 1.127 N. Se recomienda que la prueba se realice con los toma corrientes desenergizados.



Figura 42: Medición de sujeción

CAPÍTULO 11

Resultados

Con base en la evaluación y análisis efectuado realizo el diagnóstico sobre la seguridad eléctrica en el entorno del paciente en cada una de las áreas verificadas. Así también se darán las recomendaciones o y sugerencia de mejoras que sean necesarias. También se comunicaran los hallazgos relevantes en cada una de las diferentes áreas evaluadas. Para efectos de análisis se estructuraron tablas que permitan visualizar de manera general el estado actual de las diferentes áreas de interés. En las tablas se realizaron diferentes apartados para cada una de las pruebas, para una mejor comprensión de la información, los resultado se dividen en dos columnas, cumple o no cumple con las normas internacionales. En las columnas se analiza la información recolectada en la evaluación y se determina si el toma corriente evaluado debe o no realizar mantenimiento y si esta en concordancia con lo que dictan las normas internacionales que rigen en materia de seguridad eléctrica, de tal manera de que el entorno del paciente este libre de cualquier accidente de naturaleza eléctrica.

11.1. Intensivo 1

11.1.1. Área de aislamiento

En el intensivo 1 se realizó la evaluación del entorno del paciente. Se puede observar en la tabla que al realizar la prueba de tensión entre fase y neutro todos los toma corrientes cumplen. En la prueba de tensión y fase se puede observar que cumplen 10 toma corrientes y 2 toma corrientes no cumplen, estos son los numero A5 y B5 , al realizar el Análisis con el FLUKE ESA 609 desplegó el error de polaridad invertida. Esto puede causar serios daños al equipo si no esta diseñado para este tipo de fallas además de poner en riesgo el entorno del paciente. En la prueba de tensión de neutro y tierra existen 8 toma corrientes que cumplen y 4 no cumplen. los toma corrientes A5,B5,A7 Y B7 están fuera de rango según las normas internacionales. La prueba de resistencia neutro y tierra no fue posible realizarla debido a que no se puede desenergizar constantemente los toma corrientes debido a que están en uso y no están identificados para tener control de corte y suministro de energía a cada toma corriente. Respecto a la fuerza sujeciones todos los toma corrientes no pasaron ninguna de las 3 prueba en fase, neutro,tierra.Se observan 2 toma corrientes dobles de grado hospitalario A1,A2,A3,A4como se muestra en la tabla que cumplen .Todos los toma corrientes se encuentran a una altura adecuada para evitar riesgo eléctrico por humedad y salpicaduras.

11.1.2. Área general

En el área general de intensivo 1 se puede observar que en la prueba de tensión entre neutro y fase 60 toma corrientes dobles cumplen. En la prueba de Tensión fase tierra como en tensión tierra neutro 60 toma corrientes dobles cumplen. Respecto a la prueba de resistencia neutro y tierra no fue posible realizarla debido a que no se puede desenergizar constantemente los toma corrientes debido a que están en uso y carecen de identificados para tener control de corte y suministro de energía a cada toma corriente. En la prueba de fuerza sujeción 60 toma corrientes dobles no cumplen debido que no son de grado hospitalario y no tiene la fuerza de sujeción suficiente.Al realizar la prueba y solicitar información al personal respecto a la sujeción, indicaron que es necesario solicitar la antelación de más toma corrientes debido a la alta demanda de equipos conectados, necesarios para la estabilización y monitoreo de un pacientes, en el área general de intensivo1.Todos los toma corrientes se encuentran a una altura adecuada para evitar riesgo eléctrico por humedad y salpicaduras.

Como ya fue mencionado existen problemas de tierra física expuesta, esto puede aumentar el riesgo eléctrico. También se observa polaridad expuesta. Se observa que se tienen a disposición UPS los cuales no son utilizados debido a falta de mantenimiento, los UPS son importantes en un corte de suministros de energía debido que tiene una respuestas más rápida.

Ubicación		Intensivo 1 área de aislamiento													
Cama	Prueba	Tensión entre fase y neutro		Tensión Fase tierra		Tensión neutro -tierra		Resistencia neutro-tierra		Fuerza de sujeción					
		Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple				
1	1	A1													
		B1													
	2	A2													
		B2													
	3	A3													
		B3													
	4	A4													
		B4													
	5	A5													
		B5													
	6	A6													
		B6													
	7	A7													
		B7													
	Total	14	0	10	2	8	4			4				10	

Tabla 18: Resultado de evaluación intensivo 1 área de aislamiento

Ubicación		Intensivo 1 (2/3)									
Prueba		Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Cama	Toma corriente	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
5	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
	B5								N/A		
6	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
	B5								N/A		
7	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
	B5								N/A		
8	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
	B5								N/A		

Figura 43: Resultados de evaluación área general Intensivo 1

Ubicación		Intensivo 1 (3/3)									
Prueba		Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Cama	Toma corriente	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
9	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
B5								N/A			
10	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
B5								N/A			
11	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
B5								N/A			
12	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
B5								N/A			

Figura 44: Resultados de evaluación área general Intensivo 1

Ubicación		Intensivo 1 (1/3)									
Prueba		Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Cama	Toma corriente	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
1	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
	B5								N/A		
2	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
	B5								N/A		
3	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
	B5								N/A		
4	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
	B5								N/A		

Figura 45: Resultados de evaluación área general Intensivo 1

11.2. Intensivo 2

El intensivo 2 sigue la secuencia de numeración del intensivo 1. Cada cubículo tiene asignado un disyuntor para los cinco toma corrientes dobles. En el intensivo 2 se realizó la evaluación del entorno del paciente. A diferencia del intensivo 2 este intensivo no tiene un transformador aislado .

En el área general de intensivo 2 también se puede observar que en la prueba de tensión entre neutro y fase 45 toma corrientes dobles cumplen. En la prueba de Tensión fase tierra como en tensión tierra neutro 45 toma corrientes dobles cumplen. Respecto a la prueba de resistencia neutro y tierra no fue posible realizarla debido a que no se puede desenergizar constantemente los toma corrientes debido a que están en uso y no están identificados para tener control de corte y suministro de energía a cada toma corriente. En la prueba de fuerza sujeción 45 toma corrientes dobles no cumplen debido que no son de grado hospitalario y no tiene la fuerza de sujeción suficiente.

Al realizar la prueba y solicitar información al personal de asistencia médica exponen en lo que se observo en la evaluación respecto a la sujeción, además de solicitar más toma corrientes debido a la alta demanda de equipos necesario para la estabilización y monitores de un pacientes en el área del intensivo 2. En cada cubículo de los 5 toma corrientes 2 se encuentran a un altura de 0.2m esto aumenta el riesgo eléctrico por humedad y salpicaduras.

