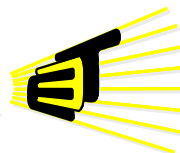


**RECOMENDACIONES GENERALES PARA INSTALACIONES  
ELÉCTRICAS HOSPITALARIAS BASADAS EN LA NORMATIVIDAD  
VIGENTE**

**SERGIO ALONSO ALVAREZ CARDENAS  
ANGÉLICA PAOLA BECERRA BAYONA  
DAICY ALEJANDRA GALVIS VILLALBA**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA  
Y DE TELECOMUNICACIONES**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2013**

**RECOMENDACIONES GENERALES PARA INSTALACIONES  
ELÉCTRICAS HOSPITALARIAS BASADAS EN LA NORMATIVIDAD  
VIGENTE**

**SERGIO ALONSO ALVAREZ CARDENAS  
ANGÉLICA PAOLA BECERRA BAYONA  
DAICY ALEJANDRA GALVIS VILLALBA**

**Trabajo de investigación presentado como requerimiento para optar al  
título de:**

**Ingeniero Electricista**

**Director:**

**ING. CIRO JURADO JEREZ**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA  
2013**

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a las personas más importantes de mi vida.*

*A Mis padres Alonso y Zoraida, por ser el mejor ejemplo de sacrificio, trabajo y amor incondicional.*

*A mi hermana Lilian por ser mi guía en cada paso que doy, siempre apoyándome en mis decisiones.*

*En todo momento los llevo en mi corazón, ustedes son la mejor parte de mí.*

**Sergio Alonso Álvarez Cárdenas**

## DEDICATORIA

*Este logro tan importante para mi vida, quiero dedicárselo y entregárselo a mi Padre Celestial porque gracias a él, tuve la oportunidad de alcanzarlo; darle las gracias por darme sabiduría, inteligencia, entendimiento, muchas bendiciones y dones regalados.*

*A mis padres Javier Becerra y Ana Bayona; en especial a ella por ser mi apoyo incondicional, bríndame palabras de aliento en los momentos de dificultad y su amor durante toda mi vida.*

*A mi hermano Carlos Felipe Becerra por su compañía, cariño y comprensión.*

*A Ángel David Cáceres por su amor, paciencia y apoyo durante esta etapa tan importante de mi vida.*

**Angélica Paola Becerra Bayona**

## DEDICATORIA

*Le agradezco a Dios y la Virgen María por haberme puesto en el camino de las mejores personas, esto es de ustedes y para ustedes.*

*A mi padre HENRY GALVIS GOMEZ por su amor todos estos años.*

*A mi tía OFELIZ BELÉN DÍAZ CALDAS por su gran sabiduría y enseñanzas sin ella esto no sería un hecho.*

*A mi angelito mi MADRE*

*A mi FAMILIA por la formación y los valores inculcados, por su dedicación, esfuerzo y amor.*

*A todos y cada uno de mis amigos.*

*A mis compañeros de proyecto SERGIO ALVAREZ Y ANGELICA BECERRA, personas con gran calidad humana, sin ellos definitivamente no hubiera sido posible terminar este proyecto, gracias por su apoyo*

**Daicy Alejandra Galvis Villalba**

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos los más sinceros agradecimientos a todas las personas que contribuyeron con la realización de nuestro proyecto:

A nuestro director, el Ingeniero Ciro Jurado Jerez por su tiempo, apoyo y asesoría incondicional.

A los ingenieros Sergio Gómez Carvajal y Alexander González Galeano por su colaboración a lo largo del desarrollo del proyecto.

A todo el personal médico y de mantenimiento del Hospital Local del Norte, en especial al Dr. Edgar Lizcano por permitir adelantar nuestro trabajo y facilitar el ingreso a la totalidad del hospital.

A la administración de la clínica FOSCAL y su director el Dr. Jorge León por el tiempo y atención prestada.

A Ana Bayona por su gran comprensión, apoyo y paciencia brindados en todo momento.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>24</b>
<b>1 ESPECIFICACIONES GENERALES DEL PROYECTO</b> .....	<b>26</b>
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	26
1.2 OBJETIVOS.....	26
1.2.1 Objetivo general.....	26
1.2.2 Objetivos específicos .....	27
<b>2 GLOSARIO</b> .....	<b>28</b>
<b>3 RESEÑA DEL DOCUMENTO</b> .....	<b>35</b>
<b>4 MARCO LEGAL DE REFERENCIA</b> .....	<b>36</b>
<b>5 NORMATIVA UTILIZADA</b> .....	<b>41</b>
<b>6 ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 517 DEL NEC Y LA NTC 2050</b> .....	<b>42</b>
<b>7 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN[2]</b> .....	<b>47</b>
7.1 PLANEACIÓN DEL SISTEMA[2] .....	48
7.2 CARGAS Y EQUIPOS BÁSICOS DEL HOSPITAL[2].....	49
7.3 NIVEL DE TENSIÓN.....	53
7.4 CONFIGURACIONES DEL SISTEMA DE POTENCIA[7].....	54
7.4.1 Sistema radial .....	54
7.4.2 Fuente radial dual y generador dual .....	55
7.4.3 Sistema selectivo secundario[2].....	56
7.4.4 Fuente dual selectiva y generador dual selectivo[2] .....	57
7.5 PROTECCIÓN DEL SISTEMA .....	58
7.5.1 Coordinación selectiva.....	59
7.5.2 Protección contra fallas a tierras[10].....	60
7.6 CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN[10].....	62
7.6.1 ÁREAS DE CAMAS DE LOS PACIENTES[10].....	63
<b>8 SISTEMA ELÉCTRICO ESENCIAL (SEE)</b> .....	<b>65</b>
8.1 SISTEMA DE ENERGÍA DE EMERGENCIA .....	66

8.1.1	Grupo electrógeno .....	67
8.1.2	Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS)[16].....	76
8.1.3	Instalación de múltiples generadores en paralelo[2] .....	80
8.2	SISTEMA DE EMERGENCIA[10] .....	83
8.2.1	Ramal vital .....	86
8.2.2	Ramal crítico .....	86
8.3	SISTEMA DE EQUIPOS[10].....	89
8.3.1	Conexión del sistema de equipos .....	89
<b>9</b>	<b>TOMACORRIENTE .....</b>	<b>93</b>
9.1	TIPOS DE TOMACORRIENTE.....	93
9.1.1	Tomacorriente con polo a tierra[10] .....	93
9.1.2	Tomacorriente con terminal de puesta a tierra aislada[10] ....	93
9.1.3	Tomacorriente de grado hospitalario .....	94
9.1.4	Tomacorriente GFCI .....	95
9.1.5	Tomacorrientes resistentes al abuso .....	96
9.2	CONEXIÓN DE TOMACORRIENTES.....	97
9.2.1	Lugares húmedos o mojados.....	97
9.2.2	Áreas de atención general al paciente[10].....	98
9.2.3	Pasillos[2].....	100
9.2.4	Quirófano[2] .....	100
9.2.5	Áreas de cuidados críticos[10].....	101
9.2.6	Salas de recuperación[2] .....	102
9.2.7	Pediatría[2].....	103
9.2.8	Habitaciones de cateterización cardíaca[2].....	103
9.2.9	Lugares de inhalación de gases anestésicos[10].....	103
9.2.10	Laboratorios[2] .....	105
9.3	TOMACORRIENTES Y CLAVIJAS DE RAYOS X MÓVILES[2] ....	105
<b>10</b>	<b>SISTEMA DE POTENCIA AISLADO (IPS) .....</b>	<b>107</b>
10.1	INSTALACIÓN DE UN IPS.....	109
10.2	CORRIENTE DE RIESGO.....	111

10.3	TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO.....	113
10.4	MONITOR DE AISLAMIENTO DE LÍNEA.[10] .....	115
10.5	IMPEDANCIA DEL CABLEADO AISLADO[8] .....	117
<b>11</b>	<b>SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (SPT) .....</b>	<b>118</b>
11.1	ÁREAS DE ATENCIÓN GENERAL.....	123
11.2	ÁREAS DE ATENCIÓN CRÍTICA[27].....	127
11.3	PISCINAS TERAPEUTICAS Y BAÑERAS[27] .....	131
<b>12</b>	<b>INSTALACIONES DE ÁREAS ESPECIALES .....</b>	<b>132</b>
12.1	LUGARES DE GASES ANESTÉSICOS.....	132
12.1.1	Lugares peligrosos (clasificados)[10].....	133
12.1.2	Lugares diferentes a los peligrosos (clasificados).....	135
12.2	QUIRÓFANO.....	136
12.2.1	Generalidades[30].....	136
12.2.2	Consideraciones del diseño .....	137
12.3	SALAS DE RAYOS X[10] .....	143
12.3.1	Rayos X portátil.....	143
12.3.2	Rayos X fijos .....	144
12.4	RESONANCIA MAGNETICA[34].....	146
12.4.1	Jaula de Faraday[34] .....	148
<b>13</b>	<b>SEGURIDAD ELÉCTRICA.....</b>	<b>150</b>
13.1	DESCARGAS ELÉCTRICAS.....	150
13.2	CORRIENTE ELÉCTRICA EN EL CUERPO.....	151
13.3	CORRIENTES DE FUGA .....	154
13.3.1	Riesgo de microshock[31].....	155
13.3.2	Recomendaciones para minimizar el choque eléctrico.[31] .	158
13.4	INCENDIO Y EXPLOSIÓN[36] .....	158
13.5	ELECTRICIDAD ESTÁTICA.....	160

<b>14</b>	<b>ILUMINACIÓN[2][40][41]</b> .....	<b>163</b>
14.1	FACTORES DE CALIDAD.....	163
14.1.1	Color .....	163
14.1.2	Deslumbramiento.....	166
14.1.3	Reflectancia .....	167
14.1.4	Iluminancia y uniformidad .....	167
14.1.5	Luminancia.....	168
14.1.6	Confort visual .....	168
14.1.7	Ergonomía del puesto de trabajo .....	169
14.1.8	Casos especiales.....	171
14.2	CAPACIDAD VISUAL.....	173
14.2.1	Espacios clasificados según la cantidad visual requerida....	174
14.2.2	Tiempo utilizado en cada área hospitalaria.....	174
14.3	SISTEMA DE ALUMBRADO .....	176
14.4	RECOMENDACIONES PARA LAS DIFERENTES ÁREAS .....	178
14.4.1	Habitaciones de los pacientes .....	178
14.4.2	Estaciones de enfermería .....	180
14.4.3	Quirófanos .....	181
14.4.4	Unidades de cuidados intensivos.....	184
14.4.5	Salas de reconocimiento y tratamiento .....	185
14.4.6	Salas de partos (obstetricia) .....	188
14.4.7	Sala de neonatología .....	188
14.4.8	Pediatría.....	189
14.4.9	Salas de rehabilitación y terapias .....	189
14.4.10	Áreas de servicios.....	190
14.4.11	Morgue.....	191
14.4.12	Corredores o pasillos .....	191
14.4.13	Áreas de servicios de urgencias .....	191
14.4.14	Accesos exteriores.....	192
14.5	NIVELES DE ILUMINACIÓN (NORMATIVIDAD) .....	192
14.6	ALUMBRADO DE EMERGENCIA.....	192

14.6.1	Iluminación de los medios de evacuación.....	193
14.6.2	Elementos del sistema.....	196
<b>15</b>	<b>VISITA TÉCNICA .....</b>	<b>201</b>
15.1	HOSPITAL LOCAL DEL NORTE.....	201
15.2	CLINICA FOSCAL .....	204
	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>206</b>
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>207</b>
	<b>ANEXOS.....</b>	<b>212</b>

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Requisitos según Resolución 4445 de 1996 .....	39
Tabla 2. Equipos médicos especializados.....	51
Tabla 3. Equipos electromédicos básicos en áreas del hospital.....	52
Tabla 4. Vida útil de la batería a diferentes temperaturas. ....	80
Tabla 5. Clasificación de las Áreas de cuidado de pacientes. ....	88
Tabla 6. Corrientes de fuga atribuidos al tipo de material y longitud empleada. ....	112
Tabla 7. Corrientes de fuga por equipos. ....	112
Tabla 8. Valores máximos de Resistencia de puesta a tierra. ....	119
Tabla 9. Efectos de la corriente en el cuerpo humano. ....	152
Tabla 10. Nivel de corriente a 50- 60 Hz que puede producir la muerte.....	157
Tabla 11. Niveles de seguridad generalmente aceptados en caso de falla simple. ....	157
Tabla 12. Gases medicinales en Colombia.....	159
Tabla 13. Riesgos asociados con la seguridad eléctrica del Hospital.....	161
Tabla 14. Clasificación de las fuentes luminosas de acuerdo con su índice de reproducción del Color.....	165
Tabla 15. Niveles de reflectancia recomendados para áreas Hospitalarias.....	167
Tabla 16. Relación de luminancia entre la tarea a realizar y otras áreas alrededor. ....	170
Tabla 17. Relación de luminancia entre la tarea a realizar y otras áreas alrededor. ....	170
Tabla 18. Grado de estanqueidad.....	173
Tabla 19. Niveles de Iluminación .....	213
Tabla 20. Niveles de Iluminación áreas del Hospital del norte .....	221
Tabla 21. Fotografías Hospital del Norte.....	225

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Niveles de atención médica .....	38
Figura 2. Sistema radial .....	55
Figura 3. Sistema con fuente dual y generador dual .....	56
Figura 4. Sistema selectivo secundario.....	57
Figura 5. Sistema de fuente dual selectivo y generador dual. ....	58
Figura 6. Ejemplos de fallas en el sistema.....	60
Figura 7. GFPE (Equipos de protección contra falla tierra) adicional .....	61
Figura 8. Lugares en donde no se deben instalar los GFPE .....	62
Figura 9. Representación del Sistema normal y SEE del hospital.....	63
Figura 10. Acciones permitidas con los ATS para área de cama de pacientes. ....	64
Figura 11. Grupo Electrónico.....	68
Figura 12. SEE con un interruptor de transferencia .....	74
Figura 13. SEE con múltiples interruptores de transferencia.....	75
Figura 14. Componentes principales de la UPS.....	77
Figura 15. Grupos electrónicos en paralelo .....	82
Figura 16. Sistema de Emergencia .....	83
Figura 17. Excepciones donde se pueden usar canalizaciones flexibles. ....	85
Figura 18. Tomacorriente con puesta a tierra aislada .....	94
Figura 19. Tomacorriente con puesta a tierra aislada .....	95
Figura 20. Tomacorriente GFCI .....	96
Figura 21. Tomacorriente resistente al abuso .....	97
Figura 22. Tomacorrientes en área de atención general. ....	98
Figura 23. Tomacorrientes área de cuidados críticos.....	102
Figura 24. Diferencia de potencial con respecto a tierra. ....	108
Figura 25. Transformador de aislamiento .....	110
Figura 26. Conexión al IPS .....	114
Figura 27. Factores para garantizar un sistema de puesta a tierra. ....	118
Figura 28. Cables tipo MI, MC o AC.....	124
Figura 29. Áreas de cuidado de paciente.....	125
Figura 30. Conexión equipotencial entre los circuitos de distribución de área de cama de pacientes.....	126
Figura 31. Puesta a tierra de equipos en la UCI .....	128
Figura 32. Interconexión de puesta a tierra de cuidados críticos.....	130
Figura 33. Lugares peligrosos de anestesia.....	133
Figura 34. IPS en sala de operaciones .....	138
Figura 35. Sala de operación típica.....	140
Figura 36. Malla en platina de bronce para quirófanos.....	141
Figura 37. Instalación eléctrica de una sala cirugía.....	142
Figura 38. Salas de resonancia magnética. ....	147

Figura 39. Figura Jaula de Faraday sala de exploración.....	149
Figura 40. Límites de corriente en el cuerpo.....	153
Figura 41. Origen de la corriente de fuga.....	154
Figura 42. Riesgo de Microshock.....	156
Figura 43. Diagrama de cromaticidad de la IEC.....	164
Figura 44. Temperatura de color.....	165
Figura 45. Brillo producido por la luz natural proveniente de las ventanas.....	169
Figura 46. Espacios clasificados según actividad visual. ....	174
Figura 47. Clasificación del sistema de alumbrado .....	177
Figura 48. Iluminación en el quirófano. ....	181
Figura 49. Iluminación en el área de tarea.....	182
Figura 50. Sistema de alumbrado de emergencia.....	193
Figura 51 . Niveles mínimos de iluminación de emergencia.....	194
Figura 52. Señalización de salida .....	199

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO A. NIVELES DE ILUMINACIÓN .....</b>	<b>213</b>
<b>ANEXO B. NIVELES DE ILUMINACIÓN HOSPITAL DEL NORTE DE BUCARAMANGA.....</b>	<b>221</b>
<b>ANEXO C. MATERIAL FOTOGRÁFICO RECOPIADO.....</b>	<b>225</b>

## RESUMEN

**TÍTULO:** RECOMENDACIONES GENERALES PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS HOSPITALARIAS BASADAS EN LA NORMATIVIDAD VIGENTE\*

**AUTORES:** SERGIO ALONSO ÁLVAREZ CÁRDENAS\*\*  
ANGÉLICA PAOLA BECERRA BAYONA\*\*  
DAICY ALEJANDRA GALVIS VILLALBA\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Instalación eléctrica hospitalaria, normatividad, seguridad eléctrica, paciente.

**DESCRIPCIÓN:** La salud es la perfecta combinación entre el estado físico, mental y emocional, que puede verse afectada por enfermedades y accidentes que minimizan la calidad de vida. Los hospitales, lugares de atención médica y clínicas son instalaciones sanitarias donde se atienden a los pacientes para proporcionar el diagnóstico y tratamiento que necesitan. Las buenas prácticas en el diseño de las instalaciones eléctricas garantizan un ambiente de trabajo seguro, previniendo riesgos y accidente ligados a explosiones, incendios y descargas eléctricas provenientes de corrientes de micro y macro shock.

En este trabajo de grado se recopila la normatividad utilizada en Colombia dada por la NTC 2050, en la sección 517, el RETIE, el RETILAP y estándares internacionales como el NEC, IEEE 602, NFPA 99 e IESNA, rescatando las recomendaciones relevantes para generar un documento que contenga los aspectos que ayuden a tener una visión global de una instalación eléctrica hospitalaria enfatizando en áreas especiales como áreas de pacientes, unidades de cuidados intensivos y quirófanos, que promuevan ante todo la seguridad y la vida de las personas.

Este documento enriquece al Ingeniero de mantenimiento, al personal dedicado al diseño y funcionamiento de las instalaciones eléctricas hospitalarias, y a toda aquella persona que trabaje en este tipo de instalación especial.

La iluminación es una parte muy importante de las instalaciones hospitalarias, en este trabajo se muestra las características mínimas que deben tenerse para cada tipo de área, ya que varían dependiendo de los procedimientos que se manejen en cada una.

---

\*\* Estudiante de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Industrial de Santander.

Director: Ing. Ciro Jurado Jerez.

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Universidad Industrial de Santander.

## ABSTRACT

**TITLE:** GENERAL RECOMMENDATIONS FOR HOSPITAL ELECTRICAL INSTALLATIONS BASED ON CURRENT REGULATIONS.

**AUTHORS:** SERGIO ALONSO ÁLVAREZ CÁRDENAS\*\*  
ANGÉLICA PAOLA BECERRA BAYONA\*\*  
DAICY ALEJANDRA GALVIS VILLALBA\*\*

**KEYWORDS:** Health care, electrical Works, standards, electrical safety, patient.

**DESCRIPTION:** Health is the perfect mix between physical, mental and emotional condition that could be affected by sickness and incidents which deteriorates the life quality. The Hospitals, places for medical assistance and clinics are Health Care Facilities which are intended to diagnose and treat people who need it. A good electrical design of them ensure a safe workplace preventing risks and avoiding dangers due to explosions, fire and electrical shocks coming from minimal currents as micro-amps.

This workbook collects the national standards and normativity given by NTC 2050, specially the section 517, RETIE, RETILAP and international standards as NEC (NFPA 70), IEEE 602, NFPA 99 and IESNA, highlighting the most important recommendations, in order to produce a document which contains helpful aspects to have a global vision of an hospital electrical installation, emphasizing in special areas as patient areas, intensive care units and operating rooms, promoting the safety and the people's life.

This paper enriches the Maintenance Engineer, staff dedicated to the design and operation of electrical installations hospital, and any person who works in this type of special facility.

Lighting is a very important part of hospital facilities, in this paper shows the minimum requirements to be taken for each type of area, as they vary depending on the procedures to be handled in each.

---

\*\*Electric engineer student of Universidad Industrial de Santander.

Director: Ing. Ciro Jurado Jerez

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Universidad Industrial de Santander.

## INTRODUCCIÓN

Los sistemas eléctricos conforman el eje principal de funcionamiento de una edificación hospitalaria, además de proveer las condiciones de permanencia en el mismo, es el principal garante en el cuidado de la vida de los pacientes que en él se encuentran debido a la actual dependencia existente entre los pacientes y los equipos médicos, que cumplen una gran variedad de funciones como: monitoreo de signos vitales, realización de imágenes de diagnóstico, uso en procedimientos quirúrgicos o tratamientos contra el cáncer. Para garantizar el correcto desempeño en las aplicaciones mencionadas, es necesario contar con un sistema eléctrico especial que brinde un servicio confiable, sin interrupciones en las áreas críticas, mantenga los niveles nominales de operación de todos los equipos en general e involucre los mayores requerimientos en pro de la seguridad y prevención del riesgo eléctrico.

El RETIE, en su calidad de reglamento en el Artículo 39 “Requisitos adicionales para lugares de atención médica, aclara que se deben cumplir lo establecido en la sección 517 “Instituciones de Asistencia médica” de la NTC 2050 así como la norma internacional IEC 60364-7-710. Al realizar la recopilación de las normas, reglamentos y demás guías técnicas especializadas en este tema, es claro que en nuestro país necesita un material de referencia que abarque la totalidad de aspectos importantes en este tipo de instalaciones especiales.

Este trabajo presenta recomendaciones generales del sistema eléctrico en un hospital, considerando las normas vigentes, orientadas al cuidado de los pacientes, personal médico y demás ocupantes que se encuentren en la edificación. En él se muestra las características principales del sistema de distribución e iluminación, teniendo en cuenta las necesidades en cada área médica, la importancia del sistema de potencia aislado en las áreas críticas y demás requerimientos que garanticen el funcionamiento adecuado de la institución médica.

Se realizaron dos visitas técnicas, en el Hospital Local del Norte y la Clínica Foscal, con el fin de conocer el estado actual de las instalaciones en la ciudad de Bucaramanga, contrastando las recomendaciones dadas por las normas tanto colombianas como extranjeras y verificando su grado de cumplimiento por el personal a cargo en cada una de ellas.

Se espera que sirva de gran ayuda el contenido del presente documento para todo aquel interesado en conocer la estructura del sistema eléctrico de una edificación tan importante para el bienestar y la salud en cualquier tipo de sociedad moderna, comprendiendo la necesidad de continuo crecimiento y mejoramiento en un sistema global tan cambiante como el actual.

# **1 ESPECIFICACIONES GENERALES DEL PROYECTO**

## **1.1 JUSTIFICACIÓN**

En la actualidad, la reglamentación utilizada para la realización de proyectos en instalaciones eléctricas en el sector salud, la contempla la Norma Técnica Colombiana NTC 2050, en la sección 517, en la cual encontramos una serie de numerales, literales e incisos que a su vez citan otras normas tales como la NFPA, la NTC 1700, entre otras, con las cuales el diseñador debería trabajar en la instalación eléctrica, sumado, a esto tenemos el Reglamento técnico de instalaciones eléctricas (RETIE) expedido por el ministerio de minas y energía, que es necesario consultar.

## **1.2 OBJETIVOS**

En el presente trabajo de Grado, tiene dentro de sus objetivos General y Específicos los enunciados a continuación.

### **1.2.1 Objetivo general**

Elaborar un documento que contenga recomendaciones generales y aspectos relevantes de instalaciones eléctricas hospitalarias a partir de normas vigentes.

### **1.2.2 Objetivos específicos**

- Recopilar las normas, reglamentos y material de referencia relacionados con instalaciones eléctricas hospitalarias tales como: RETIE, RETILAP, NTC 2050, NFPA 99, NFPA 110, NFPA 101, IEEE 602 WHITE BOOK, e IESNA.
- Identificar los aspectos técnicos más significativos de la normativa recopilada para la elaboración del documento.

## 2 GLOSARIO

Las definiciones dadas a continuación son necesarias para ayudar a comprender al lector los términos utilizados en el documento, los cuales han sido extraídos de diferentes referencias bibliográficas tales como NTC 2050, RETIE, RETILAP y Soporte De La Seguridad Eléctrica entre otros.

**ALUMBRADO DE TRABAJO:** Equipos de alumbrado mínimos necesarios para realizar las tareas normales en las áreas descritas, incluido el acceso seguro a los suministros y equipos y el acceso a las salidas.

**ANESTÉSICOS INFLAMABLES:** Gases o vapores como el fluroxeno, ciclopropano, éter divinílico, cloruro de etilo, éter etílico y etileno, que pueden formar mezclas inflamables o explosivas con el aire, oxígeno o gases reductores, como el óxido nitroso.

**BRONCE:** Aleación metálica de cobre y estaño en la que el primero constituye su base y el segundo aparece en una proporción del 3 al 20 %.

**CABLE APANTALLADO:** Cable con una envoltura conductora alrededor del aislamiento que le sirve como protección electromecánica. Es lo mismo que cable blindado.

**CERCANÍA DE LOS PACIENTES:** Zona utilizada normalmente para atención al paciente, es el espacio con cuya superficie es probable que vaya a estar en contacto el paciente o una persona que pueda tocar al paciente. En una habitación de pacientes, la cercanía es normalmente el espacio dentro de la habitación a una distancia máxima de 1,80 m alrededor del perímetro de la cama en su posición normal y que verticalmente llega a un mínimo de 2,30 m por encima del suelo.

**CORRIENTES ESPURIAS:** También llamadas errantes, dispersas, telúricas, geomagnéticas, estáticas, erráticas, de fuga, homopolares, parásitas o vagabundas, son corrientes permanentes que se pueden presentar por

diversas causas como por ejemplo: transformadores desbalanceados, cables rotos, aislamientos inadecuados, aislamientos desgastados, corto circuitos, acción galvánica, protecciones galvánicas, tensiones inducidas, circuitos de baterías, electroestáticas o radiofrecuencia. Sus efectos pueden ser tan nocivos para los equipos como mortales para quien no sepa las técnicas de medir correctamente una puesta a tierra.

**DESLUMBRAMIENTO:** Sensación producida por la luminancia dentro del campo visual que es suficientemente mayor que la luminancia a la cual los ojos están adaptados y que es causa de molestias e incomodidad o pérdida de la capacidad visual y de la visibilidad. Existe deslumbramiento cegador, directo, indirecto, incómodo e incapacitivo.

**EFEECTO ESTROBOSCÓPICO:** Efecto óptico que produce el movimiento ilusorio, al iluminar mediante destellos un objeto que se mueve en forma rápida y periódica.

**EQUIPO ELÉCTRICO DE ASISTENCIA VITAL:** Equipo alimentado eléctricamente cuyo uso continuo es necesario para mantener con vida un paciente.

**ESTACIÓN DE ENFERMERAS:** Área en la que ejercen su actividad un grupo de enfermeras que atienden a los pacientes internados, en la que se reciben las llamadas de los pacientes, los avisos y notas escritas para las enfermeras, se preparan las medicinas para ser suministradas a los pacientes internados y se preparan los cuadros clínicos de los pacientes. Cuando dichas actividades se desarrollan en más de un lugar dentro de un área de enfermería, cada lugar se considera como parte de la estación.

**FALLA:** Degradación de componentes. Alteración intencional o fortuita de la capacidad de un sistema, componente o persona para cumplir una función requerida.

**HOSPITAL:** Edificio o parte del mismo utilizado para cuidados médicos, psiquiátricos, obstétricos o quirúrgicos, las 24 horas del día, para cuatro o más pacientes internos. Se utiliza el término Hospital referido a hospitales generales, hospitales mentales, hospitales para tuberculosis, hospitales infantiles y cualquier otro centro de atención para pacientes internados.

**ILUMINANCIA:** Es la densidad de flujo luminoso que incide sobre una superficie. Su unidad es el lux (lx), equivale al flujo luminoso de un lumen que incide homogéneamente sobre una superficie de un metro cuadrado.

**ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR (CRI):** Capacidad de reproducción cromática de los objetos luminosos con una fuente de luz, indica la capacidad de la luz para producir colores normalizados

**INSTALACIÓN DE RAYOS X (a régimen momentáneo):** Un régimen basado en un intervalo de funcionamiento que no supera los cinco segundos.

**INSTALACIÓN DE RAYOS X (a régimen prolongado):** Un régimen basado en un intervalo de funcionamiento de cinco minutos o más.

**INSTALACIÓN DE RAYOS X (móviles):** Equipo de rayos X montado en una base permanente con ruedas, rodachines o una combinación de ambas que facilita su movimiento estando totalmente montado.

**INSTALACIÓN DE RAYOS X (portátiles):** Equipo de rayos X que se puede llevar a mano.

**INSTALACIÓN DE RAYOS X (transportables):** Equipo de rayos X que se puede instalar en un vehículo o que se puede desmontar fácilmente para transportarlo en un vehículo.

**LUGARES DE ANESTESIA INFLAMABLE:** Cualquier área de la institución destinada para ser utilizada en la administración de cualquier agente anestésico inflamable por inhalación durante el curso normal de examen o tratamiento médico.

**LUGARES DE ANESTESIA:** Cualquier área de una institución de asistencia médica destinada para ser utilizada en la administración de agentes anestésicos inflamables o no inflamables por inhalación durante el reconocimiento o tratamiento médico, incluido el uso de dichos agentes como analgésicos relativos.

**LUMINANCIA:** En un punto de una superficie, en una dirección, se interpreta como la relación entre la intensidad luminosa en la dirección dada producida por un elemento de la superficie que rodea el punto, con el área de la proyección ortogonal del elemento de superficie sobre un plano perpendicular en la dirección dada. La unidad de luminancia es candela por metro cuadrado. ( $\text{Cd}/\text{m}^2$ ).

**MELATONINA:** Hormona en concentraciones que varían de acuerdo al ciclo diurno-nocturno, su función es disminuir la oxidación, por estos los déficits casi siempre van acompañados de insomnio, depresión y aceleración del envejecimiento.

**PISO CONDUCTIVO:** Protege el equipo más sensible manteniéndolo sin estática. Conserva sus características conductoras indefinidamente, resiste ácidos, otros solventes y productos químicos.

**PUNTO PARA PUESTA A TIERRA DE EQUIPO DE PACIENTES:** Conector o bus terminal que sirve como punto colector para la puesta a tierra redundante de los artefactos eléctricos ubicados en la cercanía de los pacientes o para poner a tierra otros artefactos con el fin de eliminar problemas de interferencias electromagnéticas.

**PUNTO PARA PUESTA A TIERRA DE REFERENCIA:** Es la barra (bus) de puesta tierra del panel de distribución o del panel del sistema aislado de potencia que da el suministro corriente al área de cuidado de pacientes.

**REFLECTANCIA:** Relación de la iluminación que una superficie refleja en relación con la que recibe.

**SUPERFICIES CONDUCTIVAS EXPUESTAS:** Superficies capaces de transportar corriente eléctrica y que no están protegidas, cerradas u ocultas, por lo que permiten el contacto personal. Las pinturas, anodizado y revestimientos similares no se consideran un aislante adecuado, excepto si están certificados para dicho uso.

**TEMPERATURA DE COLOR:** Comparación del color de una fuente luz dentro del espectro luminoso con el de la luz que emitiría un cuerpo negro calentado a una temperatura determinada, se expresa en Kelvin (K).

**TIERRA REDUNDANTE:** Conexión especial de conductores de puesta a tierra, para tomacorrientes y equipo eléctrico fijo en áreas de cuidado de pacientes, que interconecta tanto la tubería metálica como el conductor de puesta a tierra aislado, con el fin de asegurar la protección de los pacientes contra corrientes de fuga.

**TOMACORRIENTE:** Dispositivo que tiene contactos hembra para la conexión de una clavija y terminales para la conexión a los circuitos de salida. Un tomacorriente sencillo es aquel dispositivo que solo permite un contacto en el mismo molde y uno múltiple contiene dos o más tomacorrientes.

## ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS Y SIGLAS

Para efecto del presente Proyecto se muestra las abreviaturas, acrónimos y siglas utilizadas en su contenido, las cuales son comúnmente manejadas en el sector eléctrico; unas corresponden a los principales organismos de normalización.

**ANSI:** American National Standards Institute

**CEI:** Comité Español de Iluminación

**CRES:** Comisión de Regulación en Salud

**IDAE:** Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía

**IEC:** International Electrotechnical Commission

**IEEE:** Institute of Electrical and Electronics Engineers

**IES:** Illuminating Engineering Society of North America

**NEC:** National Electrical Code

**NFPA:** National Fire Protection Association

**NTC:** Norma Técnica Colombiana

**RETIE:** Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas

**RETILAP:** Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público

**BE:** Barraje equipotencial

**BIL:** Nivel Básico de Aislamiento

**CRI:** Índice de Rendimiento de Color

**GFPE:** Equipo de Protección Contra Falla a Tierra

**GFCI:** Ground Fault Circuit Interruption

**HVAC:** Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado

**IPS:** Sistema de Potencia Aislado

**LIM:** Monitor de Aislamiento de Línea

**SEE:** Sistema Eléctrico Esencial

**SPT:** Sistema de Puesta a Tierra

**UCI:** Unidad de Cuidados Intensivos

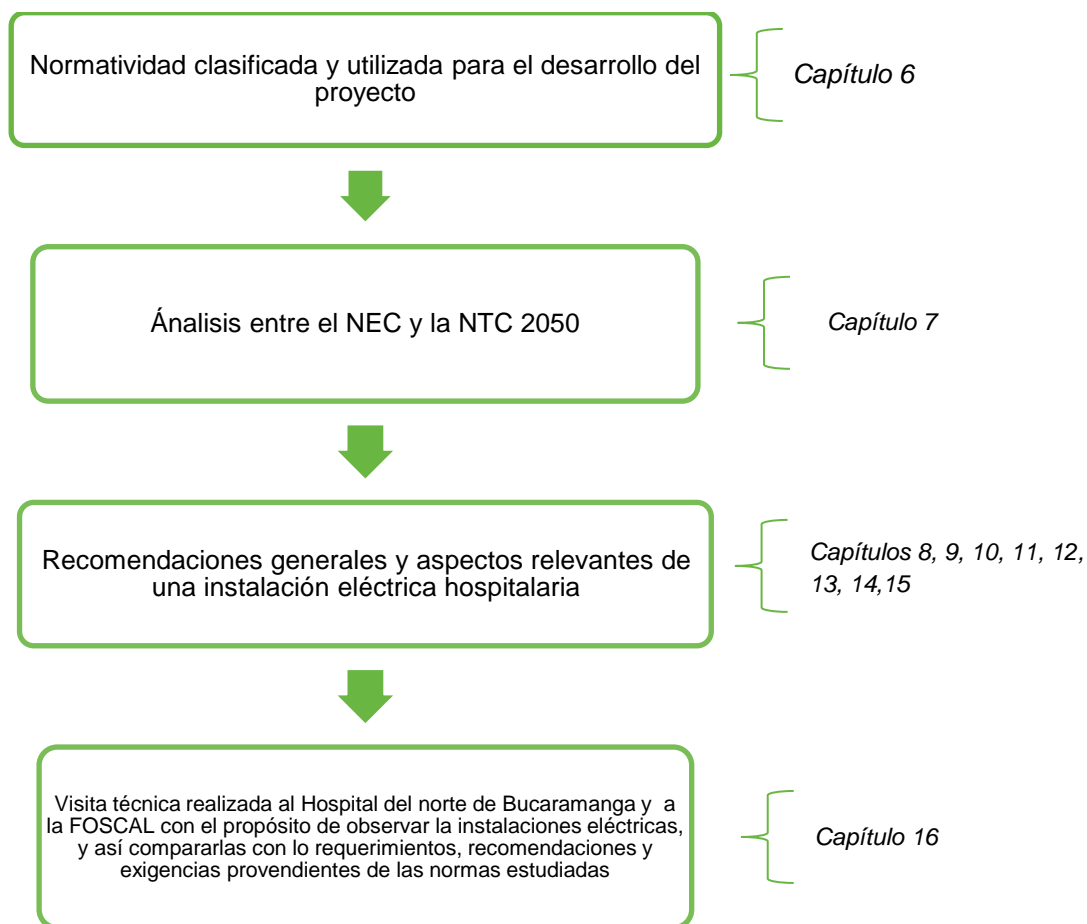
**UGR:** Índice de deslumbramiento

**UPS:** Sistema de Alimentación Ininterrumpida

**VCP:** Probabilidad de Confort Visual

### 3 RESEÑA DEL DOCUMENTO

La metodología que se implementó para el desarrollo de este documento, cumpliendo con los objetivos generales y específicos, se encuentra sintetizada en el siguiente diagrama de bloques:



#### 4 MARCO LEGAL DE REFERENCIA

Las normas reglamentadas por el ministerio de salud y protección social se deben tener en cuenta para garantizar un servicio continuo y oportuno que cumpla con las especificaciones técnicas en beneficio de todas las personas que hacen uso de las instalaciones hospitalarias.

Las resoluciones dan aspectos importantes para el diseño, construcción e infraestructura física de la obra nueva o existente que necesite ampliación o remodelación, teniendo en cuenta los ambientes o áreas proyectadas para su dimensionamiento debido a que el tamaño, cantidad o número de áreas en el hospital, así como las especificaciones eléctricas básicas de tomas y la necesidad de iluminación en el servicio quirúrgico entre otros, se determina de acuerdo a la complejidad de los servicios y procedimientos prestados.

En Colombia las disposiciones están representadas en las siguientes leyes, resoluciones y normas:

- LEY 09 DE 1979. Código Sanitario: Por el cual se dictan las medidas sanitarias para cualquier establecimiento.<sup>1</sup>
- Resolución 4445 de Diciembre 2 de 1996 del Ministerio de Protección Social: Por la cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del título IV de la Ley 09 de 1979 en lo referente a las condiciones sanitarias. Se aplicarán exclusivamente a la infraestructura física creada o modificada, a partir del 1 de noviembre de 2002.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> <http://www.minsalud.gov.co/Normatividad/LEY%200009%20DE%201979.pdf>

<sup>2</sup> <http://www.minsalud.gov.co/Normatividad/RESOLUCI%C3%93N%204445%20DE%201996.pdf>

- Resolución 05042 de Diciembre 26 de 1996 del Ministerio de Protección Social: Por la cual se modifica y adiciona la Resolución 4445 de 1996 los artículos 9, 37 y 41.<sup>3</sup>
- Ley 400<sup>4</sup> de 1997 y NSR<sup>5</sup> de 1998: Por el cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes de obligatorio cumplimiento para todas las construcciones.
- Resolución 1043 de 2006 Ministerio de Protección Social: Por la cual se establecen las condiciones que deben cumplir los Prestadores de Servicios de Salud, con sus anexos técnicos 1 y 2.<sup>6</sup>
- Resolución 2680 de 2007 Ministerio de la Protección Social: Modifica parcialmente la Resolución 1043 de 2006, con sus anexos técnicos 1 y 2.<sup>7</sup>
- Resolución 3763 de 2007 Ministerio de la Protección Social: Modifican parcialmente las Resoluciones 1043 de 2006 y la Resolución 2680 de 2007, anexo técnico.<sup>8</sup>

El sistema de salud está conformado por diferentes centros de atención médica, con su correspondientes actividades, intervenciones y procedimientos, están asociadas de acuerdo con la clasificación de los niveles de atención (I, II y III) o de baja, mediana y alta complejidad

---

<sup>3</sup> <http://www.minsalud.gov.co/Normatividad/RESOLUCI%C3%93N%205042%20DE%201996.pdf>

<sup>4</sup> [http://www.elabedul.net/Documentos/Leyes/1997/ley\\_400\\_1997.php](http://www.elabedul.net/Documentos/Leyes/1997/ley_400_1997.php)

<sup>5</sup>

[http://calidad.unad.edu.co/documentos/sgc/normograma/DOCUMENTOS/DOCUMENTO\\_1998\\_NOR\\_MASISMORESISTENCIA.pdf](http://calidad.unad.edu.co/documentos/sgc/normograma/DOCUMENTOS/DOCUMENTO_1998_NOR_MASISMORESISTENCIA.pdf)

<sup>6</sup> <http://www.minsalud.gov.co/Normatividad/RESOLUCI%C3%93N%201043%20DE%202006.pdf>

<sup>7</sup> <http://www.minsalud.gov.co/Normatividad/RESOLUCION%202680%20DE%202007.pdf>

<sup>8</sup> <http://www.minsalud.gov.co/Normatividad/RESOLUCI%C3%93N%203763%20DE%202007.pdf>

establecido por el Acuerdo 08 de 2009 de la Comisión de Regulación en Salud (CRES), que reemplazó el Manual de Actividades, Intervenciones y Procedimientos del POS (Resolución 5261 de 1994).

En la Figura 1 se muestra los tres niveles de atención médica, relacionando el grado de complejidad que se manejan con los procedimientos y servicios brindados en cada uno de ellos.

Figura 1. Niveles de atención médica



La Resolución Número 4445 de 1996 del Ministerio de Protección Social, indica los requisitos para la construcción y ubicación de instituciones prestadoras de servicio de la salud, las condiciones generales de pisos, cielo rasos, techos y paredes o muros, y en general las características de las áreas utilizadas tanto en procedimientos de alta, mediana o baja complejidad, incluyendo sus generalidades y dimensionamiento.

En la Tabla 1 se muestran las dimensiones mínimas de algunas áreas del centro hospitalario y consideraciones a tener en cuenta.

Tabla 1. Requisitos según Resolución 4445 de 1996

ÁREAS		DIMENSIONES		CONSIDERACIONES GENERALES
SERVICIOS AMBULATORIOS	Servicio de Consulta Externa	Sala de espera	Área mínima de 3 m <sup>2</sup> por consultorio	
		Consultorio	Área mínima de 10 m <sup>2</sup> con un lado mínimo de 2.50 m	
	Servicio de Urgencias	Sala de curaciones	Área mínima por camilla de 8 m <sup>2</sup>	
		Sala de reanimación	Área mínima por camilla de 12 m <sup>2</sup>	
		Sala de observación	Área mínima por camilla de 6 m <sup>2</sup>	
SERVICIO QUIRURGICO			Altura libre mínima de 2.80 m	Puertas de ancho mínimo de 1.4 m. Pisos con cuadrículas que no excedan 0.2 m de lado. Ventanas ubicadas para obtener iluminación uniforme en la mesa quirúrgica. Temperatura de 21 ° C, humedad relativa del 50 %, velocidad del viento de 60 cm/seg y renovación del aire entre 25 y 30 veces por hora.
SALA DE PARTOS			Altura mínima de 2.60 m Área libre mínima de 16 m <sup>2</sup>	
HOSPITALIZACION GENERAL			Cuartos individuales con área mínima por cama de 16 m <sup>2</sup>	El puesto de enfermera debe estar centralizado a una distancia no mayor a 35 m y controlar un máximo de 35 camas.
Hospitalización Adultos			Cuartos comunes de capacidad no mayor de 4 camas con un área libre mínima de 7 m <sup>2</sup>	
Hospitalización Pediátrica			Capacidad no mayor de 6 camas pediátricas con un área libre mínima de 6m <sup>2</sup> por cama. En los cuartos comunes para lactantes el área libre mínima por cuna será de 4 m <sup>2</sup>	
SERVICIOS DE CUIDADOS INTENSIVOS			Área mínima por cubículo de 8 m <sup>2</sup>	
RAYOS X			Área mínima de 20 m <sup>2</sup>	

Fuente:[1]

Los hospitales manejan los tres niveles de atención en la salud; visto desde la parte eléctrica, la prestación de servicios en las respectivas áreas, manejan condiciones especiales dependiendo de los procedimientos y equipo médico utilizado.

Este documento se centra en áreas especiales como atención general de cama de pacientes (nivel I, II y III), quirófanos (nivel II y III) y Unidades de Cuidados Críticos (nivel III). Se muestran aspectos relevantes y generalidades de la instalación eléctrica de las áreas mencionadas anteriormente independiente del tipo de atención prestado (nivel I, II o III), es decir, si el quirófano es usado en procedimientos de mediana y alta complejidad, las recomendaciones técnicas de las instalaciones eléctricas dirigidas a estas áreas aplican en forma general para los hospitales que manejan los dos tipos de servicios.

## 5 NORMATIVA UTILIZADA

Para realizar la estructuración del proyecto se recopiló la información referente al diseño de instalaciones eléctricas hospitalarias proveniente de las diferentes normativas y recomendaciones de organismos internacionales:

- NTC 2050 Norma Técnica Colombiana 2050
- NFPA 70 (NEC) National Electrical Code
- NFPA 99 Standard for Health Care Facilities
- NFPA 110 Standard for Emergency and Standby Power Systems
- NFPA 101 Código de Seguridad Humana
- IEEE 602 Electric Systems in Health Care Facilities (WHITEBOOK)
- RETILAP Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público
- RETIE Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas
- NTC 1700 Norma Técnica Colombiana 1700
- IESNA Lighting Handbook
- AEA 90364-7-710 Asociación Electrotécnica Argentina, Reglas particulares para la ejecución de las instalaciones eléctricas en inmuebles / locales para usos médicos y salas externas a los mismos.

## 6 ANÁLISIS DE LA SECCIÓN 517 DEL NEC Y LA NTC 2050

En este capítulo del libro se analiza la información extraída de las normas, a través de una comparación de los artículos que difieren o tienen en consideración otros aspectos en una instalación eléctrica hospitalaria.

