



POSGRADOS

MAESTRÍA EN _____ ELECTRICIDAD

RPC-SO-22-No.325-2018

OPCIÓN DE
TITULACIÓN:

ARTÍCULO PROFESIONAL DE ALTO NIVEL

TEMA:

PROPUESTA PROCEDIMENTAL PARA EJECUTAR AUDITORÍAS
ELÉCTRICAS EN INFRAESTRUCTURAS HOSPITALARIAS

AUTOR:

RAÚL ANDRÉS LÓPEZ ORTEGA

DIRECTOR:

GARY OMAR AMPUÑO AVILÉS

GUAYAQUIL - ECUADOR
2021

Autor:



Raúl Andrés López Ortega

Ingeniero Eléctrico.

Máster en Gestión de Proyectos.

Candidato a Magíster en Electricidad, Mención Sistemas Eléctricos de Potencia.

Universidad Politécnica Salesiana, Sede Guayaquil.

rlopezor@est.ups.edu.ec

Director:



Gary Omar Ampuño Avilés

Ingeniero en Electrónica con Mención en Sistemas Industriales.

Máster en Automatización y Control Industrial.

gampuno@ups.edu.ec

Todos los derechos reservados.

Queda prohibida, salvo excepción prevista en la Ley, cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública y transformación de esta obra para fines comerciales, sin contar con autorización de los titulares de propiedad intelectual. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual. Se permite la libre difusión de este texto con fines académicos investigativos por cualquier medio, con la debida notificación a los autores.

DERECHOS RESERVADOS

©2021 Universidad Politécnica Salesiana.

CUENCA – ECUADOR – SUDAMÉRICA

RAÚL ANDRÉS LÓPEZ ORTEGA

PROPUESTA PROCEDIMENTAL PARA EJECUTAR AUDITORÍAS ELÉCTRICAS EN INFRAESTRUCTURAS HOSPITALARIAS

Propuesta procedimental para ejecutar auditorías eléctricas en infraestructuras hospitalarias.

Raúl López
Maestría en Electricidad Potencia
Universidad Politécnica Salesiana
Guayaquil, Ecuador
rlopezor@outlook.com

Resumen— En la actualidad, los establecimientos de salud en Latinoamérica no poseen una adecuada infraestructura que amenore los posibles riesgos en los que se ve envuelto el personal, pacientes y el edificio en general. Esta falta de cumplimiento de normativas yace en que los organismos estatales que otorgan los permisos de funcionamiento pasan por alto los parámetros técnicos de los diversos sistemas que conforman un edificio para servicio médico. Es por ello la necesidad de una guía de inspección que permita a la administración del nosocomio conocer las falencias de sus instalaciones. Por ende, se diseñó un procedimiento que encauza al perito a conseguir una completa evaluación, sin dejar suelto algún punto crítico que en lo posterior ocasione un daño. Este, es amparado en una valoración profunda de la ciencia en estudio mediante códigos vigentes definidos por la National Fire Protection Association NFPA. Para la puesta en práctica se auditan dos hospitales de la ciudad de Guayaquil con 17 años de diferencia, por lo tanto, sus normativas de construcción no son iguales; como resultado, se muestra la calificación de infraestructura eléctrica y se identifican falencias, dando a conocer oportunidades de mejora cuya finalidad es priorizar la vida de los individuos en atención.

Palabras claves— Sistema eléctrico, seguridad eléctrica, instalaciones hospitalarias.

I. INTRODUCCIÓN

Las instalaciones sanitarias con el pasar del tiempo han mejorado sus tecnologías y atención al paciente, debido a eficientes prácticas profesionales en los diversos ámbitos de estudio de la medicina [1]. Uno de los procedimientos notables en el ámbito actual es la detección temprana de enfermedades, pudiendo así mejorar la calidad de vida del paciente [2]. Se entiende que la prestación del servicio médico depende ampliamente de las condiciones en la cual se encuentran inmersos los diversos equipos para este fin [1][3]. Por consiguiente, la infraestructura eléctrica es uno de los sistemas más delicados, complejos y seguros que debe

poseer un centro de salud; mantener la calidad de energía con la cual se provisiona es otro importante factor a considerar [4]. Es necesario que estas edificaciones se mantengan vigentes en lo referente a normas para así minimizar al máximo los imprevistos eléctricos [5].