Ubicación			Intensivo 2 (3/3)									
Prueba			Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Toma corriente			Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
21	1	A1								N/A		
		B1								N/A		
	2	A2								N/A		
		B2								N/A		
	3	A3								N/A		
		B3								N/A		
	4	A4								N/A		
		B4								N/A		
	5	A5								N/A		
		B5								N/A		

Figura 46: Resultados de evaluación área general Intensivo 2

Ubicación		Intensivo 2 (2/3)									
Prueba		Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Cama	Toma corriente	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
5	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
	B5								N/A		
6	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
	B5								N/A		
7	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
	B5								N/A		
8	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
	B5								N/A		

Figura 47: Resultados de evaluación área general Intensivo 2

Ubicación		Intensivo 2 (1/3)									
Prueba		Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Cama	Toma corriente	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
1	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
	B5								N/A		
2	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
	B5								N/A		
3	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
	B5								N/A		
4	A1								N/A		
	B1								N/A		
	A2								N/A		
	B2								N/A		
	A3								N/A		
	B3								N/A		
	A4								N/A		
	B4								N/A		
	A5								N/A		
	B5								N/A		

Figura 48: Resultados de evaluación área general Intensivo 2

11.3. Quirófano A1

En el Quirófano A1 se realizó la evaluación del entorno del paciente. Se puede observar en la tabla que al realizar la prueba de tensión entre fase y neutro ocho toma corriente cumplen y están en rangos según norma a excepción. En la prueba de fase y tierra se puede observar que lectura de los ocho toma corrientes cumplen que están en rangos según normas. Prueba de tensión de neutro y tierra existen ocho toma corrientes que cumplen.

Respecto a la prueba de resistencia neutro y tierra no fue posible realizarla debido a que no se puede desenergizar constantemente los toma corrientes debido a que están en uso y no están identificados disyuntores de manera correcta. En prueba de fuerza sujeción se observa que ninguno cumple debido a que la fuerza de sujeción ejercida esta fuera de rangos según normas.

También se puede observar que se utilizan extensiones para alimentación eléctrica de equipos biomédicos lo cual aumenta la resistencia a tierra. Se realizaron algunos hallazgos, se observa daño en toma corriente A1,A2,B1,B2 esto es un riesgo eléctrico para el entorno del paciente debido al estado de exposición que se encuentra. También se puede observar en regletas utilizadas que se tiene polaridad invertida.

Ubicación			Quirófano A1									
Prueba			Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Toma corriente			Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
A1	1	A1								N/A		
		B1								N/A		
	2	A2								N/A		
		B2								N/A		
	3	A3								N/A		
		B3								N/A		
	4	A4								N/A		
		B4								N/A		
	5	A5	N/A		N/A			N/A		N/A		N/A
		B5	N/A		N/A			N/A		N/A		N/A

Figura 49: Resultados Quirófano A1

11.4. Quirófano A2

En el Quirófano A2 se realizó la evaluación del entorno del paciente. Se puede observar que no es posible realizar pruebas debido a que el multímetro fluke no tiene terminales para toma corrientes aislados lo cual no permite realizar las pruebas pertinentes para el análisis.

Ubicación			Quirófano A2									
Prueba			Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Toma corriente			Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
A2	1	A1	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
		B1	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
	2	A2	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
		B2	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
	3	A3	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
		B3	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
	4	A4	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
		B4	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	

Figura 50: Resultados Quirófano A2

11.5. Quirófano A3

En el Quirófano A3 se realizó la evaluación del entorno del paciente. Se puede observar que no es posible realizar pruebas debido a que el multímetro fluke no tiene terminales para toma corrientes aislados lo cual no permite realizar las pruebas pertinentes para el análisis.

Ubicación			Quirófano A3									
Prueba			Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Toma corriente			Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
A3	1	A1	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
		B1	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
	2	A2	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
		B2	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
	3	A3	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
		B3	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
	4	A4	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
		B4	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	

Figura 51: Resultados Quirófano A3

11.6. Quirófano A4

En el Quirófano A4 se realizó la evaluación del entorno del paciente. Se puede observar en la tabla que al realizar la prueba de tensión entre fase y neutro diez toma corriente cumplen y están en rangos según norma . En la prueba de fase y tierra se puede observar que lectura de los diez toma corrientes cumplen que están en rangos según normas. Prueba de tensión de neutro y tierra existen diez toma corrientes que cumplen. Respecto a la prueba de resistencia neutro y tierra no fue posible realizarla debido a que no se puede desenergizar constantemente los toma corrientes debido a que están en uso y no están identificados disyuntores de manera correcta. En prueba de fuerza sujeción se observa que cuatro cumple debido a que la fuerza de sujeción ejercida esta dentro de rangos según normas a excepción de A1,B1,A2,B2,A3,B3.

Ubicación			Quirófano A4									
Prueba			Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Toma corriente			Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
A4	1	A1								N/A		
		B1								N/A		
	2	A2								N/A		
		B2								N/A		
	3	A3								N/A		
		B3								N/A		
	4	A4								N/A		
		B4								N/A		
	5	A5								N/A		
		B5								N/A		

Figura 52: Resultados Quirófano A4

11.7. Quirófano A5

En el Quirófano A5 se realizó la evaluación del entorno del paciente. Se puede observar que no es posible realizar pruebas debido a que el multímetro fluke no tiene terminales para toma corrientes aislados lo cual no permite realizar las pruebas pertinentes para el análisis

Ubicación			Quirófano A5									
Prueba			Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Toma corriente			Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
A5	1	A1	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
		B1	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
	2	A2	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	
		B2	N/A		N/A		N/A		N/A		N/A	

Figura 53: Resultados Quirófano A5

11.8. Quirófano A6

En el Quirófano A6 se realizó la evaluación del entorno del paciente. Se puede observar en la tabla que al realizar la prueba de tensión entre fase y neutro diez toma corriente cumplen y están en rangos según norma a excepción de A1,B1,A7 y B7 . En la prueba de fase y tierra se puede observar que lectura de los ocho toma corrientes cumplen que están en rangos según normas.Prueba de tensión de neutro y tierra existen doce toma corrientes que cumplen según norma a excepción de A7,B7. Respecto a la prueba de resistencia neutro y tierra no fue posible realizarla debido a que no se puede desenergizar constantemente los toma corrientes debido a que están en uso y no están identificados disyuntores de manera correcta.En prueba de fuerza sujeción se observa que ninguno cumple debido a que la fuerza de sujeción ejercida esta fuera de rangos según normas a excepción de A7,B7.

11.9. Quirófano A7

En el Quirófano A7 se realizó la evaluación del entorno del paciente. Se puede observar en la tabla que al realizar la prueba de tensión entre fase y neutro diez toma corriente cumplen y están en rangos según norma a excepción de A1,B1,A7 y B7 . En la prueba de fase y tierra se puede observar que la lectura de los ocho toma corrientes cumplen y que están en rangos según normas.Prueba de tensión de neutro y tierra existen doce toma corrientes que cumplen según norma a excepción de A7,B7. Respecto a la prueba de resistencia neutro y tierra no fue posible realizarla debido a que no se puede desenergizar constantemente los toma corrientes debido a que están en uso y no están identificados disyuntores de manera correcta.En prueba de fuerza sujeción se observa que ninguno cumple debido a que la fuerza de sujeción ejercida esta fuera de rangos según normas a excepción de A6,A7.