Es importante resaltar que el reglamento interno de instalaciones eléctricas (RETIE) en el artículo 39° REQUISITOS ADICIONALES PARA LUGARES DE ATENCIÓN MÉDICA en el numeral “a” especifica que se debe cumplir lo establecido por la NTC 2050 particularmente en la sección 517, donde la última actualización fue el 25 de noviembre de 1998.

La NTC 2050 se basa en la edición de 1996 del National Electrical Code (NEC) publicado por la National Fire Protection Association (NFPA), organismo que emite actualización cada tres años. Por lo tanto se tomó como referencia el NEC de 2011 para comparar con la NTC 2050 las modificaciones realizadas hasta la fecha.

A continuación se expondrá los aspectos más relevantes encontrados en la investigación:

- LA NTC 2050 especifica en el artículo 517.13. *Puesta a tierra de los tomacorrientes y equipos eléctricos fijos en área de cuidado del paciente*, en una de sus excepciones, el uso de cables certificados tipo MC, MI o AC en vez de canalizaciones metálicas siempre que el blindaje externo o el recubrimiento del cable estén identificados como medio aceptable de puesta a tierra. Por otra parte el NEC resalta que en los circuitos de emergencia no se permite el uso de cable metal-clad (tipo MC), sin embargo tiene una aplicación limitada para los paneles de pared prefabricados de grado médico.

También la NTC 2050 en este artículo dice que no es necesario poner a tierra mediante un conductor aislado los aparatos de alumbrado que estén a más de 2.3 m sobre el piso e interruptores localizados fuera de la proximidad de los pacientes, mientras que el NEC dice que podrá ser conectado a un equipo de retorno como canalizaciones metálicas o cables blindados sin que exista una tierra redundante ya que es poco probable que el paciente pueda estar en contacto con estos elementos, o que el personal ponga en contacto el elemento y el paciente al mismo tiempo.

El NEC pide proveer camino redundante de puesta a tierra para los circuitos de emergencia, ya sea apantallado o tubería metálica puesta a tierra. En Colombia no es comercial el cable apantallado de calibre mayor a 8 AWG por lo que se acostumbra a usar THHN con tubería metálica.

- En Colombia al realizar el diseño de una instalación eléctrica hospitalaria se debe tener en cuenta que cuando se utiliza la transferencia automática, se recomienda hacerla en media tensión puesto que sale más rentable que si fuese en baja tensión.
- El NEC adiciona otras funciones con respecto a las de la NTC 2050 que deben ir conectadas al ramal vital perteneciente al sistema de emergencia como:
  - a. Sistemas de alarma y alerta que incluye la mecánica, el control y otros accesorios requeridos para la efectiva operación del sistema de seguridad de vida.

Un ejemplo de esto es el sistema de control de los quirófanos para garantizar las condiciones ambientales de temperatura, humedad y número mínimo de renovaciones aire hora.

**b.** Accesorios del grupo electrógeno.

**c.** Puertas automáticas.

- La NTC 2050 considera los sistemas de alimentación, retorno y salida de humos de los quirófanos y salas de partos, unidades de cuidados intensivos, unidades coronarias, nidos, salas para aislamiento de infecciones, salas de tratamiento de urgencias y los ventiladores de salida de humos para campanas de extracción en los laboratorios, áreas de medicina nuclear en las que se utilice material radiactivo, salida de óxido de etileno y de gases anestésicos como equipos para conexión automática retardada manual mientras que el NEC como conexión automática retardada.
- El tema referente a los lugares de anestesia peligrosos (uso de gases anestésicos inflamables) y no peligrosos se conserva aún en el NEC. La NFPA 99 en la actualidad incluye los requisitos necesarios para la instalaciones eléctricas en lugares de inhalación de gases anestésicos en el Anexo E con la siguiente nota: *“El texto plasmado en este anexo es una recopilación de los estándares incluidos en previas ediciones de la NFPA 99 para la práctica segura en instalaciones que usan agentes inhalatorios inflamables. Este material ha sido retenido en este anexo por el Comité Técnico en Servicios de Anestesia por las siguientes razones: (1) El Comité es conoedor que en regiones fuera de los Estados Unidos aún utilizan agentes anestésicos inflamables. (2) Mientras el Comité esté en conocimiento de que cualquier escuela de medicina dentro de los Estados Unidos que aún esté enseñando el*

*uso apropiado de anestésicos inflamables o cualquier institución de salud en E.E.U.U. que aún utilice anestésicos inflamables, el retener este material dentro de las ediciones de la NFPA servirá como un recordatorio de las precauciones que serían necesarias si el uso de este tipo de anestésicos se reinstituyera”*

Por lo dicho anteriormente, en E.E.U.U ya no se condiciona la instalación obligada de transformadores de aislamiento en áreas de cuidados críticos ya que actualmente no se usa gases anestésicos inflamables. Al momento de decidir instalar un IPS debe hacerse en forma conjunta con la administración del hospital, el personal médico, de ingeniería biomédica, y de diseño de las instalaciones del hospital.

Es importante resaltar que a pesar de la eliminación de los anestésicos inflamables, los incendios pueden ocurrir en salas de cirugía, principalmente debido a la ignición de cortinas de pacientes que están en estrecha proximidad a los dispositivos de electrocauterización. Hoy en día los sistemas eléctricos, ya no son la fuente principal de incendios dentro de las salas de operaciones. Varios agentes utilizados en áreas quirúrgicas (tales como alcohol, que se utiliza como un agente limpiador y antiséptico) pueden ser encendidos, por chispas de los dispositivos de electrocirugía si no se utilizan adecuadamente, aunque los germicidas líquidos inflamables están prohibidos en la NFPA 99 donde la cauterización o electrocirugía se optimiza.

En Colombia la instalación de IPS es uno de los requisitos exigidos por el RETIE en lugares como quirófanos, salas de cirugía o de neonatología, unidades de cuidados intensivos, unidades de cuidados especiales, unidades de cuidados coronarios, salas de partos, laboratorios de cateterismo cardíaco o laboratorios angiográficos,

salas de procedimientos intracardíacos, así como en áreas donde se manejen anestésicos inflamables, debido a que el paciente puede estar conectado a equipos que puedan introducir corrientes de fuga en su cuerpo.

## 7 SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN[2]

En la actualidad los equipos eléctricos hacen parte fundamental de las tareas realizadas por el hombre, en la medicina esta tendencia no es la excepción gracias al gran avance tecnológico en los procedimientos dirigidos a preservar la salud y reducir el tiempo de hospitalización de los pacientes, usando cada vez más instrumentos y equipos eléctricos de gran complejidad, que exigen un adecuado diseño del sistema de distribución para garantizar el servicio continuo y confiable de energía eléctrica en la edificación.

La continuidad de energía eléctrica es un factor importante en el planeamiento y diseño del sistema, en el infortunado caso que un hospital sufra la pérdida total o parcial de la energía eléctrica, se pueden llegar a presentar graves problemas de funcionamiento como:

- Pérdida de iluminación: no es posible realizar un examen médico, el desarrollo de un proceso quirúrgico, la realización de un trabajo preciso en el laboratorio y se pone en riesgo la vida de los ocupantes de la institución por el alto número de personas que continuamente circulan dentro de ella.
- Pérdida de refrigeración en bancos de órganos, huesos o sangre, que ocasionaría el deterioro de los mismos ubicados en el laboratorio.
- Pérdida de potencia en los equipos de soporte de vida como bombas de vacío, máquinas de diálisis, ventiladores respiratorios que tengan resultados fatales en los pacientes.

Para el diseño de una instalación hospitalaria se debe coordinar con el arquitecto los espacios físicos que aseguren el cumplimiento de las necesidades de los sistemas eléctricos.

## 7.1 PLANEACIÓN DEL SISTEMA[2]

La fuente de alimentación normal es suministrada por la empresa de energía local para atender la demanda del hospital. Como este es alimentado a media tensión (34,5 kV ó 13,2 kV) son usuarios no regulados.

Algunos aspectos en los que están interesados los operadores de red (OR) por tratarse de una instalación especial son:

- Tamaño de la demanda. (Ver sección 8.2 Cargas y Equipos)
- Factor de potencia proyectado.
- Factor de carga.
- Tamaño de motores más grandes.
- Métodos de arranque.
- Demandas inusuales o requerimientos de servicio.
- Limitación para el tamaño de la carga.
- Disponibilidad de más de un circuito alimentador.

El tipo de configuración (ver sección 8.4 Configuraciones del sistema de potencia) estará determinado por ciertos factores del sistema eléctrico ofrecidos por la empresa y determinarán su diseño de forma significativa. Algunos puntos a considerar son:

- Tipo de red (aérea o subterránea).
- Requisitos de espacio para equipos.
- Protección del medio ambiente (niveles de ruido o residuos de combustibles).
- Confiabilidad del sistema (redundancia).
- Generación interna (requisitos para operación en paralelo con la red).
- Requisitos de protección y coordinación.

## 7.2 CARGAS Y EQUIPOS BÁSICOS DEL HOSPITAL[2]

Los datos históricos de diferentes instalaciones hospitalarias es un buen punto de partida para estimaciones iniciales de las cargas, sin embargo deberán aplicarse con precaución porque se trata de datos tomados de una o varias instalaciones particulares, con determinados servicios, número de pacientes, condiciones meteorológicas, horas de operación, cargas probables, etc.

No es suficiente cubrir la demanda pensada en el momento, porque poco a poco crece la cantidad de equipos eléctricos y así mismo los tomacorrientes necesarios sin dejar de lado el espacio ocupado en los paneles, cuartos de control, y salas dedicadas a ellos.

Antes de dimensionar los componentes del grupo electrógeno se analiza las cargas como: iluminación, sistemas de alarma y alerta, aire acondicionado, sistema hidráulico, sistema crítico y vital. Se mira en detalle cuales podrían estar disponibles en el momento de la interrupción de la red normal, por ejemplo cuando esté funcionando la alimentación de emergencia, dejen de funcionar los tomacorrientes dedicados de uso normal utilizados para cargar el celular o conectar el TV. (Ver Capítulo 9 SEE)

Las cargas impuestas por el sistema de iluminación deben ser aplicables en interés de la gestión de energía y la capacidad óptima del sistema de distribución. (Ver Capítulo 15 ILUMINACIÓN)

Las cargas de potencia a tener en cuenta son:

- Calefacción, Ventilación, Aire Acondicionado y Refrigeración (HVAC & R).
- Transporte (Ascensores, escaleras eléctricas)
- Bombas auxiliares (contra incendio, de vacío, tubo neumático).
- Equipo Funcional.
- Cocina.
- Diálisis.
- Sistemas de comunicaciones.


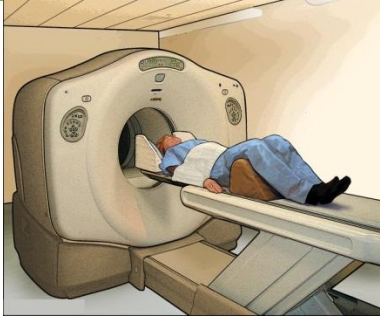


- Servicio de lavandería.
- Equipo médico.
- Sistemas de imágenes y rayos X
- Equipo de terapia de radiación.
- Laboratorio.
- Cirugía.
- Cuidados intensivos (UCI).
- Farmacia.
- Registros médicos

Los equipos de HVAC tienen el mayor efecto sobre la carga, aunque depende del tipo utilizado será en mayor o menor medida. Los factores de diversidad son apropiados para los hospitales que tienen un gran número de motores de diferentes tipos (compresores, bombas) que operan de forma intermitente. Los ascensores son generalmente grandes cargas, pero no representan una gran parte de la carga total.

Los grupos funcionales representan todos los equipos que consisten en numerosas pero pequeñas cargas, y el efecto sobre el sistema eléctrico consiste en exigir espacio de paneles y circuitos múltiples.

Los alimentadores del equipo médico especializado requieren de atención especial. La calidad, la mínima perturbación y caída de la tensión son esenciales. Tiene además dos capacidades de carga: continua y momentánea, la continua es generalmente pequeña y la momentánea es un problema para el grupo electrógeno debido a su gran potencia. En la Tabla 2 se puede observar algunos equipos especiales disponibles en el mercado con sus respectivas características.

Tabla 2. Equipos médicos especializados.

EQUIPO	FABRICANTE	IMAGEN	CARACTERÍSTICAS
RAYOS X	TOSHIBA	 <p>Fuente:[3]</p>	<p>Requiere una capacidad de 50kVA                      Monofásico: 200/220 V CA.                      Frecuencia 60Hz con una fluctuación menor:                      200 V + 10 %                      200V - 5%                      220 V +/- 10 %</p>
TOMÓGRAFO	TOSHIBA	 <p>Fuente:[4]</p>	<p>125 kVA con una fluctuación menor a 10%                      tres fases de 380                      400,420,440,460,480 V CA                      con una fluctuación menor a 5%</p>
RESONANCIA	TOSHIBA	<p>La resonancia magnética</p>  <p>El escáner para la resonancia magnética</p> <p>Fuente:[5]</p>	<p>85 KVA Distribuida así:                      Tres fases de 200 V +/- 10%, desbalance 3%, 60 Hz +/- 1% (30 KVA). Tres fases de 400 V + 6%-10%, desbalance 3%, 60 Hz +/- 1% (35 kVA). Tres fases de 220 V (20 kVA)</p>
ANGIÓGRAFO	TOSHIBA	 <p>Fuente:[6]</p>	<p>100 kVA, línea de voltaje trifásica de 380/400/415/440/480 V CA, línea de voltaje monofásica de 8 KVA de 200/210/220/230 o 240 V CA</p>

En la Tabla 3 se puede encontrar ciertos equipos electromédicos utilizados en diferentes áreas con sus respectivas características.

Tabla 3. Equipos electromédicos básicos en áreas del hospital.

ÁREA	EQUIPO	FABRICANTE	CARACTERÍSTICAS
<b>IMAGENOLÓGÍA</b>	Rayos X Estacionario	SHIMADZU ó TOSHIBA	Consumo eléctrico: 20 kVA Voltaje: 220 V
	Rayos X Portátil	PHILIPS	Consumo eléctrico: 125 kVA Voltaje: 220 V
	Ultrasonido	ALOKA ó TOSHIBA	Consumo eléctrico: 400 W Voltaje: 100-120 V/ 200-220 V
	Gastroduodenoscopio flexible de fibra óptica	OLYMPUS ó PENTAX	Consumo eléctrico: 200 W Voltaje: 110 V
<b>LABORATORIO CLÍNICO</b>	Centrífuga	HETTICH	Consumo eléctrico: 300 VA Voltaje: 127/240 V
	Microcentrífuga	KOKUSAN	Consumo eléctrico: 180 W Voltaje: 110 V
	Centrífuga de hematocrito	KOKUSAN	Consumo eléctrico: 200 W Voltaje: 110 V
	Fotómetro	ERMA AE-600	Consumo eléctrico: 100 W Voltaje: 110/120 V
	Baño María	SAKURA	Consumo eléctrico: 1 KW Voltaje: 110 V
	Destilador de agua	SHIMIZU	Consumo eléctrico: 3 KW Voltaje: 220 V
	Hemoglobinómetro	ERMA	Consumo eléctrico: 20 W Voltaje: 110/ 220 V
	Horno	ALP	Consumo eléctrico: 1500 VA Voltaje: 120 V
<b>CENTRAL DE ESTERILIZACIÓN</b>	Autoclave	BOYN Inc	Consumo eléctrico: 3000 W Voltaje: 220 V
<b>TERAPIA INTENSIVA</b>	Desfibrilador	INNOMED	Consumo eléctrico: 279 W máx Voltaje: 100/240 V
	Bomba de infusión	BIODIET	Consumo eléctrico: 64 VA Voltaje: 127-220 V
	Aspiradora	AKUA Serie oil	Consumo eléctrico: 3450 W Voltaje: 110 V

Tabla 3. (continuación)

ÁREA	EQUIPO	FABRICANTE	CARACTERÍSTICAS
<b>TERAPIA INTENSIVA</b>	Monitor de Signos vitales	DREMED	Consumo eléctrico :menor a 150 VA Voltaje: 100/240 V
<b>TERAPIA INTENSIVA</b>	Ventilador Presiométrico	SIARE	Consumo eléctrico:50 W Voltaje: 110/240 V
<b>QUIROFANO</b>	Desfibrilador	INNOMED	Consumo eléctrico:279 W máx Voltaje: 100/ 240 V
	Bomba de infusión	BIODIET	Consumo eléctrico:64 VA Voltaje: 127/220 V
	Equipo de respiración artificial	DRAGER	Consumo eléctrico:125 W Voltaje: 100/240 V
	Aspiradora	AKUA Serie oil	Consumo eléctrico:3450 W Voltaje: 110 V
	Monitor de Signos vitales	DREMED	Consumo eléctrico :menor a 150 VA Voltaje: 100/ 240 V
	Máquina de Anestesia	MEDEC	Consumo eléctrico menor a 100VA Voltaje: 100/ 240 V
	Lámpara central del quirófano	DREMED	Consumo eléctrico:510 VA Voltaje: 120/ 230 V
Bisturí electrónico	ALSA	Consumo eléctrico:260 VA Voltaje: 110/ 230 V	

*Nota: La especificaciones y los requerimientos necesarios para la conexión del equipo a la red vienen dadas por el fabricante.*

### 7.3 NIVEL DE TENSIÓN

La selección del nivel de tensión adecuado es importante al momento de considerar factores como la regulación y calidad del suministro (con alto contenido de armónicos). Los niveles de tensión dependerán del nivel disponible, el tamaño de las instalaciones, los tipos de cargas (ver sección 8.2 Cargas y Equipos), requisitos de expansión y costo. Normalmente un hospital de gran potencia es alimentado por la red de media tensión y es disminuido a un nivel de 208/120 V. Si el nivel de 480 V está presente, se

ofrecen ciertas ventajas para el suministro de cargas más grandes, utilizando conductores de menor calibre reduciendo las pérdidas. Estos niveles especiales se pueden obtener mediante transformadores tridevanado para la alimentación de las salas especiales (ver tabla 2 Equipo médico especializado). Hay que tener en cuenta el peligro potencial que se puede generar para el personal de operación y mantenimiento cuando se mezclan tensiones en aplicaciones similares dentro de la misma edificación.

Una vez seleccionado el nivel de tensión, se debe hacer una revisión cuidadosa de las especificaciones de cada uno de los equipos adquiridos que garantice la correcta conexión al sistema eléctrico del edificio.

#### **7.4 CONFIGURACIONES DEL SISTEMA DE POTENCIA[7]**

Existen varias configuraciones del sistema de potencia que se pueden encontrar en los hospitales, comprenden niveles desde 208 V hasta 15 kV. Aunque las siguientes configuraciones no representan todos los diseños, son los más comunes, y suelen cumplir con los requisitos del SEE tipo 1 (ver Capítulo 9 SEE). El tipo de diseño del sistema es primordial donde el costo no es la única preocupación, la fiabilidad, la capacidad de ampliación, la operación y el mantenimiento deberán ser considerados como prioritarios en dicha selección. [8]

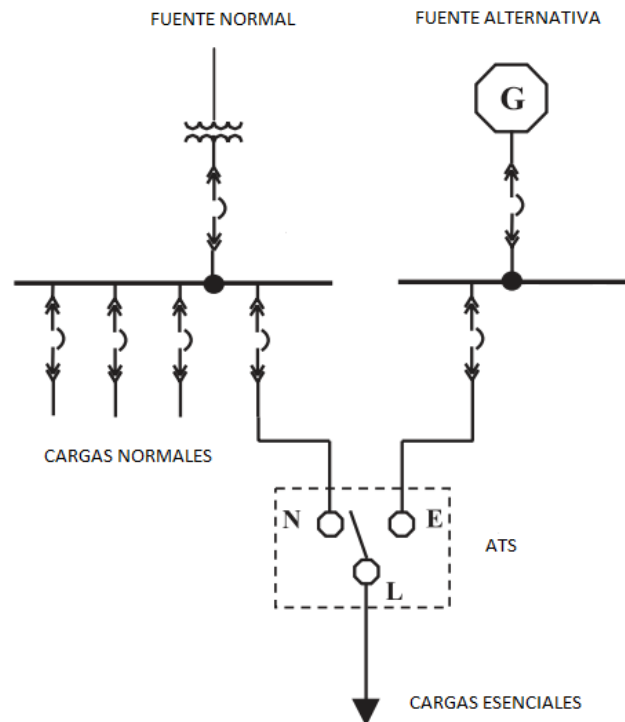
##### **7.4.1 Sistema radial**

Tiene un bajo costo inicial, es de fácil mantenimiento y comprensión por el personal a cargo. Permite una ampliación de forma cómoda y presenta una falla a tierra radial. Su desventaja radica en que se pueden producir interrupciones del suministro debido a fallas o mantenimiento, en caso de presentarse, todo el sistema se pierde durante 10 segundos hasta que el

grupo electrógeno entre en línea (ver Sección 9.1.1). Se usa principalmente en hospitales de bajo consumo.

En la Figura 2 se muestra un esquema del sistema.

Figura 2. Sistema radial

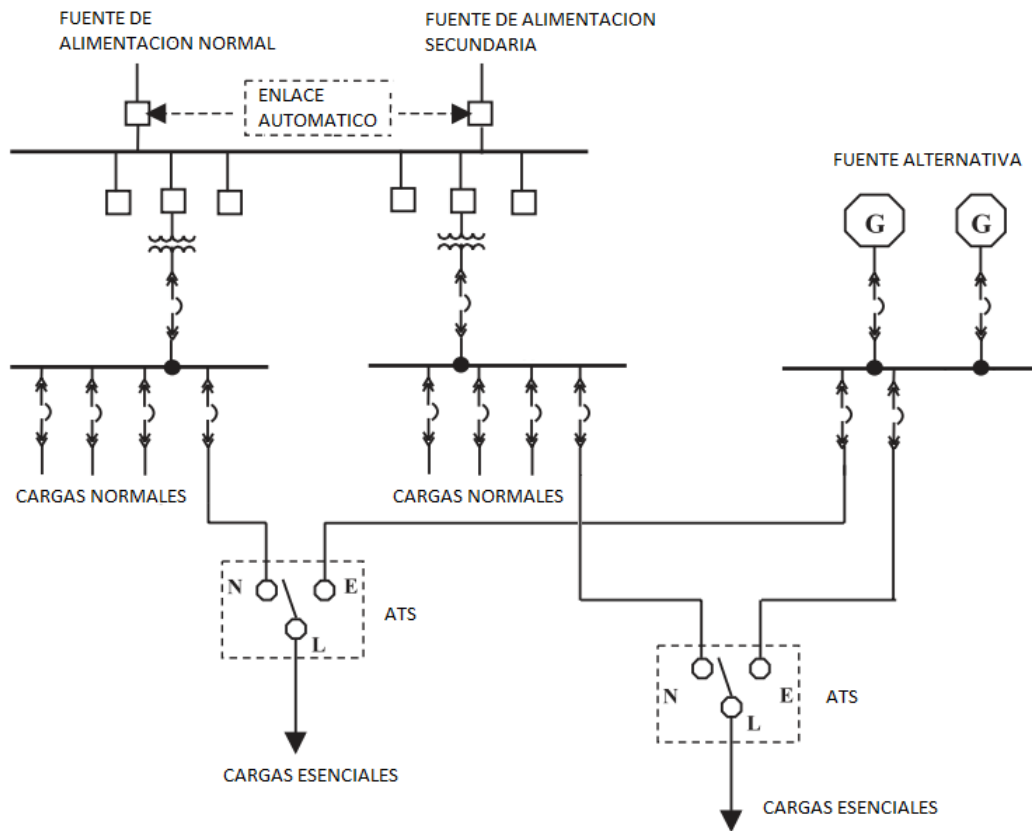


Fuente: [7]

#### 7.4.2 Fuente radial dual y generador dual

Tiene la capacidad de ser alimentado por dos fuentes convencionales diferentes a través de un enlace automático como se muestra en la Figura 3. Llegado el caso en que el suministro normal o el secundario llegaran a fallar, las plantas de emergencia o el grupo electrógeno suplen la demanda de las cargas esenciales (ver Sección 9.1.1 Grupo electrógeno). Este modelo es fiable y normalmente es usado en hospitales de gran tamaño. La desventaja que presenta es el alto costo debido a la cantidad de equipos adicionales necesarios para su funcionamiento.

Figura 3. Sistema con fuente dual y generador dual



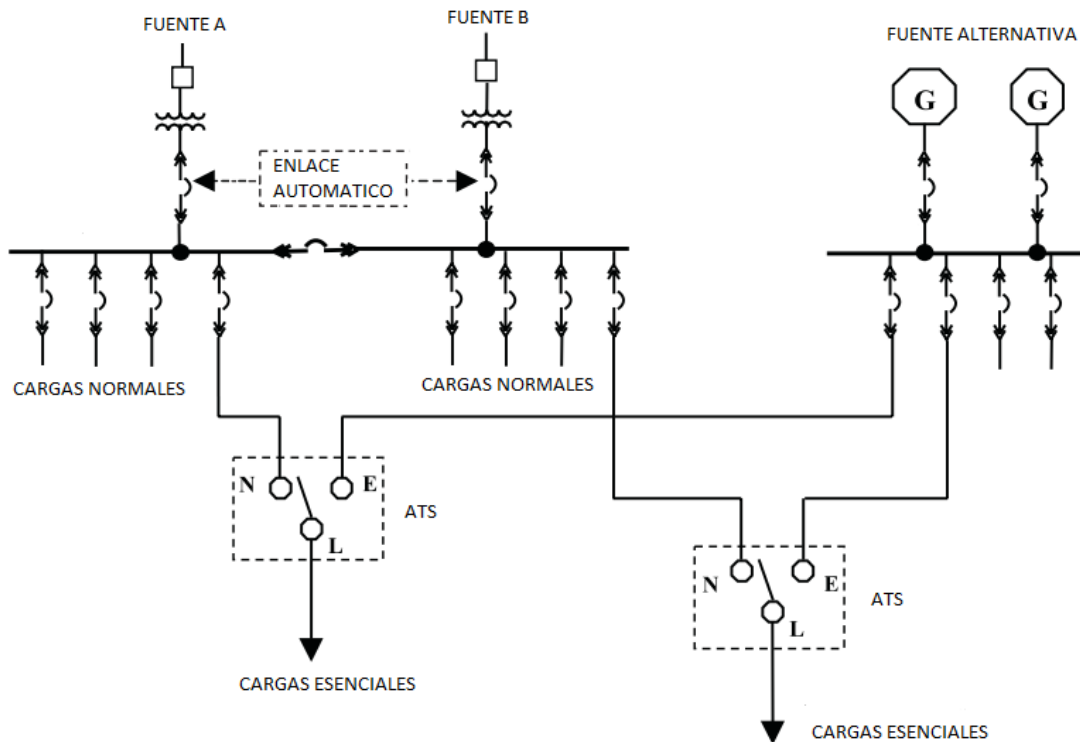
Fuente:[7]

### 7.4.3 Sistema selectivo secundario[2]

Permite la transferencia de una fuente normal a otra, garantizando el funcionamiento de las cargas normales y esenciales (ATS, ver Secciones 9.1.1.4, 9.1.1.5, 9.1.1.6), es muy importante en el caso de presentarse una falla o al momento de llevar a cabo el mantenimiento en algún transformador. La puesta a tierra en el sistema puede presentar problemas debido a las corrientes circulantes en los neutros del transformador.

En la Figura 4 se aprecia la configuración del sistema.

Figura 4. Sistema selectivo secundario

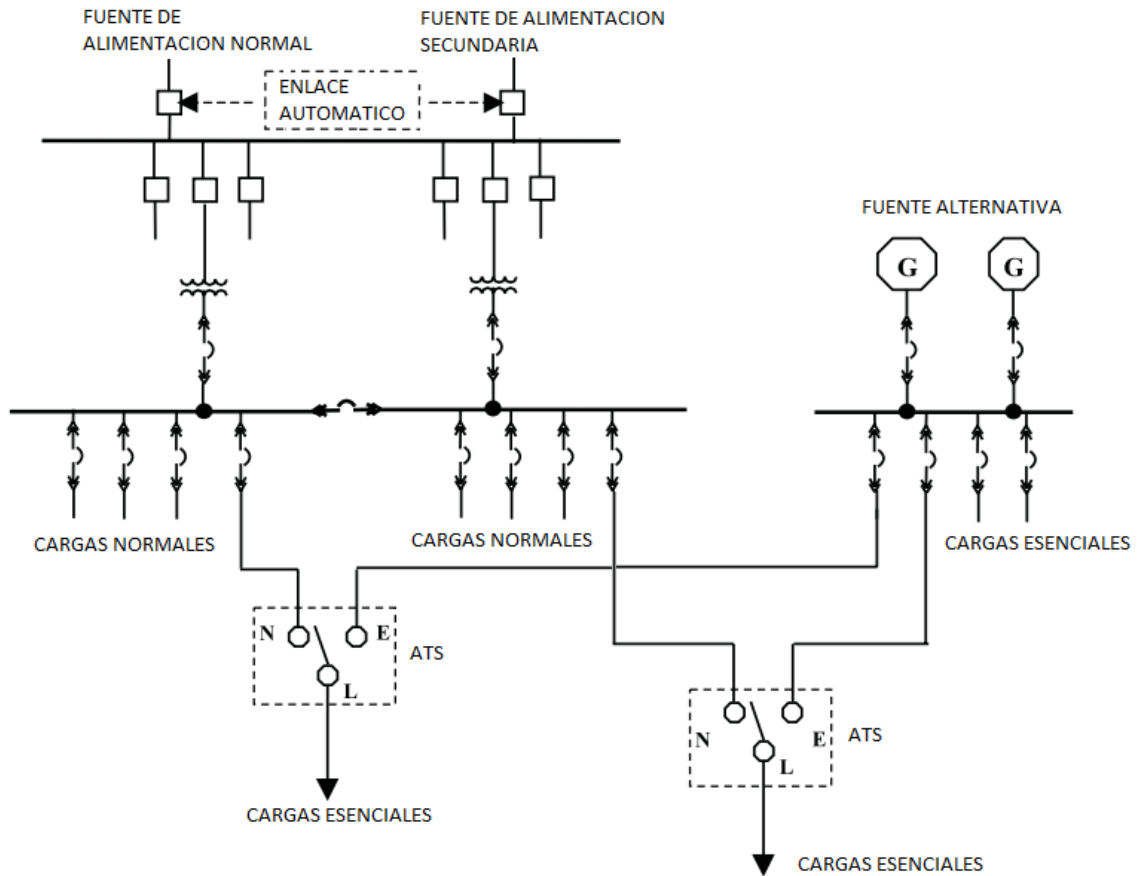


Fuente: [7]

#### 7.4.4 Fuente dual selectiva y generador dual selectivo[2]

El sistema combina las ventajas de ambas fuentes primaria y secundaria de los sistemas selectivos utilizados con las plantas de emergencia como se puede ver en la Figura. 5. Proporciona fiabilidad pero es el más costoso, por esto se debe realizar un completo estudio financiero que justifique la inversión adicional.

Figura 5. Sistema de fuente dual selectivo y generador dual.



Fuente: [7]

## 7.5 PROTECCIÓN DEL SISTEMA

Proteger el sistema ante amenazas causadas por sobrecorrientes y sobretensiones transitorias es esencial y fundamental, porque estas pueden interferir produciendo una pérdida en un equipo, una falla al sistema o generar lesiones personales.[9]

Un proceso de protección puede resumirse en tres etapas:

- Detectar corrientes y/o tensiones
- Analizar si esos valores son o no perjudiciales al sistema. (lógica)
- Si son perjudiciales, desconectar la parte de la falla en el menor tiempo posible (Acción).

### 7.5.1 Coordinación selectiva

Básicamente está compuesto por:

- Selección del dispositivo adecuado a proteger el sistema
- Selección de la corriente adecuada y la configuración de los dispositivos para que trabajen en forma selectiva.[9]

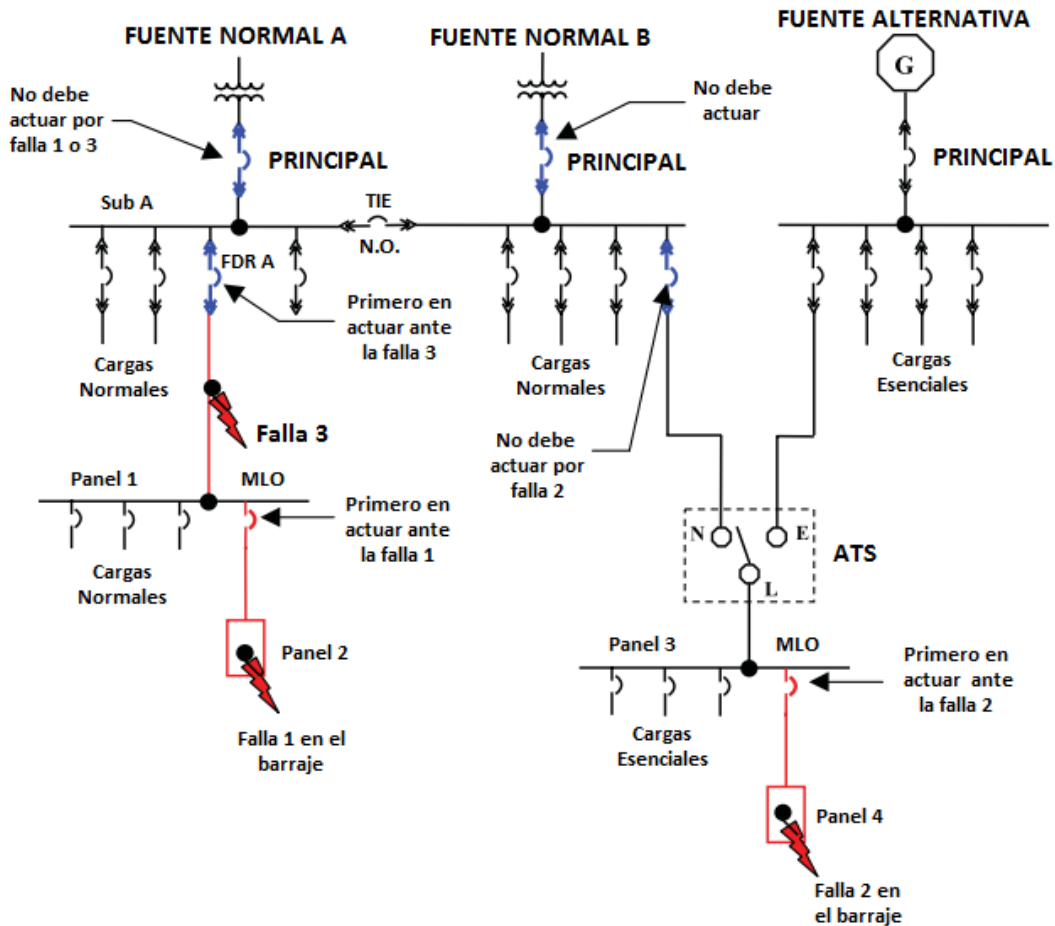
La coordinación de los dispositivos de protección está encaminada a la actuación del dispositivo más cercano a la falla que garantice la menor salida de cargas posibles. La configuración y la topología del sistema pueden mejorar la selectividad de las protecciones. [2]

Los sistemas de protección contra fallas a tierra que funcionen en la acometida y los medios de desconexión del alimentador, deben ser totalmente selectivos de modo que, cuando se produzca una falla a tierra en el lado de la carga del dispositivo de protección del alimentador, se abra el dispositivo de protección del alimentador y no el de la acometida. Los valores de disparo entre ellos debe haber una separación mínima de seis ciclos. El tiempo de funcionamiento de los dispositivos de desconexión se debe tener en cuenta al calcular la separación entre los dos disparos para conseguir una selectividad del 100%. Cuando se instale por primera vez el dispositivo de protección contra fallas a tierra se debe probar en sus dos niveles. [10]

En la Figura 6 se muestra algunos ejemplos de fallas que pueden ocurrir en el sistema eléctrico del hospital. Para la falla 1, el primer dispositivo que debe actuar es el más cercano al panel 2, si el dispositivo aguas abajo del panel no opera, y el dispositivo de sobrecorriente aguas arriba (FDR A) actúa, todas las cargas en el panel 1 quedaran fuera, presentando una interrupción innecesaria. Para la falla 3, debe actuar el FDR A que aisle todo el panel 1, si esto no llega a ocurrir, el dispositivo principal actuaría y el hospital perdería la fuente de alimentación principal, dejando más cargas sin suministro. De forma similar, se podría presentar el mismo problema con la falla 2, obligando

al ATS a hacer la transferencia con la fuente de emergencia sin ninguna necesidad.[7]

Figura 6. Ejemplos de fallas en el sistema



Fuente: [7]

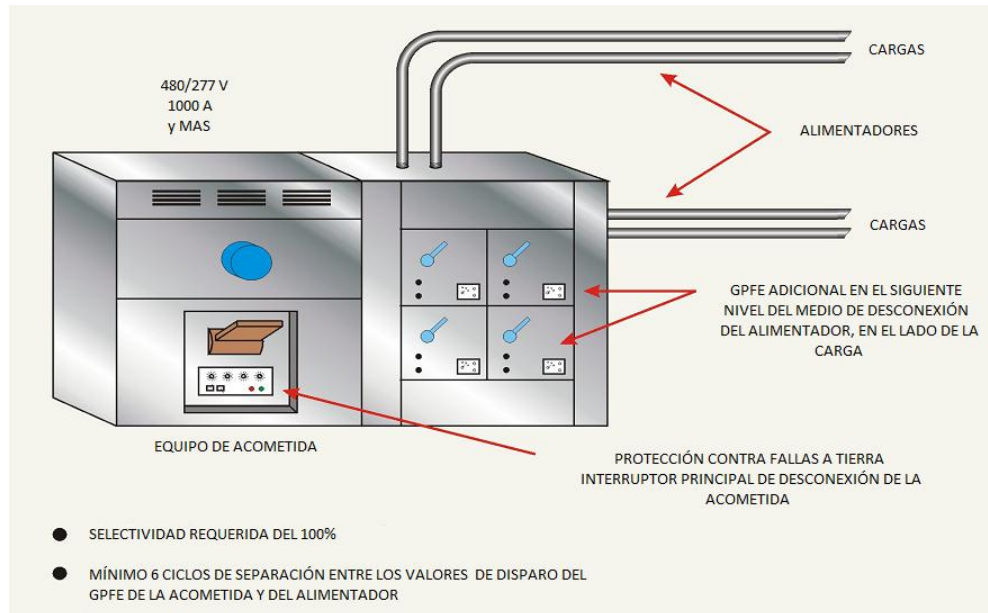
## 7.5.2 Protección contra fallas a tierras[10]

### 7.5.2.1 Alimentadores

Cuando la protección contra fallas a tierra consista en el funcionamiento del medio de desconexión de la acometida o del alimentador, como lo establece el Artículo 230-95 o 215-10 de la NTC 2050, se debe instalar una protección adicional contra fallas a tierra en el siguiente nivel del medio de desconexión del alimentador, en el lado de la carga (ver Figura 7). Tal protección debe consistir en dispositivos de protección contra sobrecorriente y

transformadores de corriente u otro sistema protector equivalente que haga que se abra el medio de desconexión del alimentador. [10]

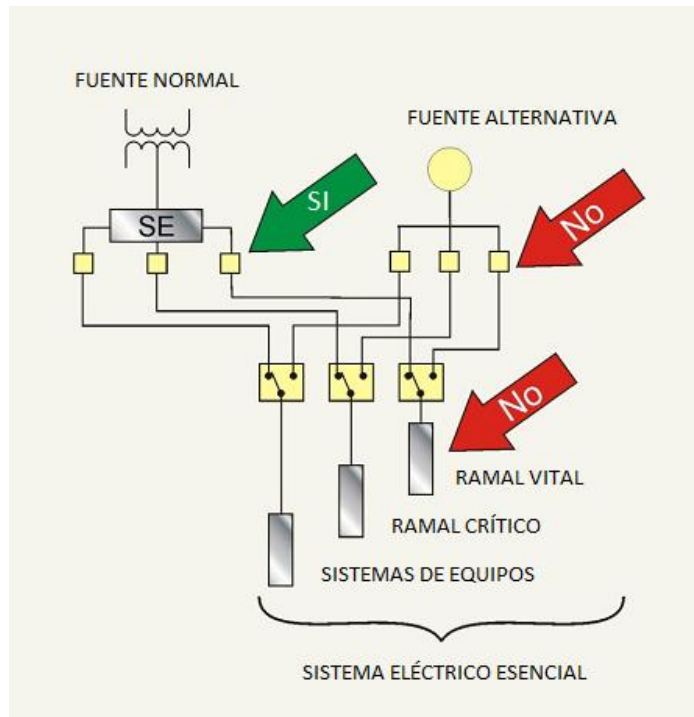
Figura 7. GFPE (Equipos de protección contra falla tierra) adicional



Fuente: [11]

Estos dispositivos adicionales de protección contra fallas a tierra no se deben instalar: en el lado de la carga de un conmutador de transferencia de un sistema eléctrico esencial, ni entre los grupos electrógenos y el conmutador de transferencia del sistema eléctrico esencial como se muestra en la Figura 8, ni en sistemas eléctricos en estrella no puestos a tierra sólidamente con más de 150 V a tierra pero que no superen los 600 V entre fases.

Figura 8. Lugares en donde no se deben instalar los GFPE



Fuente: [12]

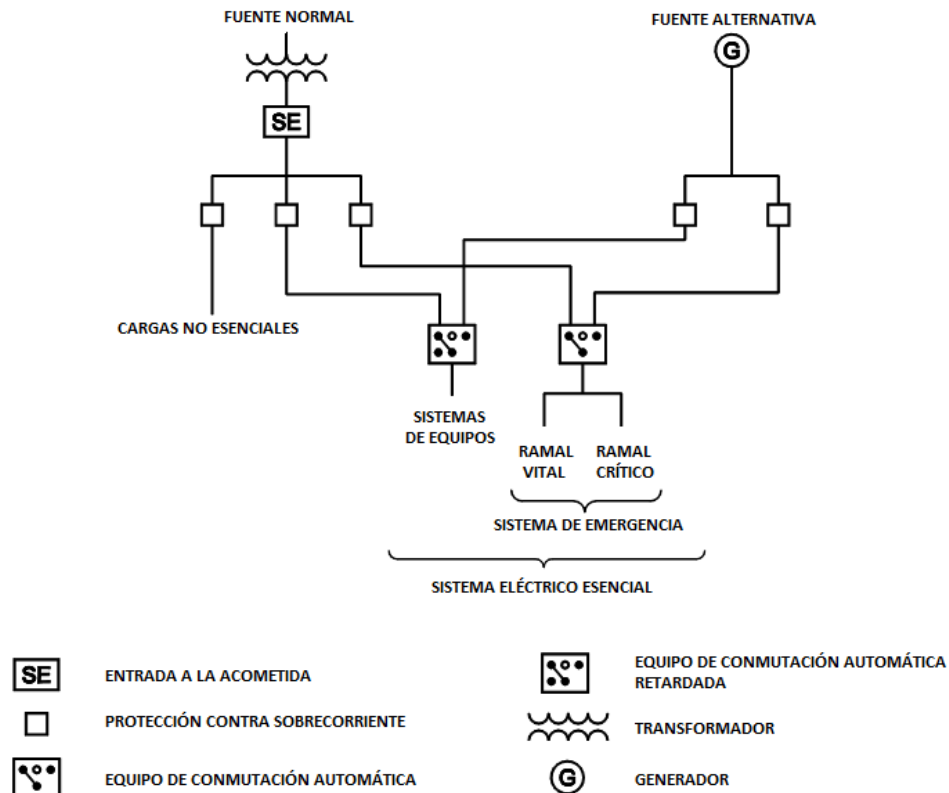
## 7.6 CIRCUITOS DE DISTRIBUCIÓN[10]

El sistema eléctrico del hospital está dividido básicamente en (ver Figura 9):

- **SISTEMA NORMAL:** Está constituido por los circuitos y los equipos de distribución que suministran energía eléctrica a partir de la fuente de alimentación convencional, a las cargas que no se consideran como esenciales para la seguridad de los pacientes, el personal o el funcionamiento del establecimiento.
- **SISTEMA ELÉCTRICO ESENCIAL (ver Capítulo 9):** Compuesto de dos sistemas separados capaces de suministrar una cantidad de iluminación y servicio de alimentación que se considera esencial para la seguridad de la vida y funcionamiento eficaz del hospital durante el tiempo que el servicio eléctrico normal se interrumpe por cualquier

motivo. Estos dos sistemas será el sistema de emergencia (ver Sección 9.2) y el sistema del equipo (ver Sección 9.3).

Figura 9. Representación del Sistema normal y SEE del hospital.