Muchos de los hospitales, dada la edad de sus instalaciones, fueron construidos basados en códigos que no cuentan con la rigurosidad de normas de construcción actual [6][7]. Las instituciones hospitalarias deberían implementar las respectivas remodelaciones con el fin de que se acojan a la normativa vigente. Esto es posible conseguirlo con evaluaciones mediante protocolos de auditorías de la infraestructura actual [3].

La auditoría permite establecer el cumplimiento de protocolos y competencias en organizaciones de diferente tipo, así lo plantea Yan Zhang en su investigación referente a gestión de la seguridad de las empresas de redes eléctricas [8]. El resultado permite desarrollar planes de acción necesarios para atenuar los riesgos. Mejorar los procesos de inspección de mantenimiento y calidad de servicio, sin perder de vista que la preservación de la vida debe primar por sobre todas las cosas [8]. Referente a la mejora de los procesos de evaluación de riesgo, se destaca que la planificación es la mejor medida para optimizar la seguridad de los sistemas ante incertidumbres [9]. Para obtener una eficiente seguridad eléctrica es necesario inmiscuir a profesionales de salud, quienes asociarán la materia con la gestión de seguridad y salud ocupacional [10]. Es importante conocer los diferentes protocolos de mantenimiento, debido que no todas las tareas eléctricas se ejecutan de la misma forma. La finalidad de ello es reducir los riesgos laborales [11]. Auditar es una herramienta que permite mantener, mejorar, actualizar y focalizar procesos en una determinada área. Pero así mismo la calidad de la auditoría está sujeta a la firma quien la ejecuta [12]. Grandes empresas, poseen un departamento de auditoría interna, en constatación y preparación, su finalidad es mantener la calidad del servicio [13].

A lo largo de la historia se evidencian casos donde centros de salud no cumplen con las normas de construcción lo que ha provocado fallos. Sucesos, como el acontecido en agosto del 2014 en el “Hospital México” de Costa Rica. Se cerraron 17 quirófanos debido a la vetustez de sus instalaciones y falta de mantenimiento. Otro caso se da en julio del 2016 en el “Hospital de la mujer Dra. María Isabel Rodríguez” de El Salvador. Este centro de salud sufrió un apagón. La falla se originó por una tormenta eléctrica, la cual provocó que los sistemas de generación y tableros de transferencia automática no entren en funcionamiento. Sin embargo, el personal activó el plan de contingencia. No existieron pérdidas humanas, pero pudo haber inducido a estado de hipotermia a los neonatos recién ingresados [14]. En Venezuela, en agosto del 2018, los constantes apagones afectaron la operación de hospitales y muchos centros de salud. Su contingencia no es buena dada la falta de mantenimiento y la escasa implementación de plantas de generación de emergencia [15]. En Ecuador en el Hospital Teodoro Maldonado Carbo se produjo un apagón y personal de la Corporación Nacional de Electricidad (CNEL) indicó que el fallo se debió a problemas de las instalaciones eléctricas internas [16]. Estos son algunos de los casos que se registran; por ende, es necesaria la evaluación constante del estado de las instalaciones y de continuar los correctos planes de ejecución de mantenimiento sobre todo los de carácter biomédico, los mismos que atañan sus servicios de forma directa al paciente [5].

La falta de conocimiento del profesional constructor, la reducida cantidad de presupuesto de mantenimiento o la falta de conocimiento del profesional a cargo del establecimiento provoca que la infraestructura no cumpla con los requerimientos técnicos de instalación [3]. El mantenimiento es otro factor importante que condiciona la operatividad de la instalación. Una instalación eléctrica deficiente o vetusta de un centro de salud amenaza la vida de los individuos involucrados en la infraestructura [17].

La seguridad del paciente es prioridad de todas las personas involucradas en el oficio en un centro de salud [17]. Dado lo expuesto, surge la necesidad de realizar constantes evaluaciones relacionadas con la infraestructura eléctrica actual [18]. El presente trabajo, consiste en el diagnóstico de infraestructura eléctrica en hospitales, cuya intención es mostrar una guía para el profesional encargado de auditar las instalaciones eléctricas de un determinado nosocomio.