Ubicación			Quirófano A6										
Prueba			Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción		
Toma corriente			Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	
A6	1	A1								N/A			
		B1								N/A			
	2	A2									N/A		
		B2									N/A		
	3	A3									N/A		
		B3									N/A		
	4	A4									N/A		
		B4									N/A		
	5	A5									N/A		
		B5									N/A		
	6	A6									N/A		
		B6									N/A		
	7	A7	N/A		N/A		N/A				N/A		N/A
		B7	N/A		N/A		N/A				N/A		N/A

Figura 54: Resultados Quirófano A6

Ubicación			Quirófano A7										
Prueba			Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción		
Toma corriente			Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	
A7	1	A1								N/A			
		B1								N/A			
	2	A2									N/A		
		B2									N/A		
	3	A3									N/A		
		B3									N/A		
	4	A4									N/A		
		B4									N/A		
	5	A5									N/A		
		B5									N/A		
	6	A6									N/A		
		B6									N/A		
	7	A7	N/A		N/A		N/A				N/A		N/A
		B7	N/A		N/A		N/A				N/A		N/A

Figura 55: Resultados Quirófano A7

11.10. Quirófano A8

En el Quirófano A8 se realizó la evaluación del entorno del paciente. Se puede observar en la tabla que al realizar la prueba de tensión entre fase y neutro seis toma corriente cumplen y están en rangos según norma . En la prueba de fase y tierra se puede observar que lectura de los seis toma corrientes cumplen que están en rangos según normas.Prueba de tensión de neutro y tierra existen doce toma corrientes que cumplen . Respecto a la prueba de resistencia neutro y tierra no fue posible realizarla debido a que no se puede desenergizar constantemente los toma corrientes debido a que están en uso y no están identificados disyuntores de manera correcta.En prueba de fuerza sujeción se observa que ninguno cumple debido a que la fuerza de sujeción ejercida esta fuera de rangos según normas.

Ubicación			Quirófano A8									
Prueba			Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Toma corriente			Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
A8	1	A1								N/A		
		B1								N/A		
	2	A2								N/A		
		B2								N/A		

Figura 56: Resultados Quirófano A8

11.11. Quirófano B1

En el Quirófano B1 se realizó la evaluación del entorno del paciente. Se puede observar en la tabla que al realizar la prueba de tensión entre fase y neutro dieciséis toma corriente cumplen y están en rangos según norma . En la prueba de fase y tierra se puede observar que lectura de los dieciséis toma corrientes cumplen que están en rangos según normas.Prueba de tensión de neutro y tierra existen dieciséis toma corrientes que cumplen según norma . Respecto a la prueba de resistencia neutro y tierra no fue posible realizarla debido a que no se puede desenergizar constantemente los toma corrientes debido a que están en uso y no están identificados disyuntores de manera correcta.En prueba de fuerza sujeción se observa que ninguno cumple debido a que la fuerza de sujeción ejercida esta fuera de rangos según normas .

Ubicación			Quirófano B1									
Prueba			Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Toma corriente			Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
B1	1	A1								N/A		
		B1								N/A		
	2	A2								N/A		
		B2								N/A		
	3	A3								N/A		
		B3								N/A		
	4	A4								N/A		
		B4								N/A		
	5	A5								N/A		
		B5								N/A		
	6	A6								N/A		
		B6								N/A		
	7	A7								N/A		
		B7								N/A		
	8	A8								N/A		
		B8								N/A		

Figura 57: Resultados Quirófano B1

11.12. Quirófano B2

En el Quirófano B2 se realizó la evaluación del entorno del paciente. Se puede observar en la tabla que al realizar la prueba de tensión entre fase y neutro dieciséis toma corriente cumplen y están en rangos según norma . En la prueba de fase y tierra se puede observar que lectura de los dieciséis toma corrientes cumplen que están en rangos según normas. Prueba de tensión de neutro y tierra existen dieciséis toma corrientes que cumplen según norma . Respecto a la prueba de resistencia neutro y tierra no fue posible realizarla debido a que no se puede desenergizar constantemente los toma corrientes debido a que están en uso y no están identificados disyuntores de manera correcta. En prueba de fuerza sujeción se observa que ninguno cumple debido a que la fuerza de sujeción ejercida esta fuera de rangos según normas .

Ubicación		Quirófano B2									
Prueba		Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Toma corriente		Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
B2	1	A1							N/A		
		B1							N/A		
	2	A2							N/A		
		B2							N/A		
	3	A3							N/A		
		B3							N/A		
	4	A4							N/A		
		B4							N/A		
	5	A5							N/A		
		B5							N/A		
	6	A6							N/A		
		B6							N/A		
	7	A7							N/A		
		B7							N/A		
	8	A8							N/A		
		B8							N/A		

Figura 58: Resultados Quirófano B2

11.13. Quirófano B3

En el Quirófano B3 se realizó la evaluación del entorno del paciente. Se puede observar en la tabla que al realizar la prueba de tensión entre fase y neutro catorce toma corriente cumplen y están en rangos según norma a excepción de A1.B1. En la prueba de fase y tierra se puede observar que lectura de los dieciséis toma corrientes cumplen que están en rangos según normas. Prueba de tensión de neutro y tierra existen dieciséis toma corrientes que cumplen según norma. Respecto a la prueba de resistencia neutro y tierra no fue posible realizarla debido a que no se puede desenergizar constantemente los toma corrientes debido a que están en uso y no están identificados disyuntores de manera correcta. En prueba de fuerza sujeción se observa que ninguno cumple debido a que la fuerza de sujeción ejercida esta fuera de rangos según normas.

Ubicación		Quirófano B3									
Prueba		Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Toma corriente		Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
B3	1	A1							N/A		
		B1							N/A		
	2	A2							N/A		
		B2							N/A		
	3	A3							N/A		
		B3							N/A		
	4	A4							N/A		
		B4							N/A		
	5	A5							N/A		
		B5							N/A		
	6	A6							N/A		
		B6							N/A		
	7	A7							N/A		
		B7							N/A		
	8	A8							N/A		
		B8							N/A		

Figura 59: Resultados Quirófano B3

11.14. Quirófano B4

En el Quirófano B4 se realizó la evaluación del entorno del paciente. Se puede observar en la tabla que al realizar la prueba de tensión entre fase y neutro dieciséis toma corriente cumplen y están en rangos según norma . En la prueba de fase y tierra se puede observar que lectura de los dieciséis toma corrientes cumplen que están en rangos según normas. Prueba de tensión de neutro y tierra existen ocho toma corrientes que cumplen según norma a excepción de A5,B5,A6,B6,A7,B7,A8,B8 . Respecto a la prueba de resistencia neutro y tierra no fue posible realizarla debido a que no se puede desenergizar constantemente los toma corrientes debido a que están en uso y no están identificados disyuntores de manera correcta. En prueba de fuerza sujeción se observa que ninguno cumple debido a que la fuerza de sujeción ejercida esta fuera de rangos según normas.

Ubicación			Quirófano B4									
Prueba			Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Toma corriente			Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
B4	1	A1								N/A		
		B1								N/A		
	2	A2								N/A		
		B2								N/A		
	3	A3								N/A		
		B3								N/A		
	4	A4								N/A		
		B4								N/A		
	5	A5								N/A		
		B5								N/A		
	6	A6								N/A		
		B6								N/A		
	7	A7								N/A		
		B7								N/A		
	8	A8								N/A		
		B8								N/A		

Figura 60: Resultados Quirófano B4

11.15. Quirófano B5

En el Quirófano B5 se realizó la evaluación del entorno del paciente. Se puede observar en la tabla que al realizar la prueba de tensión entre fase y neutro ocho toma corriente cumplen y están en rangos según norma. En la prueba de fase y tierra se puede observar que lectura de los ocho toma corrientes cumplen que están en rangos según normas. Prueba de tensión de neutro y tierra existen ocho toma corrientes que cumplen según norma. Respecto a la prueba de resistencia neutro y tierra no fue posible realizarla debido a que no se puede desenergizar constantemente los toma corrientes debido a que están en uso y no están identificados disyuntores de manera correcta. En prueba de fuerza sujeción se observa que dos no cumplen debido a que la fuerza de sujeción ejercida esta fuera de rangos según normas a excepción de A2,B2,A3,B3,A4,B4.