Fuente: [10]

### 7.6.1 ÁREAS DE CAMAS DE LOS PACIENTES[10]

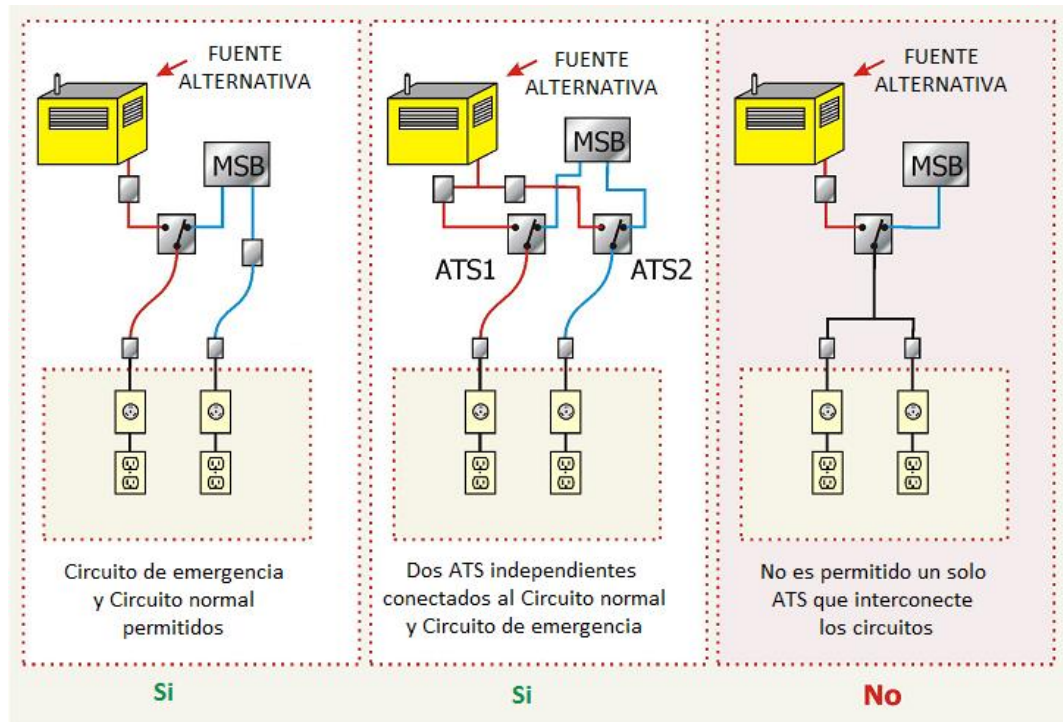
Cada área de cama debe estar servida por lo menos por dos circuitos ramales. Uno procedente del sistema de emergencia y otro del sistema normal. Todos los circuitos ramales del sistema normal deben originarse en el mismo panel de distribución.

#### Excepciones

- No es necesario que esté conectado al mismo panel o paneles de distribución los circuitos ramales utilizados únicamente para salidas o tomacorrientes para equipos especiales, como los equipos portátiles de rayos X.

- No se exigirá que un espacio para una cama de paciente de cuidado general, alimentado por dos interruptores de transferencia separados en el sistema de emergencia, tenga circuitos del sistema normal. (ver Figura 10)

Figura 10. Acciones permitidas con los ATS para área de cama de pacientes.



Fuente:[12]

## 8 SISTEMA ELÉCTRICO ESENCIAL (SEE)

El SEE tipo 1<sup>9</sup>, tiene los requisitos más estrictos para asegurar la continuidad del servicio eléctrico y según la NFPA 99, Sección 4.4 deberá ser diseñado teniendo en cuenta las siguientes consideraciones importantes:

- Dos fuentes de alimentación normal.
- Reducir al mínimo las interrupciones en el sistema eléctrico debido a fallos internos.
- Existencia de sobretensiones y huecos de tensión.
- Capacidad rápida de restauración después de eliminar una falla.
- Flexibilidad del sistema, permitiendo en un futuro aumento de carga y/o capacidad de suministro.
- Estabilidad y capacidad de potencia del motor principal durante y después de condiciones anormales.
- Secuencias de reconexión de cargas para evitar las grandes corrientes que disparen los dispositivos de sobrecorrientes y sobrecargas del generador.
- Sistema Bypass para permitir pruebas y mantenimiento de los componentes del sistema que de otra manera no se podrían realizar sin la interrupción del sistema.
- Efectos de las corrientes armónicas en el conductor del neutro y los equipos.

El SEE debe tener una capacidad suficiente para satisfacer la demanda de funcionamiento de todos los equipos y artefactos conectados a cada sistema y ramal.[10]

Según la NTC 2050 se debe tener un mínimo de dos fuentes independientes de energía eléctrica, una fuente normal que generalmente suministra la totalidad de las cargas de la instalación y una o más fuentes de alimentación

---

<sup>9</sup> Es aquel en el que están conectados equipos electro médico de soporte de vida.

alternativa (grupo electrógeno) que suministren energía cuando la fuente normal se vea interrumpida.[10]

Se permite que las fuentes de alimentación y las fuentes alternativas (grupos electrógenos) de suministro de los hospitales alimenten el SEE de instalaciones contiguas o en el mismo sitio.

Los transformadores se usan generalmente tipo seco con aislamiento clase H (resistencia térmica de los materiales aislantes de 180°C y 220°C), se encuentra a lado de la carga de los interruptores de transferencia que abastecen la seguridad de la vida y de los ramales fundamentales del SEE. [2]

Las ventajas de usar los transformadores en seco son:

- Mantenimiento mínimo, se evita el análisis dieléctrico y fisicoquímico que se hace al aceite para conocer su estado.
- Libre de contaminantes.
- Amigable con el ambiente pues elimina el uso de aceite mineral.
- Sin riesgo a provocar incendio, libre de fugas de aceite.

Las subestaciones no deben contener transformadores con aislamiento en aceite a menos que estén confinados en una bóveda con resistencia al fuego mínimo de tres horas. [13]

## **8.1 SISTEMA DE ENERGÍA DE EMERGENCIA**

En los hospitales es de vital importancia mantener el suministro de energía eléctrica sin interrupciones debido a los delicados procedimientos que se manejan, siendo la seguridad y la vida del paciente lo primordial. La planta de emergencia es indispensable y obligatoria para garantizar confiabilidad

del servicio en caso de presentarse un corte o una falla de la red de distribución.

Los componentes más comunes son los grupos electrógenos, interruptores de transferencia automática (ATS), controles de motor-generador, el arranque del motor y los sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS) (*ver Sección 9.1.2*). [2]

### **8.1.1 Grupo electrógeno**

La fuente de alimentación puede ser generada por un grupo electrógeno o más (como se muestra en la Figura 11), o un sistema de baterías. Los grupos electrógenos deben ser tipo<sup>10</sup> 10, clase<sup>11</sup> X y nivel 1<sup>12</sup>. [14]

El tipo 10 indica que el grupo electrógeno no puede entrar en funcionamiento en un tiempo superior a 10 segundos cuando haya una falla en el suministro de energía de la red normal, esta especificación es propia de una instalación hospitalaria exigida por el RETIE.

La clase indica el tiempo mínimo en horas de funcionamiento del grupo electrógeno sin ser reabastecido de combustible, donde la X señala que este tiempo depende de cada grupo electrógeno y viene dada por el fabricante.

*Excepción. Es aceptable que los generadores tarden más de 10 segundos, siempre que se instale una fuente auxiliar de suministro que energice el sistema de emergencia hasta que el grupo electrógeno tome la carga.* [13]

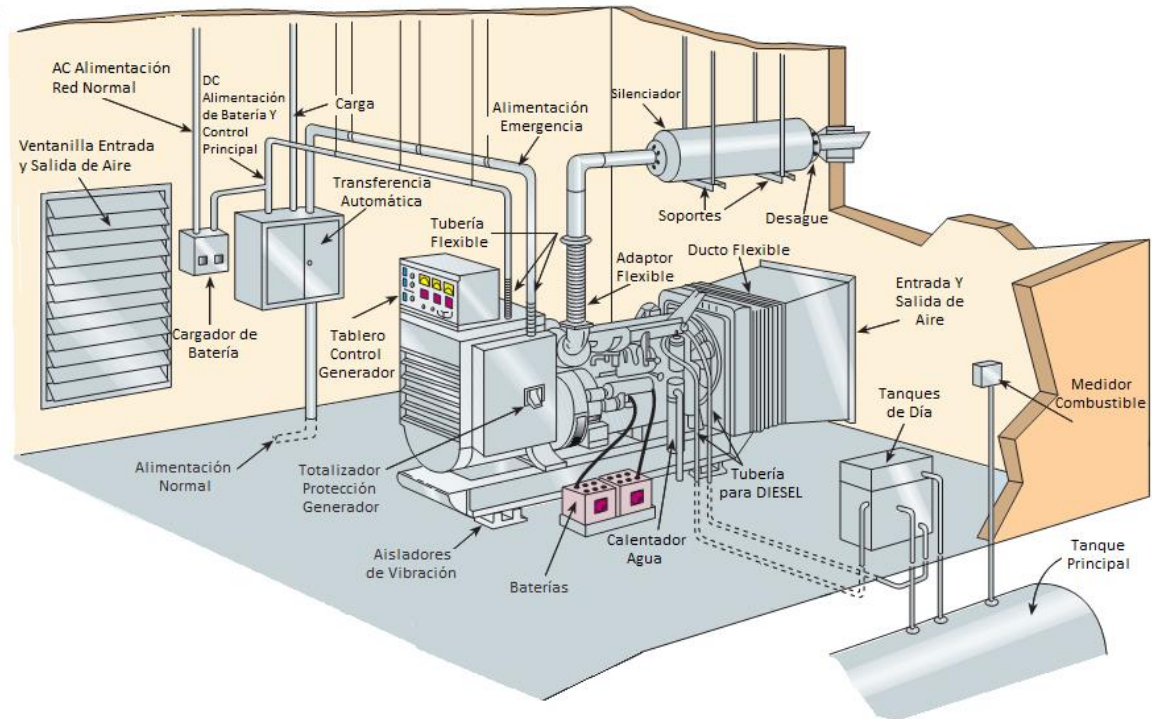
---

<sup>10</sup> El tipo define el tiempo máximo en segundos en que la fuente alternativa deberá proporcionar la energía eléctrica aceptable en calidad y cantidad en las terminales de la carga del interruptor de transferencia.[14]

<sup>11</sup> Define el tiempo mínimo en horas en el que la fuente alterna de energía, es diseñada para operar a su carga nominal, sin ser reabastecida de combustible.[14]

<sup>12</sup> Nivel instalado cuando la falla del equipo en su operación o en su funcionamiento, resulta en pérdida de la vida humana o en serios perjuicios a la persona.[14]

Figura 11. Grupo Electrógeno



Fuente: [15]

### 8.1.1.1 Instalación y consideraciones ambientales

Se recomienda no instalarlos en los sótanos ya que son más propensos a sufrir inundaciones y requieren formas difíciles y costosas de llevar la combustión, la ventilación y el sistema de gases de motores; deberá ubicarse en un cuarto situado fuera de las instalaciones del edificio, capaz de minimizar daños causados por lluvia, inundaciones resultantes de la lucha contra incendio, desbordamiento del alcantarillado, catástrofes u otros acontecimientos similares, y contar con un sistema contra incendios de dos horas como mínimo.[2]

Al operar, los generadores producen niveles de ruido que se pueden manejar por medio de un equipo insonorizado mediante dos métodos: Cabina insonorizada o tratamiento acústico del recinto. El ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial con la Resolución No. 627 del 7 de abril del

2006, exige en cuanto a niveles máximos de ruido aceptables durante un periodo de 8 horas de funcionamiento de los equipos, 45 dB en las áreas de tranquilidad (hospitales).

En el sitio donde se vaya a instalar el grupo electrógeno es indispensable un aislamiento sobre el nivel del suelo para evitar daños estructurales en la construcción y transmisión del sonido y vibración. Una ventilación adecuada limita la temperatura en el cuarto; a la hora de diseñarla se tiene en cuenta. [8]

Cuando el motor primario del grupo electrógeno sea de combustión interna, debe instalarse en el mismo sitio un depósito y un sistema de alimentación de combustible suficiente para que pueda funcionar durante dos horas como mínimo. El combustible puede ser almacenado hasta un año y para extender su tiempo de duración puede usarse aditivos químicos. El problema que se puede dar en los tanques de almacenamiento es la condensación de agua y la contaminación, por lo tanto se deben tomar muestras en intervalos de seis meses para asegurarse que no se ha deteriorado, es necesario comprobar si hay agua en el tanque cada dos semanas particularmente en los que se encuentran ubicados sobre el suelo. [2][10]

En el cuarto donde se encuentre el grupo electrógeno es indispensable disponer de tomacorrientes para el cargador de baterías o cualquier otro uso necesario. [13]

#### **8.1.1.2 Control y señalización[8][10]**

Los motores de combustión interna que hacen parte del grupo electrógeno deberán estar equipados con los siguientes dispositivos:

**a) Sensores y alarmas visuales para indicar lo siguiente:**

- Temperatura del motor alta (máximo rango seguro de temperatura recomendado por el fabricante).

- Baja presión de aceite lubricante (por debajo del rango de operación segura recomendada por el fabricante).
- Nivel bajo de refrigerante.
- Temperatura del agua.

**b)** Un dispositivo de parada automática del motor y otro visual para indicar que la detención tuvo lugar debido a lo siguiente:

- No arranca (no se pudo iniciar).
- Exceso de velocidad.
- Baja presión del aceite lubricante.
- Temperatura del motor excesiva.

**c)** Una alarma audible para avisar que una o más de las alarmas se encuentran activas.

El Indicador de alarma, estará situado fuera de la sala de servicio del grupo electrógeno en un sitio de trabajo observable por el personal. Deberá ser cableado para mostrar condiciones de alarma con respecto a la fuente de alimentación de emergencia de la siguiente manera:

**a)** Señales visuales individuales para indicar que :

- La fuente de energía de emergencia o auxiliar está funcionando.
- El cargador de batería no funciona correctamente.

**b)** Señales visuales individuales y una común audible para advertir las condiciones de alarma motor-generador cuando se presente:

- Baja presión del aceite lubricante.
- Altas y bajas temperaturas del refrigerante.
- Indicador de bajo nivel de combustible en el tanque de almacenamiento principal que contenga menos de un suministro de funcionamiento de 4 horas.

- Una falla en el arranque (no se pudo iniciar).
- Exceso de velocidad [8]

### **8.1.1.3 Dimensionamiento[10]**

El cálculo de la demanda para establecer la capacidad del grupo electrógeno, se debe basar en lo siguiente:

- a. Factores de demanda prudentes y datos históricos<sup>13</sup>.
- b. Las cargas conectadas.
- c. Los procedimientos de cálculo descrito en la sección 220 de la NTC 2050.
- d. Cualquier combinación de los métodos anteriores.

La capacidad se debe determinar con base en la carga máxima continua conectada y debido al arranque de los motores. La carga conectada incluye alambrado, refrigeración y las cargas de motores que el generador debe alimentar para su operación. Es necesario considerar las cargas no lineales que generan distorsiones armónicas.[2]

El sistema eléctrico debe diseñarse para que las detenciones y arranques de los motores durante el funcionamiento del generador, no afecten la operación del equipo sensible o de cómputo a causa de las caídas de tensión fuera del rango permitido por los fabricantes, por tanto debe hacer uso de las UPS.

El grupo electrógeno debe tener la suficiente capacidad para satisfacer la demanda máxima, que se pueda producir por la potencia instalada del sistema eléctrico esencial en cualquier momento. [8]

### **8.1.1.4 Interruptor de transferencia**

El interruptor de transferencia actúa trasladando las cargas esenciales a la planta alternativa cuando la fuente normal falla. Esta acción permite que las cargas sigan funcionando normalmente. Al momento de restablecerse el

---

<sup>13</sup> Este método es el recomendado por la NFPA 99.

servicio de la fuente normal, el interruptor de transferencia cambia nuevamente a su posición inicial. La selección del interruptor debe tener la capacidad eléctrica para transferir todas las cargas seleccionadas que hacen parte del SEE y para soportar los efectos de las corrientes de falla que se puedan presentar. [8]

Las cargas que no hagan parte del SEE deben estar conectadas a sus propios conmutadores de transferencia de manera que no se transfieran y puedan desconectarse automáticamente si se produce una sobrecarga del generador.

Para nuevos diseños se puede especificar un interruptor de transferencia que sea capaz de soportar las futuras cargas previstas, por lo tanto debe dimensionarse teniendo en cuenta la corriente igual a la futura carga total anticipada.

Cuando los circuitos en el lado de la carga del interruptor de transferencia requieren ser confiables como por ejemplo: ser usados para alimentar equipos sensibles, hay que considerar relés de protección que tengan la capacidad de detectar fallas en el lado de la carga de los dispositivos de sobrecorriente. Estos relés pueden señalar medidas correctivas cuando se produzcan aperturas en los dispositivos de sobrecorriente (error involuntario, mecánico o disparo de sobrecorriente), fallo del cableado del circuito, fallo o desconexión accidental del equipo [2]

#### **8.1.1.5 Interruptor de transferencia automático (ATS)[2]**

Debido a su papel crucial en la fiabilidad del sistema eléctrico debe ser un dispositivo confiable con una larga vida y requisitos mínimos de mantenimiento. Para la selección del ATS es fundamental tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Tipos de carga que se transfiere.
- Tensión nominal.
- Capacidad de corriente.

- Tipos de protección contra sobrecorriente por delante del interruptor de transferencia.
- Sobrecargas y corrientes de falla a soportar.
- Señales de control de entrada y salida.
- Mecanismos de conmutación principal.
- Consideraciones de protección contra falla a tierra.
- Operación del sistema Bypass.
- Interruptores de aislamiento.
- Transferencia de operación de los interruptores no automáticos.
- Retardos de tiempo
- Interruptores de transferencia múltiples frente a un conmutador de transferencia general.

La transferencia automática se inicia si la fuente de alimentación principal falla o si el voltaje en cualquier fase descienda por debajo de la tensión mínima de funcionamiento de cualquier carga. [8]

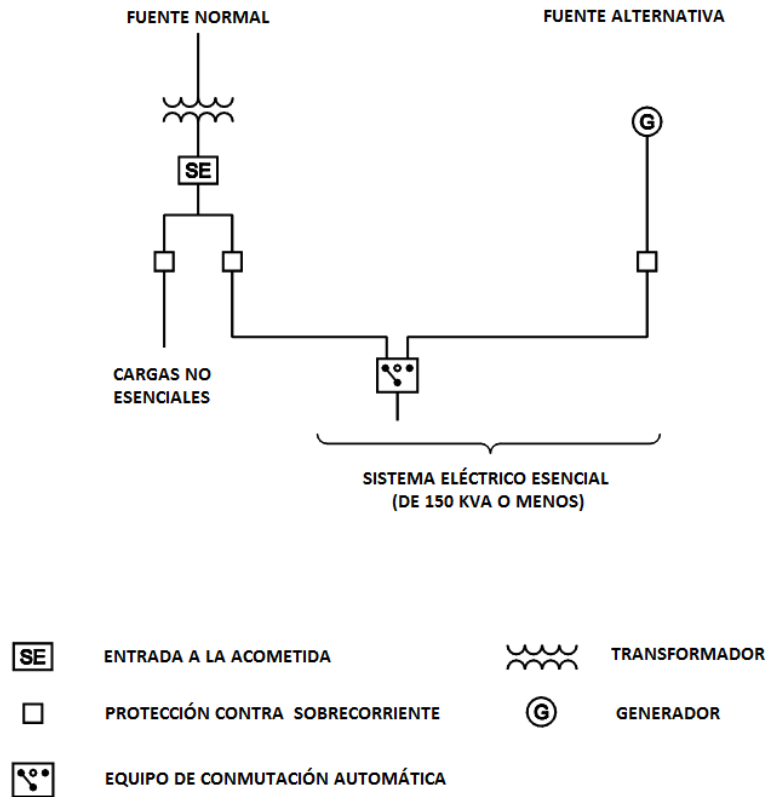
Los ATS en baja tensión manejan normalmente voltajes de 120 V, 208 V, 240 V, 480 V o 600 V y una frecuencia estándar de 60 Hz. Los valores disponibles de corriente van desde 30 A hasta 4000 A. [2]

Los hospitales que cuenten con una acometida eléctrica de media tensión, preferiblemente deben disponer de una transferencia automática en media tensión que se conecte a dos alimentadores.

Las consideraciones para el número de conmutadores de transferencia utilizados dependen de la confiabilidad, el diseño y las cargas. Cada ramal del SEE debe estar conectado a uno o más como se ve en las Figuras 12 y 13 .La NTC 2050 permite un interruptor de transferencia en lugar de múltiples conmutadores de transferencia cuando la demanda máxima sea menor o igual a 150 kVA en el SEE, aunque puede reducir la fiabilidad global y la flexibilidad del sistema. Al presentarse una falla cuando se usa un solo ATS

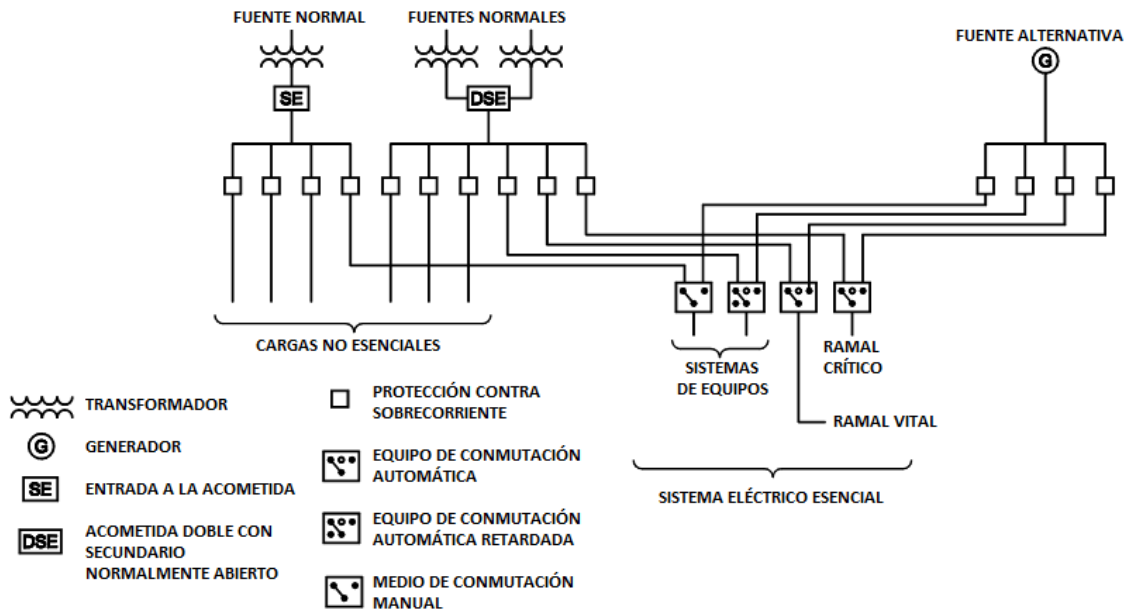
el SEE quedaría fuera de servicio, mientras con un enfoque de múltiples ATS, sólo un ramal se vería afectado.

Figura 12. SEE con un interruptor de transferencia



Fuente: [10]

Figura 13. SEE con múltiples interruptores de transferencia



Fuente: [10]

En caso de presentarse una falla en la transferencia automática, se deberá proveer una transferencia de modo manual, usando una señal visual que muestre el modo en el que está operando.

### 8.1.1.6 Tiempo de retardo de transferencia automática

El tiempo de retardo evita el encendido no deseado de la planta de emergencia en caso de una variación o pérdida momentánea de la fuente normal, permite que la planta se estabilice (voltaje y frecuencia) antes de que sea transferida la carga y puede evitar el inicio simultáneo de grandes cargas inductivas que causen una excesiva caída de voltaje.

Si se presenta una falla en la planta de emergencia se anulará automáticamente el tiempo de retardo, por lo tanto el interruptor de transferencia se accionará manualmente para la retransferencia a la fuente primaria en caso de una planeada interrupción momentánea de la carga.

Cuando esto ocurra el dispositivo de derivación permitirá el traspaso automático a la fuente principal disponible.

También se permite que los retardos se encuentren en el panel de control del motor en lugar de los ATS. El tiempo de retardo de retransferencia es para permitir que la red se estabilice en tensión y frecuencia. Antes de la parada de la planta de emergencia se proporcionará un tiempo de retardo de apagado de 5 minutos para permitir el enfriamiento del motor. [8]

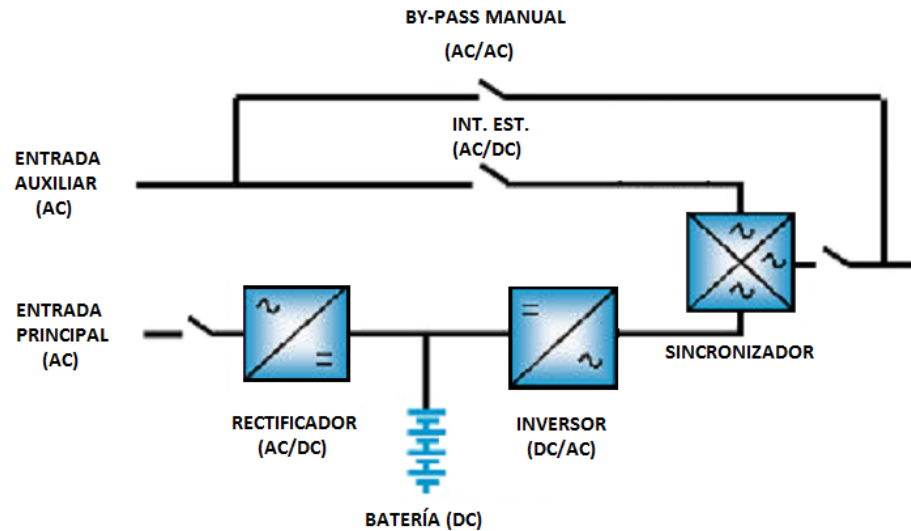
Es importante impedir durante las transferencias la interconexión de la fuente de alimentación primaria y la planta de emergencia o cualquiera de las dos fuentes separadas de energía.

## **8.1.2 Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS)[16]**

### **8.1.2.1 Funcionamiento**

Las UPS garantizan el suministro de forma continua evitando cortes y otras anomalías de la red. Los equipos conectados siempre tienen una tensión regulada y una frecuencia establecida. En caso de falla del sistema, la UPS cede energía almacenada por las baterías. Por medio de un rectificador se convierte la energía de AC a DC para alimentar las baterías y un inversor fabrica la onda sinusoidal para entregar la energía exigida por la carga conectada. Se proporciona un camino alternativo por sí el inversor deja de funcionar, a causa de sobrecarga o fallo, esta función la realiza el Bypass estático como se ve en la Figura 14.

Figura 14. Componentes principales de la UPS



Fuente: [16]

### 8.1.2.2 Consideraciones generales

Con el paso del tiempo, las UPS han sido incorporadas en el hospital para aplicaciones como el apoyo en la copia de seguridad de equipos sensibles de laboratorio y diagnóstico, soporte vital en unidades de cuidados intensivos, los sistemas de procesamiento de datos y la iluminación en las áreas de soporte de vida.

Las unidades monofásicas de salida pueden tener una sola fase o una entrada de tres fases. Algunas unidades monofásicas están dimensionadas para suministrar una carga de 0,5 KW a 50 KW y unidades de tres fases de 15 KW a 600 KW. [16]

Los fabricantes pueden suministrar un tablero de control remoto, para supervisar el estado de la UPS, ubicado en la misma zona que los paneles anunciadores requeridos por el sistema general.

El diseño de un sistema de UPS implica consideraciones eléctricas y ambientales, entre las cuales se encuentran la consideración del dimensionamiento de los dispositivos de protección en la salida del inversor, el calor de la salida de las UPS, la máxima temperatura ambiente y humedad relativa de funcionamiento tanto del módulo como de las baterías y la emisión de hidrógeno de las pilas.

Una correcta salida del calor producido por los elementos internos mejoran el rendimiento de la UPS, está debe deshacerse del calor para operar con eficacia. Generalmente, la temperatura máxima de funcionamiento del módulo es considerablemente mayor que la temperatura de las baterías, lo que las puede afectar.

### **8.1.2.3 Configuración utilizada (central o distribuida)**

En los hospitales se tienen áreas autónomas, es por esto que la solución distribuida de UPS puede adecuarse a las necesidades de cada una de ellas, a la vez que se preserva independencia, evitando que un fallo en una zona afecte a las demás áreas. Un ejemplo de estas áreas puede ser la zona de quirófanos.

El precio de un equipo individual de gran potencia es menor que el precio de varios equipos que en conjunto sumen la misma potencia. Adicionalmente, cuando se tiene una instalación distribuida los costos de mantenimiento son mayores.

La configuración centralizada al compararla con la distribuida presenta menos confiabilidad, debido a que si se presenta una falla en ella, por ser la fuente central todos los equipos conectados quedarán sin el suministro de energía, mientras la distribuida solo afecta lo que está conectado a ella.

Lo ideal es tener las dos configuraciones (central y distribuida) en cascada, para una mayor confiabilidad que es lo buscado en los hospitales, de manera que en caso de falla la centralizada entre y después lo haga la distribuida, pero debido a su redundancia es la más elevada en costos.

#### **8.1.2.4 Optimización de la carga**

A la hora de escoger el tamaño de la UPS, se debe tener en cuenta no solo la potencia actual, sino las previsiones de crecimiento futuro. Aunque el inversor tiene una capacidad de sobrecarga, no es recomendable trabajar a un nivel de carga mayor al 75% porque en caso de presentarse sobrecargas estas puedan asumirlas sin ningún riesgo.

Algunas UPS ofrecen actualizar su potencia a la de un equipo superior o trabajar en paralelo con equipos que se instalen en el futuro<sup>14</sup>

Los procesos como la tomografía, rayos X y resonancia durante el proceso de exploración, pueden tener un consumo de 6 a 8 veces a condiciones normales. Una solución es usar una UPS de gran potencia, permitiendo en caso de falla del sistema de alimentación normal desarrollar y finalizar una exploración durante el tiempo de autonomía. Otra forma es, si no está en riesgo la vida del paciente, utilizar una UPS de potencia menor, que alimente aquellas secciones más críticas salvaguardando los sistemas de datos entre otros.

#### **8.1.2.5 Dimensionamiento y mantenimiento de la batería**

Para especificar las características de la UPS se debe prestar atención a la autonomía en función de la carga a alimentar. Evaluar algunos aspectos es de vital importancia:

- Presencia de una red alternativa.
- Grupo generador.

---

<sup>14</sup> No es lo más recomendado ya que a nivel de confiabilidad es preferible disponer de una única UPS de potencia mayor que dos de potencia menor trabajando en paralelo no redundante.

- Tipo de carga a alimentar.
- Consecuencias del consumo total de las baterías.

Los fabricantes recomiendan en el lugar de instalación de las UPS ,un sistema de aire acondicionado que mantenga una temperatura máxima de 25°C .La Tabla 4 muestra la importancia de controlar la temperatura relacionando el incremento de temperatura con la reducción de la vida útil de una batería comun.

Tabla 4. Vida útil de la batería a diferentes temperaturas.

	VIDA ÚTIL DE LA BATERÍA		
TEMPERATURA °C	10 AÑOS	8 AÑOS	5 AÑOS
20	10	8	5
30	5	4	2.5
40	2.5	2	1.25

Fuente:[16]

### 8.1.3 Instalación de múltiples generadores en paralelo[2]

Para alimentar las cargas de gran tamaño, dos o más grupos electrógenos pueden trabajar en paralelo en un bus común como una fuente de alimentación de emergencia. Operar varios grupos en paralelo requiere un sistema de control que proporcione todas las funciones necesarias para manejar automáticamente la puesta en común de sincronización, la carga y la operación de control de la carga.

En el sistema se debe analizar y considerar los siguientes aspectos:

- Regulación de voltaje.
- Acceso aleatorio en paralelo.
- División de la carga.
- Las prioridades de carga.
- Reparto de carga.
- Eliminación de carga.
- Conmutación de carga.

- Funcionamiento.
- Sensores.
- Lógica de control.
- Instrumentación.

Las razones que justifican el uso de múltiples generadores son:

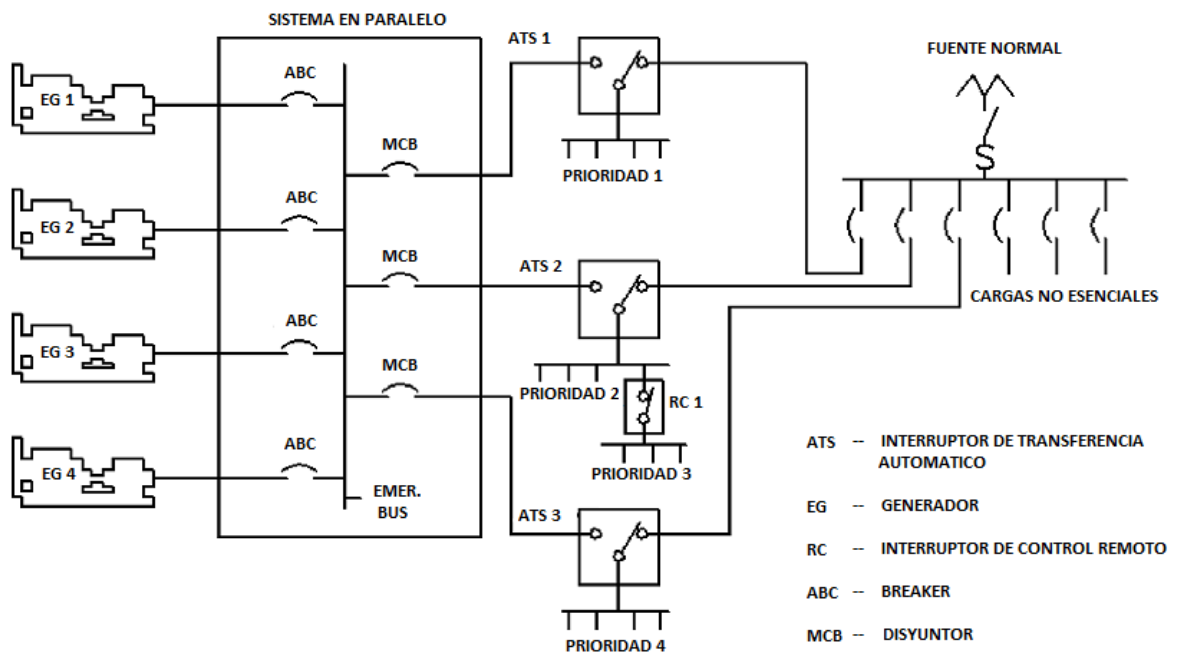
- **Economía:** Si se pretende renovar el sistema de distribución actual para suplir la demanda total, es poco práctico dividir la carga en varias secciones para que los grupos electrógenos la manejen de forma independiente. En este caso, dos o más generadores pueden instalarse en paralelo para que coincida con la capacidad. A menudo el costo total de instalación de varios conjuntos pequeños de generadores puede ser mejor que el costo total de la instalación de un sistema muy grande.
- **Fiabilidad:** .Cuando hay un fallo de energía en la red normal, todo el conjunto del grupo generador recibe una señal para iniciar al mismo tiempo, si alguno de ellos no entra a operar los demás lo van a respaldar, en cambio sí se instala solo un grupo electrogeno el sistema sufrirá una interrupción en el servicio; es más fiable la utilización de múltiples generadores.
- **Tiempo de inactividad:** Cuando se hace mantenimiento preventivo o reparación de un motor, el NEC estipula proporcionar energía de respaldo. En una instalación en paralelo, los juegos adicionales del grupo electrógeno están disponibles.

En el sistema paralelo el primer generador se conecta al bus común para lograr la tensión nominal y la frecuencia, lo que genera energía de emergencia disponible en el rango de 10 s a los interruptores de transferencia y sus respectivas cargas, en donde se establece una base de comparación para la sincronización de los generadores restantes, los cuales al llegar a un voltaje y frecuencia iguales, se sincronizan en paralelo al bus,

momento en el cual los interruptores de transferencia de secuencia retardada conectan las cargas faltantes de los equipos.

Una vez que se tenga el tamaño del bloque de la carga, se determina cuántos grupos electrógenos deben estar en el bus, antes de seleccionar cuál carga puede ser transferida. Cada bloque de carga tendrá un grado de prioridad, Por ejemplo, la primera es la carga del sistema del grupo electrógeno y la del sistema de emergencia como se muestra en la Figura 15, la segunda son las cargas conectadas al equipo de transferencia automático con retardo, y la tercera la conmutación manual (no automático) de cargas de equipos

Figura 15. Grupos electrógenos en paralelo



Fuente: [2]

La capacidad de retirar las cargas también está determinada por el tamaño y el número de grupos electrógenos, la restricción es necesaria cuando la carga conectada excede la capacidad de los grupos electrógenos. Esta situación puede ocurrir en un mal funcionamiento de un grupo electrogeno o

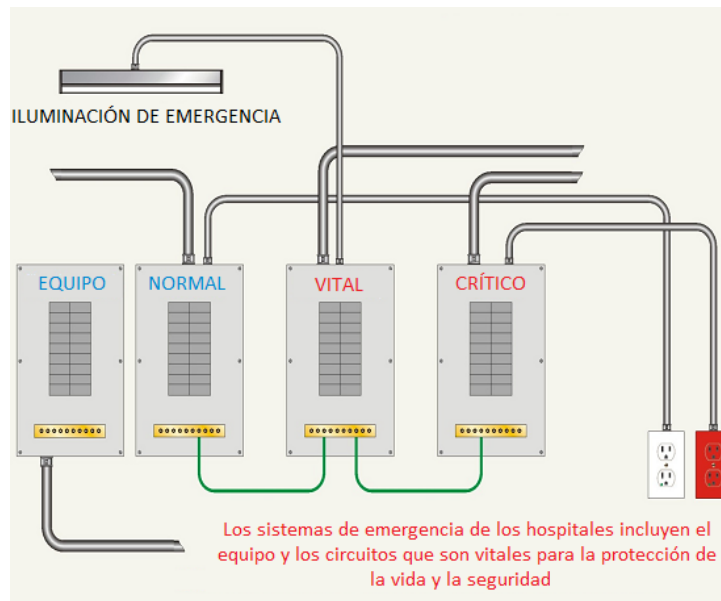
en una caída de frecuencia del bus. El inicio de la desconexión de carga y la consiguiente reducción de la carga conectada permitirá a los sobrevivientes grupos electrógenos dar servicio a la más alta prioridad (Sistema de emergencia) sin interrupción en las cargas, o el deterioro de la potencia entregada.

## 8.2 SISTEMA DE EMERGENCIA[10]

Las funciones de atención a los pacientes que dependan de alumbrado o de artefactos conectados al sistema de emergencia, se deben dividir obligatoriamente en dos ramales: el vital (ver Sección 9.2.1) y el crítico (ver Sección 9.2.2).

El ramal vital y el crítico deben mantenerse totalmente independientes de cualquier otro alambrado y equipo y no deben estar en las mismas canalizaciones, cajas o armarios unos con otros ni con ningún otro alambrado (ver Figura 16).

Figura 16. Sistema de Emergencia



Fuente: [17]

*Excepciones:*

- *En los encerramientos de los equipos de transferencia.*
- *En los aparatos de alumbrado de salida o de emergencia que estén alimentados por las dos fuentes.*
- *En una caja de unión común conectada a los aparatos de alumbrado de salida o de emergencia alimentados desde dos fuentes.*
- *Se permite que el alambrado de dos o más circuitos de emergencia alimentados desde el mismo ramal vaya en la misma canalización, cable, caja o armario.*

El alambrado debe estar protegido mecánicamente por la instalación de canalizaciones metálicas no flexibles o estar formado por cables tipo MI.

*Excepciones:*

- *No se requiere que estén instalados en canalizaciones los cables flexibles de artefactos u otros equipos de utilización que se conecten al sistema de emergencia.*
- *No se requiere que estén instalados en canalizaciones los circuitos secundarios de los sistemas de comunicaciones o señalización alimentados por transformadores.*
- *Se permite usar tubo rígido no metálico Schedule 80 siempre y cuando los circuitos ramales no alimenten áreas de cuidados de pacientes.*
- *Se permite utilizar tubo rígido no metálico Schedule 40 o tuberías eléctricas no metálicas empotradas en no menos de 50 mm de concreto, siempre que los circuitos ramales no alimenten áreas de cuidado de pacientes.*
- *Se permite utilizar canalizaciones metálicas flexibles y cables flexibles en:*
  - a. Paneles de pared prefabricados de grado médico (Ver figura17).*

- b. *Mobiliario de oficina.*
- c. *En paredes y techos existentes que no estén sujetos a daños físicos.*
- d. *Cuando sea necesario para una conexión flexible a los equipos.*

Figura 17. Excepciones donde se pueden usar canalizaciones flexibles.



Fuente: [18]

Los ramales del sistema de emergencia se deben instalar y conectar a la fuente de alimentación alternativa de forma que todas las funciones especificadas para esos sistemas se restablezcan automáticamente antes de 10 segundos desde la interrupción del suministro normal.

Todos los tomacorrientes del sistema de emergencia deben ser de color rojo y estar plenamente identificados con el número del circuito derivado y el nombre del tablero de distribución correspondiente. Todos los circuitos de la red de emergencia deben ser protegidos mecánicamente mediante canalización metálica no flexible. [13]

### 8.2.1 Ramal vital

Es el ramal en el que no deben ir conectadas otras funciones que no sean las siguientes:

- *Alumbrado de los medios de salida:* el necesario en los pasillos, pasajes, escaleras y corredores hacia las puertas de salida. Se permite instalar medios de conmutación que transfieran el alumbrado a los pasillos de los pacientes, desde los circuitos generales a los circuitos nocturnos de alumbrado, siempre y cuando se pueda seleccionar sólo uno de los dos circuitos y ambos circuitos no puedan quedar sin corriente al mismo tiempo. (Ver Sección 15.6.1 Iluminación de los medios de evacuación)
- *Señales de salida.* (Ver Sección 15.6.2.3)
- *Sistemas de alarma y alerta:*
  - a. Alarmas contra incendios.
  - b. Alarmas necesarias para sistemas usados en tuberías de gases médicos no inflamables.
- *Sistemas de comunicaciones:* cuando se utilicen para dar instrucciones en casos de emergencia.
- *Cuartos de generadores:* los cargadores de las baterías del alumbrado de trabajo de los equipos y tomacorrientes seleccionados en los cuartos de generadores.
- *Ascensores:* los sistemas de alumbrado, control, comunicaciones y señales de las cabinas de los ascensores.

### 8.2.2 Ramal crítico

Debe dar el suministro de corriente para el alumbrado de trabajo, equipos fijos, tomacorrientes seleccionados y para los circuitos especiales de las siguientes áreas y funciones relativas a la atención al paciente:

1. Áreas de cuidado crítico en las que se utilicen gases anestésicos, alumbrado de trabajo, tomacorrientes seleccionados y equipos fijos. *(Ver Sección 10.2.5 Conexión de tomacorrientes Áreas de Cuidado Críticos)*
2. Los sistemas de potencia aislados en ambientes especiales. *(Ver Capítulo 11)*
3. Áreas de cuidado del paciente - alumbrado de trabajo y tomacorrientes *(ver Sección 10.2.2)* seleccionados en:
  - Nidos de recién nacidos (neonatología). *(ver Sección 15.4.7)*
  - Áreas de preparación de los medicamentos.
  - Área de despacho de farmacia. *(ver Sección 15.4.10.2)*
  - Áreas de cuidado de agudos seleccionadas.
  - Áreas de dormitorios psiquiátricos (sin tomacorrientes).
  - Salas de tratamiento de guardia. *(ver Sección 15.4.5)*
  - Estaciones de enfermeras (si no están bien alumbradas por las luminarias de los pasillos). *(ver Sección 15.4.2)*
4. Alumbrado de trabajo para cuidado especializado del paciente y tomacorrientes adicionales, cuando sea necesario por ejemplo en las UCI's.
5. Sistema de llamada a enfermeras.
6. Bancos de sangre, de huesos y de órganos.
7. Cuartos y armarios donde haya equipos telefónicos.
8. Alumbrado de trabajo, tomacorrientes seleccionados y circuitos de potencia seleccionados, en:
  - Dormitorios generales (por lo menos un tomacorriente doble en cada habitación de pacientes).
  - Laboratorios de angiografía.
  - Laboratorios de cateterismo cardíaco. *(ver Sección 10.2.8)*
  - Unidades de cuidado coronario.
  - Salas o áreas de hemodiálisis. *(ver Sección 10.2.1)*

- Salas y áreas de urgencias (seleccionadas).
- Laboratorios de fisiopatología. (ver Sección 15.4.10.1)
- Unidades de cuidados intensivos. (ver Sección 10.2.5)
- Salas de recuperación postoperatoria (seleccionadas). (ver Sección 10.2.6)

9. Alumbrado de trabajo, tomacorrientes y circuitos de potencia adicionales y necesarios para el buen funcionamiento del hospital. Se permite conectar al ramal crítico los motores monofásicos de potencia fraccional (de menos de 746 W o 1 HP).

En la Tabla 5 se observa la clasificación de las salas en las áreas de cuidado de paciente.

Tabla 5. Clasificación de las Áreas de cuidado de pacientes.

ÁREAS DE CUIDADO DE PACIENTES	ÁREAS DE ATENCIÓN GENERAL	Habitaciones de los pacientes (Hospitalización) Salas de reconocimiento Salas de tratamiento Pediatria Neonatología Laboratorios Rayos X (Radiología) Radiodiagnostico no convencional o Habitaciones de escaneo (TAC, Resonancia Magnética)
	ÁREAS DE ATENCIÓN CRÍTICA	Cuidados especiales UCI's Unidades de cuidados coronarios Laboratorios de cateterismo cardiaco Salas de Partos Quirófanos Urgencias Salas de recuperación (PACU) Procedimientos cardiológicos Hemodiálisis
	LUGARES HÚMEDOS	Bañeras ó cualquier área de cuidado de pacientes expuesta a estar mojada

Fuente: [10]

Se permite subdividir el ramal crítico en dos o más ramales.

*Nota: Es importante analizar las consecuencias de que un área esté servida sólo por un ramal crítico si se produce alguna falla entre esa área y el*

*conmutador de transferencia. Podría ser adecuado que alguna parte de los circuitos normales y críticos, o sólo de los críticos, estuviera conectada a otros conmutadores de transferencia.*

Los tomacorrientes o las tapas de tomacorrientes alimentados por el ramal crítico deben tener un rótulo de color distintivo de manera que sea fácilmente identificable. (Ver Sección 10.1)

### **8.3 SISTEMA DE EQUIPOS[10]**

Debe suministrar corriente a los principales equipos eléctricos necesarios para la atención de los pacientes y el funcionamiento básico del hospital.