Ubicación			Quirófano B5									
Prueba			Tensión entre fase - neutro.		Tensión entre fase - tierra.		Tensión entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Toma corriente			Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
B5	1	A1								N/A		
		B1								N/A		
	2	A2									N/A	
		B2									N/A	
	3	A3									N/A	
		B3									N/A	
	4	A4									N/A	
		B4									N/A	

Figura 61: Resultados Quirófano B6

11.16. Quirófano B6

En el Quirófano B6 se realizó la evaluación del entorno del paciente. Se puede observar en la tabla que al realizar la prueba de tensión entre fase y neutro cuatro toma corriente cumplen y están en rangos según norma. En la prueba de fase y tierra se puede observar que lectura de los cuatro toma corrientes cumplen que están en rangos según normas. Prueba de tensión de neutro y tierra existen cuatro toma corrientes que cumplen según norma. Respecto a la prueba de resistencia neutro y tierra no fue posible realizarla debido a que no se puede desenergizar constantemente los toma corrientes debido a que están en uso y no están identificados disyuntores de manera correcta. En prueba de fuerza sujeción se observa que ninguno cumple debido a que la fuerza de sujeción ejercida está fuera de rangos según normas.

Ubicación			Quirofano B6									
Prueba			Tension entre fase - neutro.		Tension entre fase - tierra.		Tension entre neutro-tierra.		Resistencia neutro-tierra.		Fuerza de sujeción	
Toma corriente			Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple	Cumple	No cumple
B6	1	A1								N/A		
		B1								N/A		
	2	A2									N/A	
		B2									N/A	

Figura 62: Resultados Quirófano B6

CAPÍTULO 12

Análisis y diagnóstico

En este capítulo se realizan recomendaciones según los hallazgos encontrados en cada una de las áreas que fueron evaluadas. Se realizaron gráficas para poder visualizar de mejor manera los resultados obtenidos. Se coloca en barras de porcentaje y se dividen por cada una de las diferentes pruebas realizadas. En las gráficas se puede observar el porcentaje de color violeta el cual representa los toma corrientes que pasaron la prueba (cumple) y de color rojo el porcentaje de toma corrientes que no pasó la prueba (no cumple).

12.1. Intensivo 1

12.1.1. Área general

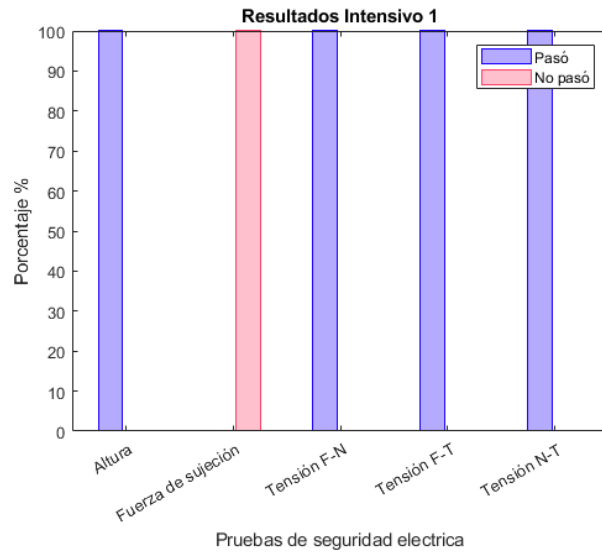


Figura 63: Intensivo 1 área general

12.1.2. Área de aislamiento

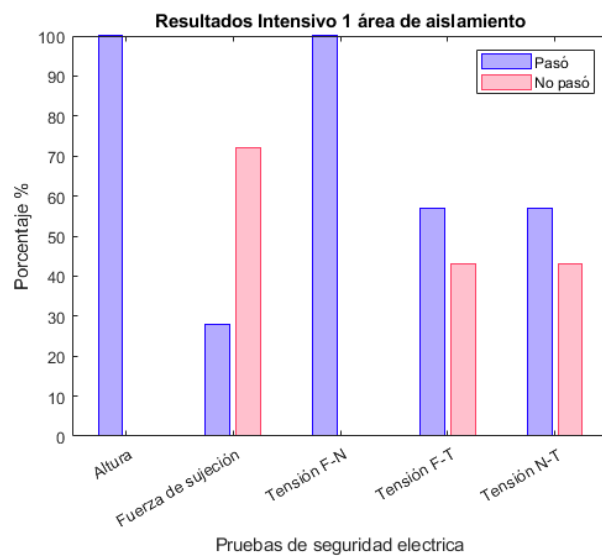


Figura 64: Intensivo 1 área de aislamiento

12.1.3. Recomendaciones

Se recomienda en el intensivo 1 que se realice cambio de ubicación de la tierra debido a que está ubicada a nivel del suelo y expuesta, lo cual es un peligro potencial. Se recomienda utilizar todos los UPS para tener suministro de energía ante la eventualidad de cortes del suministro de energía central y así evitar desestabilización del paciente. Se puede observar que no se pudo realizar la prueba de resistencia a neutro y tierra debido a la saturación del intensivo y no se tienen identificados los disyuntores para poder tener control del corte de suministro de equipos en específico. El cien por ciento de los toma corrientes cumplen la prueba de tensión entre fase y neutro, cien por ciento cumplen la prueba de fase y tierra, ningún toma corriente cumple la prueba de fuerza de sujeción.

Se recomienda realizar mantenimiento correctivo en los toma corrientes que no cumplen al realizar la evaluación. Sustituir todos los toma corrientes estándar por toma corrientes de grado hospitalario y deben tener conexión a planta de color rojo. También según normas los toma corrientes deben de estar identificados o codificados para poder localizarlos de una manera más eficiente y agilizar mantenimientos preventivos o correctivos que se deseen realizar. Según las normas todos los toma corrientes dobles deben de colocarse en orientación horizontal, es decir se deben cambiar todos los toma corrientes de orientación vertical a horizontal. También se recomienda realizar diagrama unifilar actualizado de cada una de las áreas para poder tener mejor percepción de cada una de las conexiones y de donde se derivan exactamente en caso exista una emergencia localizar el problema con rapidez. Un problema de alto riesgo como se menciona en la sección es la puesta a tierra expuesta ubicada en el intensivo. Se recomienda realizar modificación para movilizar tierra o aislar segmento para evitar riesgos eléctricos.

12.2. Intensivo 2

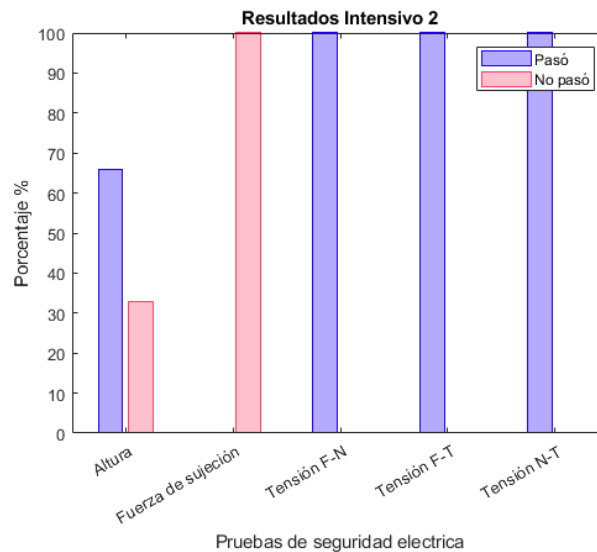


Figura 65: Intensivo 2

12.2.1. Recomendaciones

Se recomienda realizar mantenimiento correctivo en los toma corrientes que no cumplen al realizar la evaluación. Sustituir todos los toma corrientes normales por toma corrientes de grado hospitalario y los toma corrientes de grado hospitalario con conexión a planta de color rojo. También según normas los toma corrientes deben de estar identificados para poder localizarlos de una manera más eficiente y agilizar mantenimientos preventivos o correctivos que se deseen realizar. según la norma Sí los toma corrientes son dobles deben de colocarse en orientación horizontal, es decir se deben cambiar todos lo toma corrientes de orientación vertical a horizontal. No es recomendable colocar toma corrientes a una distancia menor a 0.5m respecto al suelo para evitar salpicadura o humedad, lo cual puede ocasionar riesgo eléctrico.

12.3. Quirófano A1

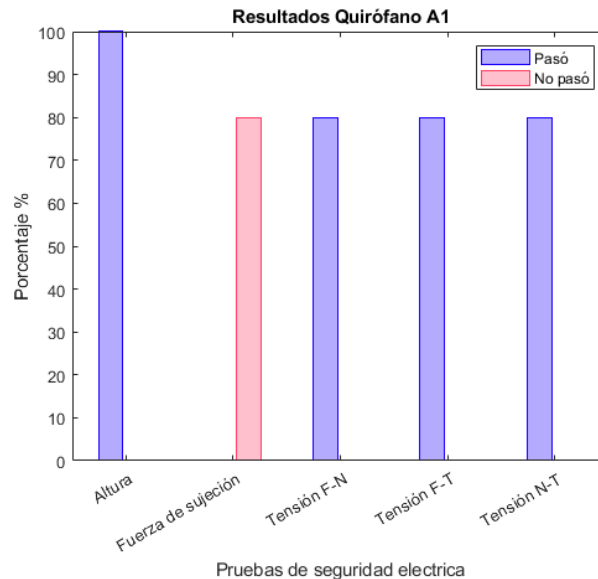


Figura 66: Quirófano A1

12.3.1. Recomendaciones

Se recomienda en Quirófano A1 realizar cambio de todos los toma corrientes de tipo estándar a grado hospitalario debido a que la fuerza de sujeción no es suficiente para que el equipo pueda estar bien conectado y evitar cualquier corte de suministro de energía por no utilizar un toma corriente adecuado. También se observa que utilizan extensiones en esta área. Se recomienda evitar el uso de extensiones debido a que aumenta la resistencia a tierra de equipos biomédicos.

Realizar mantenimiento correctivo en los toma corrientes que no cumplen al realizar la evaluación. Los toma corrientes de grado hospitalario con conexión a planta de color

rojo. También según normas los toma corrientes deben de estar identificados para poder localizarlos de una manera más eficiente y agilizar mantenimientos preventivos o correctivos que se deseen realizar. según la norma Sí los toma corrientes son dobles deben de colocarse en orientación horizontal, es decir se deben cambiar todos lo toma corrientes de orientación vertical a horizontal. No es recomendable colocar toma corrientes a una distancia menor a 0.5 m respecto al suelo para evitar salpicadura o humedad y ocasionar riesgo eléctrico. También no es recomendable utilizad extensiones en Quirófanos debido al riesgo de desconexión y al aumento de la impedancia del conductor a tierra.

12.4. Quirófano A4

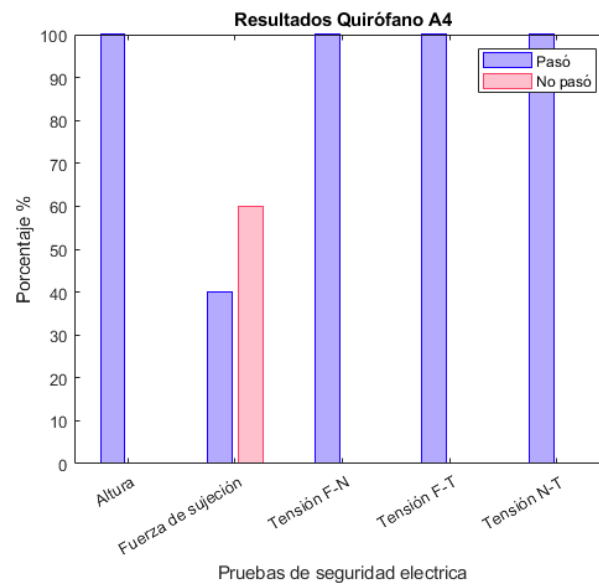


Figura 67: Quirófano A4

12.4.1. Recomendaciones

Se recomienda en Quirófano A4 realizar cambio de todos los toma corrientes de tipo normal a grado hospitalario debido a que la fuerza de sujeción no es suficiente para que el equipo pueda estar bien conectado y evitar cualquier corte de suministro de energía por no utilizar un toma corriente adecuado. También se observa que utilizan extensiones en esta área. Se recomienda evitar el uso de extensiones debido a que aumenta la resistencia a tierra de equipos biomédicos.

Realizar mantenimiento correctivo en los toma corrientes que no cumplen al realizar la evaluación. Los toma corrientes de grado hospitalario con conexión a planta de color rojo. También según normas los toma corrientes deben de estar identificados para poder localizarlos de una manera más eficiente y agilizar mantenimientos preventivos o correctivos que se deseen realizar. según la norma Sí los toma corrientes son dobles deben de colocarse en orientación horizontal, es decir se deben cambiar todos lo toma corrientes de orientación

vertical a horizontal. No es recomendable colocar toma corrientes a una distancia menor a 0.5 m respecto al suelo para evitar salpicadura o humedad y ocasionar riesgo eléctrico. También no es recomendable utilizad extensiones en quirófanos debido al riesgo de desconexión y al aumento de la impedancia del conductor a tierra.