Se permite que el alambrado vaya en las mismas canalizaciones, cajas o armarios de otros circuitos que no formen parte del sistema de emergencia.

#### **8.3.1 Conexión del sistema de equipos**

El sistema de equipos debe estar conectado a una fuente de alimentación alternativa de modo que los equipos descritos a continuación en el inciso a funcionen con conexión automática no retardada. En el inciso b vuelvan a funcionar automáticamente a determinados intervalos después de entrar en funcionamiento el sistema de emergencia. También se debe establecer las medidas oportunas para la conexión de los equipos descritos en el inciso c.

##### **a. Equipos para conexión automática no retardada[8]**

Los accesorios del generador incluyendo pero no limitado a los siguientes equipos:

- Bombas de transferencia de combustible.
- Persianas de accionamiento eléctrico.

Otros accesorios del generador, esenciales para su operación.

## **b. Equipos para conexión automática retardada**

Los siguientes equipos se deben instalar para que su conexión a la fuente de alimentación alternativa se vaya produciendo de forma automática retardada:

- Sistemas centralizados de succión para funciones médicas y quirúrgicas, con sus controles. Se permite que los sistemas de succión estén en el ramal crítico.
- Bombas de aspiración y otros equipos necesarios para el funcionamiento de equipos de seguridad o importantes, con sus controles y alarmas.
- Sistemas de aire comprimido para funciones médicas y quirúrgicas, con sus controles. Se permite que tales sistemas estén en el ramal crítico.
- Sistemas de extracción de humos y presurización de las escaleras.
- Sistemas de alumbrado y/o extracción de las campanas de las cocinas, si tienen que seguir funcionando durante un incendio producido en o bajo la campana.

### *Excepciones.*

- a. Se permite la conexión automática secuencial retardada a la fuente de alimentación alternativa para evitar sobrecargas del grupo electrógeno, cuando los estudios de ingeniería indiquen que es necesario.*
- b. Para los SEE por debajo de 150 kVA, la supresión de la función de retardo de tiempo en los intervalos de conexión retardada automática al sistema de equipo debe ser permitido.*

### **c. Equipos para conexión automática retardada o manual**

Los siguientes equipos se deben instalar para su conexión automática retardada o manual a la fuente de alimentación alternativa:

- Equipo de calefacción de los quirófanos, salas de partos, salas de recuperación, unidades de cuidados intensivos, unidades coronarias, nidos, salas para aislamiento de infecciones, salas de tratamiento de emergencia y área general de pacientes.

*Excepción. No es necesario que haya calefacción en las salas generales de pacientes y en las salas para aislamiento de infecciones si se produce un corte de corriente en la red, en cualquiera de las siguientes circunstancias:*

- a. Si están diseñadas para una temperatura exterior superior a -6,7 °C, o*
  - b. Si están diseñadas para una temperatura exterior menor a -6,7 °C y hay habitación o habitaciones seleccionadas para las necesidades de todos los pacientes internados, entonces sólo debe haber calefacción en esa habitación o habitaciones, o*
  - c. Si la instalación está servida por una fuente de alimentación dual de la red normal.*
- Uno o más ascensores elegidos para dar servicio a los pisos de pacientes, quirófanos y salas de partos durante la interrupción del servicio normal. En los casos en los que un corte de corriente pueda hacer que los ascensores se paren entre dos plantas, debe haber medios manuales que permitan el funcionamiento de los ascensores para la liberación de los pacientes u otras personas que pudieran haber quedado atrapadas.
  - Los sistemas de alimentación, retorno y salida de humos de los quirófanos y salas de partos, unidades de cuidados intensivos,

unidades coronarias, nidos, salas para aislamiento de infecciones, salas de tratamiento de urgencias y los ventiladores de salida de humos para campanas de extracción en los laboratorios, áreas de medicina nuclear en las que se utilice material radiactivo, salida de óxido de etileno y de gases anestésicos.

- Cámaras hiperbáricas.
- Cámaras hipobáricas.
- Puertas automáticas.
- Se permite que el equipo de autoclaves de calentamiento eléctrico mínimo se pueda conectar automática o manualmente a la fuente de alimentación alternativa.
- Se permite que otros equipos seleccionados se alimenten por el sistema de equipo.

## 9 TOMACORRIENTE

Al tratarse de una instalación especial es importante tener claro las tareas a realizar y los equipos de las distintas áreas del hospital debido a que existe una gran variedad de tomacorrientes a instalarse, es por esto que se recomienda como primera medida revisar además de los requisitos de seguridad, número de tomacorrientes, distancias, ubicación y tipos según lo establecido por las normas.

### 9.1 TIPOS DE TOMACORRIENTE

#### 9.1.1 Tomacorriente con polo a tierra[10]

Tomacorriente con un contacto hembra que hace el primer contacto eléctrico a tierra con el contacto macho de una clavija al conectar un equipo. Hay de dos tipos: con polo a tierra unido a la caja (molde) o con polo a tierra aislado para equipos sensibles.

Tradicionalmente el terminal de tierra hace contacto con el chasis del tomacorriente y a su vez a la instalación eléctrica, esto hará contacto con la caja rectangular metálica donde se instala él tomacorriente, la cual está conectada mecánicamente a la tubería EMT y a la estructura metálica que finalmente se conecta a la malla a tierra.

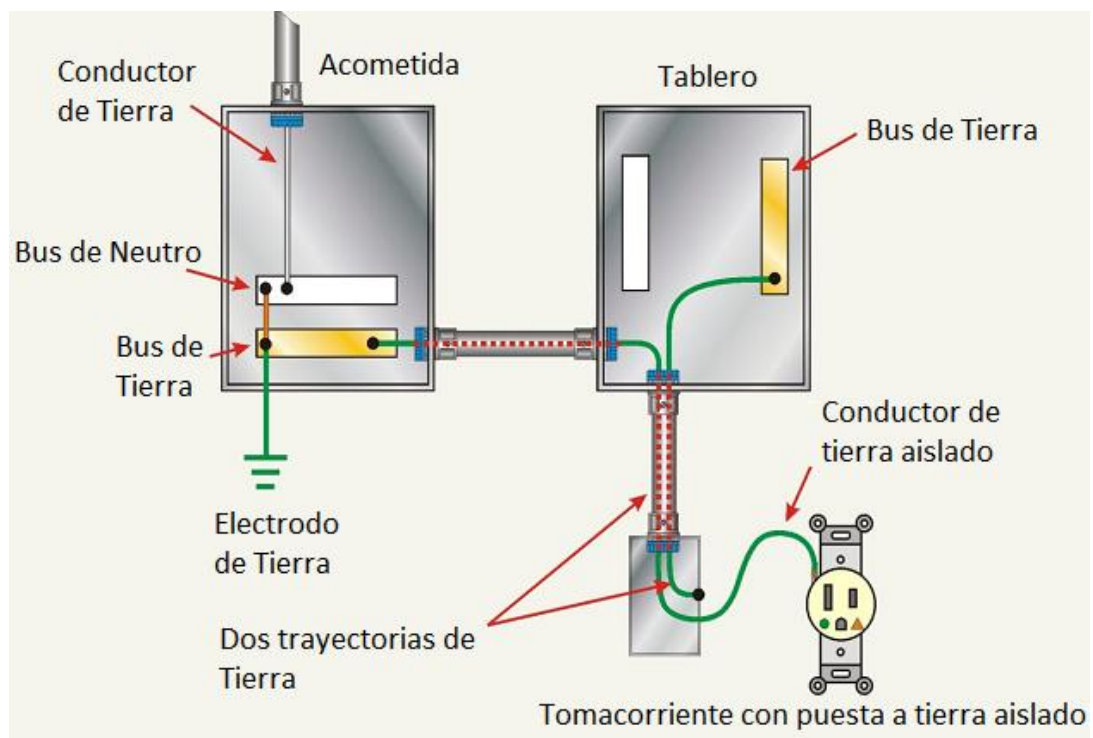
#### 9.1.2 Tomacorriente con terminal de puesta a tierra aislada[10]

Su terminal de puesta a tierra está aislado intencionalmente de los medios de montaje, no se conecta a la estructura metálica del edificio sino que está conectado directamente a la barra de tierra del tablero de alimentación de los circuitos de distribución, como se muestra en la Figura 18 buscando el camino más corto a tierra para cualquier tipo de corrientes extrañas e

indeseables, protegiendo los equipos conectados. La barra de tierra del tablero irá conectada a la malla a tierra.

Según la norma NTC 2050 los tomacorrientes con terminal de puesta a tierra aislado deben estar identificados mediante un triángulo naranja ubicado en su cara frontal; dicha identificación debe ser visible después de su instalación. Son utilizados para conectar equipos electrónicos como computadores, televisores, entre otros, con el propósito de reducir el ruido eléctrico (interferencias electromagnéticas).

Figura 18. Tomacorriente con puesta a tierra aislada



Fuente: [12]

### 9.1.3 Tomacorriente de grado hospitalario

Los pacientes en los centros hospitalarios por su estado de convalecencia o de tratamiento médico presentan en su cuerpo una resistencia muy baja al contacto con flujo de corriente eléctrica, lo cual incrementa el riesgo de descarga en caso de presentarse una falla a tierra en los equipos que están

conectados a su alrededor; para evitar estas situaciones se deben instalar artefactos eléctricos clasificados como Grado Hospitalario.

Se identifican con un punto verde en su cara como se muestra en la Figura 19 y presentan una excelente conexión a tierra con valor de resistencia muy bajo. Este punto verde es la garantía de los altos estándares de manufactura para este tipo de productos, lo que quiere decir que debieron cumplir con una serie de pruebas de la norma UL<sup>15</sup> 498<sup>16</sup>, las cuales consisten en una prueba de retiro abrupto del enchufe, una prueba de sobreesfuerzo del contacto de tierra, una prueba de impacto y prueba de seguridad de la instalación.

Estos productos de “grado hospitalario” son diseñados para condiciones severas y son un sistema de tres puntos de contacto de aleación en bronce que incrementa la retención de contactos, garantizando un flujo de corriente ininterrumpido, fabricado en poliéster termoplástico resistente al calor y en nylon de alta resistencia al impacto y a químicos.

Figura 19. Tomacorriente con puesta a tierra aislada



Fuente: [19]

#### 9.1.4 Tomacorriente GFCI

En lugares donde se utilicen equipos eléctricos y se tiene contacto con agua, se presenta riesgo de electrocución, puesto que al estar parado en un lugar mojado, el cuerpo se comporta como un camino fácil para la corriente

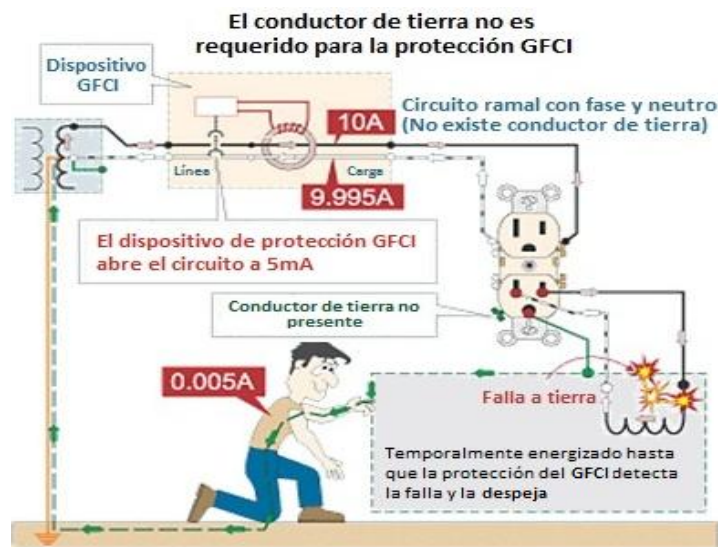
<sup>15</sup> Es una empresa mundial dedicada a la seguridad para la certificación de productos, ayudando a salvaguardar personas, productos y lugares.

<sup>16</sup> Pruebas para receptáculos de grado hospitalario.

eléctrica y se descarga través de él. Para dichos sitios húmedos se debe utilizar tomacorrientes GFCI (Ground Fault Circuit Interruption), que funcionan cortando el paso de corriente por un circuito o parte del mismo dentro de un determinado lapso, cuando la corriente a tierra supera un valor predeterminado, menor que el necesario para que funcione el dispositivo protector contra sobrecorriente del circuito de suministro.

Como se muestra en la Figura 20, el GFCI tiene como objetivo que una vez detecte un diferencial de corriente de 4 [mA], se abra el circuito en un tiempo de 0.025 s, protegiendo de esta forma la vida de la persona. Cuenta con dos botones, uno de RESET, el cual se presiona luego de una falla para restablecer el circuito y otro de TEST que debe presionarse mensualmente para comprobar su buen funcionamiento, ya sea que ocurra una falla y este no la detecte.

Figura 20. Tomacorriente GFCI



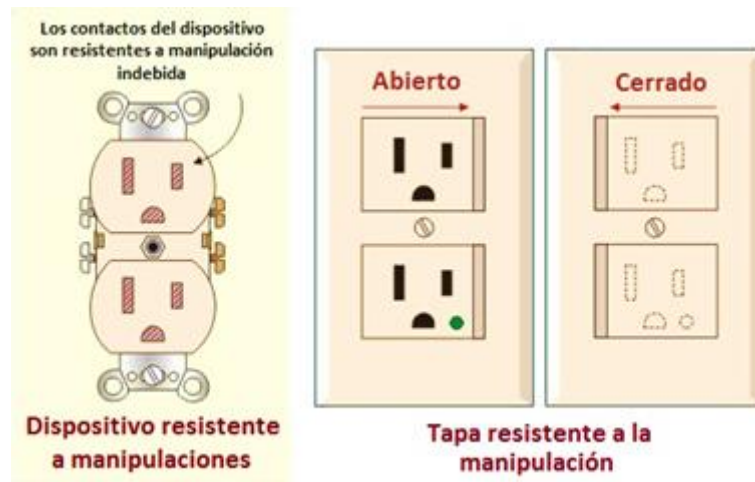
Fuente: [20]

### 9.1.5 Tomacorrientes resistentes al abuso

Cuentan con un sistema de obstrucción interno que impide la inserción de objetos de una sola pieza como ganchos, llaves, clavos y palillos con el fin de evitar el acceso indeseable a los contactos energizados cuando estos son

insertados en las ranuras. En la Figura 21 se observa la imagen de un tomacorriente resistente a manipulación; cabe resaltar que este sistema no perjudica el funcionamiento del tomacorriente y tampoco protege contra elementos insertados simultáneamente ya que interpretaría esta situación como una clavija. Se deben usar en lugares pediátricos, salas de espera, salas de emergencias o cualquier área donde los niños pueden estar presentes durante un tiempo prolongado.

Figura 21. Tomacorriente resistente al abuso



Fuente: [21]

## 9.2 CONEXIÓN DE TOMACORRIENTES

### 9.2.1 Lugares húmedos o mojados

Los lugares húmedos deben ser protegidos, instalando tomacorrientes con interruptor de falla a tierra (GFCI) en cualquier habitación o área que contengan uno o más de los siguientes elementos en donde los pacientes puedan ser tratados: bañeras, inodoros, duchas o piscinas; han de proporcionar un recorrido continuo para la corriente a tierra y desenergizar el circuito cuando dicha corriente exceda los 4 mA. En las áreas de cuidados críticos designados como lugares húmedos, donde no se tolere el corte del

suministro eléctrico se debe usar un Sistema de Potencia Aislado (IPS, ampliación del tema en el capítulo 11).

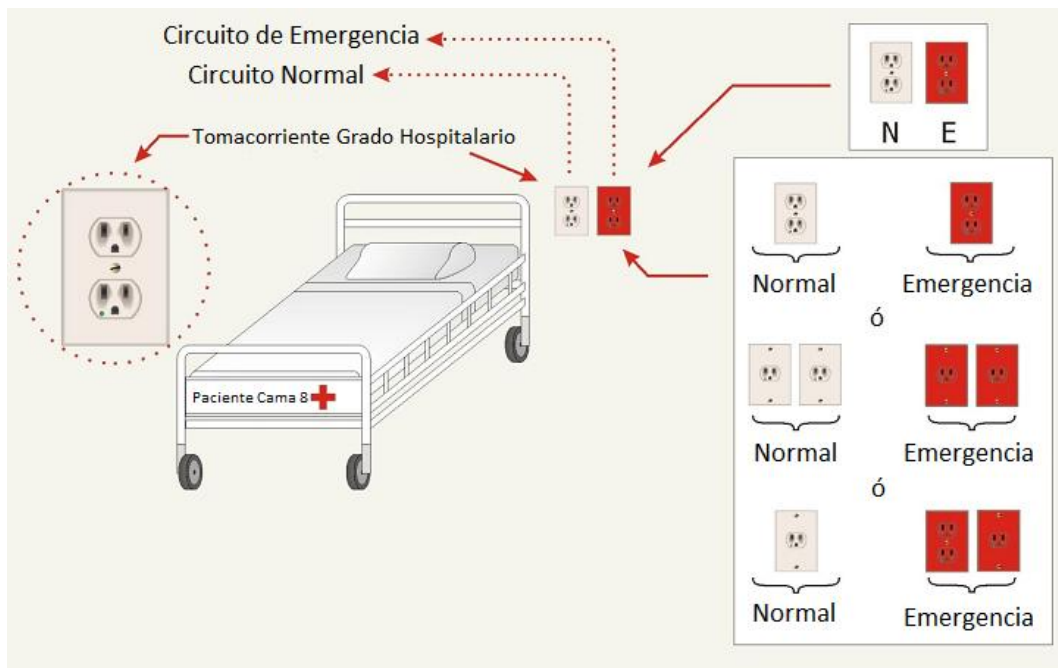
Se permite que los circuitos ramales que alimenten únicamente equipos terapéuticos y de diagnóstico fijos y certificados, estén alimentados desde una instalación normal, monofásica o trifásica, puesta a tierra, siempre que:

- El alambrado de los circuitos aislados y puestas a tierra no estén en la misma canalización y todas las superficies conductoras de los equipos que estén puestas a tierra.

### 9.2.2 Áreas de atención general al paciente[10]

En cada área de cama de pacientes debe haber como mínimo cuatro tomacorrientes. Se permite que sean de tipo sencillo, doble o una combinación de ambos; si son cuatro o más, deben estar certificados como de "tipo hospitalario" e identificados como se aprecia en la Figura 22.

Figura 22. Tomacorrientes en área de atención general.



Fuente: [12]

No se pretende cambiar inmediatamente todos los tomacorrientes que no sean de “tipo hospitalario”. No obstante si se pretende cambiar, renovar o modificar el alambrado o tomacorrientes existentes, se utilicen sólo tomacorrientes de “tipo hospitalario”.

Los tomacorrientes deben estar ubicados en áreas de fácil acceso para el personal. Cuando se instalan muy cerca del suelo y/o detrás de las camas, el equipo puede interferir con la habilidad del personal para proporcionar atención segura y eficiente a los pacientes. La capacidad de obtener la función deseada rápidamente (la respiración, el nivel cardíaco, etc) puede salvar una vida o prevenir un daño permanente; por esta razón se debe comprobar el lugar donde se instalaran los equipos. No deben ser ubicados directamente sobre los puntos de salida de los gases medicinales, debido a la obstrucción que los reguladores puedan presentar. Conviene ser instalados desde 0,588 m (24”) hasta 1,176 m (48”) por encima del suelo y a ambos lados de la cama, para hacerlos accesibles a un visitante o a un paciente en una silla de ruedas, además de reducir la fatiga de los miembros del personal que constantemente conectan y desconectan el equipo.

Aunque se permita tomacorrientes de 15A y 20 A, es conveniente utilizar sólo de 20 A dentro del establecimiento de salud; esto permite una mayor flexibilidad en el uso del equipo y simplifica el almacenamiento de los tomacorrientes para el cambio. [2]

*Nota. Para más recomendaciones acerca de las áreas de atención general al paciente revisar las siguientes secciones:*

- SPT → Sección 12.1
- Iluminación → Sección 15.4.1

### **9.2.3 Pasillos[2]**

A menudo, los tomacorrientes de los pasillos se usan para suministrar energía a las máquinas de limpieza, por lo tanto, deben ser seleccionados con el fin de soportar el abuso físico pesado y ser de uso hospitalario. Estos deben ser alimentados a partir de energía normal, lo cual evitará que un equipo conectado (como una máquina de limpieza), dispare una protección de un circuito de emergencia o panel de emergencia, que también alimente alguna área de la cama del paciente. La excepción se presenta cuando el equipo médico crítico como desfibriladores se ubica en el pasillo en caso de una emergencia, los tomacorrientes de emergencia deben estar dedicados a este equipo y claramente etiquetados como tales.

Algunos hospitales tienen en cuenta tomacorrientes en los pasillos como parte de la planificación de eventos con víctimas en masa. En dichas instituciones, se ofrecen más puntos de salida con un espaciamiento relativamente cerca; de lo contrario, los puntos de ubicación deben tener un espacio de aproximadamente de 15,24 m (50 pies) para el uso de limpieza de rutina.

*Nota. Para más recomendaciones acerca de los pasillos revisar la Sección 15.4.12 Iluminación)*

### **9.2.4 Quirófano[2]**

Al menos seis tomacorrientes dobles deben estar ubicados en la cabecera de la mesa. La distribución y la instalación de estos por toda la sala se deben determinar por previa consulta con el personal quirúrgico, debido a que los puntos de salida han de localizarse con el propósito de minimizar la interferencia en los procedimientos. A menudo, los tomacorrientes más utilizados se encuentran en las columnas de gases médicos ubicados en el techo cerca de la cabeza del paciente, con el fin de permitir que el equipo se enchufe sin tener que utilizar cables por toda la sala.

El número de tomacorrientes destinados en el quirófano puede tener un impacto negativo en el IPS, puesto que la impedancia del cableado del sistema se incrementa. Al restringir la duración y el número de circuitos alimentados por paneles de energía aislados se puede limitar la corriente de fuga o considerando el uso de IPS múltiples.

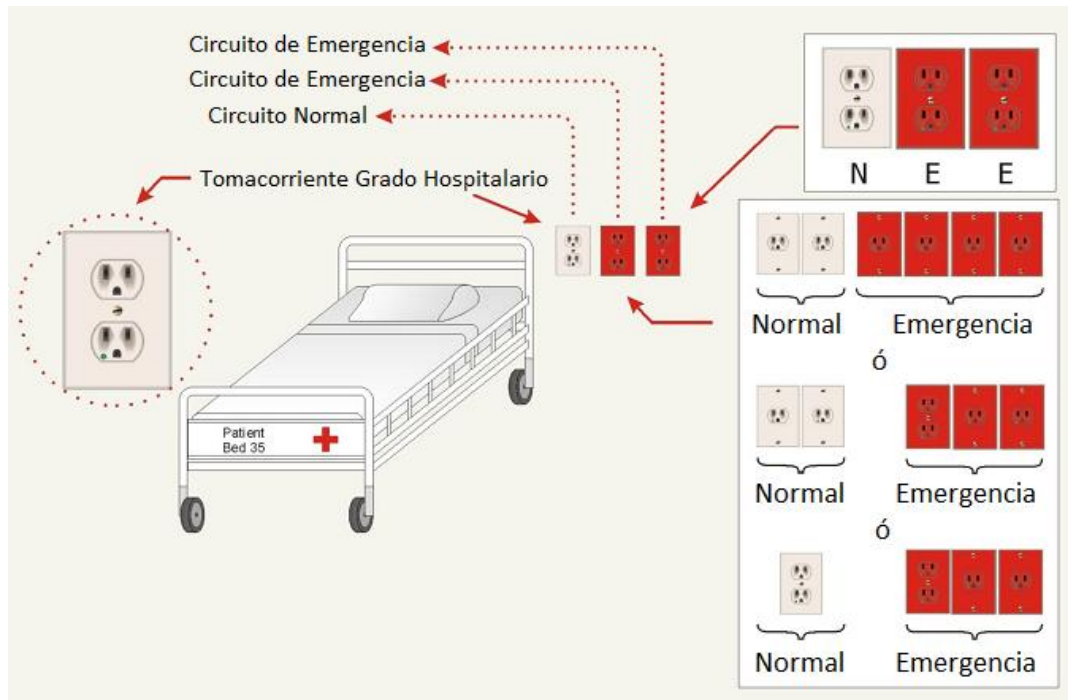
*Nota. Para más recomendaciones acerca de los quirófanos revisar las siguientes secciones:*

- *IPS* → *Capítulo 11*
- *Quirófano* → *Sección 13.2*
- *Iluminación* → *Sección 15.6.3*

#### **9.2.5 Áreas de cuidados críticos[10]**

En cada área de cama de pacientes debe haber como mínimo seis tomacorrientes. Se permite que sean de tipo sencillo, doble o una combinación de ambos; si son seis o más, deben estar certificados como de "tipo hospitalario" e identificados como tales, ver Figura 23. Al ser conectados al sistema de emergencia deben estar identificados e indicar también el panel de distribución y el circuito del que proceden.

Figura 23. Tomacorrientes área de cuidados críticos.



Fuente: [12]

Las áreas de cuidados coronarios, cuidados intensivos y servicio de urgencias hacen parte del área de cuidados críticos, por lo tanto la cantidad mínima de tomacorrientes es la misma; sin embargo se debe coordinar el número y la instalación de puntos de salida, debido a la gran cantidad de equipos utilizados en esta área.

*Nota. Para más recomendaciones acerca de las áreas de cuidados críticos revisar las siguientes secciones:*

- IPS → Capítulo 11
- SPT → Sección 13.2
- Iluminación → Secciones 15.6.4, 15.6.6, 15.6.6.7

### 9.2.6 Salas de recuperación[2]

Las salas de recuperación se dividen en Fase I de recuperación (primaria) o PACU (Unidad de Cuidados Post anestésicos) y fase II de recuperación (área de camas de los pacientes). La PACU necesita seis tomacorrientes, y la fase

El solo tiene dos tomacorrientes dobles. Estas Áreas generalmente son áreas intensivas de enfermería donde se observa al paciente hasta que se recupere de la anestesia.

### **9.2.7 Pediatría[2]**

Para el área de pediatría se recomienda el uso de cuatro tomacorrientes o dos puntos de salida dobles por cama y deben ubicarse a cada lado. Los tomacorrientes de 125 V y 15 ó 20 A instalados en áreas de pacientes, cunas, habitaciones u otras, deben ser resistentes al abuso.

*Excepción. Se permite instalar un tomacorriente con tapa en lugar del resistente al abuso, siempre que dicha tapa, por su construcción, impida el acceso indeseable a los contactos energizados.*

*Nota. Para más recomendaciones acerca del área de pediatría revisar la Sección 15.4. 8 Iluminación)*

### **9.2.8 Habitaciones de cateterización cardíaca[2]**

Determinar con la administración del hospital si se trata de una sala multifuncional, si se utiliza como un área de anestesia general, se deben seguir las especificaciones de lugares de inhalación de gases anestésicos. Los tomacorrientes de uso hospitalario son obligatorios en esta área.

### **9.2.9 Lugares de inhalación de gases anestésicos[10]**

Clasificación de las salas de anestesia según la NTC 2050:

**a. Dentro de lugares de anestesia peligrosos (clasificados)**

Los tomacorrientes y clavijas en lugares peligrosos (clasificados) deben estar certificados para usar en lugares Clase I Grupo C y tener

terminal para conexión de un conductor de puesta a tierra.[10]

- b.** Lugares peligrosos (clasificados) ubicados por encima de áreas de anestesia.

Los tomacorrientes y clavijas ubicados sobre los lugares de anestesia peligrosos (clasificados) deben estar certificados para uso hospitalario y para un servicio a tensión, frecuencia, capacidad y número de conductores establecidos. Deben tener un terminal para conexión del conductor de puesta a tierra. Estos requisitos se aplican a tomacorrientes y clavijas del tipo de dos polos y tres hilos con polo a tierra, para servicio monofásico de 120 V AC nominal.

Las tomacorrientes y clavijas de 250 V AC nominales para conectar equipos médicos de 50 y 60 A que se utilicen, deben ser de un tipo que permita conectar clavijas de 50 ó 60 A en un tomacorriente de 60 A. Los tomacorrientes de 50 A deben estar diseñados de modo que no admitan clavijas de 60 A. Las clavijas deben ser de dos polos y tres hilos con un tercer polo para conectar el conductor de tierra de los equipos (con aislante verde o verde y bandas amarillas)<sup>17</sup>.

- c.** Lugares de anestesia no peligrosos (clasificados).

Los tomacorrientes y clavijas instalados y utilizados en lugares no peligrosos (clasificados) deben estar certificados para uso hospitalario para servicio a la tensión, frecuencia, capacidad y número de conductores establecidos y tener conexión para conductor de puesta a tierra. Estos requisitos se aplican a tomacorrientes y clavijas de dos polos y tres hilos con polo a tierra para servicio monofásico de CA a 120, 208 ó 240 V nominales.

---

<sup>17</sup> En lugares de anestesia no peligrosos se aplica los mismos requerimientos.

*Nota. Para más recomendaciones acerca de lugares de inhalación de gases anestésicos revisar las siguientes secciones:*

- *IPS → Capítulo 11*
- *Lugares de gases anestésicos → Sección 13.1*

#### **9.2.10 Laboratorios[2]**

Se recomiendan salidas de dos a cuatro tomacorrientes, estos se instalarán cada 0,5 m a 1,0 m (1,6 pies a 3,3 pies) en áreas de uso de instrumentos, y/o bien la instalación debe ser de al menos 8 cm (3,15 pulgadas) por encima del mostrador.

*Nota: La cantidad de tomacorrientes mencionados anteriormente, se establece para las edificaciones que cuenten con un sistema de Calefacción, Ventilación y Aire acondicionado (HVAC). Cuando se requiera unidades individuales de aire acondicionado en áreas de interés se deben proveer salidas adicionales que alimenten dichos equipos.*

#### **9.3 TOMACORRIENTES Y CLAVIJAS DE RAYOS X MÓVILES[2]**

Las clavijas de rayos X y tomacorrientes no deben ser intercambiables con enchufes de otros equipos, para evitar la sobrecarga en ramales y alimentadores que no fueron diseñados para dicho servicio. Los modelos de los dispositivos de rayos X portátiles más grandes vienen en 50 A y 60 A; la clavija de 50 A puede ser conectado a cualquier tomacorriente de 50 A o de 60 A, mientras que una clavija de 60 A solo puede conectarse a un tomacorriente de 60 A. Los tomacorrientes tienen una función de tipo resorte de expulsión que garantiza que la clavija se introduzca por completo; debido a la presión inserción requerida, deben ser montados en un mínimo de 0.735 m (30 pulgadas) por encima del suelo.

En algunos hospitales se ha incrementado el uso de dispositivos de rayos X portátiles más pequeños en las habitaciones de los pacientes. Las clavijas que vienen con estos pequeños dispositivos de rayos X pueden ser capaces de insertarse en un tomacorriente de 20 A. Este enfoque minimiza el movimiento del paciente durante algunos procedimientos de radiología, pero también puede aumentar la posibilidad de cargas de alto impulso en estos ramales y alimentadores que no fueron diseñados para dicho servicio. El uso de estos equipos requiere diálogo entre el diseñador y los usuarios, junto con medidas de diseño apropiado.

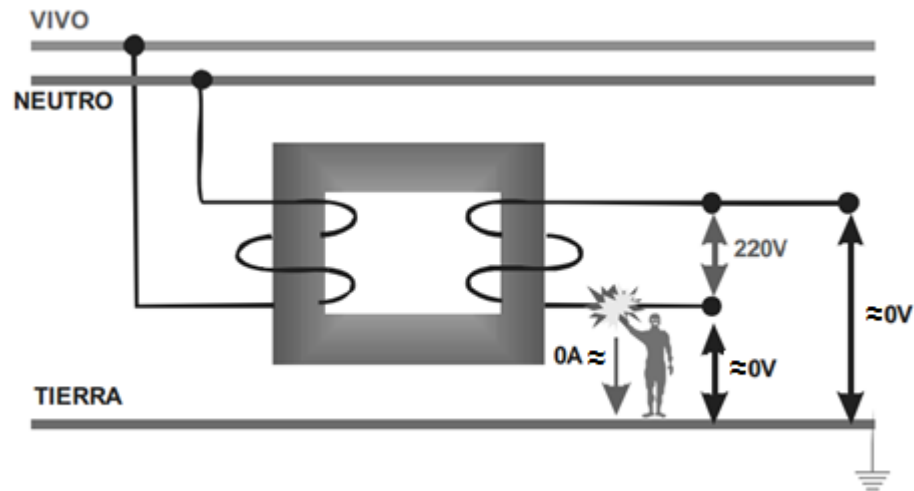
## 10 SISTEMA DE POTENCIA AISLADO (IPS)

El término IPS se utiliza normalmente para un sistema de distribución sin conexión a tierra, conformado por un transformador de aislamiento, un monitor de aislamiento de línea (LIM), interruptores de entrada y salida, tomacorrientes de energía y el equipo de tierra asociado. Su función es garantizar la continuidad del servicio eléctrico en las salas donde no se permita la interrupción del suministro; evita el macro choque eléctrico sobre el paciente y el personal médico, además de arcos eléctricos que podrían ocasionar incendios o explosiones dentro de la sala. Sin embargo no protege totalmente contra la posibilidad del micro choque a causa de la capacidad parásita entre el secundario del transformador de aislamiento y tierra. [2]

El uso del IPS se establece en áreas de cuidado crítico en las que se utilicen gases anestésicos y en ambientes especiales, los cuales deben ser alimentados por un solo circuito sin involucrar otras cargas. De forma más precisa el IPS se requiere en: quirófanos, sala de partos, neonatología, laboratorios angiográficos, reanimación quirúrgica, UCI's, procedimientos cardiológicos especiales, hemodiálisis, radiodiagnóstico no convencional (TAC, resonancia magnética), radioterapias y endoscopias.[13] [10]

Este sistema trabaja mediante el aislamiento de los conductores de alimentación dejando a estos sin conexión a tierra, si tanto el paciente como el personal de la sala de cirugía tocan uno de los contactos, la diferencia de potencial con respecto a tierra es muy pequeña aproximadamente 0V, lo que se traduce en que circulará una corriente eléctrica mínima que no afectará a las personas, ni equipos utilizados como se representa en la Figura 24. [22]

Figura 24. Diferencia de potencial con respecto a tierra.



Fuente: [22]

Aunque el acoplamiento capacitivo y la fuga resistiva entre los conductores de alimentación y la tierra de referencia no existe en todo el sistema, la impedancia de este acoplamiento es tan alta (por encima de  $24\text{ K}\Omega$ ) que cualquier corriente de falla a tierra se reducirá a una corriente de  $5\text{ mA}$  o menos. [2]

Los beneficios derivados de este sistema son los siguientes:

- a. Cuando exista una falla a tierra, el IPS evitara una situación de peligro para el paciente o el personal sin suspender el suministro de energía, sólo una advertencia visual y sonora se emite permitiendo que el equipo continúe operando de forma segura hasta corregir el problema tan pronto como sea posible. Si se presenta una segunda falla puede llegar a ser un peligro para el paciente.
- b. Las lecturas periódicas del monitor de aislamiento de línea obtienen un registro continuo del sistema y su operación, con este monitoreo el personal del hospital se mantiene en estado de alerta para preservar el equipo en condiciones de buen funcionamiento.

## 10.1 INSTALACIÓN DE UN IPS

El IPS deberá incluir en su instalación tomacorrientes, pero no está obligado a agregar artefactos de iluminación o accesorios; estos podrán ir conectados al sistema de emergencia directamente. [8]

Todos los circuitos deben estar controlados por un interruptor que tenga un polo de desconexión en cada conductor del circuito aislado, para desconectar simultáneamente todo el suministro. Dicho aislamiento se debe realizar mediante uno o más transformadores que no tengan conexiones eléctricas entre los devanados primario y secundario, por medio de grupos electrógenos o de baterías adecuadas aisladas. [10]

Puede contener sólo un número de circuitos derivados (por lo general no más de 16) y una longitud limitada del cableado debido a la restricción generales que presentan las corrientes de fuga en los sistemas de potencia aislados.

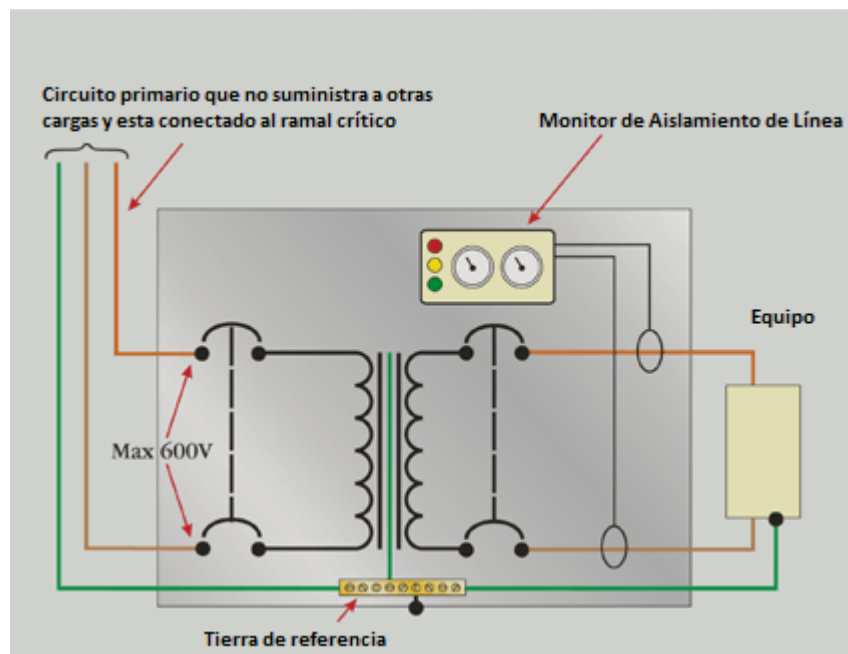
Como se muestra en la Figura 25, los circuitos de alimentación del primario de los transformadores de aislamiento deben funcionar a no más de 600 V entre conductores y estar dotados de la adecuada protección contra sobrecorriente. La tensión del secundario de dichos transformadores no debe ser superior a 600 V entre los conductores de cada circuito. Todos los circuitos que reciban corriente desde dichos secundarios no deben estar puestos a tierra y deben tener un dispositivo aprobado de protección contra sobrecorriente y sobrecarga en cada conductor, de la capacidad adecuada. Cuando en el secundario existe una sola salida solo tendrá una protección contra sobrecorriente. [23]

Los circuitos conectados directamente a baterías o a grupos electrógenos no

deben estar puestos a tierra y deben estar protegidos contra sobrecorriente de la misma manera que los circuitos a los que esté conectado el secundario del transformador. Si hay un blindaje electrostático, se debe conectar al punto de referencia de puesta a tierra. Se permite que el conductor de puesta a tierra del circuito secundario pueda ir por fuera del encerramiento de los conductores en tensión del mismo circuito, aunque es más seguro que vaya con ellos, lo que proporcionara mayor protección en el caso de una segunda falla.

Para proteger al transformador de aislamiento se deberán prever dispositivos de supervisión de sobrecarga y sobrecorriente, ambos indicarán acústicamente (desactivable) y visualmente (no desactivable), una falla interna del transformador y/o una carga que supere la corriente nominal, sin corte automático. Estos dispositivos de supervisión podrán ser transformadores de corriente o dispositivos equivalentes.

Figura 25. Transformador de aislamiento



Fuente: [24]

No se deben instalar en lugares peligrosos (clasificados) los transformadores

de aislamiento, grupos electrógenos, baterías y cargadores de baterías y todos los dispositivos de protección contra sobrecorriente del primario o del secundario asociados. El alambrado del circuito secundario aislado que penetre en un lugar de anestesia peligroso, debe cumplir los requisitos de instalación del Artículo 501-4 de la norma NTC 2050.

No se debe conectar computadores (notebooks, PCs, etc.) ni ningún otro dispositivo que contengan filtros capacitivos a tierra, porque estos degradan el sistema aislado.[23]

## **10.2 CORRIENTE DE RIESGO**

Para un número determinado de conexiones en el sistema, la corriente de riesgo es la corriente total que pasaría a través de una baja impedancia si se conectara cualquier conductor aislado con tierra [10]. Existen tres tipos:

- Corriente de riesgo de falla: es la corriente de riesgo con todos sus dispositivos conectados excepto el monitor de aislamiento de línea.
- Corriente de riesgo del monitor: es la corriente de riesgo sólo del monitor de aislamiento de línea.
- Corriente de riesgo total: es la corriente de riesgo de un sistema eléctrico aislado con todos los dispositivos conectados, incluido el monitor de aislamiento de línea.

Cuando dos conductores en estrecha proximidad son energizados desde el devanado secundario de un transformador de distribución, una pequeña corriente fluye entre ellos debido a las propiedades dieléctricas del aislamiento del conductor, lo mismo ocurre al estar puestos en un tubo metálico conectado a tierra, se presenta corrientes de fuga entre el conductor de fase no puesto a tierra y el ducto. En un IPS, el conductor de alimentación no está conectado a tierra, por lo que no habrá fuga de ambos conductores

de alimentación a tierra. La Tabla 6 ilustra la diferencia en las corrientes de fuga de los aislamientos del conductor, la Tabla 7 ilustra las diversas corrientes de fuga aportadas por equipos que se encuentran típicamente en un quirófano.

*Tabla 6. Corrientes de fuga atribuidos al tipo de material y longitud empleada.*

MATERIAL UTILIZADO	RESULTADO
Alambre TW (Material de aislamiento del cable de alimentación: Cloruro de Polivinilo)	9,84 $\mu$ A por m (3 $\mu$ A por pie) de alambre
Alambre XLP (Polietileno)	3,28 por m (1 $\mu$ A por pie) de alambre

Fuente: [2]

*Tabla 7. Corrientes de fuga por equipos.*

EQUIPO	RANGO DE FUGA EN $\mu$ A
Visor de Rayos X	50-150
Equipo de Electrocirugía	100-300
Bomba de Vacío	50-125
Monitor Fisiológico (de un canal)	30-200
Monitor Fisiológico (de ocho canales)	275-350
Equipo Corazón-Pulmón	350-450
Desfibrilador	50-125
Equipo Portátil Rayos X (Con capacitor de carga de 120 V )	30-50
Fibrilador Cardiaco	15-50
Ventilador	100-150
Sincronizador Cardiaco	75-125
Unidad de Hipertermia (unidad individual de paciente)	125-175

Fuente: [2]

### 10.3 TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO

Un transformador de aislamiento no debe servir para más de una sala de operación. Se considera que las salas de inducción de anestesia son parte de la sala de operación. Si una sala de inducción sirve a más de una sala de operación, se permite que los circuitos aislados de la sala de inducción se alimenten desde el transformador de aislamiento de cualquiera de las salas de operación. [10]

En las áreas de atención crítica donde las salas son destinadas para más de un paciente, se recomienda no alimentar a más de cuatro camas a través de un mismo IPS. Si se presenta esta situación se recomienda una disposición alternada de sistemas de potencia aislados. [23]

Se permite que se alimenten tomacorrientes sencillos en muchas áreas de pacientes cuando:

- Los tomacorrientes estén reservados para alimentar equipos que necesiten 150 V o más, como por ejemplo unidades de rayos X portátiles.
- Los tomacorrientes y clavijas no sean intercambiables con los tomacorrientes del sistema de fuerza aislado del lugar.

El transformador de aislamiento del IPS, no debe tener una potencia nominal inferior a 0,5 kVA ni superior a 10 kVA para áreas de cuidados críticos o 25 kVA para tableros de rayos X, la tensión en el secundario no debe exceder 250 V, con muy bajas corrientes de fuga (microamperios) de reconocimiento internacional como la UL1047, el transformador debe ser construido con un aislamiento tipo H o B y debe estar en capacidad de suministrar fácilmente potencia para cargas mayores a 150% de su capacidad nominal para abastecer grandes cargas intermitentes, garantizando que en caso de una falla inicial de línea a tierra se pueda mantener en un valor tan bajo como 5 mA sin interrumpirse el suministro de energía. En el secundario del

transformador deben instalarse interruptores bipolares de mínimo 20 A los cuales deben abrir tanto la fase como el neutro del circuito solo en caso de que se presente una segunda falla eléctrica que genere cortocircuito. [13]

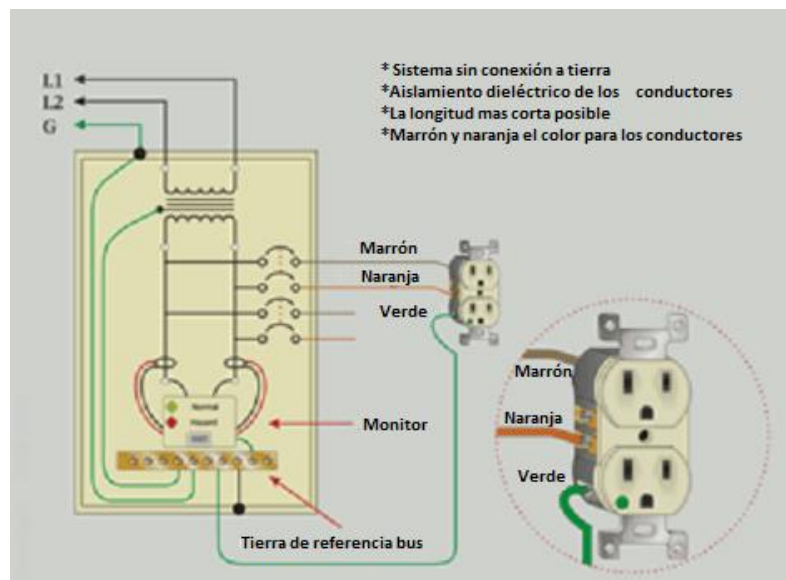
Los conductores de un circuito aislado se deben identificar como sigue:

Conductor aislado N°. 1: **naranja**.