12.5. Quirófano A6

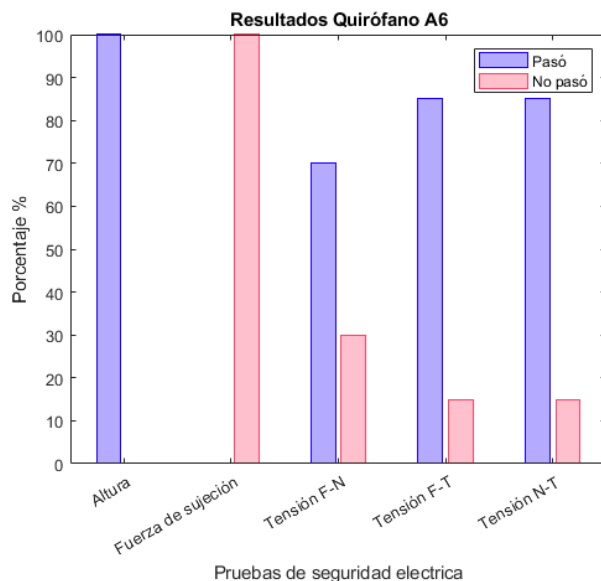


Figura 68: Quirófano A6

12.5.1. Recomendaciones

Se recomienda en Quirófano A6 realizar cambio de todos los toma corrientes de tipo normal a grado hospitalario debido a que la fuerza de sujeción no es suficiente para que el equipo pueda estar bien conectado y evitar cualquier corte de suministro de energía por no utilizar un toma corriente adecuado. También se observa que utilizan extensiones en esta área. Se recomienda evitar el uso de extensiones debido a que aumenta la resistencia a tierra de equipos biomédicos.

Realizar mantenimiento correctivo en los toma corrientes que no cumplen al realizar la evaluación. Los toma corrientes de grado hospitalario con conexión a planta de color rojo. También según normas los toma corrientes deben de estar identificados para poder localizarlos de una manera más eficiente y agilizar mantenimientos preventivos o correctivos que se deseen realizar. según la norma Sí los toma corrientes son dobles deben de colocarse en orientación horizontal, es decir se deben cambiar todos lo toma corrientes de orientación vertical a horizontal. No es recomendable colocar toma corrientes a una distancia menor a 0.5 m respecto al suelo para evitar salpicadura o humedad y ocasionar riesgo eléctrico. También no es recomendable utilizad extensiones en quirófanos debido al riesgo de desconexión y al aumento de la impedancia del conductor a tierra.

12.6. Quirófano A7

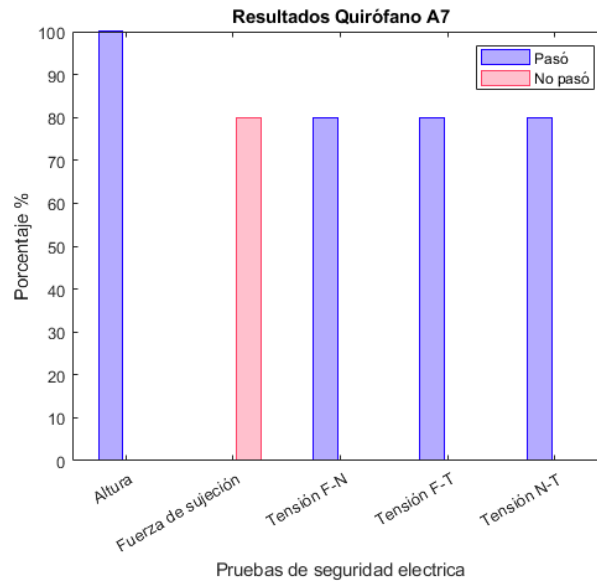


Figura 69: Quirófano A7

12.6.1. Recomendaciones

Se recomienda en Quirófano A7 realizar cambio de todos los toma corrientes de tipo normal a grado hospitalario debido a que la fuerza de sujeción no es suficiente para que el equipo pueda estar bien conectado y evitar cualquier corte de suministro de energía por no utilizar un toma corriente adecuado. También se observa que utilizan extensiones en esta área. Se recomienda evitar el uso de extensiones debido a que aumenta la resistencia a tierra de equipos biomédicos.

Realizar mantenimiento correctivo en los toma corrientes que no cumplen al realizar la evaluación. Los toma corrientes de grado hospitalario con conexión a planta de color rojo. También según normas los toma corrientes deben de estar identificados para poder localizarlos de una manera más eficiente y agilizar mantenimientos preventivos o correctivos que se deseen realizar. según la norma Sí los toma corrientes son dobles deben de colocarse en orientación horizontal, es decir se deben cambiar todos lo toma corrientes de orientación vertical a horizontal. No es recomendable colocar toma corrientes a una distancia menor a 0.5 m respecto al suelo para evitar salpicadura o humedad y ocasionar riesgo eléctrico. También no es recomendable utilizad extensiones en quirófanos debido al riesgo de desconexión y al aumento de la impedancia del conductor a tierra.

12.7. Quirófano A8

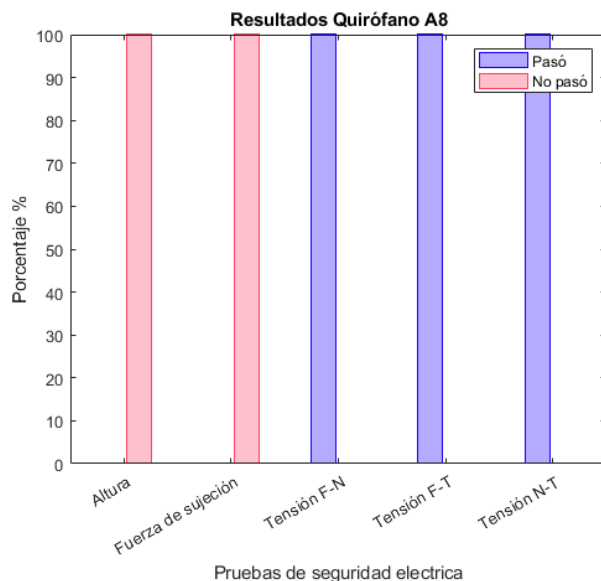


Figura 70: Quirófano A8

12.7.1. Recomendaciones

Se recomienda en Quirófano A8 realizar cambio de todos los toma corrientes de tipo normal a grado hospitalario debido a que la fuerza de sujeción no es suficiente para que el equipo pueda estar bien conectado y evitar cualquier corte de suministro de energía por no utilizar un toma corriente adecuado. También se observa que utilizan extensiones en esta área. Se recomienda evitar el uso de extensiones debido a que aumenta la resistencia a tierra de equipos biomédicos. Se recomienda también colocar los toma corrientes a una altura a 1.60 m para evitar riesgo eléctrico por húmeda o salpicadura.

Realizar mantenimiento correctivo en los toma corrientes que no cumplen al realizar la evaluación. Los toma corrientes de grado hospitalario con conexión a planta de color rojo. También según normas los toma corrientes deben de estar identificados para poder localizarlos de una manera más eficiente y agilizar mantenimientos preventivos o correctivos que se deseen realizar. según la norma Sí los toma corrientes son dobles deben de colocarse en orientación horizontal, es decir se deben cambiar todos lo toma corrientes de orientación vertical a horizontal. No es recomendable colocar toma corrientes a una distancia menor a 0.5 m respecto al suelo para evitar salpicadura o humedad y ocasionar riesgo eléctrico. También no es recomendable utilizad extensiones en quirófanos debido al riesgo de desconexión y al aumento de la impedancia del conductor a tierra.