Conductor aislado N°. 2: **marrón**.

Para sistemas trifásicos, el tercer conductor debe ser amarillo. Cuando los conductores alimenten tomacorrientes monofásicos de 125 V, 15 y 20 A, el conductor o conductores naranja se deben conectar al terminal o terminales en el tomacorriente que están identificados para conexión al conductor del circuito puesto a tierra (blanco), como se muestra en la Figura 26.

Figura 26. Conexión al IPS



Fuente: [25]

En los conductores del secundario de un circuito aislado no se deben usar compuestos para halado de los cables, que aumenten la constante

dieléctrica. Si se reduce la longitud de los conductores del circuito ramal y en los conductores se emplean aislantes de una constante dieléctrica menor a 3,5 y una resistencia constante al aislamiento superior a 6100 M $\Omega$  por metro a 16 °C, se limitan las fugas de fase a tierra, reduciendo la corriente de riesgo.

El transformador debe estar protegido por una cubierta, solo removible mediante cerraduras o herramientas y el acceso está reservado, en este caso, solo a personal calificado. [23]

#### **10.4 MONITOR DE AISLAMIENTO DE LÍNEA.[10]**

Además de los dispositivos normales de control y protección contra sobrecorriente, todos los sistemas de potencia aislados deben estar provistos de un monitor de aislamiento de línea que funcione continuamente, señalando las posibles corrientes de fuga o de falla desde cualquier conductor aislado a tierra. El monitor debe estar diseñado de modo que, mientras el sistema esté adecuadamente aislado de tierra, haya encendida una bombilla verde que puedan ver fácilmente las personas que estén en el área. Cuando la corriente total de riesgo (consistente en posibles corrientes de fuga resistivas y capacitivas) entre cualquier conductor aislado y tierra, llegue a un valor umbral de 5 mA a la tensión normal de la línea, debe encenderse una bombilla roja adyacente y producirse una señal sonora (si se quiere). El monitor de línea no debe producir alarmas para corrientes de riesgo de menos de 3,7 mA o para corrientes de riesgo totales de menos de 5,0 mA. [10]

*Excepción. Se permite que los indicadores visuales y sonoros del monitor de aislamiento de las áreas de cuidados críticos estén ubicados en la estación de enfermeras.*

*Excepción. Se permite diseñar un sistema para que funcione a un umbral más bajo de la corriente de riesgo total. El monitor de aislamiento de línea de dicho sistema debe estar aprobado, estableciendo que está permitido que la corriente de falla se reduzca, pero no a menos del 35 % del correspondiente valor de umbral de la corriente total de riesgo y la corriente de riesgo del monitor se reduzca, en consecuencia, a no más del 50 % del valor de umbral de alarma para la corriente total de riesgo.*

El monitor de aislamiento de línea debe estar diseñado de modo que tenga impedancia interna suficiente para que, cuando algún punto del sistema aislado se ponga a tierra, la corriente interna máxima que pueda pasar por el monitor de aislamiento sea de 1 mA.

*Excepción. Se permite que el monitor sea de baja impedancia, de modo que cuando haya algún punto del sistema aislado puesto a tierra, la corriente no supere el doble del umbral de alarma durante un periodo no superior a 5 ms.*

En un lugar visible del monitor de aislamiento de línea se debe montar un amperímetro calibrado a la corriente total de riesgo del sistema, con la zona de "alarma encendida" aproximadamente en el centro de la escala.

*Excepción. Se permite que el monitor de aislamiento sea una unidad compuesta, con una parte de detección cableada a una pantalla independiente en la que estén ubicadas las funciones de alarma o prueba.*

Las fallas que se producen dentro de los aparatos médicos puede ser el resultado de un deterioro progresivo del aislamiento. Cuando las fugas causadas por estas condiciones aumentan más allá de los límites establecidos para el sistema de puesta a tierra, el monitor dará un aviso de alarma al personal de la situación de peligro. Esta característica es de gran valor, incluso a las instituciones que cuentan con sofisticados programas de mantenimiento preventivo para sus aparatos y equipos.

### **10.5 IMPEDANCIA DEL CABLEADO AISLADO[8]**

La impedancia a tierra de cualquiera de los conductores de un sistema aislado excederá de 200 K $\Omega$  cuando se instala. Este valor se determinará por la activación del sistema y la conexión de un miliamperímetro (escala 0 mA a 1 mA) de baja impedancia entre el punto de puesta a tierra de referencia y de cualquiera de los conductores en secuencia. Esta prueba se permitirá realizar con el monitor conectado, siempre y cuando la conexión entre el monitor y el punto de puesta a tierra de referencia este abierto en el momento de la prueba. Después de la prueba se retira el miliamperímetro y la conexión a tierra del monitor deberá ser restaurada. Cuando la instalación se haya completado, incluyendo los accesorios conectados de forma permanente, la lectura del medidor en el monitor de aislamiento de línea, que corresponde a la condición de la línea sin carga, se hará. Esta lectura del medidor se registrará como una referencia para la posterior evaluación de línea de impedancia. [8]

## 11 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA (SPT)

Un buen sistema de puesta a tierra garantiza gran parte de la seguridad de las personas que habitan o tienen contacto con las instalaciones del hospital. En la Figura 27 se muestra los factores que intervienen para su desarrollo; si uno de ellos no se tiene en cuenta, se pone en riesgo inevitablemente la vida tanto del paciente como del personal.

Figura 27. Factores para garantizar un sistema de puesta a tierra.



Fuente: [26]

Cuando hablamos de puesta a tierra, nos referimos a conductores que realizan la conexión eléctrica con el suelo, subsuelo o una masa. En una puesta a tierra no sólo se encuentra una resistencia sino también una inductancia y una capacitancia que igualmente influyen en el paso de la corriente por tierra, pero para bajas frecuencias, bajas corrientes y valores resistividad del suelo no muy elevados, son despreciables los efectos

capacitivos y la ionización del suelo, comportándose de esta forma prácticamente como una resistencia. [26]

La resistencia de puesta a tierra es un indicador que limita directamente la máxima elevación de potencial y controla las tensiones transferidas. En la Tabla 8 se muestra los valores máximos de resistencia de puesta a tierra para diferentes aplicaciones.

Tabla 8. Valores máximos de Resistencia de puesta a tierra.

APLICACIÓN	VALORES MÁXIMOS DE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA
Subestaciones de media tensión	10 $\Omega$
Protección contra rayos	10 $\Omega$
Neutro de acometida en baja tensión	25 $\Omega$
Descargas electrostáticas	25 $\Omega$
Equipos electrónicos sensibles	5 $\Omega$

Fuente: [26]

Para lograr excelentes sistemas de puesta a tierra los pasos dados a continuación son importantes [26]:

**a. Determinación de los parámetros**

- Fijar la resistencia de puesta a tierra objetivo.
- Establecer las tensiones de seguridad permitidas.
- Definir las temperaturas máxima y ambiente.
- Calcular la corriente de falla a tierra.
- Definir el máximo tiempo de despeje de la falla.
- Obtener valores del nivel de aislamiento (BIL) de equipos.
- Revisar planos de la instalación.
- Determinar el área disponible.
- Estudiar la resistividad del terreno, permitividad y pH.
- Seleccionar parámetros de rayos.

**b. Diseño**

- Recopilar las normas y programas necesarios.
- Definir geometría de la puesta a tierra.
- Elegir tipo de electrodo y su cantidad.
- Definir profundidad de enterramiento del electrodo según el terreno.
- Escoger material y resistividad de la capa superficial.
- Definir tamaño de la retícula si es malla.
- Definir longitud de contrapesos.
- Calcular calibre y longitud del conductor.
- Calcular resistencia de puesta a tierra.
- Ajustar valores.

**c. Análisis del comportamiento**

- Calcular tensiones de seguridad.
- Calcular el GPR (máximo potencial de la malla respecto a una tierra remota).
- Evaluar comportamiento transitorio.

**d. Topología**

- Definir colas de cables.
- Ubicar cajas de inspección.
- Definir rutas de cables.
- Ubicar barrajes equipotenciales.
- Interconectar con otras puestas a tierra.

**e. Materiales y cantidades de obra**

- Hacer listado de materiales.
- Valorar materiales básicos y accesorios, equipos, herramientas y mano de obra.

- Elaborar el presupuesto definitivo.
- f.** Ejecución de obra
- Nombrar el responsable directo.
  - Hacer cronograma.
  - Construir SPT.
  - Levantar planos de lo construido o “As Built”.
- g.** Mediciones de comprobación
- De resistencia de puesta a tierra.
  - De tensión de paso.
  - De tensión de contacto.
  - De equipotencialidad.
- h.** Detalles finales
- Terminar obra civil.
  - Señalizar.
  - Certificar la puesta a tierra.
  - Cantidades de obras reales.
  - Entregar garantías y memorias de cálculo.
  - Entregar plan de mantenimiento.

El camino a tierra desde circuitos, equipos y cubiertas debe [27]:

- a.** Ser permanente y continuo.
- b.** Garantizar condiciones de seguridad a los seres vivos.
- c.** Tener suficiente capacidad de corriente para transportar con toda seguridad, cualquier corriente de falla que pueda circular por él.
- d.** Tener una impedancia lo suficientemente baja para limitar el potencial respecto a tierra y asegurar el funcionamiento de los dispositivos de sobrecorriente del circuito.

- e. Evitar ruidos eléctricos.
- f. Ser resistente a la corrosión.
- g. Tener un costo lo más económico posible.

## **CARACTERÍSTICAS DEL SPT**

- El neutro debe conectarse en uno y solo un punto, en el transformador y antes de cualquier medio de desconexión o dispositivo de protección. Este punto debe ser un barraje equipotencial (BE) de cobre de 3" x 1/4" x 60 cm. A su vez la carcasa del transformador o de un equipo, el neutro y el cable principal de tierra deben estar aterrizados siempre, sin seccionamientos ni posibilidad de daño.
- Los electrodos de puesta a tierra deben estar tan cerca como la práctica lo permita de la conexión al neutro del sistema. Preferiblemente deben emplearse varillas de cobre sólido de 5/8" x 2.4 m como mínimo, homologadas por el sector eléctrico colombiano y enterradas verticalmente.
- La malla de puesta a tierra debe tener por lo menos una caja de inspección de 0.3 m x 0.3 m con tapa fácil de levantar de acuerdo con el diseño de dicha malla.
- Las tuberías metálicas subterráneas, la estructura metálica del edificio, los apantallamientos, en el caso que lo hubiera debe unirse entre sí y conectarse al SPT en el barraje equipotencial (BE). Los ductos, las bandejas para cableado y las cajas para salidas tienen que unirse rígidamente a la fuente del sistema, si este es alimentado en forma separada.

Los ductos metálicos, los gabinetes, las estructuras y demás partes metálicas del equipo eléctrico, no portadoras de corriente, deben

mantenerse a una distancia mayor de 1.8 m de los bajantes de pararrayos o de la distancia calculada como segura. Si no es así deberían unirse rígidamente entre sí.

- No se debe permitir que corrientes espurias o errantes circulen por los conductores de puesta a tierra de los equipos, sólo las corrientes falla a tierra deben fluir por ellos.

### **11.1 ÁREAS DE ATENCIÓN GENERAL**

Son aquellas áreas como cuartos de pacientes, salas de examen, salas de tratamientos, salas de curaciones y áreas similares en las que el paciente este en contacto con dispositivos comunes tales como el sistema de llamado de enfermeras, camas eléctricas, lámparas de examen, teléfono y también podría estar conectado a aparatos electromédicos.[27]

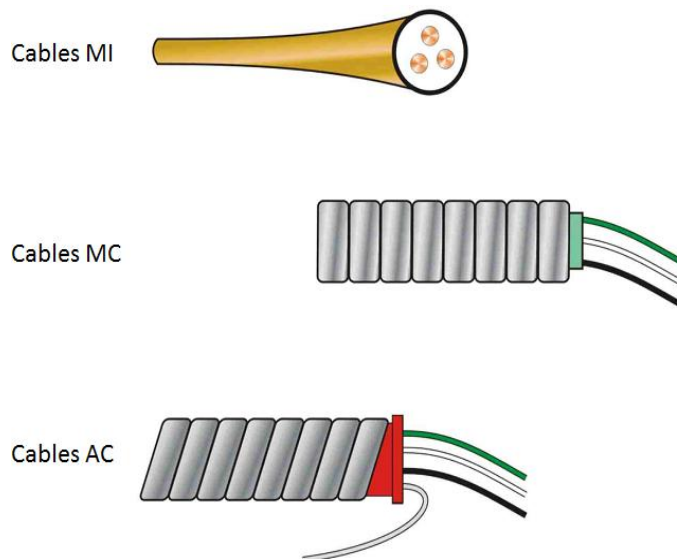
La puesta a tierra es eficiente cuando cualquiera de dos superficies conductivas descubiertas en la proximidad del paciente (una distancia de 1,80 m en todas las direcciones que estén en el alcance del paciente según lo define la NTC 2050), no exceda los 500 mV bajo operación normal a frecuencias de 1000 Hz o menos, medidas a través de una resistencia de 1000  $\Omega$ . [27]

En las áreas utilizadas para el cuidado del paciente, los terminales de conexión a tierra de todos los tomacorrientes, las cajas metálicas y gabinetes que los contengan y todas las superficies conductoras no portadoras de corriente de los equipos eléctricos fijos susceptibles que operen a más de 100 V, se deben poner a tierra con un conductor de cobre aislado. El conductor de puesta a tierra debe tener una sección transversal según la Tabla 250-95 de la NTC 2050 y estar instalado en canalizaciones metálicas con los conductores de los circuitos ramales que suministran corriente a los tomacorrientes o equipos fijos.

*Excepciones:*

- a. *No son necesarias canalizaciones metálicas cuando se utilicen cables certificados tipo MI, MC o AC. Siempre que el blindaje metálico externo o el recubrimiento del cable estén identificados como medio aceptable de puesta a tierra. (ver Figura 28).*

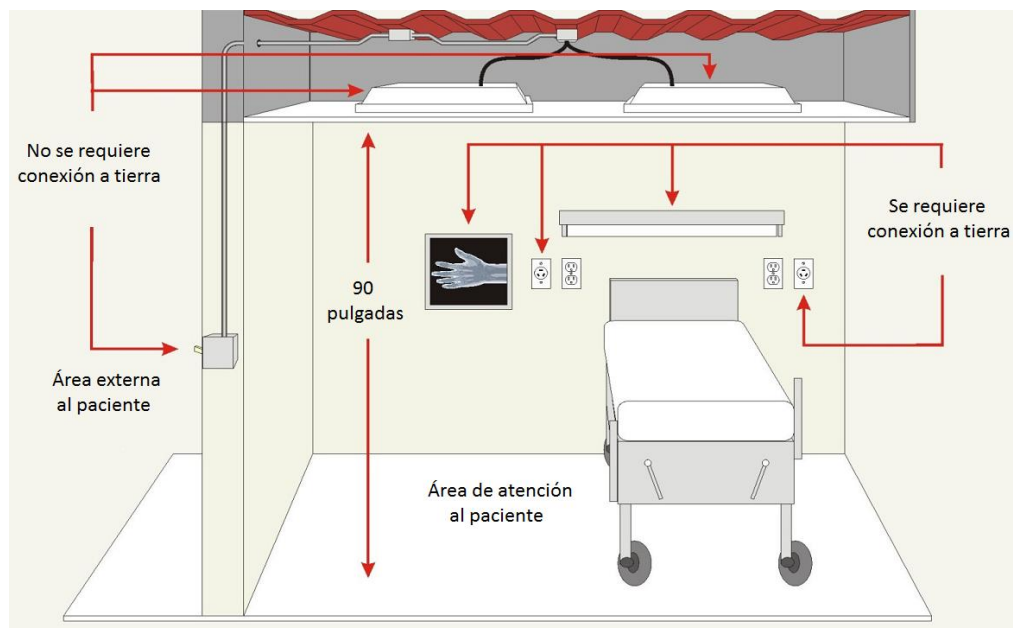
Figura 28. Cables tipo MI, MC o AC



Fuente: [12]

- b. Se permite poner a tierra las tapas metálicas por medio del tornillo o tornillos de montaje que sujetan las tapas a una caja de salida puesta a tierra o a un dispositivo de alambrado puesto a tierra.
- c. No es necesario poner a tierra mediante un conductor aislado los aparatos de alumbrado que estén a más de 2.3 m sobre el piso e interruptores localizados fuera de la proximidad de los pacientes. (ver Figura 29)

Figura 29. Áreas de cuidado de paciente

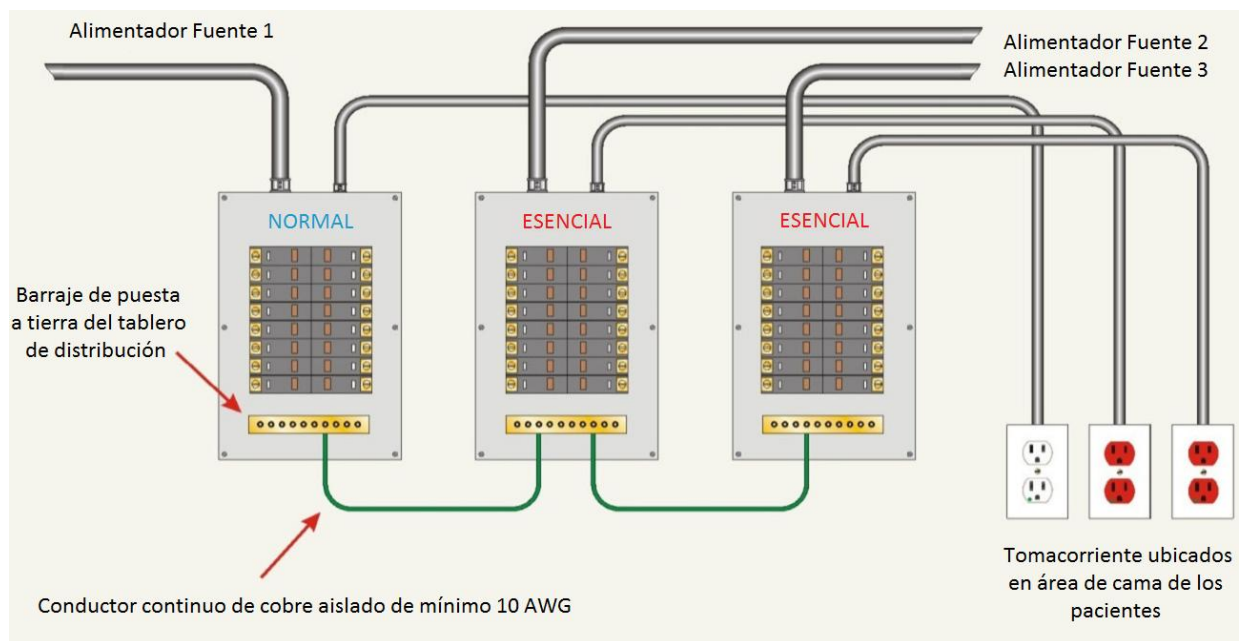


Fuente: [12]

Los cables tipo MC y MI deben tener una pantalla o armadura metálica exterior válida como trayectoria de tierra. Con esto se busca que los circuitos parciales que alimentan las áreas de cuidado de pacientes dispongan de una trayectoria a tierra redundante a través de un ducto o cable metálico. Esta trayectoria es adicional a la que se tiene mediante el conductor de puesta a tierra aislado. [10]

Las conexiones terminales de puesta a tierra de los equipos en los paneles de distribución de los circuitos ramales normales y esenciales que den suministro a la misma área de cercanía de los pacientes, se deben conectar equipotencialmente con un conductor continuo de cobre aislado de sección no menor a 10 AWG. Cuando más de dos paneles de distribución sirvan el mismo lugar, este conductor debe ser continuo de un panel a otro pero se permite que sea discontinuo para terminar en el terminal (barra) de tierra de cada panel. (Ver Figura 30)[10]

Figura 30. Conexión equipotencial entre los circuitos de distribución de área de cama de pacientes



Fuente: [12]

## 11.2 ÁREAS DE ATENCIÓN CRÍTICA[27]

Son aquellas unidades de cuidados especiales, UCI, cuidados coronarios, laboratorios de cateterización y de angiografía, salas de partos, salas de cirugía y áreas similares en las cuales los pacientes son sometidos a procesos invasivos y conectados a aparatos electromédicos alimentados por la red.[27]

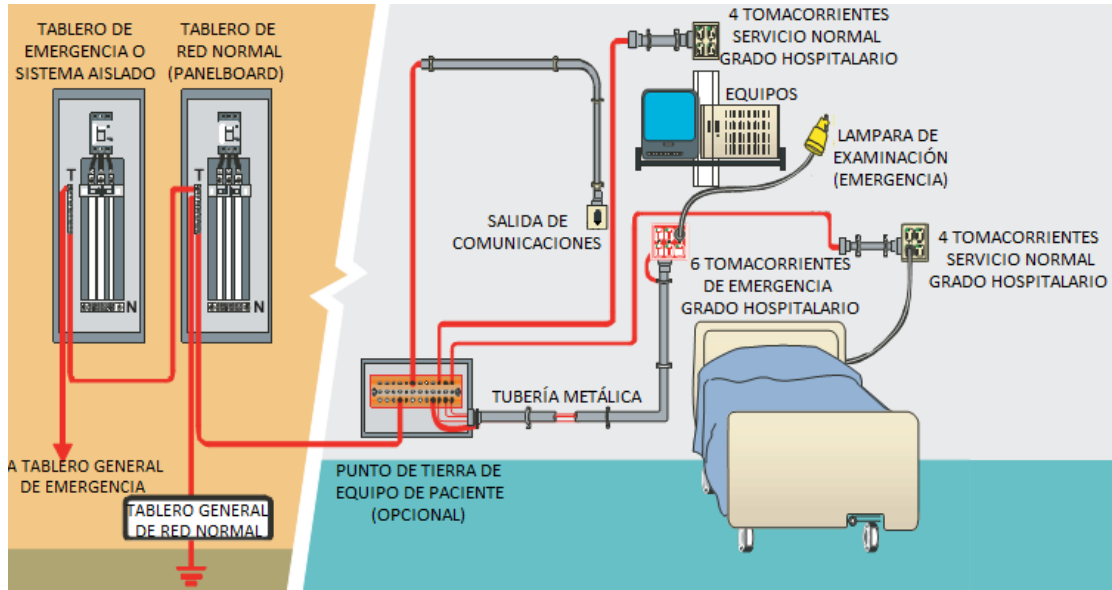
La puesta a tierra es eficiente cuando cualquiera de dos superficies conductoras descubierta en la vecindad del paciente que está en áreas de cuidado crítico, no sobrepase los 20 mV, medidas a través de una resistencia de  $1000 \Omega$ , en consecuencia la impedancia límite entre dos superficies (eléctricamente conductoras) expuestas sea de  $0.2\Omega$ . [27]

Cuando exista un sistema de distribución puesto a tierra y haya instaladas canalizaciones metálicas del alimentador o cables tipo MC o MI, se debe poner a tierra el panel de distribución o los cuadros de distribución en cada terminación o punto de unión de la canalización o cable tipo MC o MI por medio de los siguientes medios [10]:

- Una boquilla de puesta a tierra y un puente de conexión equipotencial continuo de cobre, de sección conforme con el artículo 250-95 de la NTC 2050 y conectado al encerramiento de la unión o la barra (bus) de tierra del panel.
- Conexión de las canalizaciones o cables MC o MI del alimentador a terminales o casquillos roscados en los encerramientos de las terminaciones.
- Otro medio aprobado, como tuercas del tipo para puesta a tierra, casquillos o pasacables (boquillas).

Los tomacorrientes de cama de pacientes deben ponerse a tierra mediante un conductor de cobre aislado como se muestra en la Figura 31.

Figura 31. Puesta a tierra de equipos en la UCI



Fuente: [26]

De forma opcional cada espacio para cama de pacientes tendrá un punto de puesta a tierra para los equipos conectado al punto de referencia mediante un conductor de cobre aislado de calibre no menor de 10 AWG. ( ver Figura 32).[27]

Cuando no haya punto de puesta a tierra de los equipos del área de pacientes, es importante que la distancia entre el punto de referencia de puesta a tierra y la cercanía del paciente sea lo más corta posible para minimizar las diferencias de potencial.

Un puesto para cama de paciente no estará servido por más de un punto de puesta a tierra de referencia.

Las barras terminales de puesta a tierra de los equipos del tablero normal y del sistema de emergencia deben ser unidas con un conductor de cobre

aislado y continuo no menor de 10 AWG. Cuando más de dos paneles alimentan la misma área este conductor debe ser continuo entre ellos.

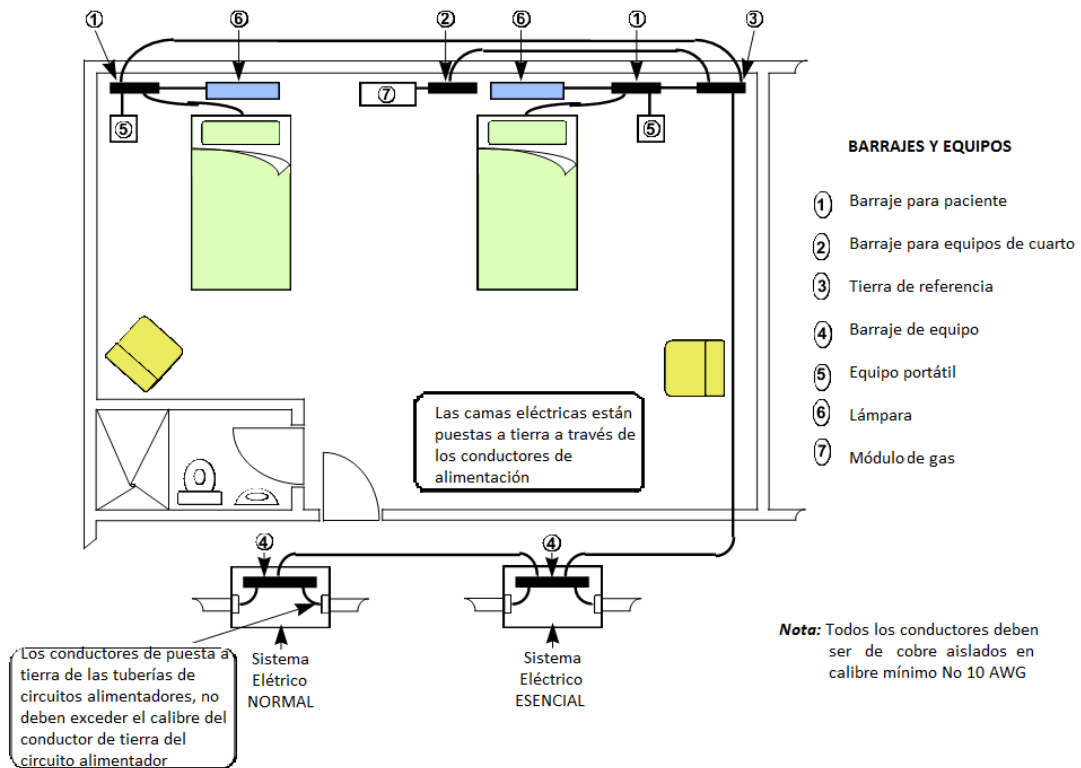
Se preverá uno o más puntos de interconexión de un ambiente<sup>18</sup> y serán puestos a tierra al punto de referencia por medio de un conductor de cobre aislado y continuo no menor de 10 AWG.

Las superficies conductivas fijas descubiertas en la vecindad del paciente y con probabilidades de ser energizadas, serán conectadas al punto de interconexión del ambiente o al punto de puesta a tierra de la referencia mediante conductores continuos de cobre o mediante las partes conductivas de las estructuras cuya conductancia sea al menos igual a la del conductor de cobre calibre 10 AWG. En caso de instalarse conductores de interconexión, deben ser colocadas en forma radial o de anillo según el caso.

---

<sup>18</sup> Uno o varios terminales que sirven como punto central para conectar a tierra todas las partes metálicas o superficies conductivas, descubiertas del edificio dentro del cuarto.

Figura 32. Interconexión de puesta a tierra de cuidados críticos.



Fuente: [27]

### Excepción.

Las superficies conductoras pequeñas empotradas en paredes sin probabilidad de ser energizadas, tales como colgador de toallas, dispensador de jabón, espejos o similares y superficies metálicas (marcos de ventanas y puertas) no necesitan ser puestos a tierra intencionalmente mediante conexión al punto de interconexión del ambiente.

### 11.3 PISCINAS TERAPEUTICAS Y BAÑERAS[27]

Los siguientes equipos estarán puestos a tierra en piscinas terapéuticas instaladas en el piso o sobre el piso o en una edificación de tal manera que las piscinas no puedan ser fácilmente desmontadas:

- Los aparatos de alumbrado subacuáticos de nicho mojado.
- Los aparatos de alumbrado subacuáticos de nicho seco.
- Todos los equipos eléctricos colocados dentro de 1,50 m de las paredes internas de la piscina.
- Todos los equipos eléctricos anexos con el sistema de circulación de agua de la piscina.
- La caja de empalmes.
- La cubierta de los transformadores.
- Los interruptores contra falla a tierra del circuito.
- Los tableros que no forman parte del equipo de acometida y que alimentan cualquier equipo eléctrico anexo a la piscina.<sup>19</sup>

---

<sup>19</sup> Más información acerca de la instalación de puesta a tierra de estos equipos se puede encontrar en PUESTA A TIERRA de instalaciones eléctricas hospitalarias del ministerio de salud.

## 12 INSTALACIONES DE ÁREAS ESPECIALES

### 12.1 LUGARES DE GASES ANESTÉSICOS

En la década de 1840 se inició la utilización de anestésicos inhalatorios. Los primeros en emplearse fueron el éter dietílico, el óxido nitroso y el cloroformo. Luego, en 1930, se introdujeron como anestésicos el ciclopropano y el tricloroetileno y en la década 1950 se empezaron a utilizar el fluoroxeno, halotano y metoxifluorano. En el transcurso de los años y como fruto de los trabajos de investigación, se han desarrollado nuevos gases anestésicos halogenados menos inflamables y menos tóxicos. En la década de los 80 se introdujeron el fluoroxeno, halotano, metoxiflurano, enflurano e isoflurano y en la de los 90 el desflurano. Ya a finales del siglo XX se empezó a utilizar el sevoflurano que es considerado el anestésico inhalatorio ideal a principios del siglo XXI, éste es un anestésico líquido volátil no inflamable que se administra por vía inhalatoria mediante un vaporizador específicamente calibrado. Todos estos gases anestésicos, a excepción del protóxido de nitrógeno, que es un gas, son líquidos que se aplican por vaporización. Las cantidades y mezclas aplicadas a cada paciente, dependen de la patología y naturaleza de cada uno de ellos, del tipo de anestesia que se quiera obtener y de la técnica de cada anestesista. [28]

En todas las áreas de anestesia, las canalizaciones metálicas, los recubrimientos metálicos de los cables y todas las partes conductoras no portadoras de corriente de los equipos eléctricos fijos, se deben poner a tierra. La puesta a tierra de los lugares clase I debe cumplir lo establecido en el artículo 501-16 de la NTC 2050.

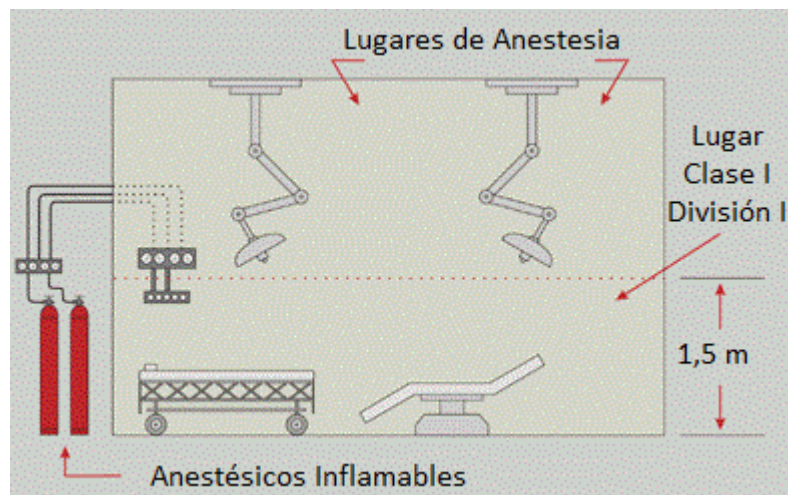
*Excepción. No es necesario poner a tierra los equipos que funcionan a 10 V entre fases como máximo.*

### 12.1.1 Lugares peligrosos (clasificados)[10]

Una sala en la que se utilicen anestésicos inflamables debe considerarse en su totalidad lugar de Clase I División 1 hasta un nivel de 1,50 m sobre el piso, es decir hasta esa altura se considera zona de gases inflamables. El resto del volumen hasta el techo se considera como lugar por encima de un lugar peligroso (clasificado), como se muestra en la Figura 33

Toda sala o lugar en que se almacenen anestésicos inflamables o desinfectantes volátiles inflamables se debe considerar como lugar de Clase I División 1 desde el piso hasta el techo.

Figura 33. Lugares peligrosos de anestesia



Fuente:[29]

La instalación del alambrado, equipos fijos y portátiles, e incluso bombillas y otros equipos, que funcionen a más de 10 V entre fases, deben cumplir los requisitos de las secciones 501-1 a 501-16. a) y b) en lo que se refiere a los lugares Clase I División 1 de la NTC 2050 y aprobados para funcionar en atmósferas peligrosas.

Cuando haya una caja, accesorios o encerramiento parcialmente instalados en el lugar, se debe considerar que el lugar peligroso (clasificado) se extiende hasta abarcar todos estos elementos.

Los cordones flexibles utilizados para conectar equipos de utilización portátiles, incluyendo las bombillas, que funcionen a más de 8 V entre fases, deben ser de tipo aprobado según la Tabla 400-4 de la NTC 2050 y tener un conductor adicional para puesta a tierra.

Debe existir un dispositivo para guardar el cordón flexible, que no permita que el cordón se doble a un radio menor a 75 mm.

#### **12.1.1.1.1 Lugares peligrosos (clasificados) ubicados por encima de áreas de anestesia[10]**

El alambrado por encima de los lugares peligrosos (clasificados) se debe instalar en tubo metálico rígido, tubería metálica eléctrica, tubo metálico intermedio o cables tipo MI o tipo MC con un recubrimiento metálico continuo y hermético al gas y al vapor.

Los equipos instalados que puedan producir arcos, chispas o partículas de metal caliente, como bombillas y portabombillas de equipos fijos de alumbrado, cortacircuitos, interruptores, generadores, motores u otros equipos con contactos deslizantes o de cierre y apertura, deben ser de tipo totalmente cerrado o estar contruidos de modo que impidan la salida de chispas o partículas de metal caliente.

*Excepción. No es necesario que los tomacorrientes de pared instalados sobre lugares peligrosos (clasificados) en los que se utilicen anestésicos inflamables, estén totalmente cerrados o tengan sus aberturas protegidas o apantalladas para evitar la dispersión de partículas*

Los equipos de alumbrado quirúrgico y de otro tipo deben cumplir lo establecido en el Artículo 501-9.b) de la NTC 2050.

*Excepciones:*

- a. No se aplican las limitaciones de temperatura superficial del Artículo 501-9.b).2) de la NTC 2050.*
- b. No es necesario que sean a prueba de explosión los interruptores integrales o colgantes que estén ubicados sobre lugares peligrosos (clasificados) y no puedan bajarse hasta el lugar peligroso.*

En los límites horizontales y verticales de los lugares definidos como peligrosos (clasificados) deben instalarse sellos aprobados, de acuerdo con el Artículo 501-5 y 501-5.a).4) de la NTC 2050.

#### **12.1.2 Lugares diferentes a los peligrosos (clasificados)**

Cualquier lugar donde se inhalen anestésicos diseñados para el uso exclusivo de agentes anestésicos no inflamables, no se debe considerar como lugar peligroso (clasificado).

El alambrado debe hacerse en tubo metálico o con cables. El tubo metálico, el blindaje o recubrimiento metálico del cable deben estar calificados para usarse como conductor de puesta a tierra de los equipos, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 250-91.b) de la NTC 2050. Los cables tipo MC y MI deben tener un blindaje o recubrimiento exterior metálico identificado como aceptable para servir de conductor de puesta a tierra.

*Excepción. No es necesario que los tomacorrientes colgantes de un cordón flexible tipo SJO como mínimo o equivalente, suspendidos a no menos de 1,80 m del piso, se instalen en una canalización metálica o en un conjunto de cables.*

## **12.2 QUIRÓFANO**

Los quirófanos son salas independientes que hacen parte de las instalaciones de un hospital, en las cuales se practican intervenciones quirúrgicas y actuaciones de anestesia-reanimación necesarias para su buen desarrollo.

Se considera una sala especial porque el paciente se encuentra más expuesto a corrientes de riesgo de macroshock y microshok, por lo tanto el diseño de sus instalaciones eléctricas se debe basar en la seguridad del paciente y la del equipo médico.

### **12.2.1 Generalidades[30]**

La temperatura ha de ser entre 18°C y 21° C, pero si se realiza una cirugía pediátricas o con pacientes quemados se necesita temperaturas mayores. La humedad se mantiene entre el 50-60 %, si se sube habrá condensación, mientras que si baja aumenta el riesgo de electricidad estática.

La ventilación se produce entre 20 y 25 veces por hora pasando el aire a través de filtros de alta eficacia que eliminan cerca del 100% de las partículas mayores de 0.3  $\mu$  m de diámetro.

La ropa debe ser impermeable para evitar la transmisión de gérmenes y bacterias por sudoración, al igual que las mascarillas para evitar el

movimiento de los mismos por el impulso de la respiración durante el proceso.

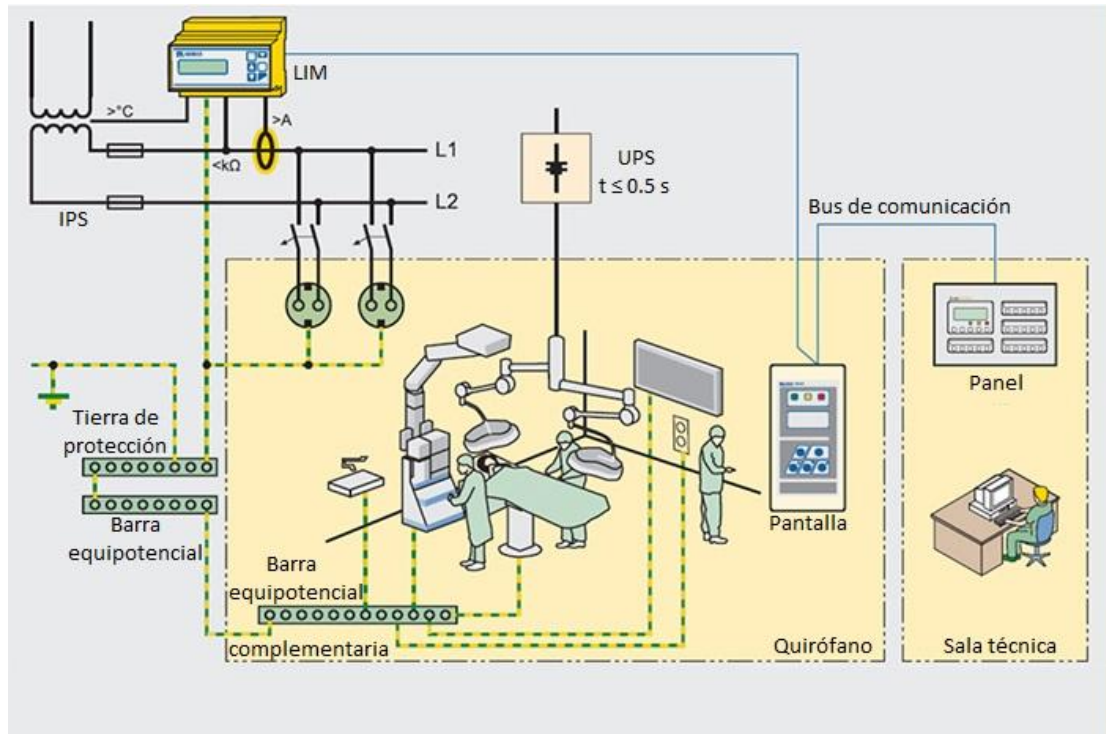
El lavado de manos ha de repetirse 2 o 3 veces con una duración entre 3 y 5 minutos usándose cepillos que incorporan y odopovidona o clorhexidina.

*Nota. Para más recomendaciones acerca de los quirófanos revisar la Sección 15.4.13 Iluminación, Sección 10.2.4 Tomacorrientes)*

### **12.2.2 Consideraciones del diseño**

- Se requiere un sistema que aisle eléctricamente la red eléctrica del paciente y de esta forma se rompa el bucle de corriente y se minimicen los peligros de descarga. Este aislamiento eléctrico se realiza principalmente por medio de un transformador especial que convierte el sistema aterrizado en monofásico sin referencia. [31]
- Para verificar continuamente la impedancia total del sistema aislado no aterrado, se requiere de un monitor de aislamiento de línea (LIM), como se muestra en la Figura 34, el sistema no corta el suministro frente a una primera falla.

Figura 34. IPS en sala de operaciones



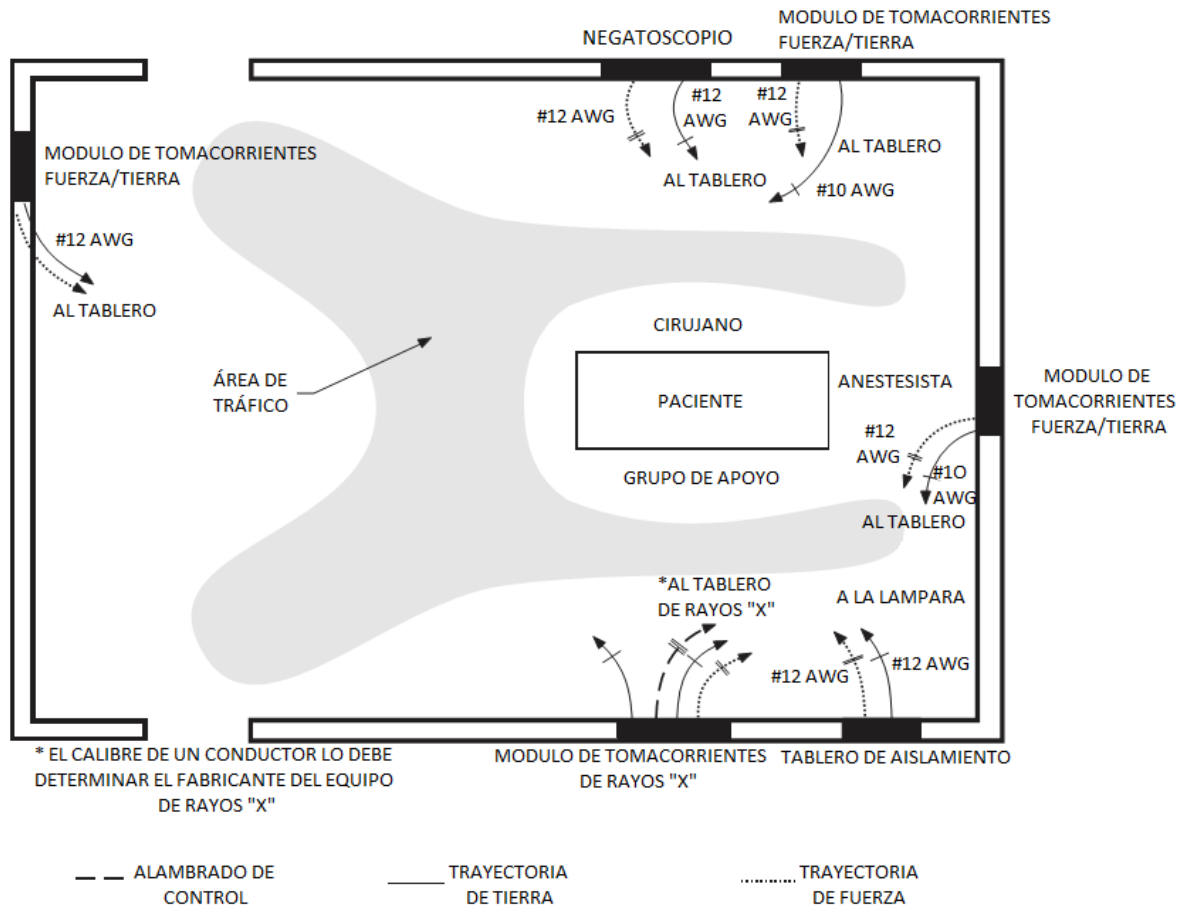
Fuente: [32]

- Los equipos médicos requieren de un suministro especial, sin variaciones y sin interrupciones (UPS) que garantiza un suministro eléctrico de calidad.
- El tablero eléctrico debe estar localizado detrás del grupo de apoyo de cirugía, cerca de la cabeza de la mesa de la sala de operaciones. Su posición correcta mantendrá los cables eléctricos y de tierra fuera del área de tráfico. La cantidad de interruptores del tablero de aislamiento se basa de acuerdo a la carga de la sala de operaciones, como son los equipos de cirugía, los módulos de anestesia, el negatoscopio, el alumbrado quirúrgico y los relojes.[33]

- Se recomienda usar un transformador de aislamiento de 5 kVA, el cual puede soportar una sobrecarga continua del 150% dentro de su temperatura máxima de diseño.
- La localización de los tomacorrientes es importante debido a que los cables de energía y tierra pueden ser peligrosos para el personal que circule, por lo tanto la ubicación se hará de tal forma que no queden dentro de las áreas de mayor tráfico. La mayoría de los servicios se tienen que colocar detrás del personal cerca de la cabecera de la mesa.
- Para un fácil acceso el negatoscopio se debe colocar directamente detrás del cirujano, el tomacorriente de rayos X detrás del grupo de apoyo. Si se utiliza el módulo opcional de energía y tierra remoto, se debe colocar en el extremo de la sala. Su propósito principal es el de suministrar energía para el equipo en espera, tal como el de calentadores de sangre y esterilizaciones.

En la Figura 35 se ilustra el calibre de los conductores de energía y tierra y su respectiva trayectoria en una sala de operación típica.

Figura 35. Sala de operación típica.

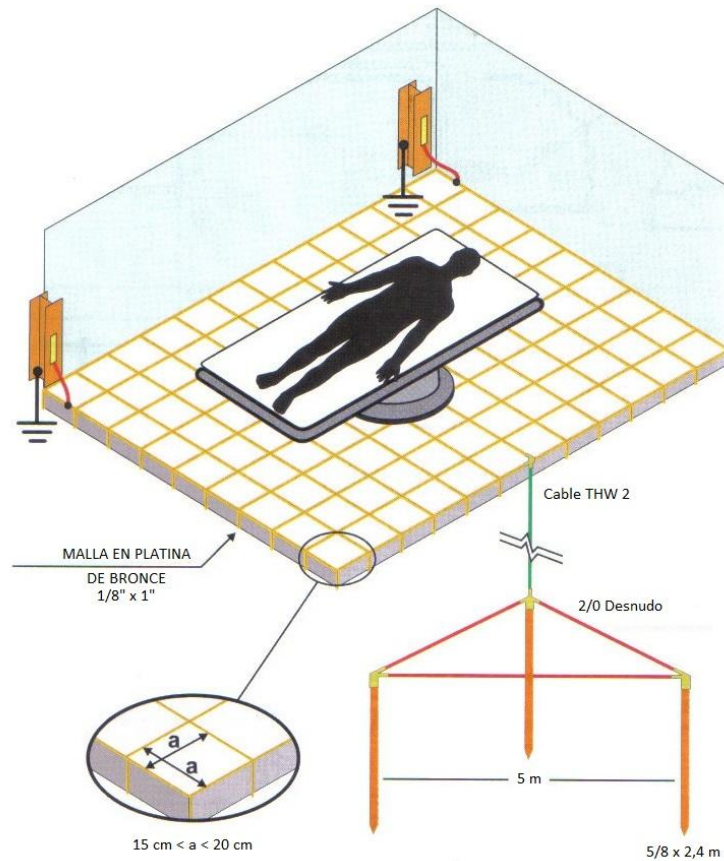


FUENTE: [33]

- Según la NFPA 99 si es una instalación que maneja inflamables se requiere piso conductor de lo contrario no es necesario.

En la Figura 36 se muestra el tamaño apropiado de la retícula de bronce que se debe instalar en el quirófano para prevenir las descargas electrostáticas.

Figura 36. Malla en platina de bronce para quirófanos.



Fuente: [26]

- Es conveniente contar con varios puntos físicos de puesta a tierra conectados a un punto eléctrico. Para hacer esto se debe designar un punto de tierra de referencia central, el cual se localiza a menudo en el panel de aislamiento. Los módulos de puesta a tierra en la sala de operaciones contienen barras altamente conductoras.

Se dispone de dos barras:

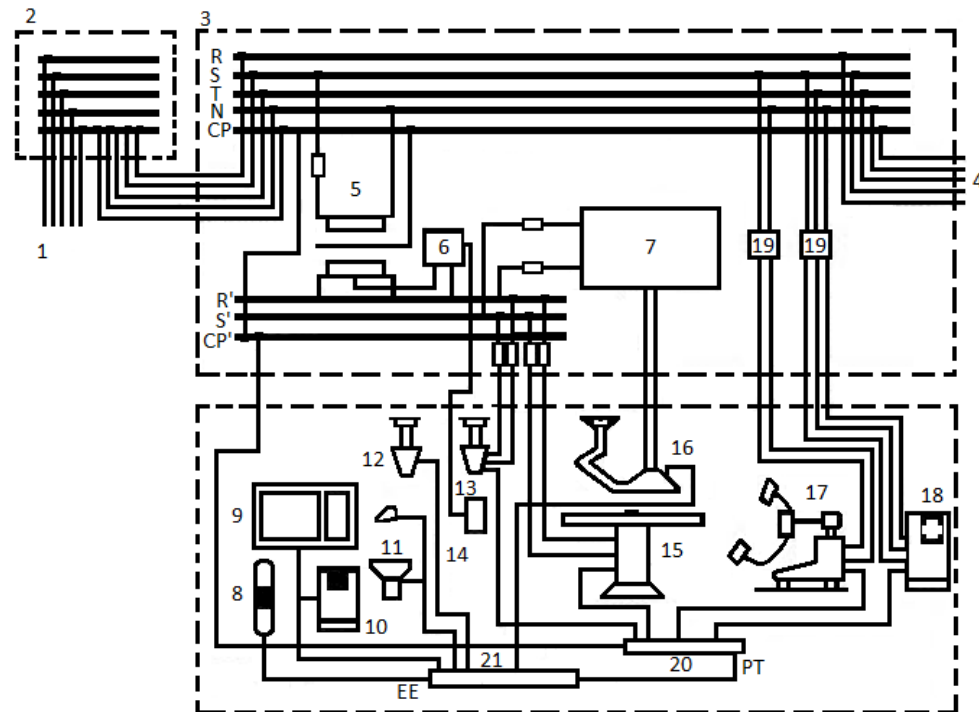
- Barraje de puesta a tierra (P.T).
- Barraje de equipotencialidad (B.E).

Todas las masas metálicas de los receptores invasivos eléctricamente<sup>20</sup> deben conectarse a un barraje común de puesta a tierra de protección a través de un conductor de cobre aislado (identificación verde-amarillo), y éste a su vez, a la puesta a tierra general del edificio.

Al BE se conectarán equipos con partes conductoras accesibles tales como marcos de ventana metálicos, lavabos, torretas de gas, etc. El cable que une los barrajes deberá ser un conductor aislado de cobre aislado (de color verde) y con una sección no menor a 10 AWG.

En la Figura 37 se muestra un prototipo de instalación eléctrica para la sala de cirugía con cada uno de sus componentes.

Figura 37. Instalación eléctrica de una sala cirugía



<sup>20</sup> Aquel que desde el punto de vista eléctrico penetra parcial o completamente en el interior del cuerpo, ya sea por un orificio o superficie corporal. En un quirófano es por ejemplo la mesa de operaciones.

1. Alimentación general o línea general de alimentación.
2. Distribución en la planta o derivación individual.
3. Cuadro de distribución en la sala de operaciones.
4. Suministro complementario.
5. Transformador de aislamiento tipo médico.
6. Dispositivo de vigilancia de aislamiento o monitor de detección de fugas.
7. Suministro normal y especial complementario para alumbrado de lámparas de quirófano.
8. Radiadores de calefacción central.
9. Marco metálico de ventanas.
10. Armario metálico para instrumentos.
11. Partes metálicas de lavabos y suministro de agua.
12. Torreta aérea de tomas de suministro de gas.
13. Torreta aérea de tomas de corriente (Con terminales para conexión equipotencial envolvente conectada al embarrado conductor de protección).
14. Cuadro de alarmas del dispositivo de vigilancia de aislamiento.
15. Mesa de operaciones (De mando eléctrico).
16. Lámpara de quirófano
17. Equipos de rayos X.
18. Esterilizador.
19. Interruptor de protección diferencial.
20. Barraje de puesta a tierra.
21. Barraje equipotencial (BE).

Fuente:[30]

### **12.3 SALAS DE RAYOS X[10]**

El equipo de rayos X es utilizado en las diferentes áreas del hospital tales como quirófanos, UCI's, urgencias, habitaciones de pacientes, salas de radiología especiales y de radioterapia, entre otras.

#### **12.3.1 Rayos X portátil**

Los equipos portátiles de rayos X requieren un transformador de aislamiento que suministre tensiones de 208 a 240 V. Tienen una potencia menor en comparación con los equipos de rayos X fijos, aunque con estos no se pueden obtener radiografías de zonas gruesas. Es una práctica común usar un tablero de aislamiento hasta para 8 salas de operaciones, donde los circuitos de las salas se bloquean de tal forma que solamente se puede energizar un solo circuito para ser utilizado. Es conveniente localizar el

tablero de aislamiento lo más centrado posible, para minimizar las longitudes de los circuitos. Si el equipo portátil de rayos X es menor a 60 A, no requiere un circuito ramal individual, puede compartirse con otros equipos.

### **12.3.2 Rayos X fijos**

Los equipos fijos y estacionarios estarán conectados a la red del suministro normal, las tensiones variarán respecto a las especificaciones del fabricante y tendrán frecuencias entre 50 y 60 Hz, deberá proporcionarse energía constante, sin grandes fluctuaciones. No debe haber otra carga eléctrica importante en el mismo circuito. La conexión se hará mediante un método de alambrado que cumpla los requisitos generales establecidos por la NTC 2050.

En el circuito de suministro se debe instalar un medio de desconexión que tenga la mayor de las siguientes capacidades: el 50 % como mínimo de la entrada necesaria para régimen momentáneo o el 100 % de la entrada necesaria para régimen prolongado del equipo de rayos X. La ubicación del medio de desconexión debe ser accionable desde un lugar accesible en el puesto de control de rayos X.

Para el equipo de diagnóstico en el cálculo de la capacidad de los conductores del circuito ramal y del alimentador así como los dispositivos de sobrecorriente respectivos debe tenerse en cuenta:

- El 50% como mínimo de la capacidad de corriente en régimen momentáneo o el 100% de la capacidad en régimen prolongado.
- Dos o más circuitos ramales para unidades de rayos X conectados al mismo alimentador no debe ser menor al 50 % de la demanda nominal instantánea de la unidad de mayor capacidad, más el 25 % de la demanda nominal instantánea de la siguiente unidad en magnitud más el 10 % de la demanda nominal instantánea de cada unidad adicional. Cuando se hagan con los artefactos de rayos X exámenes

simultáneos por las dos caras, la capacidad nominal de los conductores del circuito de alimentación y de los dispositivos de protección contra sobrecorriente debe ser el 100 % de la demanda nominal instantánea de cada artefacto de rayos X conectado.

En el caso del equipo terapéutico la capacidad de corriente de los conductores y del dispositivo de protección contra sobrecorriente, no debe ser menor al 100 % de la corriente nominal de dichos equipos.

*Nota. La sección transversal mínima de los conductores de los circuitos alimentadores y ramales viene determinada también por las necesidades de tensión. Para una instalación específica, el fabricante suele indicar las secciones transversales mínimas de los conductores y los valores del transformador de distribución, la capacidad de los medios de desconexión y de los dispositivos de protección contra sobrecorriente.*

Se permite que los cables de alta tensión que conecten los tubos e intensificadores de imagen de los equipos de rayos X, que tengan blindaje puesto a tierra, se instalen en bandejas o bateas de cables al lado del equipo de control y de los conductores de la fuente de alimentación, sin necesidad de barreras que los separen.

La puesta a tierra y los resguardos de los equipos de rayos X se especifica de la siguiente forma:

- Todas las partes de alta tensión, incluidos los tubos de rayos X, se deben montar dentro de encerramientos puestos a tierra. Para aislar las partes de alta tensión del encerramiento puesta a tierra se deben utilizar medios aislantes como aire, aceite, gas u otro medio adecuado. La conexión desde el equipo de alta tensión a los tubos de rayos X y otros componentes también de alta tensión, se debe hacer con cables de alta tensión blindados.

- Los cables de baja tensión que se conecten con unidades en aceite que no estén completamente herméticas, como transformadores, condensadores, enfriadores de aceite e interruptores de alta tensión, deben tener aislante resistente al aceite.
- Las partes metálicas no portadoras de corriente de los equipos de rayos X y equipos asociados (de control, mesas, soporte de los tubos de rayos X, tanques de transformadores, cables blindados, cabezales de los tubos de rayos X, etc.), se deben poner a tierra como especifica la Sección 250 y el artículo de puesta a tierra de tomacorrientes y equipos fijos de la NTC 2050.

#### **12.4 RESONANCIA MAGNETICA[34]**

El área de resonancia magnética está compuesta por tres salas:

- Sala de Exploración.
- Sala técnica.
- Sala de control.

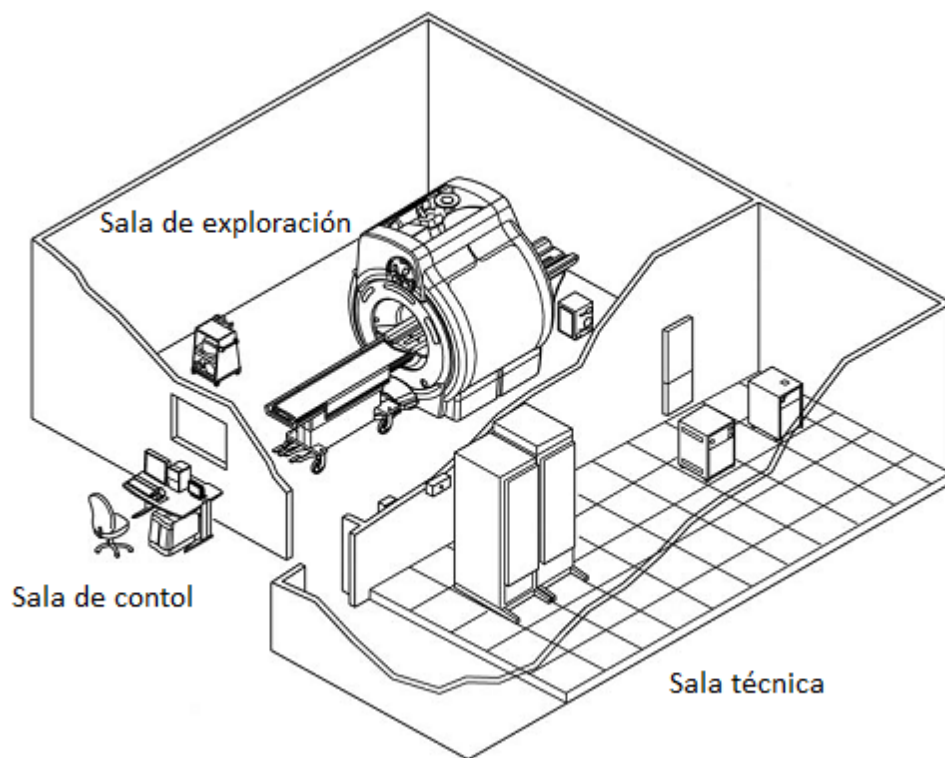
La sala de exploración en la que se encuentra el aparato de resonancia magnética (imán superconductor) es ubicado en un lugar aislado dentro de una jaula de Faraday en la que no se pueden colocar equipos eléctricos o electrónicos como aires acondicionados, detectores de incendios, iluminación de emergencia, etc. La iluminación de la sala deberá ser mediante lámparas incandescentes y no se pueden utilizar reguladores de intensidad (dimmers).

La sala técnica está destinada al equipamiento electrónico que hace posible el funcionamiento del equipo. Normalmente se ubica inmediata a la sala de exploración y de no ser así debe estar a muy corta distancia de ésta. Se podrá colocar el aire acondicionado y el cuadro eléctrico principal del sistema, siempre que las dimensiones lo permitan. Esta sala deberá tener una climatización con control de temperatura y humedad estricto.

La sala de control, contará con el equipo de monitoreo del sistema y alarmas. Se aconsejan para esta sala luces regulables. Se puede ver una disposición tipo de las salas de resonancia magnética en la Figura 38.

*Nota. Para más recomendaciones acerca del área de habitaciones de escaneo revisar la Sección 15.4.5.4 Iluminación)*

Figura 38. Salas de resonancia magnética.



Fuente: [34]

Se requiere para el área de resonancia magnética una alimentación principal trifásica de potencia y una alimentación monofásica ininterrumpida para los elementos de seguridad. Para sitios en los que se den cortes de energía frecuentes se sugiere la conexión del compresor de Helio a una fuente ininterrumpida o grupo electrógeno debido su consumo más elevado. Las líneas de alimentación deben estar separadas de otras que puedan generar

transitorios, por ejemplo: elevadores, aires acondicionados, salas de radiología, etc.

#### **12.4.1 Jaula de Faraday[34]**

Su objetivo es eliminar las interferencias de radiofrecuencia para que no se afecte la recepción y generación de imágenes, como también la propagación de emisiones de radiofrecuencia al exterior.

La jaula de Faraday cubre el cuarto en sus lados, techo y piso, es formada por láminas y paneles conductores eléctricamente, de cobre o acero inoxidable, está aislada eléctricamente del exterior y conectada a tierra en un único punto.

Las paredes y techo de la jaula se sueldan para asegurar el contacto eléctrico, continuidad y estabilidad estructural. El lado exterior del panel es una plancha de aluminio que ayuda a mejorar la rigidez de las placas e interiormente poseen espuma de poliuretano que provee un buen aislamiento térmico y acústico.

En la figura 39 se aprecia la jaula de Faraday con las aberturas para la ocupación de la ventana y puerta que es otro elemento del blindaje. La ventana está fabricada con una rejilla especial y su acabado se hace con vidrios normales por la parte interior y exterior.

Figura 39. Figura Jaula de Faraday sala de exploración.



Fuente:[34]

A excepción de estos elementos: chimenea del imán, filtros especiales para radiofrecuencia que permiten la ventilación y acondicionamiento térmico de la sala, un panel que comunica a la sala técnica y tubos para la entrada de gases medicinales, no se permite otras conexiones hacia afuera.

## **13 SEGURIDAD ELÉCTRICA**

Los accidentes eléctricos y sus implicaciones en la seguridad de las personas han sido motivo de gran interés a lo largo de los últimos siglos. Durante los años veinte y treinta el número de incendios y explosiones en la sala de operación creció a gran velocidad. [33]

Según las investigaciones se producían principalmente por:

- Descargas eléctricas.
- Electricidad estática.

Siendo la última, la causante del 75% de los incidentes registrados.

Para evitar las descargas eléctricas y la electricidad estática se deben tener en cuenta las recomendaciones dadas en el desarrollo del libro en: el SPT (ver Capítulo 12), IPS (ver Capítulo 11), Instalaciones especiales (Quirófanos, ver Sección 13.2) y (Lugares de gases anestésicos, ver Sección 13.1)

A continuación se da una breve explicación de temas en los que se debe tener un conocimiento base para la seguridad eléctrica en los hospitales.

### **13.1 DESCARGAS ELÉCTRICAS**

En un hospital continuamente los equipos eléctricos están siendo sometidos a realizar trabajo de tipo pesado, por los grandes esfuerzos mecánicos a los que son expuestos producto del movimiento dentro de las instalaciones o el trato fuerte por parte del personal médico en condiciones de emergencia. Estas y otras consideraciones conllevan a una acelerada degradación del cableado en la instalación o algún tipo de falla en los aparatos eléctricos que tiene como consecuencia las descargas eléctricas en los pacientes y el personal médico presente en la intervención.

Para que se lleve a cabo una descarga eléctrica a través de un paciente se deben presentar como mínimo las siguientes condiciones:

- a. Una parte del cuerpo entre en contacto con una superficie conductora.
- b. Una parte diferente del mismo cuerpo entre en contacto con una superficie conductora secundaria.
- c. Existencia de una diferencia de tensión entre las dos partes de contacto que originen la conducción de la corriente a través del cuerpo.

## **13.2 CORRIENTE ELÉCTRICA EN EL CUERPO**

El paso de la corriente eléctrica a través del cuerpo origina quemaduras, fibrilación ventricular, parálisis respiratoria, hemorragia y disfunciones neuronales, dependiendo de su intensidad y tiempo de exposición. La tabla 9 muestra los posibles efectos que con lleva la exposición de la corriente eléctrica en el cuerpo humano teniendo en cuenta el estado débil del paciente (Menor resistencia del cuerpo al paso de la corriente).

La fibrilación es un fenómeno en el que los músculos del corazón se contraen de una manera desorganizada por lo que se bombea poca sangre. Esta situación es compleja y va relacionada con la concentración, la ubicación, duración de corriente y el tiempo del ciclo cardíaco.[2]

Tabla 9. Efectos de la corriente en el cuerpo humano.

INTENSIDAD, I	DURACIÓN, T	EFFECTOS EN EL ORGANISMO
$I < 1 \text{ mA}$	Cualquiera	Umbral de percepción
$1 < \text{mA} < I < 5 \text{ mA}$	Cualquiera	Contracción muscular
$5 \text{ mA} < I < 30 \text{ mA}$	$t > 2 \text{ [s]}$	Contracción muscular no sostenida. Parálisis respiratoria
$I > 30 \text{ mA}$	$t > 0.5 \text{ [s]}$	fibrilación ventricular

Fuente:[2]

Algunos parámetros clínicos que pueden causar que el corazón se vuelva susceptible a la fibrilación inducida es:

- Corriente Eléctrica y desequilibrio electrolítico.
- La isquemia miocárdica<sup>21</sup>.
- La hipotermia<sup>22</sup>.
- La hipoxia<sup>23</sup>.
- El uso de drogas, el alcohol.

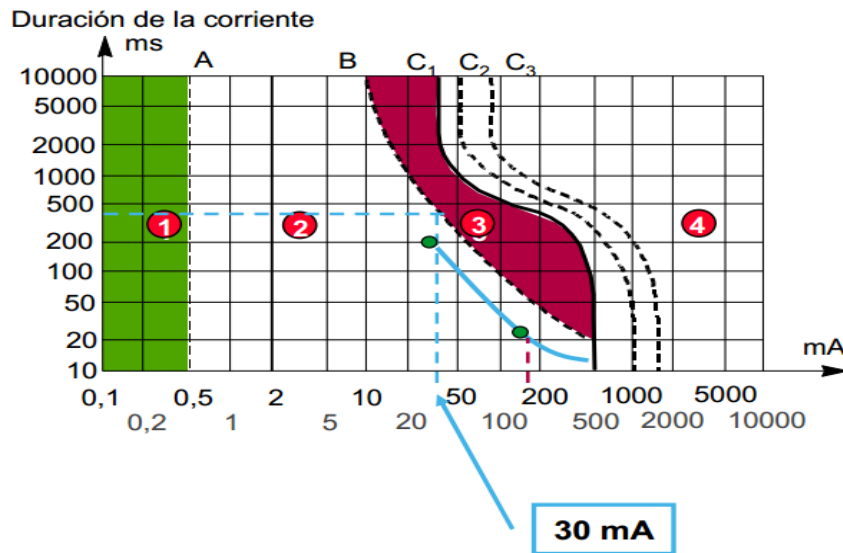
La Figura 40 muestra la relación de la corriente con el tiempo de exposición. En la zona A y zona B no se produce ningún efecto psicológico peligroso. En la zona comprendida entre B y C1 existe la probabilidad de contracciones musculares y dificultades al respirar, entre C1 y C2 existe un 5% de probabilidad de fibrilación, mientras que entre C2 y C3 un 50 % y la región comprendida por la zona C3 origina paro cardíaco respiratorio.

<sup>21</sup> Ocurre cuando del flujo de sangre se reduce a causa de un bloqueo incompleto o completo de la arteria coronaria.

<sup>22</sup> Ocurre cuando el cuerpo pierde más calor del que puede generar y su causa principal es la exposición prolongada al frío.

<sup>23</sup> Es un estado de deficiencia de oxígeno en la sangre, células y tejidos del organismo, con compromiso de la función de estos.

Figura 40. Límites de corriente en el cuerpo.



Fuente: [26]

Para un paciente, los niveles nombrados pueden ser menores a causa de varios factores tales como:

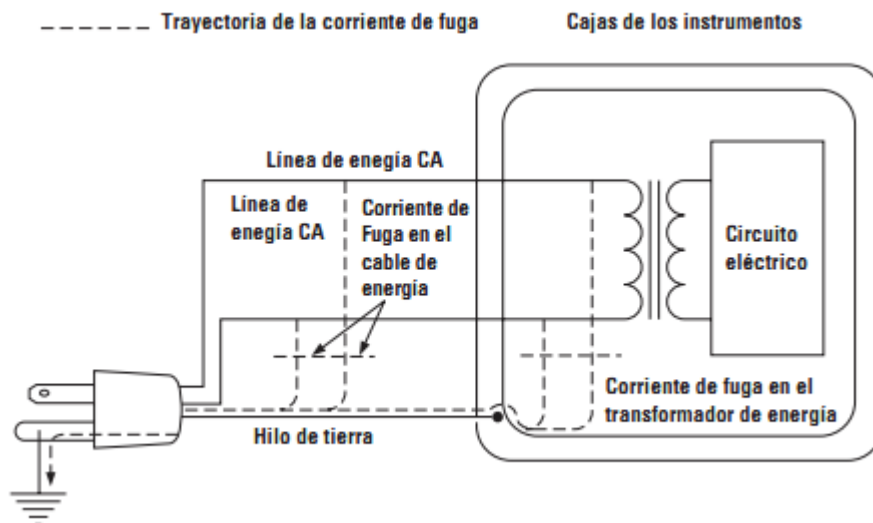
- El estado débil del paciente que impide liberarse del contacto.
- Sufrir de enfermedades relacionadas con el corazón.
- Estar en un ambiente húmedo.
- Experimentar un aumento de la sensibilidad debido a la administración de los medicamentos.

Los pacientes expuestos con conducción eléctrica hacia el corazón (electrodos de estimulación o catéteres llenos de líquidos), son más vulnerables a bajas corrientes entre niveles de 20  $\mu$ A a 300  $\mu$ A a una frecuencia de 60 Hz, los cuales pueden ser suficientes para causar fibrilación. Se cree que la resistencia que existe entre el corazón del paciente y las partes externas del cuerpo es aproximadamente 1000  $\Omega$ . [33][2]

### 13.3 CORRIENTES DE FUGA

Todo equipo conectado al paciente puede ser un riesgo potencial por las corrientes de fuga que se presentan a través de las piezas en los equipos médicos. Una fuga consiste en cualquier corriente que circula por el paciente sin ser aplicada de forma intencional, desde partes metálicas expuestas hacia tierra o hacia otra parte expuesta de un aparato médico. La Figura 41 muestra el origen de este tipo de corrientes. Según el RETIE, en las salas de cirugía y áreas de cuidados críticos, la longitud de los conductores y la calidad de su aislamiento debe ser tal que no genere corrientes de fuga mayores a  $10 \mu\text{A}$  y tensiones capaces de producir corrientes en el paciente mayores a  $10 \text{mA}$ ; considerando que la resistencia promedio del cuerpo humano con piel abierta es de  $500 \Omega$ .

Figura 41. Origen de la corriente de fuga.



Fuente:[33]

Por lo nombrado anteriormente, un paciente que esté siendo atendido en un quirófano o en un área de cuidado crítico presenta varios factores de riesgo como resistencia baja, alta concentración de equipos eléctricos y conductores (sangre, orina, agua) que en su conjunto pueden desencadenar

en un accidente si no se llevan a cabo las medidas de seguridad de forma estricta.

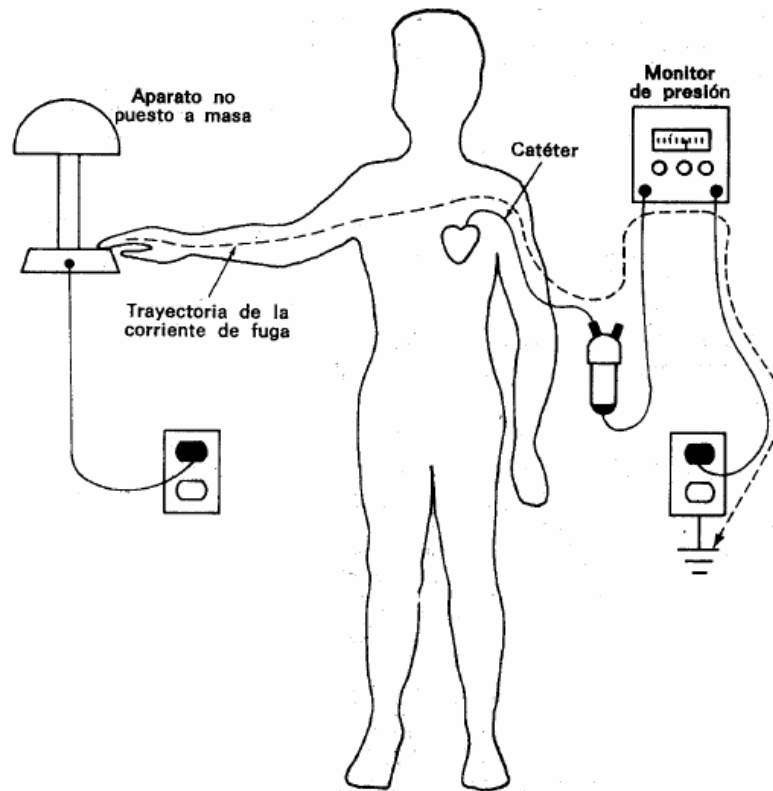
### **13.3.1 Riesgo de microshock[31]**

Aunque el riesgo de macroshock sólo se produce por lo general como consecuencia de una pérdida de aislamiento, se pueden crear riesgos de microshock en equipos con aislamiento en perfecto estado.

Muchos equipos, lámparas y aparatos de diagnóstico o terapia presentan fugas capacitivas de corriente que sobrepasan los 10  $\mu\text{A}$ , aunque son perfectamente seguros para trabajar en condiciones normales, pueden crear un riesgo de microshock para pacientes susceptibles a la electricidad.

En la Figura 42 se muestra un ejemplo de riesgo de microshock, donde el paciente tiene un catéter insertado por vía intravenosa. El catéter forma parte de un transductor conectado a un monitor para visualizar ciertos parámetros y a su vez éste a la red eléctrica. Esta disposición establece una conexión a tierra del corazón a través del catéter.

Figura 42. Riesgo de Microshock.



Fuente: [31]

Bajo estas condiciones, se crea un riesgo de microshock mediante cualquier contacto conductor entre el paciente y un dispositivo que no esté puesto a tierra y que tenga una corriente de fuga mayor de  $10 \mu\text{A}$ . En la Figura 42, el paciente está tocando el aparato directamente, pero este contacto se puede establecer también por otra persona que toque al paciente y al aparato a la vez.

Las Tablas 10 y 11 muestran los valores típicos que pudieran producir la muerte por microshock y macroshock, y los valores aceptados que proporcionan nivel de seguridad en caso de presentarse una falla.

Tabla 10. Nivel de corriente a 50- 60 Hz que puede producir la muerte.

MACROSHOCK [mA]	MICROSHOCK [μA]
20-200	20-200

Fuente: [35]

Tabla 11. Niveles de seguridad generalmente aceptados en caso de falla simple.

MACROSHOCK [mA]	MICROSHOCK [μA]
2-5	<10

Fuente: [35]

Diferentes equipos clínicos necesitan de conexión directa al corazón. La conexión al corazón proporciona una vía conductora que aumenta el riesgo para que pueda fluir, en caso de accidente o falla, una corriente de microshock, estas vías conductoras al corazón son las siguientes:

- los electrodos de marcapasos externos.
- los electrodos intracardiacos para el registro del electrocardiograma EGM.
- Catéteres situados en el corazón ya sea para medir presión sanguínea, tomar muestras de sangre o inyectar sustancias tales como colorantes o drogas dentro del corazón. [35]

Un paciente está en peligro de microshock sólo cuando tiene alguna conexión eléctrica al corazón. La resistencia interna de un catéter lleno de fluido está entre 50 kΩ y 1 MΩ mucho mayor que la resistencia de los electrodos y conductores metálicos que presentan los marcapasos y EGM. La resistencia interna del cuerpo al microshock es de unos 300 Ω y la resistencia de la piel puede ser bastante variable.

### **13.3.2 Recomendaciones para minimizar el choque eléctrico.[31]**

Hay dos métodos fundamentales de proteger a los pacientes del choque eléctrico:

1. El paciente puede ser completamente aislado con respecto a todos los objetos conectados a tierra y todos los equipos conectados a la corriente eléctrica.
2. Todas las superficies conductoras en las cercanías del paciente pueden ser mantenidas al mismo potencial, el cual no tiene necesariamente que ser el potencial de tierra.

Los pacientes que necesitan protección son los que tienen equipos directamente conectados, ECG, EEG, EGM, etc., y los que tienen conexiones de equipos en sus partes internas, como es en el caso de catéteres intravenosos y diálisis.

### **13.4 INCENDIO Y EXPLOSIÓN[36]**

El uso de gases anestésicos inflamables como oxígeno y óxido nitroso fue producto de numerosos reportes de incendio y explosión en la sala de operaciones debido a la electricidad estática, así como las chispas de los dispositivos de accionamiento eléctrico introducidos en esta atmosfera explosiva. Aunque en la actualidad su uso ha disminuido notablemente, aún en modernas salas de operaciones convergen factores físicos y químicos que mantienen latente el peligro. Algunos gases utilizados en los centros hospitalarios en Colombia se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12. Gases medicinales en Colombia.

Gas Medicinal	Aplicación
Oxígeno medicinal	Oxigenoterapias . Vehículo transportado de medicamentos junto con el óxido nitroso en analgesia. Gas motor de equipos biomédicos (a falta de otro gas). Productor de vacío por técnica Ventury (a falta de otro gas).
Aire medicinal	Mezclador de otros gases. Gas motor de equipos biomédicos: ortopedia y ventiladores mecánicos. Limpieza de campos quirúrgicos. Productor de vacío por técnica Ventury. Terapia respiratoria.
Vacío y evacuación	Succión de líquidos en procedimientos. Evacuación de gases anestésicos.
Óxido nitroso	Anestesia . Analgesia.
Nitrógeno líquido	Terapias reumáticas Conservación de órganos, tejidos y fluidos.
Dióxido de carbono	Aplicación en cirugías laparoscópicas por insuflación Terapias y cirugías de frío oftálmicas. Fotocoagulación.
Helio	Refrigeración de resonador magnético.
Hexáfloruro de azufre	Cirugías oftálmicas
Óxido de etileno	Esterilización de baja temperatura
Argón	Fotocoagulación

Fuente: [37]

Los casos de explosión suceden esporádicamente y su incidencia no es exacta ya que sólo uno de diez se reportan, los casos publicados han sido bien documentados y de ellos un alto porcentaje se ha presentado durante cirugía de cabeza y cuello, área donde hay una alta concentración de oxígeno. [36]

### 13.5 ELECTRICIDAD ESTÁTICA

La electricidad estática representa un desequilibrio temporal en la repartición de cargas eléctricas en reposo con respecto a un sistema inercial de referencia, creando un campo eléctrico y una diferencia de potencial entre ellas que puede llegar a ser muy elevado. Cuando los cuerpos conductores están separados por un aislante o incluso por el aire, constituyen un condensador al quedar cargados uno con carga positiva y otro con carga igual pero negativa. Al momento de encontrar un camino conductor la energía almacenada es liberada, descargándose y generando posiblemente una chispa, desencadenando fácilmente el inicio de un incendio en el ambiente clasificado como peligroso. [26]

Las personas pueden acumular cargas tanto por su movimiento y contacto con el medio exterior como por la influencia de campos eléctricos a los que estén expuestos. El contacto con cuerpos susceptibles de carga puede producir la transmisión de cargas electrostáticas a las personas, así como también puede hacerlo la proximidad a objetos cargados eléctricamente.[38]

Un factor negativo que facilita la acumulación de cargas en las personas es el vestido, debido a la baja conductividad de los tejidos utilizados, por ejemplo la ropa de fibras sintéticas y el uso de guantes o calzado aislante. [39]

Con el fin de prevenir la producción de chispas en las áreas médicas que se pueden dar por el rozamiento del personal con el suelo, el movimiento de aparatos, carros, camillas y el frote de textiles donde se utilicen gases anestésicos inflamables o en las camas hiperbáricas, es necesario entonces contra restar con las siguientes medidas de seguridad:

- Se debe instalar piso conductivo necesario para transmitir las cargas electrostáticas a tierra.

- Los equipos eléctricos no podrán fijarse en menos de 1,53 m sobre el piso terminado (a no ser que sean a prueba de explosión).
- Mantener un potencial eléctrico constante en el piso de los quirófanos y adyacentes por medio de pisos conductivos. En el lugar donde se hallen, deben ser probados por lo menos un año. [8]
- El equipo a usarse en ambientes con anestésicos inflamables debe tener las carcasas y ruedas de material conductor.
- El personal médico debe usar zapatos conductivos.
- Los camiones de los pacientes deben ser de material antiestático. [13]

En la tabla 13 se muestra los principales riesgos generales que se deben tener en cuenta a la hora de hacer el diseño eléctrico de los hospitales debido a que se pueden mitigar.

*Tabla 13. Riesgos asociados con la seguridad eléctrica del Hospital*

Clasificación del Peligro	Descripción del Peligro	Efectos Posibles	Control Fuente	Control Medio	Control Individuo
Eléctrico	Contacto con partes Energizadas	Electrocución, Quemaduras, fibrilación, muerte	Ninguno	Señalización del peligro eléctrico	Capacitación
Eléctrico	Eventual descarga atmosférica al momento de trabajos y/o inspección en la subestación	Tensión de paso, heridas, quemaduras, fibrilación y muerte	Ninguno	Protecciones eléctricas, DPS, pararrayos, sistema de puesta a tierra	Botas dieléctricas
Eléctrico	Eventual falla al momento de trabajos y/o inspección en la subestación	Explosión, incendio, incapacidad temporal y muerte	Ninguno	Protecciones eléctricas, sistema de puesta a tierra	Ninguno
Eléctrico	Sobrepasar distancias de seguridad	Electrocución, Quemaduras, fibrilación, muerte	Ninguno	Control de Supervisor de mantenimiento Eléctrico	Capacitación

Tabla 13 (Continuación)

Clasificación del Peligro	Descripción del Peligro	Efectos Posibles	Control Fuente	Control Medio	Control Individuo
Eléctrico	Falla en operación de elementos de corte y seccionamiento	Explosión, incendio, incapacidad temporal y muerte	Ninguno	Protecciones eléctricas, sistema de puesta a tierra.	Ninguno
Químico, Eléctrico	Atmosfera inflamable con electricidad estática presente	Explosión, incendio, incapacidad temporal y muerte	las carcasas y ruedas de los equipos sean de material conductor.	Piso conductivo, reticula de bronce, equipos eléctricos a mas de 1,53 m sobre el piso, temperatura entre 18° y 21° C, humedad entra 50 y 60%	Zapatos conductivos, camiones de los pacientes de material antiestático
Eléctrico	Descargas eléctricas, debido a degradación de las acometidas o falla en los equipos médicos	Electrocución, Quemaduras, fibrilación, muerte	Revisión de aislamiento de los conductores y mantenimiento en los equipos.	Sistema de puesta a tierra	Ninguno
Eléctrico	Corrientes de fuga y equipos no puestos a tierra	Microshock, Electrocución, fibrilación, muerte	Sistema puesta a tierra de los equipos, longitud y calidad de aislamiento de los conductores que no genere corrientes de fuga superiores a 10 uA	Ninguno	Ninguno
Físico	Interrupción del sistema eléctrico en áreas críticas	Tropezos, golpes, heridas, muerte	Uso de sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS)	Ninguno	Ninguno

## 14 ILUMINACIÓN[2][40][41]

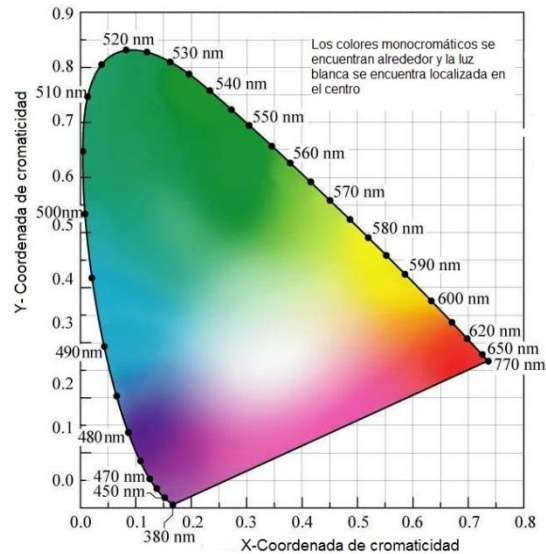
### 14.1 FACTORES DE CALIDAD

Esta sección tiene como objetivo principal dar conocimientos generales de los factores a tener en cuenta en la iluminación de los hospitales, para más adelante profundizar en las necesidades requeridas de las diferentes áreas con respecto a la iluminación.

#### 14.1.1 Color

Hablar de color no implica solo parámetros físicos que pueden llegar a ser expresados en términos matemáticos, si no también reacciones emocionales que son asociadas a la percepción individual del color, por esto es difícil tener criterios fijos para la selección del color en la creación de un ambiente particular. Sin embargo la experiencia adquirida ha hecho posible determinar sensaciones producidas con diferentes colores, entre las que se encuentran el calor o el frío; he aquí la razón de hablar de colores cálidos y colores fríos. Los colores cálidos son los que aparecen en el espectro visible (Figura 43) desde el rojo hasta el amarillo verdoso y los fríos inician desde verde hasta el azul. [2][40][41]

Figura 43. Diagrama de cromaticidad de la IEC.



Fuente: [42]

En las áreas hospitalarias es necesario tener en cuenta los colores del entorno que incluyen la iluminación, la infraestructura y los objetos, para crear un ambiente deseado que ayude a mantener un buen estado de ánimo al paciente.

#### 14.1.1.1 Características del color

La temperatura de color es un término utilizado para indicar una medida de calor o frío de una fuente de luz y es expresada en Kelvin (K), entre mayor sean los Kelvin, el color emitido por la luminaria es más fresco. Como se observa en la Figura 44 una temperatura de 2700 K es similar a la iluminación incandescente y una de 6500 K es congruente a la luz natural. En los hospitales un nivel entre 3500 K y 4100 k resulta óptimo para el desarrollo de las funciones a realizar.

Figura 44. Temperatura de color.



Fuente: [43]

Otra medida a tener en cuenta es el índice de rendimiento de color (CRI o Ra), que indica la capacidad de la luminaria para representar con precisión los colores. Su clasificación se da en una escala de 0 a 100 como se muestra en la Tabla 14 y según el RETILAP para simplificar las especificaciones de las lámparas que se utilizan, se tienen diferentes clases. En el caso de los hospitales se debe tener una clase de 1B con un rango de CRI de 80 a 90.

Tabla 14. Clasificación de las fuentes luminosas de acuerdo con su índice de reproducción del Color.

CLASE	ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR (CRI Ó RA) %	CARACTERÍSTICAS DEL COLOR
1 A	IRC ≥90	Son reproducidos de forma eficiente
1 B	89 > IRC ≥80	
2A	79 > IRC ≥70	A simple vista distorsionados
2B	69 > IRC ≥60	
3	59 > IRC ≥40	No se aprecian con claridad
4	39 > IRC ≥20	

Fuente: [44]

La importancia de la buena reproducción cromática ayuda también al personal médico a realizar diagnósticos correctos, visualizar del estado de las heridas o áreas del cuerpo que presentan problemas y la predisposición positiva del paciente.

### **14.1.2 Deslumbramiento**

Al diseñar las instalaciones de un Hospital, se debe proporcionar una iluminación sin molestias e incomodidades. Cuando se presenta en el campo visual un objeto con un nivel de luminancia superior al nivel general de iluminancia del área, solo este se puede percibir y los demás objetos que se encuentren en el lugar no se pueden distinguir muy bien; frecuentemente cuando se presenta esta situación se dice que existe un deslumbramiento, que puede afectar el entorno visual y alterar la sensibilidad del ojo.

El deslumbramiento se clasifica de dos tipos: directo e indirecto. El directo se produce cuando las lámparas, luminarias o ventanas se localizan dentro del ángulo de la visión o frente a los ojos de la persona y el indirecto por la proyección a través de una superficie reflectante en la retina del ojo. Las consecuencias se representan en la reducción y perturbación de la visibilidad para realizar la tarea, lo que puede llegar a ocasionar errores y accidentes que pondrían en riesgo la vida del paciente. Estos efectos se disminuyen, si se logra mejorar la interacción de la fuente de luz con las superficies de la sala y los acabados dentro de ella. Se recomienda que las superficies tengan un acabado mate con el propósito de eliminar los reflejos.

Para evitar el deslumbramiento se debe controlar todas las fuentes luminosas dentro del campo visual, haciendo uso de persianas o cortinas en las ventanas y utilizar lámparas en las que se puedan redistribuir el flujo luminoso en forma idónea. El deslumbramiento ocasionado por la luz natural (ventanas) no tiene que ser inconveniente para intentar obtener su máximo aprovechamiento, tanto por el ahorro energético que se puede obtener, como el beneficio psicológico que aporta al enfermo.

Dependiendo del grado de importancia que se requiere para la actividad visual en el Hospital se establece un índice de deslumbramiento (UGR), que indica la cantidad mínima que se puede presentar.

### 14.1.3 Reflectancia

Cuando la luz emitida por una bombilla incide sobre las paredes, pisos, techos u objetos del ambiente iluminado, una parte de la luz se refleja ayudando a la iluminación general. Esta es una característica importante que depende del color y la textura de la superficie; por ejemplo una pared lisa reflejará mejor la luz que una pared rústica.

La reflectancia es un factor indispensable en los Hospitales para el uso eficiente de luz en las diferentes áreas. Algunos de los niveles de reflectancia de uso Hospitalario dados por las normas consultadas se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Niveles de reflectancia recomendados para áreas Hospitalarias.