12.8. Quirófano B1

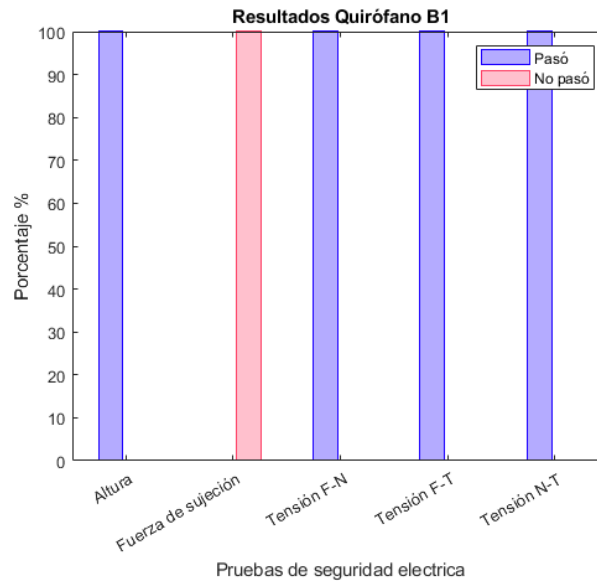


Figura 71: Quirófano B1

12.8.1. Recomendaciones

Se recomienda en Quirófano B1 realizar cambio de todos los toma corrientes de tipo normal a grado hospitalario debido a que la fuerza de sujeción no es suficiente para que el equipo pueda estar bien conectado y evitar cualquier corte de suministro de energía por no utilizar un toma corriente adecuado. También se observa que utilizan extensiones en esta área. Se recomienda evitar el uso de extensiones debido a que aumenta la resistencia a tierra de equipos biomédicos.

Realizar mantenimiento correctivo en los toma corrientes que no cumplen al realizar la evaluación. Los toma corrientes de grado hospitalario con conexión a planta de color rojo. También según normas los toma corrientes deben de estar identificados para poder localizarlos de una manera más eficiente y agilizar mantenimientos preventivos o correctivos que se deseen realizar. según la norma Sí los toma corrientes son dobles deben de colocarse en orientación horizontal, es decir se deben cambiar todos lo toma corrientes de orientación vertical a horizontal. No es recomendable colocar toma corrientes a una distancia menor a 0.5 m respecto al suelo para evitar salpicadura o humedad y ocasionar riesgo eléctrico. También no es recomendable utilizad extensiones en quirófanos debido al riesgo de desconexión y al aumento de la impedancia del conductor a tierra.

12.9. Quirófano B3

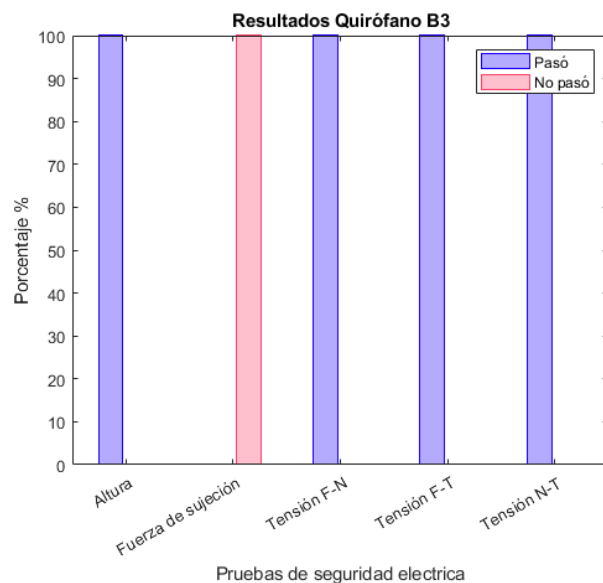


Figura 72: Quirófano B3

12.9.1. Recomendaciones

Se recomienda en Quirófano B3 realizar cambio de todos los toma corrientes de tipo estándar a grado hospitalario debido a que la fuerza de sujeción no es suficiente para que el equipo pueda estar bien conectado y evitar cualquier corte de suministro de energía por no utilizar un toma corriente adecuado. También se observa que utilizan extensiones en esta área. Se recomienda evitar el uso de extensiones debido a que aumenta la resistencia a tierra de equipos biomédicos. Se observa en un toma corriente tierra de equipo biomédico extraviada, esto puede afecta de manera significativa al equipo debido a no poseer tierra en conector.

Realizar mantenimiento correctivo en los toma corrientes que no cumplen al realizar la evaluación. Los toma corrientes de grado hospitalario con conexión a planta de color rojo. También según normas los toma corrientes deben de estar identificados para poder localizarlos de una manera más eficiente y agilizar mantenimientos preventivos o correctivos que se deseen realizar. según la norma Sí los toma corrientes son dobles deben de colocarse en orientación horizontal, es decir se deben cambiar todos lo toma corrientes de orientación vertical a horizontal. No es recomendable colocar toma corrientes a una distancia menor a 0.5 m respecto al suelo para evitar salpicadura o humedad y ocasionar riesgo eléctrico. También no es recomendable utilizad extensiones en quirófanos debido al riesgo de desconexión y al aumento de la impedancia del conductor a tierra.

12.10. Quirófano B4

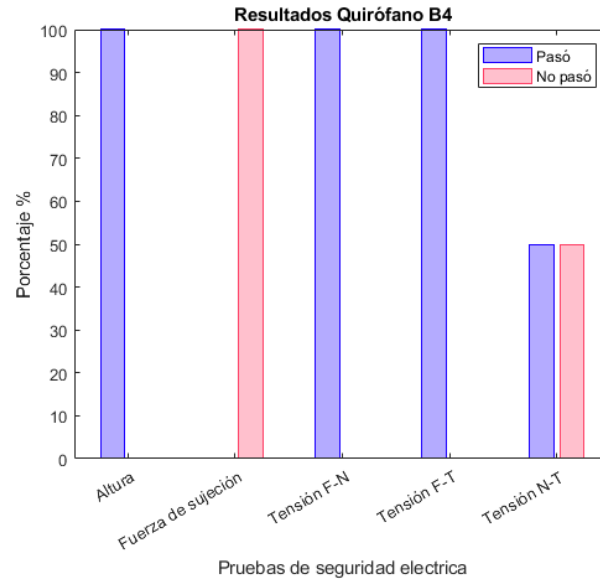


Figura 73: Quirófano B4

12.10.1. Recomendaciones

Se recomienda en Quirófano B4 realizar cambio de todos los toma corrientes de tipo normal a grado hospitalario debido a que la fuerza de sujeción no es suficiente para que el equipo pueda estar bien conectado y evitar cualquier corte de suministro de energía por no utilizar un toma corriente adecuado. También se observa que utilizan extensiones en esta área. Se recomienda evitar el uso de extensiones debido a que aumenta la resistencia a tierra de equipos biomédicos.

Realizar mantenimiento correctivo en los toma corrientes que no cumplen al realizar la evaluación. Los toma corrientes de grado hospitalario con conexión a planta de color rojo. También según normas los toma corrientes deben de estar identificados para poder localizarlos de una manera más eficiente y agilizar mantenimientos preventivos o correctivos que se deseen realizar. según la norma Sí los toma corrientes son dobles deben de colocarse en orientación horizontal, es decir se deben cambiar todos lo toma corrientes de orientación vertical a horizontal. No es recomendable colocar toma corrientes a una distancia menor a 0.5 m respecto al suelo para evitar salpicadura o humedad y ocasionar riesgo eléctrico. También no es recomendable utilizad extensiones en quirófanos debido al riesgo de desconexión y al aumento de la impedancia del conductor a tierra.