SUPERFICIE	NIVELES DE REFLECTANCIA %	
	SEGÚN IEEE 602	SEGÚN IESNA
<i>Acabados de techo</i>	80 a 90	80 a 90
<i>Paredes</i>	50 a 70	40 a 60
<i>Muebles y equipos</i>	25 a 45	25 a 45
<i>Pisos</i>	15 a 30	20 a 40
<i>Batas quirúrgicas</i>	Menor a 30	No especificado

Fuente: [2][40]

Cuando los niveles de reflectancia son mayores o menores a los límites recomendados, se puede causar deslumbramiento y perturbar las relaciones de brillo necesarias para el confort visual.

### 14.1.4 Iluminancia y uniformidad

La iluminancia es una característica esencial al momento de seleccionar el tipo de luminaria que se desea instalar. Se deben considerar las actividades que se llevaran a cabo y su duración, ya sea en salas especializadas del centro hospitalario o en las instalaciones de uso general, para así poder

ajustar los niveles de iluminación requeridos en cada área específica. Esto se realiza con el fin de determinar la visibilidad requerida en la ejecución del trabajo médico, sin que se afecte la agudeza visual del personal o del paciente. Otro aspecto importante en el ambiente hospitalario es la capacidad de diferenciar los colores de forma precisa, por esto entre mayor sea la cantidad de flujo luminoso emitido se obtendrá una mejor capacidad visual, siempre y cuando no se exceda los límites que puedan causar deslumbramiento.

En lo posible, el sistema debe proporcionar una iluminación de forma uniforme, en donde los espacios y las tareas realizadas en el mismo entorno sean iluminados todas por igual. Se debe repartir la iluminación de las bombillas para conservar un ambiente homogéneo y libre de contrastes de luz que podrían producir fatiga visual.

#### **14.1.5 Luminancia**

El ojo humano tiene la facultad de adaptarse a distintos niveles de luminancia y el nivel en el que se encuentra adaptado en un momento dado se llama luminancia de adaptación.

En una instalación hospitalaria, se necesita que el rendimiento visual del personal médico sea el apropiado para que pueda ejecutar las tareas de forma efectiva y precisa. Se logra cuando la luminancia de adaptación es similar a la luminancia de la tarea, que es la que contrasta el paciente o detalles que se visualizan en él.

#### **14.1.6 Confort visual**

La relación que existe entre la iluminación de una habitación y el brillo percibido en ella es de gran importancia tanto para el paciente como para el personal médico del hospital (ver Figura 45), debido a que se encuentran de por medio factores como la comodidad, la salud, el bienestar y el desarrollo de los procedimientos.

La VCP (probabilidad de confort visual) es una herramienta útil en la selección de luminarias que no causen brillos incómodos. Viene dada en los catálogos hechos por los fabricantes y estos la calculan utilizando datos derivados empíricamente con respecto a las características de brillo de instalaciones individuales así como de las habitaciones y sus acabados. Un ejemplo de mejoramiento del confort visual se presenta cuando se utilizan cortinas o persianas en las ventanas, controlando o reduciendo el brillo del vidrio experimentado en el campo de la visión, el cual se produce como resultado de la visión directa del sol, las nubes, el cielo o edificios brillantes.

*Figura 45. Brillo producido por la luz natural proveniente de las ventanas*



*Fuente:* [45]

#### **14.1.7 Ergonomía del puesto de trabajo**

La instalación del alumbrado debe satisfacer una serie de aspectos que hagan de la actividad a desarrollar por el observador una tarea cómoda, los cuales son:

- a. Adaptación visual.
- b. Agudeza visual adecuada.
- c. No debe obstruir la tarea visual y debe permitir posturas cómodas.
- d. Límites en la producción de ruido.
- e. Ausencia del efecto estroboscópico.

f. Iluminación de baja carga térmica.

- a. La adaptación visual se consigue mediante una adecuada relación entre la luminancia que se necesita para desarrollar la actividad y el fondo contra el que se enfoca de modo ocasional.

En Tabla 16 y Tabla 17 se exponen los límites máximos recomendados de luminancia entre el área de la tarea y otras áreas en el campo de la visión según el IDAE y el IEEE 602 respectivamente.

Tabla 16. Relación de luminancia entre la tarea a realizar y otras áreas alrededor.

RELACIÓN RECOMENDADA	
Tarea y alrededores inmediatos	5 a 1
Tarea y fondo general	10 a 1
Luminaria y entorno	20 a 1
Dos puntos cualesquiera	40 a 1

Fuente: [46]

Tabla 17. Relación de luminancia entre la tarea a realizar y otras áreas alrededor.

RELACIÓN RECOMENDADA	
Tarea y alrededores adyacentes	3 a 1
Tarea y superficies alejadas más oscuras	4 a 1
Tarea y lugares remotos	5 a 1

Fuente: [2]

En ocasiones las reflectancias propias de las superficies no pueden ser seleccionadas, por lo tanto el control del brillo se debe realizar optimizando la orientación, la posición, la luminancia de las luminarias e iluminancia sobre las distintas superficies.

- b. La agudeza visual está relacionada con la iluminancia media y los niveles que se requieren para cada área.

c. La posición de las luminarias en cada recinto debe garantizar la ausencia del deslumbramiento directo y reflejado. Cuando existen computadores o pantallas instaladas en posición horizontal, se precisa de iluminación indirecta para evitar estos reflejos. No se deben ubicar de espalda a las ventanas.

d, e y f. El ruido producido por vibración, la luz intermitente, el efecto estroboscópico y el incremento de temperatura, se puede suprimir utilizando balastos electrónicos de alta frecuencia. La integración del sistema de refrigeración con el sistema de iluminación, se puede llevar a cabo realizando la extracción de aire a través de las luminarias, logrando que la radiación térmica emitida pueda reducirse y dependiendo de la configuración de la luminaria se podría contribuir en su propia limpieza; conforme a esto se incrementa en forma global la eficiencia de todo el sistema de iluminación.

#### **14.1.8 Casos especiales**

Como casos especiales se consideran las siguientes áreas:

- Quirófanos.
- Salas de parto.
- Salas de curación.
- Salas de esterilización.
- UCI's.
- Unidades de hospitalización.
- Salas de autopsias.

Estas áreas están clasificadas de mayor a menor riesgo y requieren de una gran asepsia, que consiste en una ausencia total de microorganismos y esporas patógenas que causan enfermedades. El alumbrado para dichas

áreas además de proporcionar la iluminación en la cantidad y calidad adecuada para cada actividad, deberán cumplir los siguientes requisitos:

- La radiación infrarroja será lo más reducida posible, el objeto es no favorecer a la incubación y multiplicación de gérmenes.
- Deben poder limpiarse fácilmente para asegurar la asepsia en la zona.
- Debe tener un grado de estanqueidad (IP) elevado que garantice la separación de ambientes entre el interior de la luminaria y la zona limpia y entre ésta y los techos falsos. El IP se expresa con un primer y segundo dígito; el tercer dígito solo se indica cuando fuese necesario. En la Tabla 18 se muestra los niveles de protección para cada dígito.

Tabla 18. Grado de estanqueidad

PRIMER DÍGITO		SEGUNDO DÍGITO		TERCER DÍGITO
	<i>Protección contra cuerpos sólidos</i>		<i>Protección contra líquidos</i>	<i>Protección contra impacto, definida en Joule</i>
0	Sin protección	0	Sin protección	0 No protegido contra impactos
1	Objetos mayores que 50 mm	1	Caídas verticales	1 Protección a la energía de impacto de 1 Joule
2	Objetos mayores a 12 mm	2	Caídas de agua 15° de la vertical	2 Protección a la energía de impacto de 2 Joule
3	Objetos mayores a 2,5mm	3	Agua de lluvia hasta 60° de la vertical	3 Protección a la energía de impacto de 3 Joule
4	Objetos mayores a 1 mm	4	Proyecciones de agua en todas direcciones	4 Protección a la energía de impacto de 4 Joule
	Protegido contra el polvo	5	Lanzamiento de agua en todas direcciones	5 Protección a la energía de impacto de 5 Joule
6	Totalmente protegido contra el polvo	6	Lanzamiento de agua similar a los golpes del mar	6 Protección a la energía de impacto de 6 Joule
		7	Efectos de inmersión temporal en agua	7 Protección a la energía de impacto de 7 Joule
		8	Efectos prolongados de inmersión bajo presión	8 Protección a la energía de impacto de 8 Joule
				9 Protección a la energía de impacto de 9 Joule

Fuente: [47]

## 14.2 CAPACIDAD VISUAL

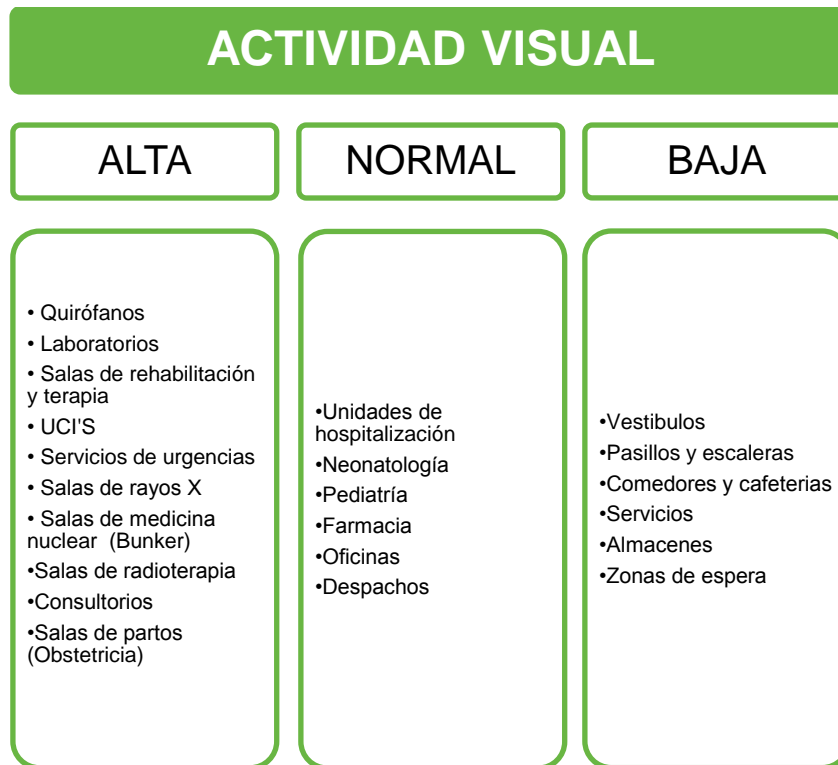
La iluminación en Hospitales y centros de atención médica no puede ser tratada en todas las áreas por igual debido a la diversidad de actividades y procedimientos que se llevan a cabo. Esta es la principal razón por la cual cada zona se trata de forma individual, sin dejar de un lado el hecho de que

todas estas áreas están interconectadas. La iluminación natural también juega un papel importante en la iluminación al interior de las instalaciones pero su influencia será mayor en unas más que otras por lo que se debe tener en cuenta para un diseño óptimo.

#### 14.2.1 Espacios clasificados según la cantidad visual requerida

Se pueden clasificar algunas de las salas del centro hospitalario en las que el nivel de iluminación necesario para el desarrollo de las actividades es de forma similar a otras áreas. La actividad visual requerida puede ser alta, normal o baja de acuerdo a la labor a realizar en cada espacio (Figura 46).

Figura 46. Espacios clasificados según actividad visual.



#### 14.2.2 Tiempo utilizado en cada área hospitalaria

Ante la gran variedad de servicios ofrecidos en los hospitales, se tiene una ocupación constante del personal médico y de los pacientes, por lo tanto se disponen de áreas en las que el uso es continuo, mientras otras dispondrán

de horarios para su manejo. Los tiempos de funcionamiento se deben tener en cuenta para la selección de las luminarias, consideraciones del alambrado y diseño eficiente de la instalación. Algunos ejemplos se describen a continuación:

**a. Zonas de máximo uso anual, 24 horas al día los 365 días del año:**

- Urgencias.
- Unidades de hospitalización.
- Salas de máquinas.
- Cocina (actividad casi constante).
- Ascensores.
- Vestíbulos, escaleras, accesos, pasillos, etc.
- Farmacia (\*).
- UCI's(\*)

*Nota: (\*) Pueden cerrarse parcialmente.*

**b. Zonas de un uso elevado:**

- Quirófanos.
- Laboratorios.
- Esterilización.
- Rayos X.
- Diálisis.

En estas áreas, debe haber una unidad de urgencia siempre preparada.

**c. Zonas de menor uso anual, laborables, de 8 á 12 horas al día:**

- Consultorios.
- Oficinas.
- Medicina nuclear.
- Radioterapia.
- Almacenes.

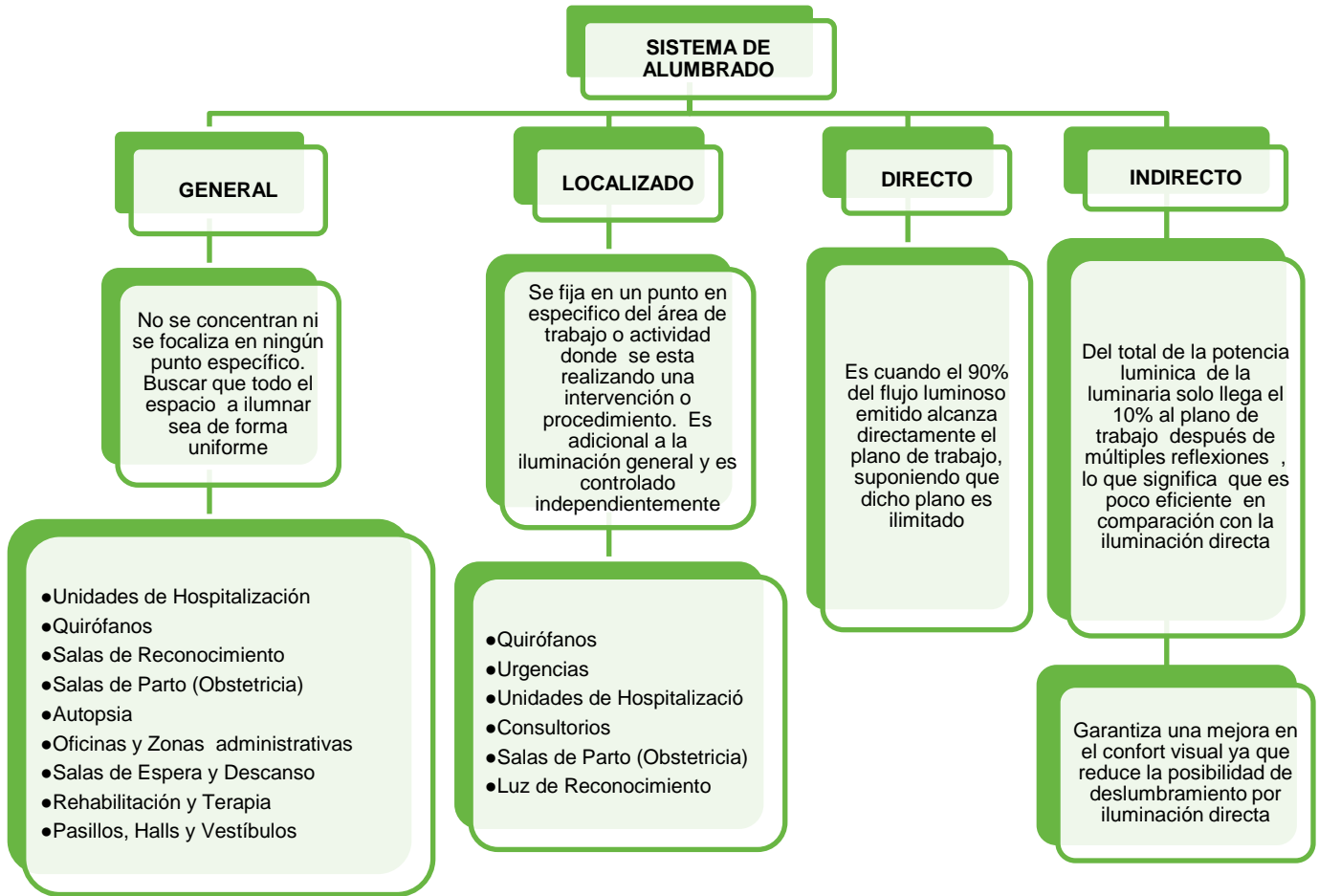
- Archivos.

### **14.3 SISTEMA DE ALUMBRADO**

En las instalaciones Hospitalarias se utiliza diferentes tipos de iluminación de acuerdo a las necesidades de cada área; las lámparas, luminarias, equipos y sistema de control se deben seleccionar desde el punto de vista de la eficiencia energética. Hay que tener en cuenta la importancia de no utilizar los interruptores automáticos, como control de encendido y apagado de la iluminación en los centros de atención hospitalaria. [13]

En la Figura 47 se clasifica el sistema de alumbrado en los Hospitales o centros de asistencia médica de acuerdo a la distribución y enfoque del flujo luminoso.

Figura 47. Clasificación del sistema de alumbrado



## **14.4 RECOMENDACIONES PARA LAS DIFERENTES ÁREAS**

### **14.4.1 Habitaciones de los pacientes**

Hay indicios de que el sistema de iluminación no solo puede minimizar el malestar del paciente sino también en algunos casos ayudar a acelerar su recuperación; en la hospitalización se requiere iluminación adecuada con una pequeña cantidad de luz ultravioleta (UV) capaz de proporcionar grandes beneficios como generar vitamina D para procesar el calcio en los huesos y en los dientes.

Los pacientes durante el tiempo que se encuentran hospitalizados son examinados constantemente con el propósito de conocer el estado de salud y el progreso que llevan durante el tratamiento; por lo tanto se requiere alta intensidad luminosa sin sombra en el centro del área de examen que cubre un diámetro de 0.6 metros en el área de la cama, donde la intensidad periférica es de menos del 50 % de la intensidad máxima. Una discrepancia entre la luz de examen y la luz ambiental puede causar fatiga ocular o deslumbramiento.

Las luminarias seleccionadas deben ser las mismas todo el tiempo, para que el tono de la piel del paciente sea consistente en cualquier momento. No se debe utilizar aquella fuente de luz que hace ver la piel gris o amarillenta. Se debe usar lámparas con alto CRI, al menos 80 y una temperatura de 3500 K o 4100 K.

La iluminancia general debe ser cómoda y no presentar manchas en la iluminación, la instalación debe limitar una relación de los niveles a no más de 1 a 5 en el plano horizontal, es decir que se maneje uniformidad y que los cambios de iluminación no sean tan abruptos.

Cada cama de paciente y su alrededor debe tener iluminación apropiada para que el personal de enfermería o médico pueda observarlo. Un sistema

de regulación dependiente de la luz natural es recomendable ya que de cierta forma aumenta el confort del paciente y estimula el ahorro energético.

En las horas de la noche, el cuarto debe ser oscurecido de forma total para que el paciente pueda dormir de forma adecuada. Investigaciones han demostrado que la falta de oscuridad disminuye la producción de melatonina que puede traer consecuencias en la salud de las personas, como generar depresión y envejecimiento prematuro.

Existen ciertos factores que determinan el confort de los pacientes en las habitaciones, los cuales son:

**a. Luminancia de paredes y techos**

Para crear un ambiente luminoso y espacioso, la luminancia debe ser al menos de  $30 \text{ cd/m}^2$  la cual se consigue con  $200 \text{ lx}$  para la mayoría de las superficies.

**b. Apariencia de las luminarias**

Este aspecto es importante al proporcionar un ambiente casi hogareño que contribuya al bienestar y la salud del paciente.

**c. Presencia de objetos brillantes en el campo de la visión**

La presencia de luminarias con fuente de luz no apantallada aumenta la fatiga visual y el estrés, por lo tanto el paciente no debe estar expuesto a luminarias mayores de  $750 \text{ cd/m}^2$ .

**d. Control de iluminación en el área de cama**

El paciente debe tener la posibilidad de encender o apagar la luz de la cama, ya sea utilizada para la lectura, la visita, el autocuidado o ver televisión. La iluminación debe cubrir aproximadamente  $0.3 \text{ m}^2$  si es ajustable y  $0.7 \text{ m}^2$  si no es ajustable; Se recomienda un mínimo de  $300 \text{ lx}$ .

También hay otros factores a tener en cuenta en la iluminación de acuerdo al trabajo que realiza el equipo médico:

**a. Iluminación adicional para el reconocimiento y tratamiento**

Puede ser provista por luminarias del cabecero de la cama o portátiles.

**b. Iluminación de vigilia durante la noche**

El personal que mantiene en observación al paciente debe contar por los menos con 5 lx en los pasillos de las habitaciones. Se recomienda utilizar luminarias empotradas en las paredes equipadas con lámparas fluorescentes compactas e instaladas aproximadamente a 0,360 m por encima del suelo.

**14.4.2 Estaciones de enfermería**

La unidad de enfermería se divide en estaciones que pueden ser localizadas en cada piso. La iluminación en el sitio de trabajo debe ser puesta de manera que complemente la iluminación general de la estación y situada o apantallada para eliminar el deslumbramiento en los ángulos de la visión normal. La enfermera debe hacer frecuentes viajes de la estación a las habitaciones de los pacientes y a centros de servicio, por lo tanto los corredores deben tener una transición de iluminación, proporcionando un nivel más alto durante el día que en la noche. Las luminarias utilizadas en la noche no deben ser visibles por los pacientes debido a que puede perturbar el sueño. Cuando la estación de enfermería no está cerca ni sea visible a cualquiera de las habitaciones, las luminarias de techo generales pueden permanecer encendidas durante las horas nocturnas.

### 14.4.3 Quirófanos

En los quirófanos se llevan a cabo los procedimientos más críticos del hospital, en donde es primordial una iluminación sin interrupciones, libre de parpadeos y sombras densas que causen una percepción inadecuada del tejido, los órganos o la correcta coloración de la sangre del paciente. El cirujano realizara la operación durante continuas horas, utilizando lámparas quirúrgicas para enfocar una cantidad de luz hacia el paciente; por lo tanto se hace necesario que la iluminación permita la adaptación del ojo a diferentes niveles proporcionados a las áreas de trabajo, sin que cause molestia visual producida por luz directa o reflejada. (Ver Figura 48)

*Figura 48. Iluminación en el quirófano.*



*Fuente:* [48]

Debido al aislamiento con el resto del hospital, un quirófano no tiene ventanas hacia el exterior ni a los pasillos, por lo que la iluminación estará a cargo de fuentes artificiales en toda la sala. Las luminarias que se instalan en la sala de quirófanos, son de tipo especial para la mesa de operaciones, con encendidos a niveles de iluminancia suficientemente altos que van desde 10000 lx hasta 100000 lx, sin tener grandes diferencias con la iluminancia del resto de la sala, para producir comodidad visual y evitar fatiga ocular o deslumbramientos al equipo médico.

Es recomendable establecer 2 niveles, uno de 2000 lx alrededor de la mesa, y otro de 500 a 1000 lx para el entorno general de la sala. Las diferencias dentro de la visión del cirujano y el equipo quirúrgico deben ser como máximo:

- 33 % entre la herida y el campo quirúrgico
- 20% entre el campo quirúrgico y la mesa del instrumento.

Hay que considerar los problemas que pueda traer para el paciente la energía irradiada por una iluminación a niveles tan altos como 100000 lx; se debe limitar para prevenir una excesiva exposición de los tejidos, brindando también comodidad y eficiencia al cirujano y los profesionales que lo acompañan. La iluminación quirúrgica se proporcionara dentro de un círculo de diámetro de 20 cm en la mesa de operaciones. Si una lámpara llegara a fallar, la iluminancia como máximo se debe reducir un 50% de su valor nominal mediante el uso de varias lámparas en una sola unidad del cabezal de iluminación o un múltiple cabezal. (Ver figura 49)

*Figura 49. Iluminación en el área de tarea*



*Fuente:* [49]

La temperatura de color debe estar de 4000K a 5000K, con un índice de reproducción cromática superior a 90 y clase 1A, para poder identificar los tejidos de manera precisa durante la intervención quirúrgica.

El sistema de alumbrado debe ser flexible de acuerdo al tipo de procedimiento a realizar. Las exigencias son muy diferentes para una cirugía ortopédica, cardiovascular, neurocirugía, etc. Se deberá tener en cuenta las especificaciones y limitaciones del equipo que se encuentran en esta sala para planear la ubicación, los cambios en el nivel de iluminancia y las disposiciones del sistema de iluminación para la variedad de operaciones.

En el área de lavabo y en la zona de pasillos adyacentes se debe tener la misma temperatura de color que en la sala de operaciones. Esto ayuda asegurar un buen trabajo de lavabo y permite a los miembros del equipo quirúrgico entrar en la sala de operaciones con los ojos totalmente adaptados.

Las salas anexas a los quirófanos, como salas de recuperación, de anestesia o de esterilización tendrán al menos 500 lx de iluminancia, para evitar problemas de adaptación. La temperatura de color y el CRI deben ser el mismo que en los quirófanos. Para la sala de anestesia, se dispondrá de un sistema de regulación que permita adaptar al paciente de forma progresiva desde los altos niveles del quirófano hasta un nivel de reposo que puede estar alrededor de 100 lx.

#### **14.4.3.1 Quirófanos para especialidades**

- **Neurocirugía**

Una sala de operaciones neuroquirúrgica es semejante en sus exigencias visuales a las salas de operaciones quirúrgicas generales. La mayor parte del equipamiento utilizado tiene su propia fuente de luz, por consiguiente los

niveles de iluminación de la sala en general deben graduarse para no crear manchas en el ambiente.

- **Cirugía ortopédica**

Los requisitos visuales de una sala de operaciones ortopédicas no son diferentes a los servicios de cirugía general, pero se hace necesario mejorarlas para el equipo de rayos X y dependiendo de las características, su montaje se coordinara con el sistema de iluminación. Se tendrá especial cuidado con la flexibilidad de la luminaria pues con frecuencia la cirugía ortopédica requiere cambio de posición en diferentes lados de la mesa.

#### **14.4.4 Unidades de cuidados intensivos**

La prioridad en las salas de cuidados intensivos es facilitar las labores médicas que son altamente especializadas, destinadas a la atención y tratamiento de pacientes en situación grave o crítica con posibilidad de recuperación. Debido a se presentan diversas situaciones en la sala, se establecen 3 zonas en las que se puede controlar la iluminación:

- Iluminación general de confort en toda la sala, con un nivel de iluminancia de 100 lx.
- Iluminación en la zona de la cama de 300 lx para exámenes normales al paciente; se podrá incrementar hasta 1000 lx para exámenes más delicados y rigurosos.
- Iluminación en casos críticos o de emergencia, en los que se requieren por lo menos 2000 lx en la superficie de la cama, se pueden conseguir con iluminación adicional, usando luminarias focalizadas o mediante una iluminación general supletoria.

Las fuentes de luz en toda la unidad de cuidados intensivos deben tener un tono neutro y una reproducción cromática de clase 1B.

La iluminación debe permitir observar los cambios en el contorno del tejido y el color, incluyendo la prominencia de las venas en el cuello; también la presencia de un tinte amarillo en los ojos del paciente.

La zona de lavado de manos requiere ser bien iluminada.

#### **14.4.5 Salas de reconocimiento y tratamiento**

En las salas de reconocimiento y tratamiento lo primordial es garantizar a los profesionales a cargo de los procedimientos los requisitos necesarios para su buen desempeño. Las principales consideraciones a tener en cuenta en las actividades visuales a realizar son las siguientes:

- a.** El nivel de iluminancia no es el mismo para todos los tratamientos a pesar de efectuarse en la misma sala, se debe tener un control de iluminación de fácil.
- b.** Evitar las sombras, permite a la persona que realiza el tratamiento o procedimiento no perder de vista la tarea. Una fila de luminarias causaría sombras del propio personal y dos filas de luminarias reduciría las sombras.
- c.** Un alto CRI es imprescindible en las especialidades médicas como la dermatología o la oftalmología. La selección de luminarias inadecuadas llevaría a dar un mal diagnóstico o tratamiento.

En los tratamientos o tareas de observación que exijan niveles de iluminancia muy altos y/o variables de 5 lx a 1000 lx como en el caso de la oftalmología, se debe usar luminarias portátiles que estén dotadas de un equipo electrónico, con lámparas fluorescentes compactas además del control del que son provistas.

En ambientes en donde se encuentran televisores o pantallas de computadores, se deben evitar los reflejos a través del uso de luz focalizada

o luminarias de baja iluminancia. La temperatura de color en las luminarias debe ser de tonos cálidos y blanco neutro.

#### **14.4.5.1 Radiología**

En la sala de radiología se llevan a cabo una variedad de exámenes para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades. Toda el área debe tener suficiente iluminancia horizontal, vertical, sin parpadeo y dispuesta a evitar el bloqueo de luz de las unidades aéreas de radiografía, así como el deslumbramiento a los ojos del paciente mientras se está acostado en la camilla.

Es necesario usar luminarias de acción focalizada que permitan proporcionar la iluminación vertical o la iluminación intensa para intervenciones quirúrgicas de cirugía menor. Cuando sea necesario, se deben utilizar fuentes de alto rendimiento de color y estar dotadas de un interruptor o atenuador que reduzca la iluminación del ambiente mientras se ven las imágenes en una pantalla electrónica.

#### **14.4.5.2 Odontología**

En la operación dental el nivel de iluminancia entre la boca del paciente y el odontólogo, la bandeja de instrumentos y los alrededores no debe ser mayor a una relación de 3:1.

La luz debe proporcionar un nivel de CRI alto, para que el dentista pueda identificar los colores de los dientes, de las prótesis dentales y así dar un diagnóstico apropiado del estado bucal del paciente.

#### **14.4.5.3 Salas de citoscopia**

El procedimiento se empieza en un ambiente iluminado pero el examen normalmente se produce con una iluminancia muy baja, debido al cambio es necesaria la regulación o conmutación donde se realiza el examen. En la cirugía la iluminación a utilizar es la misma que en el quirófano, como los gases medicinales no son utilizados en la sala, la luz estará disponible a un nivel por encima del hombro del urólogo mientras se encuentra sentado.

#### **14.4.5.4 Habitaciones de escaneo**

Varios equipos se utilizan para fines de diagnóstico, las unidades de tomografía axial computarizada (TAC), tomografía por emisión de positrones (PET) e imágenes por resonancia magnética (MRI). El paciente esta acostado en una superficie horizontal que se desplaza en el dispositivo de escaneo, o se puede mover sobre el paciente. La luz en estas habitaciones es por lo general indirecta para que no esté en línea directa en la vista del paciente.

Estos sistemas están normalmente alojados en tres zonas: una sala de control, un área de informática, y la sala de exploración. Los equipos con pantallas normalmente se encuentran en la sala de control, con una ventana de visualización a la sala de exploración para la observación del paciente. La iluminación general es controlada por un sistema de atenuación; las salas de escaneo mantienen iluminancias bajas durante los tratamientos e iluminancias elevadas para el mantenimiento y configuración de equipos.

En el examen de resonancia magnética se utilizan luminarias incandescentes regulables para eliminar efectos de los campos magnéticos en el sistema de iluminación y también para reducir la interferencia de objetos magnéticos en la imagen de diagnóstico producido durante el proceso de exploración (examen).

Cuando una persona es sometida a salas de procedimiento y tratamiento como el área de escaneo por largos periodos de tiempo, puede producirse niveles de ansiedad más altos que en otras salas del Hospital; por lo tanto se debe proporcionar iluminación de diferentes colores y proyección de imágenes para llegar a disminuir el estrés del paciente.

#### **14.4.6 Salas de partos (obstetricia)**

Los aparatos utilizados para observar y hacer exámenes a la mujer en trabajo de parto no requieren control de iluminación a niveles bajos, medios o altos, pero debe ser suficiente en las direcciones horizontal, vertical y contar con un CRI alto para que cualquier cianosis (color azulado de la piel) e ictericia (coloración amarillenta de la piel) sea evidente.

Las luminarias empotradas se usan para proporcionar la iluminación general y uniforme en toda la sala, adicionalmente debe proveer iluminación focalizada de 25000 lx, en la parte baja del abdomen, con la condición de no afectar el campo visual por el brillo tan alto debido a que la paciente esta consiente. Así mismo la lámpara debe tener la capacidad de estar centrada sobre el hombro del obstetra. También la limpieza es imprescindible, es por eso que se debe seleccionar una luminaria que fácilmente pueda ser limpiada. En la zona de lavado, es necesario contar con la misma iluminación que en la zona de lavado quirúrgico.

#### **14.4.7 Sala de neonatología**

Cuando los bebés ingresan a la sala de hospitalización son expuestos a una gran cantidad de agresiones físicas ambientales; entre las más conocidas se puede destacar el ruido, la luz y las ondas electromagnéticas generadas por diferentes elementos eléctricos. De cierta manera pueden llegar afectar fisiológicamente (frecuencia cardiaca, respiración, oxigenación) y

psicológicamente (alteración del ritmo del sueño, irritabilidad) el estado clínico del bebé.

Se debe establecer unos niveles apropiados de luz durante el día y la noche, ya que no solo la iluminación proviene del interior de la sala sino también de sus alrededores y puede aumentar la luminancia con respecto a lo requerido, poniendo en riesgo la salud del bebé que no tiene mecanismos de protección para evitar la exposición excesiva de luz en la retina.

La iluminación general debe ser libre de parpadeo o intermitencia, ya sea proveniente de luminarias de techo, pared o superficie especular. Cabe resaltar que la luz ultravioleta puede dañar el sistema visual del recién nacido.

#### **14.4.8 Pediatría**

La iluminación debe realizarse con el propósito de que el niño no se sienta abrumado, es esencial que sea armoniosa, cálida y que permita la lectura a nivel del suelo. Las ventanas y claraboyas se pueden utilizar con eficacia donde el deslumbramiento cause molestias a las actividades visuales. La conmutación múltiple o regulación deseable nos da la posibilidad de variar la iluminación para hacer el ambiente agradable.

#### **14.4.9 Salas de rehabilitación y terapias**

Una buena iluminación contribuye de cierta manera a la motivación del paciente para realizar los ejercicios de rehabilitación; se recomienda usar tonos neutros y rendimientos de color del grupo 1B. Cuando no existan ventanas en la sala es aconsejable utilizar un blanco cálido en la iluminación.

En las piscinas las luminarias deben ser alimentadas a baja tensión y con el índice de protección adecuado.

#### **14.4.10 Áreas de servicios**

Los servicios generales del hospital son de vital importancia para el funcionamiento del mismo y están ubicados en su mayoría en las plantas bajas o en el sótano, por lo que el aporte de luz natural es muy escaso. Se hace necesario el uso iluminación artificial que cumpla con las recomendaciones para este tipo de espacios.

##### **14.4.10.1 Laboratorio**

El área de donantes para el banco de sangre debe poseer iluminación directa, libre de parpadeo y localizada en el sitio donde se va a realizar la punción venosa, por lo general a la altura del brazo de un sillón.

El buen CRI permite la detección fácil de la zona para la muestra sanguínea, además contribuye a mejorar la apariencia del paciente y del personal. El ambiente bien iluminado y con baja reflectancia es importante para la tranquilidad y comodidad del donante o el paciente.

En el laboratorio donde se hace el análisis de las muestras las disposiciones de iluminación son más exigentes en comparación a la zona de toma de muestra; se debe utilizar las luminarias empotradas en el techo con control para cuando se requiera una mayor o menor iluminancia. El CRI debe ser alto para diferenciar el material microscópico.

##### **14.4.10.2 Farmacia**

La iluminación debe ser proporcionada en el puesto de trabajo, generalmente a 0,910 m (36 pulg) del piso, para permitir la lectura de etiquetas con la precaución de los medicamentos suministrados.

#### **14.4.11 Morgue**

Una buena iluminación libre de deslumbramiento directo e indirecto es imprescindible en la sala de autopsias. Como los procedimientos se realizan en cavidades abiertas, en lugar de cavidades restringidas como el caso de las cirugías, la iluminación altamente direccional no es requerida. La iluminación general puede ser aumentada por luminarias focalizadas que proporcionan iluminación a un nivel en la mesa de 0,760 m (30 pulgadas) por encima del suelo. Las luces del quirófano no son necesarias en esta sala.

#### **14.4.12 Corredores o pasillos**

En los corredores no se recomiendan lámparas espaciadas periódicamente a lo largo de los pasillos, debido a que el espaciamiento regular provoca el efecto estroboscópico desagradable para el paciente que está siendo transportado.

#### **14.4.13 Áreas de servicios de urgencias**

Es el servicio destinado a la atención inmediata de pacientes y tiene un acceso directo desde el exterior. Cuenta con diferentes áreas tales como: recepción, valoración, examen y tratamiento de los pacientes.

La iluminación debe facilitar la adaptación visual del personal de urgencias entre el exterior y la entrada al edificio. Como se requiere un diagnóstico rápido y preciso, es necesario que esté libre de deslumbramiento directo e indirecto y ofrezca una excelente reproducción cromática. La zona exterior debe estar provista con 50 lx y graduarse progresivamente hasta los 200 lx en la zona de entrada. El alumbrado general en la sala contara con un nivel de iluminancia de 1000 lx y el alumbrado localizado de 20000 lx.

#### **14.4.14 Accesos exteriores**

Las tendencias modernas de construcción favorecen el uso de vidrio y acero, una elección inadecuada de las luminarias puede causar problemas de deslumbramiento o peor aún ser fuente de accidentes para personas discapacitadas que no puedan diferenciar las superficies de cristal que se encuentren. La buena iluminación exterior es garante de la seguridad de los pacientes, visitantes y funcionarios del hospital. Los puntos a tener en cuenta son la altura de la iluminaria, el rendimiento de la iluminación y el grado anti vandálico ofrecido.

### **14.5 NIVELES DE ILUMINACIÓN (NORMATIVIDAD)**

Debido a la gran cantidad de actividades que se realizan en un Hospital y la responsabilidad que conllevan, se recomienda niveles de iluminación apropiados para cada una de las áreas con el propósito de desarrollar las diferentes tareas y procedimientos en ellas. Tener una buena iluminación reconforta al paciente y al profesional.

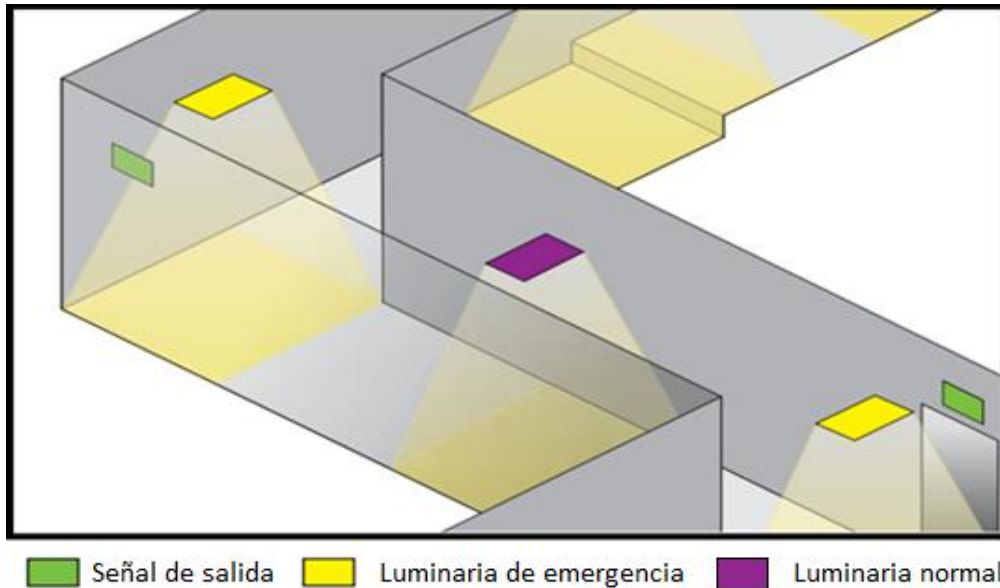
En la Tabla 19 del Anexo A se recopilan las áreas del Hospital y los niveles de iluminación recomendados por cada una de las diferentes normas. En Colombia es obligatorio cumplir con los niveles propuestos por el RETILAP y cuando hallan áreas no contempladas en este reglamento se remite a la norma IESNA o la UNE EN12464-1.

### **14.6 ALUMBRADO DE EMERGENCIA**

El sistema de alumbrado de emergencia representa una gran responsabilidad para el diseñador a cargo del proyecto, debido al peligro potencial que pueden correr los pacientes y el personal médico en el caso que se presente una evacuación de la edificación sin una iluminación

adecuada o suficiente. La Figura 50 nos muestra los elementos que conforman el sistema de alumbrado de emergencia

Figura 50. Sistema de alumbrado de emergencia



Fuente: [50]

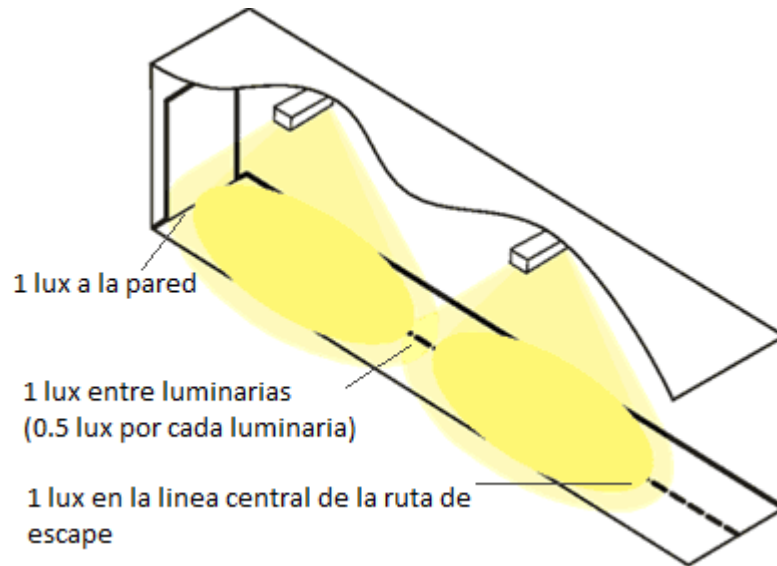
#### 14.6.1 Iluminación de los medios de evacuación

La iluminación debe ser fija y estar provista de una fuente de alimentación propia que entre automáticamente en funcionamiento cuando:

- 1) La tensión sea menor al 70% de la tensión de servicio.
- 2) Exista interrupción de la iluminación normal, al presentarse una falla de alimentación en la instalación.
- 3) Apertura de un interruptor de circuito o fusible del sistema iluminación.
- 4) Cualquier acto manual, incluyendo la maniobra de un conmutador que controla las instalaciones de iluminación normal.[44][51]

Cuando se produzca alguno de estos eventos, el alumbrado de emergencia en las vías de evacuación no debe tardar más de 15 s en estar disponible y contar con una iluminancia horizontal en el suelo, como mínimo de 1 lx a lo largo del eje central como se aprecia en la Figura 51 y 0.5 lx en la banda central que comprende al menos la mitad del ancho de la vía.

Figura 51 . Niveles mínimos de iluminación de emergencia.



Fuente: [52]

En los espacios en los que se encuentren los equipos de seguridad la iluminancia horizontal será de 5 lx como mínimo. Estos niveles de iluminación deben obtenerse considerando la reducción del rendimiento luminoso debido a la suciedad de las luminarias y un factor nulo de reflexión en los techos, paredes y demás superficies. El sistema debe contar con una iluminancia uniforme que garantice el movimiento seguro y rápido por el camino de salida.

Una relación de iluminancia máxima ( $E_{max}/E_{min}$ ) de 10:1 ofrece una excelente uniformidad para un desplazamiento seguro. Los Porcentajes más altos como 40:1 pueden llegar a ser adecuados, pero la carga consumida sería mayor y se debe procurar minimizar al máximo siempre que sea posible. La uniformidad se consigue de forma más fácil mediante el uso de un mayor número de luminarias con emisión de luz más baja que mediante el empleo de un menor número de luminarias espaciadas ampliamente con alta reproducción de luz. [40]

En algunos casos la iluminación a nivel del suelo no es adecuada para disminuir los peligros, por esta razón todas las superficies verticales de los medios de salida deben estar iluminados para ayudar a definir la ruta de escape. En las rutas de salida se puede considerar las siguientes zonas de peligro:

- Intersecciones en los pasillos.
- Cambios abruptos de dirección de la trayectoria de salida.
- Escaleras.
- Cambios de nivel del suelo.
- Salidas y zonas adyacentes a las salidas.
- Obstrucciones a lo largo de los medios de salida.

Cuando existe una buena iluminación vertical, se aumenta la confianza de los ocupantes al momento de sortear obstáculos u otros peligros que pueden disminuir la velocidad de evacuación.

El control del deslumbramiento inadecuado puede disminuir sustancialmente las funciones del sistema de emergencia, para reducirlo se debe analizar el nivel de luminancia de la lámpara y la altura de ubicación de la luminaria. Cuando se combina la luminaria de emergencia con la señal de salida, es muy probable que se produzcan deslumbramientos o se disminuya la visión en presencia de humo. Dependiendo del material incinerado, el humo presenta diversas características a la temperatura, densidad del color, contenido de partículas, etc. Todos estos factores dificultan la efectividad del sistema de alumbrado, ya que todos los equipos no están diseñados para operar en condiciones de incendio, por lo que las recomendaciones están limitadas a la especificación de luminarias cuando se presente una situación de incendio que impida la visibilidad.

Las luminarias de uso general que contengan lámparas de emergencia o que están dedicadas solo a la iluminación de esta deben ser marcadas como parte del sistema de alumbrado de emergencia por medio de un punto rojo o

alguna etiqueta distintiva y debe aparecer en el exterior de las luminarias para permitir su fácil identificación. Este tipo de etiquetado da prioridad a las luminarias a la hora de realizar el mantenimiento del sistema.

#### **14.6.2 Elementos del sistema**

Las lámparas utilizadas en aplicaciones de iluminación del sistema de alumbrado de emergencia difieren en el diseño de las utilizadas para iluminación general. Las lámparas de emergencia deben tener una alta fiabilidad y larga vida útil, su mantenimiento es esencial para garantizar su disponibilidad en caso de un corte de energía. En la mayoría de los casos, deben ser menos susceptibles a daños del filamento, operar en un amplio intervalo de temperaturas y tener un corto tiempo de encendido (menos de 10 s). Las lámparas compactas fluorescentes se han vuelto comunes en aplicaciones de emergencias, porque ofrecen una mayor vida útil, altas características de rendimiento de color y una alta eficacia para reducir el consumo energético. Las lámparas de alta intensidad (HID) no son compatibles con las fuentes convencionales que alimentan el sistema de alumbrado de emergencia tales como corriente continua, generadores o inversores de corriente alterna, debido a que las fuentes no mantienen el funcionamiento de la lámpara durante la transferencia del sistema de alimentación normal al de emergencia por los largos tiempos de enfriamiento y reencendido, la manera de evitar el problema es con el uso de convertidores e interruptores de rápida transferencia que garanticen un servicio ininterrumpible.

El valor mínimo del Ra debe ser de 40 para identificar correctamente los colores de las señales de seguridad. Por ningún motivo se debe permitir la conexión de otros equipos o elementos al sistema de alumbrado de emergencia que no sean específicos para este uso.

#### **14.6.2.1 Baterías**

Las baterías deben tener la capacidad para alimentar durante una hora como mínimo el total de la carga conectada, sin que la tensión aplicada a la carga sea inferior del 87,5 % del valor nominal. Los niveles de iluminación disminuyen a medida que las baterías de respaldo están en operación, se debe asegurar como mínimo un nivel del 60% de la iluminancia inicial para desarrollar las tareas médicas, el medio de carga de las baterías debe ser de forma automática. Existen algunas consideraciones antes de realizar la instalación de baterías nuevas:

- Almacenar las baterías en un área fría antes de la instalación
- Comprobar si hay daños en el transporte, las fugas, abolladuras, grietas o corrosión.
- Verificar las pestañas o separación de las baterías.
- Confirmar que la batería es adecuada para el entorno en que se está instalando.
- Revisar el cableado entre la lámpara y la batería, corrosión, aislamiento e integridad.
- Si las celdas son de tipo húmedo, comprobar la gravedad específica y los niveles de electrolitos.
- Realizar la instalación de acuerdo a las instrucciones del fabricante.
- Registrar la fecha de instalación en el producto.

Algunas baterías se denominan “libres de mantenimiento” y solo se diferencian con respecto a otras en que no hay acceso al electrolito; sin importar su tipo se les debe realizar mantenimiento periódico. La prueba al sistema de emergencia el cual es alimentado por baterías se ejecuta en intervalos de 30 días a lo largo de una hora, el equipo debe funcionar completamente y se debe registrar por escrito los resultados del ensayo. Adicional a esto, se deben llevar a cabo las siguientes precauciones en el momento de realizar el mantenimiento de las baterías:

- Hacer una inspección visual, verificando que no existan fugas, grietas y corrosión.
- Identificar los terminales de las baterías y limpiarlos cuando sea necesario.
- Reconocer en las celdas húmedas los tapones de la batería y limpiar si lo amerita.
- Verificar las conexiones eléctricas.
- Comprobar la integridad de los geles anticorrosivos y adicionar si es necesario.
- Observar el cableado entre la lámpara y la batería, corrosión, aislamiento e integridad.
- Determinar la celda más cercana a la terminal positiva. La celda más positiva de la batería tiene una mayor tensión eléctrica y es el mejor indicador del estado de la batería.
- Controlar y registrar las lecturas de corriente y voltaje en estados de carga.
- Examinar el manual de operación de la batería. La recarga debe ser aproximadamente cinco veces más que el tiempo de operación.
- Identificar el tipo de batería y su tiempo de vida útil, fecha de instalación, fecha de remplazo.

El remplazo se debe realizar solo con el mismo tipo de batería y amperios-hora nominales. [40]

#### **14.6.2.2 Indicadores de alarmas y equipos contra incendios**

Los indicadores de alarmas contra incendios que se encuentran ubicados a lo largo de las vías de salida deben estar iluminados en el transcurso del tiempo en el que se presente la emergencia mientras las áreas son evacuadas. Durante las condiciones de emergencia, la iluminación vertical en estos lugares debe ser mayor que el entorno inmediato y al menos 10 lx.

### 14.6.2.3 Señalización de las salidas

Los elementos utilizados para señalar las vías de escape deben tener las dimensiones, color distintivo, diseño y localización de tal forma que sea claramente visible previniendo el contraste con decoraciones, acabados inferiores u otros. Toda señal debe tener la palabra “SALIDA” u otra requerida escrita con caracteres legibles, no menores de 15 cm de alto y un trazo no menor de 2 cm de ancho. La palabra “SALIDA” u otra señalización similar, deberá colocarse con una flecha que indique la dirección en todo sitio donde la dirección de recorrido no se pueda reconocer inmediatamente; como se representa en la Figura 52. [53]

Figura 52. Señalización de salida



Fuente: [54]

La iluminación de los medios de evacuación debe ser continua durante el tiempo en el que se necesiten las vías de escape para su utilización. Todos los puntos incluyendo ángulos e intersecciones de corredores y pasillos, escaleras, rellanos<sup>24</sup> y puertas de salida deben estar iluminados con no menos de 10 lx medidos en el piso.

Al igual que cualquier luminaria, las señales de salida requieren limpieza periódica y una sustitución de lámparas. Se deben llevar a cabo las siguientes precauciones en el momento de la instalación:

- Evitar el funcionamiento prolongado de la lámpara durante la instalación.
- Verificar que no sea posible abrir el circuito de alimentación.
- Inspeccionar visualmente las lámparas y el cableado.
- Registrar la fecha de instalación.
- Comprobar las direcciones correctas de los indicadores.
- Asegurar que lámparas no estén en contacto con los aspersores.
- Verificar que el número apropiado de lámparas estén en funcionamiento.

---

<sup>24</sup> Rellano: en una escalera de dos tramos existe un rellano, es decir subo un tramo, descanso y subo otro tramo.

## **15 VISITA TÉCNICA**

Como parte complementaria para el desarrollo del proyecto se realizaron dos visitas técnicas en centros de cuidados de salud para conocer las instalaciones eléctricas en forma general e identificar las irregularidades con respecto a las normas recopiladas y el RETIE. El trabajo de campo se llevó a cabo interactuando con el personal de mantenimiento y las personas encargadas de cada área. En el anexo B se encuentra como material de soporte el registro fotográfico de las visitas.

### **15.1 HOSPITAL LOCAL DEL NORTE**

Se visitó el hospital local del norte de la ciudad de Bucaramanga teniendo acceso a la planta física en su totalidad. El edificio está en funcionamiento desde el año 1996 y no se le ha efectuado ninguna remodelación, por lo tanto es considerado por el RETIE como una instalación antigua donde los requisitos y las prescripciones técnicas del reglamento no son obligatorios. Sin embargo considerando que las instituciones de salud salvaguardan la vida y la seguridad se encontraron no conformidades que pueden llegar a ser un peligro para el personal médico, los pacientes y demás personas que tienen acceso a las diferentes áreas del hospital.

El Hospital esta alimentado por la red de la ESSA a un nivel de 13,2 kV, la subestación eléctrica está ubicada a las afueras del edificio y es conformada por un transformador de 500 kVA de 13,2 kV/220-127 V que sule toda la carga del edificio y un transformador de 75 kVA de 13,2 kV /440 V para el equipo fijo de rayos X; en caso de presentarse una falla de la fuente normal existe como alimentación alternativa un grupo electrógeno DIESEL con una potencia de 165 kVA a 220-127 V; la transferencia de la red normal al grupo

electrógeno se realiza de forma automática con un tiempo no superior a 10 segundos. La capacidad nominal de la planta no supe la demanda total del edificio en consecuencia solo alimenta los circuitos considerados como críticos.

A continuación se muestra algunos aspectos vistos en las instalaciones del hospital.

- La subestación carece de distancias de seguridad, señalización e iluminación apropiada.
- Al generador y a los transformadores no se le hacen mantenimiento predictivo más solo preventivo.
- Los conductores dentro de la subestación están expuestos a diferentes factores que aceleran su deterioro por el contacto directo con el piso.
- Según el personal encargado del mantenimiento se presentan cortes de energía de la red 2 o 3 veces al mes con una duración entre 4 a 6 horas.
- La institución no tiene personal calificado en caso de ocurrir una emergencia donde se involucre las instalaciones eléctricas.

Las luminarias en los pasillos de los cuatro pisos del hospital permanecen encendidas las 24 horas por la ausencia de interruptores de fácil acceso al personal, lo que contribuye al desperdicio energético debido a que en el día se cuenta con una buena iluminación natural la cual puede ser aprovechada.

La iluminación general y de examen en las habitaciones de los pacientes presenta niveles de iluminancia inadecuados para el trabajo del personal como por ejemplo la canalización intravenosa, el suministro de medicamentos o el examen al paciente. La luz de examen en muchas de las habitaciones no funcionan y tampoco existe un control por cada cama, las luminarias empotradas en la pared utilizadas para la vigía de noche no están en uso.

Se encontró lámparas con parpadeos, poca intensidad, un bajo CRI y con temperatura de color inapropiada en los pasillos, habitaciones y salas especiales como radiología, urgencias, sala de pequeñas cirugías y laboratorio, agregado a esto se presenta efecto estroboscópico en los pasillos, el uso de lámparas incandescentes y ausencia de lámparas.

Al ingresar al quirófano se experimenta grandes cambios en la iluminación por la diferencia en los niveles de iluminancia con las áreas anexas.

Se realizaron medidas de iluminancia en cada una de las áreas del hospital con el propósito de compararlas con los niveles mínimos exigidos por el RETILAP y con las normas a las que este nos remite. En la Tabla 18 del Anexo B se muestran los resultados obtenidos.

Los tomacorrientes no están etiquetados con su respectivo circuito ramal, es decir los que proceden del sistema de emergencia y de la red. Al diferenciarlos se garantiza que el personal conecte los equipos de soporte de vida al tomacorriente apropiado. Se presentaron varias inconformidades con los tomacorrientes al estar en mal estado, sin tapas o con ellas pero deterioradas. En los baños de las habitaciones de los pacientes no se usa tomacorrientes GFCI.

El personal especializado del área de sala de partos comentó que constantemente experimentan la sensación del paso de corriente a través de sus cuerpos al interactuar con partes metálicas o entre ellos mismos.

En las salas de partos y en los quirófanos no se manejan sistema de potencia aislado para la protección y seguridad del paciente.

## 15.2 CLINICA FOSCAL

La edificación fue construida en el año 1993 y a través del tiempo se le han hecho remodelaciones en sus instalaciones eléctricas por lo tanto las prescripciones y requisitos del RETIE son obligatorios.

La red principal de alimentación de 34,5 kV proviene de la subestación el Bosque, en caso de presentarse una falla en la red, existe una planta de emergencia DIESEL de 750 kVA a 220-127 V localizada en las afueras del edificio en una cabina antiruido, la conexión con la subestación se hace mediante blindo barras de 40 m de longitud por cada fase para disminuir las pérdidas. Como respaldo adicional se encuentra otra planta DIESEL de 500 kVA a 220-127 V. Al presentarse un corte del suministro entra la primera planta mencionada por medio de la transferencia automática con un tiempo no superior a 10 segundos supliendo la totalidad de la demanda del edificio; si ocurre un problema actúa la de respaldo, sin embargo esta no alimenta el 100% de la carga.

El generador de 500 kVA está ubicado en la planta baja del edificio (sótano), en un cuarto sin ventilación y sin la señalización adecuada. En la ruta de acceso se encuentra la caldera de vapor y la subestación aumentando el riesgo de explosión.

Para alimentar las cargas especiales el sistema dispone de tres transformadores dependiendo del nivel de tensión que se requiera. El simulador, la consola y el aire acondicionado están alimentados por un transformador tridevanado de 300 kVA a 13.2 kV/480-277 V/220-127 V. El equipo de resonancia y litotricia a un transformador de 150 kVA a 13.2 kV/480-277 V y el acelerador a un transformador de 13.2 kV/220-127 V. Los transformadores están conectados directamente a la red, por tal razón en caso de presentarse una falla en donde la planta de emergencia actúe los equipos especiales quedaran fuera de servicio. El ingreso a la subestación

está ubicado en la sala de espera del centro oncológico, simulando su entrada a través de un closet, sin ventilación.

## CONCLUSIONES

- Al investigar las normas referentes a instalaciones eléctricas hospitalarias en Colombia, se encontraron aspectos técnicos en la NTC 2050 Sección 517 y en el Artículo 39 del RETIE, los cuales no abarcan en su totalidad las consideraciones para este tipo de instalación especial, por lo tanto es preciso recurrir a estándares internacionales donde se contemplen de forma exclusiva las necesidades del sector hospitalario.
- El sistema eléctrico en un hospital tiene como filosofía la preservación de la vida tanto del paciente, como la del personal médico que labora en la institución. Por esta razón la instalación está planeada para brindar un servicio continuo y sin interrupciones mediante el diseño de sistemas robustos que contengan grupos electrógenos, fuentes de alimentación secundarias y sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS) cuyas especificaciones estarán determinadas por el costo, el tamaño y el tipo de procedimientos que se lleven a cabo en la institución médica.
- Es indispensable considerar las aplicaciones específicas para cada área en particular y encaminar el sistema eléctrico hacia la satisfacción de sus necesidades individuales, resaltando las exigencias en áreas críticas, en donde los aspectos técnicos del sistema se convierten en la herramienta esencial para desarrollar cada uno de los procedimientos médicos de forma efectiva.
- En las visitas realizadas al Hospital Local del Norte de Bucaramanga y la clínica FOSCAL de Floridablanca se pudo constatar mediante una inspección visual que gran parte de los requisitos establecidos por el RETIE y la NTC 2050 no se cumplen, por lo tanto al no tenerse en cuenta dichos aspectos en el diseño, montaje y mantenimiento de la instalación puede ponerse en riesgo la vida del paciente y de todas las personas que estén dentro de estas instalaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] “RESOLUCIÓN NÚMERO 4445 DE 1996.” [Online]. Available: [http://www.saludcapital.gov.co/Publicaciones/RESOLUCION 4445 DE 1996.pdf](http://www.saludcapital.gov.co/Publicaciones/RESOLUCION%204445%20DE%201996.pdf). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [2] *Electric Systems in Health Care Facilities IEEE 602*, vol. 2007. 2007.
- [3] “Rayos X: MedlinePlus enciclopedia médica ilustración.” [Online]. Available: [http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp\\_imagepages/1057.htm](http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/esp_imagepages/1057.htm). [Accessed: 26-Feb-2013].
- [4] “PET.” [Online]. Available: [http://cancer.osu.edu/\\_layouts/ncipopup.aspx?ID=CDR0000046140](http://cancer.osu.edu/_layouts/ncipopup.aspx?ID=CDR0000046140). [Accessed: 26-Feb-2013].
- [5] “Resonancia Magnética.” [Online]. Available: <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/images/ency/fullsize/23268.jpg>. [Accessed: 25-Jan-2013].
- [6] “Angiografo.” [Online]. Available: <http://www.gtp.com.pe/wp-content/uploads/2010/12/angiografo.jpg>. [Accessed: 25-Jan-2013].
- [7] Schneider Electric, “Hospital Product Application Guide.”
- [8] R. Publications and N. Electrical, “NFPA 99 Standard for Health Care Facilities,” 2005.
- [9] G. Carrillo, “PROTECCIONES ELÉCTRICAS.” [Online]. Available: <http://ocw.uis.edu.co/ingenieria-electrica-electronica-y-de-telecomunicaciones-1/protecciones-electricas/ProteccionesElectricas/libroproteccionesgcc.pdf>. [Accessed: 25-Jan-2013].
- [10] N. Electrical and S. Code, *CÓDIGO ELÉCTRICO COLOMBIANO NTC 2050 (Primera actualización)*, vol. 2050. .
- [11] IAEL, “Ground Fault Protection.” [Online]. Available: [http://www.iaei.org/magazine/wp-content/uploads/2009/06/01bjohnston\\_fig4\\_869211299.jpg](http://www.iaei.org/magazine/wp-content/uploads/2009/06/01bjohnston_fig4_869211299.jpg). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [12] S. Electric, “Métodos de alambrado y protección en : • Áreas de cuidados críticos . • Áreas de cuidados generales.”

- [13] M. de M. y Energía, *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas*, no. Resolución No 18 1294. 2008.
- [14] B. Park and P. O. Box, “NFPA 110 Standard for Emergency and Standby Power Systems 2002 Edition,” 2002.
- [15] M. W. Earley, J. S. Sargent, J. V Sheehan, and J. M. Caloggero, *National Electrical Code*. 2005.
- [16] CHLORIDE POWER PROTECTION, “Sistemas de Alimentación Ininterrumpida Instalaciones Hospitalarias.” [Online]. Available: [http://www.aeih.org/ih/comision/DocumentacionJornadas/J-Proteccion/Articulo\\_SAls\\_en\\_instalaciones\\_hospitalarias.pdf](http://www.aeih.org/ih/comision/DocumentacionJornadas/J-Proteccion/Articulo_SAls_en_instalaciones_hospitalarias.pdf). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [17] S. Electric, “C. SISTEMA ELÉCTRICO ESENCIAL. 517-30 a 517-35.”
- [18] IA EI, “Mechanical Protection.” [Online]. Available: [http://www.iaei.org/magazine/wp-content/uploads/2009/05/04ejohnston21\\_159143896.jpg](http://www.iaei.org/magazine/wp-content/uploads/2009/05/04ejohnston21_159143896.jpg). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [19] “Isolated ground receptacles identified by an orange triangle on the receptacle face.” [Online]. Available: [http://www.iaei.org/magazine/wp-content/uploads/2009/05/06bjohnston\\_fig4\\_308408920.jpg](http://www.iaei.org/magazine/wp-content/uploads/2009/05/06bjohnston_fig4_308408920.jpg). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [20] “GFCI.” [Online]. Available: <http://ecmweb.com/site-files/ecmweb.com/files/archive/ecmweb.com/mag/410ecm17fig2.jpg>. [Accessed: 25-Jan-2013].
- [21] “Receptacles in Pediatric Locations.” [Online]. Available: [http://www.mikeholt.com/reprint\\_request2000.php?id=3231](http://www.mikeholt.com/reprint_request2000.php?id=3231). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [22] G. Wain, “Seguridad en la sala de cirugía.” [Online]. Available: [http://www.minicomp.com.ar/descargas/CT12\\_SEGURIDAD\\_EN\\_LA\\_SALA\\_DE\\_CIRUGIA.pdf](http://www.minicomp.com.ar/descargas/CT12_SEGURIDAD_EN_LA_SALA_DE_CIRUGIA.pdf). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [23] A. E. Argentina, “AEA 90364-7-710,” 1913.
- [24] “Isolated Power Systems.” [Online]. Available: [http://www.iaei.org/magazine/wp-content/uploads/2009/06/02fjohnston\\_fig5.gif](http://www.iaei.org/magazine/wp-content/uploads/2009/06/02fjohnston_fig5.gif). [Accessed: 25-Jan-2013].

- [25] “Receptacles connected to isolated power system.” [Online]. Available: [http://www.iaei.org/magazine/wp-content/uploads/2009/06/02johnston\\_fig3.gif](http://www.iaei.org/magazine/wp-content/uploads/2009/06/02johnston_fig3.gif). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [26] F. Casas, “TIERRAS Soporte de la Seguridad Eléctrica.” [Online]. Available: [Accessed: 25-Jan-2013].
- [27] A. M. Orostegui and M. de Salud, “‘PUESTA A TIERRA ’ INSTALACIONES ELÉCTRICAS HOSPITALARIAS,” 1998.
- [28] ANMTAS, “Agentes Químicos en el Ámbito Sanitario.” [Online]. Available: [http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-publicaciones-isciii/fd-documentos/ENMT\\_Monografia\\_Guia\\_Agentes\\_Quimicos.pdf](http://www.isciii.es/ISCIII/es/contenidos/fd-publicaciones-isciii/fd-documentos/ENMT_Monografia_Guia_Agentes_Quimicos.pdf). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [29] IAEl, “Anesthetizing Locations.” [Online]. Available: [http://www.iaei.org/magazine/wp-content/uploads/2009/06/02johnston\\_fig1.gif](http://www.iaei.org/magazine/wp-content/uploads/2009/06/02johnston_fig1.gif). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [30] “Instalación Quirófano.” [Online]. Available: <http://www.quirofano.net/areas-quirofano/areas-quirofano.php>. [Accessed: 26-Jan-2013].
- [31] C. B. NAVARRO PALACIOS, “‘ANÁLISIS DE LA SEGURIDAD ELÉCTRICA EN ÁREAS CRÍTICAS DEL HOSPITAL NACIONAL ZACAMIL ’DR. JUAN JOSÉ FERNÁNDEZ Y HOSPITAL GENERAL DEL INSTITUTO SALVADOREÑO DEL SEGURO SOCIAL”.”[Online]. Available: [http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/123456789/368/1/038322\\_tesis.pdf](http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/123456789/368/1/038322_tesis.pdf). [Accessed: 26-Jan-2013].
- [32] “Instalación Quirófano 2.” [Online]. Available: [http://www.tecmelchile.cl/images/stories/Sin\\_ttulo-1web.jpg](http://www.tecmelchile.cl/images/stories/Sin_ttulo-1web.jpg). [Accessed: 26-Jan-2013].
- [33] S. D, “Sistemas de aislamiento para hospitales.”
- [34] G. E. Healthcare and R. Magn, “GE Healthcare.”
- [35] V. Capítulo, “Seguridad eléctrica en equipos e instalaciones médicas .,” pp. 72–100.
- [36] Eslava Schmalbach, Javier, “SCARE y los estudiantes de postgrado,” *Revista Colombiana de Anestesiología*, vol. 35, no. 1, pp. 7–8.

- [37] L. M. I. M. M. S. MENDEZ MORENO, “Especificaciones Técnicas Sistema de Gases Medicinales.” [Online]. Available: [http://www.fondecun.gov.co/doc/IP\\_001 - 2011\\_ESP\\_GASES-FUNZA.pdf](http://www.fondecun.gov.co/doc/IP_001_-_2011_ESP_GASES-FUNZA.pdf). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [38] D. de C. de T. & S. SRL, “Prevención de Incendios Biblioteca Técnica Techniques & Supplies,” pp. 1–12, 2005.
- [39] MAPFRE, “La problemática de la puesta a tierra en hospitales.” [Online]. Available: [http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1030516](http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1030516). [Accessed: 26-Jan-2013].
- [40] IES, *THE IESNA*. .
- [41] IDAE, “Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación Hospitales y Centros de Atención,” 2001.
- [42] “Temperatura de Color.” [Online]. Available: <http://static3.shoptronica.com/831-4883-thickbox/temperatura-del-color.jpg>. [Accessed: 25-Jan-2013].
- [43] “Color Temperatura.” [Online]. Available: [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0e/Color\\_temperature.svg/578px-Color\\_temperature.svg.png](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/0e/Color_temperature.svg/578px-Color_temperature.svg.png). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [44] M. de M. y Energía, *Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público*. 2010.
- [45] “Deslumbramiento.” [Online]. Available: [http://salud.discapnet.es/Castellano/Salud/Prevencion\\_Riesgos/Prevencion/PublishingImages/67b992056a744b23bfea66a2123a7929fig221.gif](http://salud.discapnet.es/Castellano/Salud/Prevencion_Riesgos/Prevencion/PublishingImages/67b992056a744b23bfea66a2123a7929fig221.gif). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [46] IDAE, “Guía técnica de eficiencia energética en iluminación, hospitales y centros de atención primaria.” [Online]. Available: [http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos\\_5573\\_GT\\_iluminacion\\_hospitales\\_01\\_81a4cdee.pdf](http://www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_5573_GT_iluminacion_hospitales_01_81a4cdee.pdf). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [47] “Revista Electroindustria - Indices de Protección IP.” [Online]. Available: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=195&tip=7>. [Accessed: 26-Jan-2013].

- [48] Siemens, "Quirófano." [Online]. Available: [http://www.siemens.com/press/pool/de/pressebilder/2011/imaging\\_therapy/072dpi/SOHIM201104-03\\_072dpi.jpg](http://www.siemens.com/press/pool/de/pressebilder/2011/imaging_therapy/072dpi/SOHIM201104-03_072dpi.jpg). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [49] Siemens, "Iluminación Quirófano." [Online]. Available: [http://www.siemens.com/press/pool/de/pressebilder/2011/imaging\\_therapy/072dpi/SOHIM201104-01\\_072dpi.jpg](http://www.siemens.com/press/pool/de/pressebilder/2011/imaging_therapy/072dpi/SOHIM201104-01_072dpi.jpg). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [50] THORN, "Emergency Lighting Design Guide." [Online]. Available: [http://www.thornlighting.com.hk/download/Em\\_Lighting\\_Design\\_Guide.pdf](http://www.thornlighting.com.hk/download/Em_Lighting_Design_Guide.pdf). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [51] NFPA, "NFPA 101 Código de Seguridad Humana," 2000.
- [52] "Iluminación de Emergencia." [Online]. Available: [http://www.healthcarelighting.eu/healthcarebig/emergency/Light spread diags.gif](http://www.healthcarelighting.eu/healthcarebig/emergency/Light%20spread%20diags.gif). [Accessed: 25-Jan-2013].
- [53] ICONTEC, "Norma Técnica Colombiana NTC 1700," 1982.
- [54] "Señalizador de Emergencia." [Online]. Available: <http://www.atomlux.com.ar/web/productos/Senializador-Luz-de-Emergencia-Fluorescente-Atomlux-02.jpg>. [Accessed: 25-Jan-2013].

# **ANEXOS**

## ANEXO A. NIVELES DE ILUMINACIÓN

Tabla 19. Niveles de Iluminación

NIVELES DE ILUMINACIÓN RECOMENDADOS PARA HOSPITALES									
Área	Localización	Niveles mínimos según IES*		Niveles medios según IDAE***		Niveles medios según el RETILAP		Niveles medios según la UNE 12464-1**	
		General	Localizado	General	Localizado	General	Localizado	General	Localizado
HOSPITALIZACIÓN	<b>Habitaciones de enfermos</b>								
	Alumbrado general	200		100		100		100	
	Alumbrado de cuidados		200				300		300
	Alumbrado lectura normal		300		300				300
	Alumbrado lectura reducida		150				200		
	Alumbrado examen médico		1000		800-1000				1000
	Alumbrado de posición noche (suelo)		5		5		5		
	<b>Cuidados Intensivos</b>								
	Alumbrado general	300		100		300		100	
	Alumbrado localizado (examen médico)		1000		1000				1000
	Exámenes simples			300					300
	Alumbrado de reconocimiento de emergencias			2000					
	Vigilancia Nocturna			20					20
	<b>Sanitarios</b>								
	Alumbrado sanitarios	300						200	
	Alumbrado espejo								
	<b>Puesto de enfermera</b>								
	Alumbrado general (día)	700							
	Alumbrado general (noche)	300				300			

Tabla 19. (Continuación)

Área	Localización	Niveles mínimos según IES*		Niveles medios según IDAE***		Niveles medios según el RETILAP		Niveles medios según la UNE 12464-1**	
		General	Localizado	General	Localizado	General	Localizado	General	Localizado
HOSPITALIZACIÓN	<b>Circulación (pasillos y escaleras)</b>								
	Alumbrado escaleras	200		50-200		150		200	
	Alumbrado normal (pasillos)	200		50-200		100		200	
	Alumbrado reducido (pasillos)	30		50-200		100		50	
	Alumb. De zonas de operaciones y lab.	300		100-300					
	<b>Salas de día (enfermeros y visitantes)</b>								
	Alumbrado general	100				100		200	
	Alumbrado lectura y juego	300				200			
	<b>Preparación cuidados</b>								
	Alumbrado general								
	Alumbrado localizado								
	<b>Unidad Utility</b>								
	Alumbrado general	200							
	Alumbrado localizado área trabajo		500						
	<b>Vestíbulos</b>								
	Alumbrado día	500							
	Alumbrado noche	200							
	<b>Oficinas</b>								
	Alumbrado general	150		500		500		500	
	Alumbrado área trabajo		300						
	<b>Salas de Espera</b>								
	Alumbrado general	200						200	
	Alumbrado lectura		300						

Tabla 19. (Continuación)

Área	Localización	Niveles mínimos según IES*		Niveles medios según IDAE***		Niveles medios según el RETILAP		Niveles medios según la UNE 12464-1**	
		General	Localizado	General	Localizado	General	Localizado	General	Localizado
HOSPITALIZACIÓN	<b>Unidad pediatría</b>								
	Sala de lectura	300							
	Sala de juegos	300							
	Sala cunas	300							
	Sala camas	100							
	<b>Unidad Neonatología</b>								
	Alumbrado general	300							
	Alumbrado cuna (examen)		1000						
	M 1		1000						
	<b>Vestuarios</b>								
	Alumbrado general	300							
	Alumbrado espejo		500						
ESPECIALES	<b>Unidad Operatoria</b>								
	Salas de anestesia	300		500					
	Salas de anestesia almacén	200							
	Sala postanestesia	300		500				500	
	Sala lavado instrumental	1000		500					
	Vestuarios			500					
	Sala esterilización (secundaria)	300		500				300	
	Lavado de manos			500					
	Preparación de medicamentos	300							
	<b>Sala Operación</b>								
	Alumbrado general	2000		1000		750		1000	
	Alumbrado de alrededores			2000					
Campo Operatorio		25000		20000-100000		30000		10000-100000	

Tabla 19. (Continuación)

Área	Localización	Niveles mínimos según IES*		Niveles medios según IDAE***		Niveles medios según el RETILAP		Niveles medios según la UNE 12464-1**	
		General	Localizado	General	Localizado	General	Localizado	General	Localizado
<b>ESPECIALES</b>	<b>Salas recuperación post operatoria</b>								
	Alumbrado general	300		500				500	
	Alumbrado localizado		1000						
	<b>Unidad partos</b>								
	Zona limpio	300							
	Zona sucio	300							
	<b>Dilatación</b>								
	Alumbrado general	200						300	
	Alumbrado localizado		1000						1000
	<b>Sala de partos</b>								
	Alumbrado general	1000						300	
	Campo Operatorio		25000						1000
	<b>Sala de Recuperación</b>								
	Alumbrado general	300						500	
	Alumbrado localizado		1000						1000
	<b>Sala de Urgencias</b>								
	Alumbrado general	1000							
	Alumbrado localizado		20000						
	<b>Unidad Dental (espera enfermos)</b>								
	Alumbrado general								
	Alumbrado lectura								
	<b>Sala Dental</b>								
	Alumbrado general	700		500				500	
	Silla dental		10000		8000				5000
	Armario instrumental		150						
	<b>Recuperación Dental</b>								
	Para descanso	50							
	Para observación	700							
<b>Unidad Encefalográfica</b>									
Sala examen	300					500			

Tabla 19. (Continuación)

Área	Localización	Niveles mínimos según IES*		Niveles medios según IDAE***		Niveles medios según el RETILAP		Niveles medios según la UNE 12464-1**	
		General	Localizado	General	Localizado	General	Localizado	General	Localizado
<b>ESPECIALES</b>	<b>Unidad Encefalográfica</b>								
	Almacén registros y gráficas	300							
	<b>Sala de Trabajo</b>								
	Alumbrado general	300							
	Alumbrado localizado		100						
	<b>Sala de Preparación</b>								
	Alumbrado general	300							
	Alumbrado local		500						
	<b>Unid. Ojos, nariz, oídos y garganta</b>								
	Sala oscura	0 a 100							
	Pruebas de lectura y visión cromática							5000	
	Sala examen y tratamiento ojos	500		500		500		1000	
	Salas ojos, nariz, oído, garganta	500				500		1000	
	<b>Unidad de Fracturas</b>								
	Yesos	500						500	
	Entablillados	500							
	<b>Sala de Fracturas</b>								
	Alumbrado general	500							
	Alumbrado localizado		2000						
	<b>Sala de Tratamiento (general)</b>								
	Alumbrado general	500		500		500		500	
	Alumbrado localizado		1000		1000		1000		1000
	Diálisis			500				500	
	Dermatología			500				500	
	<b>Sala de endoscopia</b>								
	Preparación			500				300	
Urología			50						
Rectoscopia			50						
Ginecología			50						

Tabla 19. (Continuación)

Área	Localización	Niveles mínimos según IES*		Niveles medios según IDAE***		Niveles medios según el RETILAP		Niveles medios según la UNE 12464-1**	
		General	Localizado	General	Localizado	General	Localizado	General	Localizado
<b>ESPECIALES</b>	<b>Unidad Fisioterapia y Electroterapia</b>								
	General	200		300					
	Sala ejercicios	300						300	
	Boxes tratamiento		300						
	Baño terapia				100			300	
	<b>Sala Radioterapia Ocupacional</b>								
	Sala general de trabajo	300						300	
	<b>Sala Radioterapia Ocupacional</b>								
	Mesas de trabajo ordinario	500							
	Mesas de trabajo fino	1000							
	<b>Solárium</b>								
	Alumbrado general	200							
	Alumbrado lectura	300							
	<b>Unidad Radiológica</b>								
	Radiología general	100			500				300
	Fluoroscopia general	0 a 50			20				50
	Terapia de superficies y profunda	100							
	Control (generadores)	100							
	Cuarto oscuro	100							
	Examen radiografías	300							
	Cuarto claro: archivos, películas reveladas	300							
	Almacén películas no reveladas	100							
	<b>Unidad de Radioisótopos</b>								
	Laboratorio radioquímico								
	Exploración (scanner)	300	200					300	
	Mesa examen		500						

Tabla 19. (Continuación)

Área	Localización	Niveles mínimos según IES*		Niveles medios según IDAE***		Niveles medios según el RETILAP		Niveles medios según la UNE 12464-1	
		General	Localizado	General	Localizado	General	Localizado	General	Localizado
HOSPITALIZACIÓN	<b>Unidad Electrocardiográfica</b>								
	Alumbrado general	300							
	Mesas muestras (paciente)		500						
	Electrocardiógrafo		500						
SERVICIOS	<b>Unidad de Farmacia</b>								
	Alumbrado general					400		500	
	Mesa de trabajo		1000				750		
	Sala parental (solución)	500							
	Almacén activos (productos)	300							
	<b>Unidad de Esterilización</b>								
	Alumbrado general	300						300	
	Mesa de trabajo		500						
	Sala guantes	500							
	Sala jeringas	1500							
	Almacén	300							
	Salidas suministros estériles	500							
	<b>Unidad de Preparación fórmulas</b>								
	Lavado botellas		300						
	Preparación y llenado		500						
	<b>Unidad Laboratorios</b>								
	Sala ensayo	500		500		400			
	Mesa trabajo								
	Trabajos delicados		1000		1000		750		1000
ESPECIALES	<b>Unidad Mortuorio</b>								
	Espera familiares	200							
	Reconocimiento	500							
	Salidas suministros estériles	150							
	Cámaras frías	100							

Tabla 19. (Continuación)

Área	Localización	Niveles mínimos según IES*		Niveles medios según IDAE***		Niveles medios según el RETILAP		Niveles medios según la UNE 12464-1**	
		General	Localizado	General	Localizado	General	Localizado	General	Localizado
<b>ESPECIALES</b>	<b>Unidad Mortuorio</b>								
	Capilla	150							
	<b>Sala Autopsias</b>								
	Alumbrado general	1000				750		500	
	Alumbrado mesa		25000				10000		5000

\* Illuminating Engineering Society Of North America

\*\*Comisión de Regulación Europea

\*\*\*Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

## ANEXO B. NIVELES DE ILUMINACIÓN HOSPITAL DEL NORTE DE BUCARAMANGA

Tabla 20. Niveles de Iluminación áreas del Hospital del norte

UBICACIÓN	EM (MEDIA) [LX]	EM MEDIDA EMM [LX]	EM NORMA EMN [LX]	EMIN [LX]	EMAX [LX]	COEFICIENTE UNIFORMIDAD EMIN/EMM	EMIN/EMAX	(%) CUMPLIMIENTO	SISTEMA DE ILUMINACIÓN
Sala auditorio pediatría	213	207	300	78	454	0,38	0,17	69	General
Pediatría escolar (408)	149	146	100	42	293	0,29	0,14	146	General
Sala ERA (410)	141	136	100	77	234	0,57	0,33	136	General
Sala aislado (406)	96	99	100	37	202	0,38	0,18	99	General
Sala neonatos (402)	192	194	300	67	316	0,34	0,21	65	General
Sala de lactancia	159	161	300	60	296	0,37	0,2	54	General
Estación de enfermeras 4 piso	146	147	300	60	306	0,41	0,2	49	General
Sala de curaciones y canalizaciones	130	134	300	68	230	0,51	0,3	13	General
Pasillo de la sala de curaciones y canalizaciones	232	231	100	175	382	0,76	0,46	231	General
Pasillo vertical	56	60	100	7	221	0,12	0,03	60	General
Pasillo horizontal	101	76	100	5	326	0,07	0,02	76	General
Pediatría medicamentos	206	170	300	124	280	0,73	0,44	57	General
Escritorio de enfermeras	195	200	300	150	216	0,75	0,69	67	General
Hospitalización (306)	139	137	100	37,7	305	0,28	0,12	137	General
Cama a (306) general + examen	158	136,4	100	126	188	0,92	0,67	136	General
Cama c (306) general+ examen	246	261	100	189	316	0,72	0,6	261	General
Cama a (306) examen	63	69,7	100	46,7	85,7	0,67	0,54	70	Localizado
Cama c (306) examen	125	115	100	75	202	0,65	0,37	115	Localizado
Cama c (306) examen centrada	143	176	100	103	188	0,59	0,55	176	Localizado
Baño habitación (305)	311	301	100	300	321	1	0,93	301	General
Hospitalización (303)	136	127	100	59	270	0,46	0,22	127	General
Hospitalización (310)	81	88	100	11	165	0,13	0,07	88	General

Tabla 20. (Continuación)

UBICACIÓN	EM (MEDIA) [LX]	EM MEDIDA EMM [LX]	EM NORMA EMN [LX]	EMIN [LX]	EMAX [LX]	COEFICIENTE UNIFORMIDAD EMIN/EMM	EMIN/EMAX	(%) CUMPLIMIENTO	SISTEMA DE ILUMINACIÓN
Lavado de bebés (310)	154	145	100	111	200	0,77	0,56	145	General
Sala de neonatología atrás est. enfermeras	68	73	100	45	123	0,62	0,37	73	General
Camilla neonatología	51	51	100	43	61	0,84	0,7	51	Localizado
Medicamentos	215	205	100	140	311	0,68	0,45	205	General
Estación de enfermeras 3 piso	145	142	100	45	332	0,32	0,14	142	General
Escritorio	245	230	100	112	331	0,49	0,34	230	Localizado
Pasillo horizontal est. Enfermeras	131	132	100	10	295	0,08	0,03	132	General
Pasillo vertical	102	110	100	6	259	0,06	0,02	110	General
Radiología	146	140	500	40	335	0,29	0,12	28	General
Cuarto de control	178	172	500	134	216	0,78	0,62	34	General
Recepción radiología	170	167	300	96	262	0,57	0,37	56	General
Hematología	249	257	300	122	374	0,47	0,33	86	General
Hematología puesto de trabajo	264	257	300	122	374	0,47	0,33	86	Localizado
Hematología central	213	213	300	110	434	0,52	0,25	71	General
Hematología central focalizada	222	237	500	110	437	0,46	0,25	47	Localizado
Hematología central focalizada	154	157	500	75	267	0,48	0,28	31	Localizado
Cultivos	290	294	400	163	394	0,55	0,41	74	General
Montaje de muestras	274	269	400	182	349	0,68	0,52	67	General
"Toma de muestras "	327	286	400	131	592	0,46	0,22	72	General
Toma de muestras focalizada	508	560	400	310	610	0,55	0,51	140	Localizado
Toma de muestras	355	350	400	180	590	0,51	0,31	88	General
Toma de muestras focalizada	383	320	400	320	460	1	0,7	80	Localizado
Observación hombres	119	103	500	18	364	0,17	0,05	21	General
Observación de lactantes	207	208	300	73	319	0,35	0,23	69	General
Sala era	161	162	500	79	320	0,49	0,25	32	General
Sala de observación de niños	292	311	500	125	368	0,4	0,34	62	General

Tabla 20. (Continuación)

UBICACIÓN	EM (MEDIA) [LX]	EM MEDIDA EMM [LX]	EM NORMA EMN [LX]	EMIN [LX]	EMAX [LX]	COEFICIENTE UNIFORMIDAD EMIN/EMM	EMIN/EMAX	(%) CUMPLIMIENTO	SISTEMA DE ILUMINACIÓN
Cama a	203	207	1000	176	218	0,85	0,81	21	Localizado
Cama b	293	321	1000	251	335	0,78	0,75	32	Localizado
Sala de procedimientos y lavados	210	202	500	50	450	0,25	0,11	40	General
Sala de suturas	144	134	500	84	273	0,63	0,31	27	General
Escritorio en suturas	102	100	300	90	113	0,9	0,8	33	Localizado
Suturas focalizadas	9715	9720	1000	9710	9720	1	1	972	Localizado
Consultorio 3	144	144	300	103	298	0,72	0,35	48	General
Camilla consultorio 3	103	100	500	81	124	0,81	0,65	20	Localizado
Sala de reanimación	180	183	1000	104	378	0,57	0,28	18	General
Camilla de reanimación	293	253	2000	219	391	0,87	0,56	13	Localizado
Inyectoria general	261	253	500	167	350	0,66	0,48	51	General
Consultorio triage	248	262	500	174	375	0,66	0,46	52	General
Recepción	278	291	150	182	375	0,63	0,49	194	General
Escritorio recepción	135	140	300	88	178	0,63	0,49	47	Localizado
Pequeñas cirugías	235	240	750	83	440	0,35	0,19	32	General
Camilla pequeñas cirugías	306	306	2000	231	417	0,75	0,55	15	Localizado
Focalizada en quirófano	15480	15480	30000	15480	15480	1	1	52	Localizado
Estación de enfermería	298	294	300	225	374	0,77	0,6	98	Localizado
Pasillos urgencias	135	125	200	52	287	0,42	0,18	63	General
Quirófanos- general	1850	1880	750	1035	2710	0,55	0,38	251	General
Quirófanos- focalizada	2730	2720	2000	2680	2780	0,99	0,96	136	Localizado
Vestier del quirófano	147	144	500	75	208	0,52	0,36	29	General
Lavabo quirúrgico	386	368	1000	275	452	0,75	0,61	37	Localizado
Pasillo quirófanos	303	304	300	69	436	0,23	0,16	101	General
Sala de recuperación	312	262	300	133	490	0,51	0,27	87	General
Sala de lavado instrumental (mesón)	358	383	500	69	1000	0,18	0,07	77	Localizado
Sala de partos	2122	2120	1000	1115	2800	0,53	0,4	212	General
Sala de partos focalizada	2770	2780	1000	2250	2980	0,81	0,76	278	Localizado
Sala de ecografía	183	189	500	132	262	0,7	0,5	38	General

Tabla 20. (Continuación)

UBICACIÓN	EM (MEDIA) [LX]	EM MEDIDA EMM [LX]	EM NORMA EMN [LX]	EMIN [LX]	EMAX [LX]	COEFICIENTE UNIFORMIDA D EMIN/EMM	EMIN/EMAX	(%) CUMPLIMIENTO	SISTEMA DE ILUMINACIÓN
Sala de recuperación	227	230	300	97	414	0,42	0,23	77	General
Recuperación cama b	309	312	1000	300	324	0,96	0,93	31	Localizado
Recuperación cama c	241	240	1000	238	248	0,99	0,96	24	Localizado
Sala de trabajo de partos	322	324	300	202	356	0,62	0,57	108	General
Cama a	396	398	500	387	404	0,97	0,96	80	Localizado

Fuente: [Autores]

## ANEXO C. MATERIAL FOTOGRÁFICO RECOPIADO

Tabla 21. Fotografías Hospital del Norte

	<b>FOTOGRAFIA</b>		<b>FOTOGRAFIA</b>
<i>Planta de emergencia</i>		<i>Cableado expuesto</i>	
<i>Totalizador del transformador de aislamiento rayos X</i>		<i>Tomacorriente sin tapa</i>	
<i>Tomacorriente con contactos expuestos</i>		<i>Lámparas inadecuadas</i>	

Tabla 21. (Continuación)

	<b>FOTOGRAFIA</b>		<b>FOTOGRAFIA</b>
<i>Tomacorriente de quirófano</i>		<i>Malla a tierra del quirófano</i>	

Fuente: [Autores]

Tabla 21. Fotografías Clínica Foscal

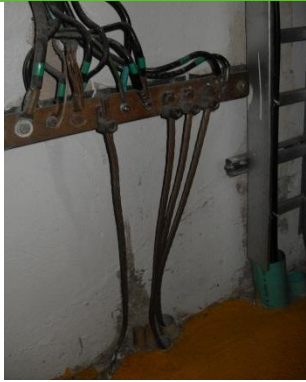

	<b>FOTOGRAFIA</b>		<b>FOTOGRAFIA</b>
<i>Conductores electrodos de puesta a tierra</i>		<i>Iluminación LED</i>	

Tabla 21. (Continuación)

	FOTOGRAFIA		FOTOGRAFIA
<p><i>Planta generadora 500 kVA</i></p>		<p><i>Interruptor de transferencia y tablero general de distribución</i></p>	
<p><i>Grupo electrógeno 750 kVA</i></p>			

Fuente: [Autores]