12.11. Quirófano B5

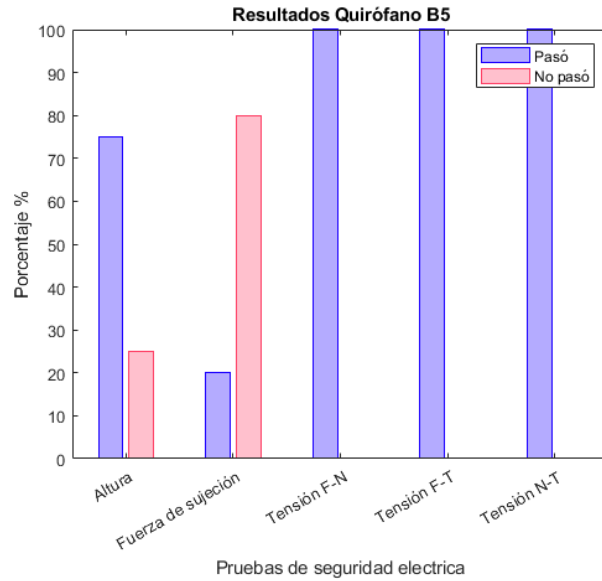


Figura 74: Quirófano B5

12.11.1. Recomendaciones

Se recomienda en Quirófano B5 realizar cambio de todos los toma corrientes de tipo estándar a grado hospitalario debido a que la fuerza de sujeción no es suficiente para que el equipo pueda estar bien conectado y evitar cualquier corte de suministro de energía por no utilizar un toma corriente adecuado. También se observa que utilizan extensiones en esta área. Se recomienda evitar el uso de extensiones debido a que aumenta la resistencia a tierra de equipos biomédicos.

Realizar mantenimiento correctivo en los toma corrientes que no cumplen al realizar la evaluación. Los toma corrientes de grado hospitalario deben tener conexión a planta de color rojo. También según normas los toma corrientes deben de estar identificados para poder localizarlos de una manera más eficiente y agilizar mantenimientos preventivos o correctivos que se deseen realizar. según la norma Sí los toma corrientes son dobles deben de colocarse en orientación horizontal, es decir se deben cambiar todos lo toma corrientes de orientación vertical a horizontal. No es recomendable colocar toma corrientes a una distancia menor a 0.5 m respecto al suelo para evitar salpicadura o humedad y ocasionar riesgo eléctrico. Se recomienda evitar el uso de extensiones en quirófanos debido al riesgo de desconexión y al aumento de la impedancia del conductor a tierra.

12.12. Quirófano B6

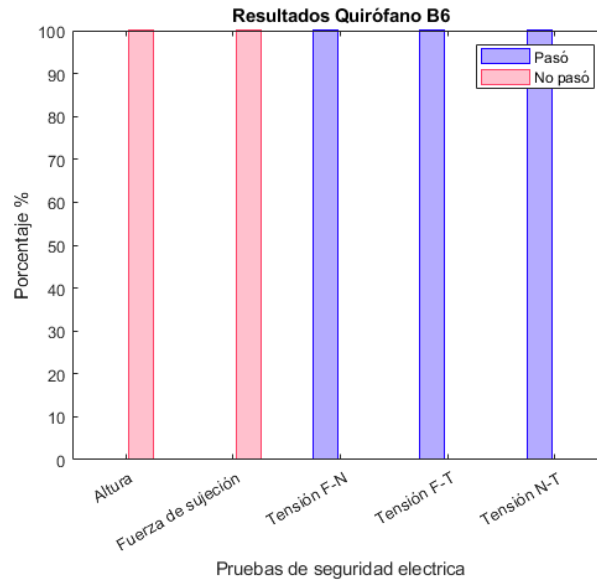


Figura 75: Quirófano B6

12.12.1. Recomendaciones

Se recomienda en Quirófano B6 realizar cambio de todos los toma corrientes de tipo estándar a grado hospitalario debido a que la fuerza de sujeción no es suficiente para que el equipo pueda estar bien conectado y evitar cualquier corte de suministro de energía por no utilizar un toma corriente adecuado.

Realizar mantenimiento correctivo en los toma corrientes que no cumplen al realizar la evaluación. Los toma corrientes de grado hospitalario deben tener conexión a planta de color rojo. También según normas los toma corrientes deben de estar identificados o codificados para poder localizarlos de una manera más eficiente y agilizar mantenimientos preventivos o correctivos que se deseen realizar. Según la norma Sí los toma corrientes son dobles deben de colocarse en orientación horizontal, es decir se deben cambiar todos lo toma corrientes de orientación vertical a horizontal. No es recomendable colocar toma corrientes a una distancia menor a 0.5 m respecto al suelo para evitar salpicadura o humedad y ocasionar riesgo eléctrico. Se recomienda evita el uso de extensiones en quirófanos debido al riesgo de desconexión y al aumento de la impedancia del conductor a tierra.

- Verificando resultado de pruebas de toma corrientes entre fase-tierra, neutro-tierra y resistencia entre neutro- tierra se evidencio que existen problemas en el sistema de puesta a tierra y se notifico a encargados.
- Al realizar la evaluación en las distintas áreas, se observa que toma corrientes no cumplen con la norma debido a que no son grado hospitalario. Además de una orientación incorrecta y altura.
- Se implementó formatos de evaluación, control y supervisión periódica, del estado óptimo de toma corrientes en áreas de quirófano e intensivo debido a que es de vital importancia.
- Se mejoraron condiciones en las instalaciones enfocado en la seguridad eléctrica en el entorno del paciente, así como actualización de necesidades en distintas areas.

CAPÍTULO 14

Recomendaciones

- Contabilizar e identificar toma corrientes instalados y proceder con la asignación de codificación, según lo establecido en la norma.
- Se observó que es necesario un ente que vele por el cumplimiento y las buenas practicas de las normas de seguridad del entorno del paciente.
- Levantamiento de un diagrama unifilar actualizado de cada una de la áreas de interés para un mejor control del entorno del paciente.
- Realizar comparación de características de una muestra significativa entre distintos hospitales públicos,privados y del seguro social para verificar cumplimiento de la norma.

Bibliografía

- [1] G. M. C. Rodríguez, «Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica,» es, pág. 244,
- [2] E. Y. L. Hun, «Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Mecánica Eléctrica,» es, pág. 269,
- [3] «*Interfaz biomédica para el control de sistemas robóticos utilizando señales EMG.*,» Tesis doct.
- [4] M. J. Angulo Tijerino, «*Análisis y reconocimiento de patrones de señales biomédicas de pacientes con epilepsia.*,» Tesis doct., Universidad del Valle de Guatemala, 2021.
- [5] *CENAME | Quiénes Somos*, es. dirección: <https://cename.gt/quienes-somos/> (visitado 30-03-2022).
- [6] *CNEE | Comisión Nacional de Energía Eléctrica, Guatemala*. dirección: <https://www.cnee.gob.gt/wp/> (visitado 01-04-2022).
- [7] *FLUKE | Instrumentos de prueba y medición y software, Guatemala*. dirección: <https://www.fluke.com/es-gt/wp/> (visitado 01-04-2022).