II. CÓDIGOS DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS HOSPITALARIAS

En todo centro de salud yacen instalaciones sanitarias basadas en sistemas eléctricos y mecánicos, que deben cumplir con normas internacionales o nacionales amparadas

en criterios técnicos cuya finalidad es la conservación del paciente, el diagnóstico del paciente o el tratamiento de diversas patologías [6]. Los establecimientos de salud deben ser construidos considerando normativas internacionales o nacionales vigentes, así como la experiencia del personal del proyecto [19][20].

Los servicios sanitarios que se ofrece en diferentes países cuentan con entes que regulan la actividad de salud. Por lo general en Suramérica se denominan ministerios. En el estado ecuatoriano esta competencia la tiene el Ministerio de Salud Pública (MSP) y la Agencia de Aseguramiento de la Calidad de los Servicios de Salud y Medicina Prepagada (ACCESS). Estas dos entidades son las encargadas de certificar que los diferentes establecimientos sanitarios sin importar el nivel de complejidad, mantengan los debidos protocolos e instalaciones en óptimas funciones para el rendimiento de sus actividades y estén amparadas bajo las diversas normativas que considera el estado que deben cumplirse [3].

Actualmente, el código vigente más utilizado respecto a establecimientos de atención médica, son aquellos publicados por la NFPA, siendo el más relevante, el NFPA 99 - Health Care Facilities Code, el mismo que está sustentado por el código NFPA 70 o también denominado National Electrical Code (NEC) [7].

Es claro que el mantener una armonía entre la atención del paciente de forma segura, e incluir las protecciones pasivas y activas contra incendios en una edificación para asistencia de salud, no es tarea fácil [17]. Todo proyecto complejo y delicado como la construcción de hospitales, debe ser amparado por códigos actuales que permitan encaminar al profesional proyectista [21].

III. INSTALACIONES ELÉCTRICAS EN HOSPITALES

Los requerimientos de las instalaciones eléctricas en hospitales se caracterizan por ser de alta complejidad. Sus especificaciones de construcción son conforme al servicio que ofrece, ya sea mecánico, civil, eléctrico o biomédico. Por ello es necesario, que se cumplan códigos y normas para garantizar la seguridad de las personas [3][22]. La instalación eléctrica hospitalaria debe estar soportada por tres pilares: seguridad, flexibilidad y fiabilidad.

La seguridad eléctrica tiene vital importancia en lo que respecta a la conservación de la vida y la infraestructura; es por ello que cada una de las áreas que conforman una entidad sanitaria deben considerar criterios técnicos de instalación [3]. Este propósito se alcanza siguiendo las prácticas recomendadas y normativas de instalación tanto

locales como internacionales, y claro está, la inclusión de un adecuado mantenimiento, que minimice la indisponibilidad de los equipos y garantice la continuidad de la operación [1]. Una instalación eléctrica segura, desde el punto de vista de operación del sistema, se determina como la capacidad que tienen los dispositivos de protección para operar o abrir los circuitos ante condiciones inseguras o extralimitadas como un cortocircuito [17]. es decir que, en este punto se abarca el arte de la coordinación de protecciones y de aislamientos [7][5].

Por otro lado, el sistema eléctrico hospitalario debe ser flexible, en otras palabras debe tener la capacidad de absorber y mantener el equilibrio del sistema ante cambios bruscos de los parámetros de tensión, corriente y frecuencia de la red [5]. Esto se soluciona con la inclusión de dispositivos basados en electrónica de potencia. Estos equipos son recomendables para la eliminación de las diferentes perturbaciones eléctricas [7]. Lo que permita a la carga o en su defecto al usuario, mantener indirectamente una operación eficiente y continua.

Un factor predominante en la instalación eléctrica hospitalaria es la continuidad del servicio eléctrico, o “fiabilidad” [5]. En circuitos eléctricos hospitalarios se entiende por la capacidad del mismo en mantener el servicio durante un tiempo determinado bajo ciertas condiciones anómalas sean estas internas o externas, mediante el uso de generadores que faciliten la reposición del servicio ante apagones, o con sistemas ininterrumpidos de energía que evitan la intermitencia del servicio [7]. Pero los códigos NFPA 70 y 99 van más allá de estas consideraciones, debido que ellos se enfocan en el diseño eléctrico del mismo, o el arte que posee el proyectista para poder plasmar las libres redundancias que una instalación de este tipo requiere [7][23][24][10]. Para establecer la infraestructura eléctrica se debe categorizar el servicio de salud a brindar. según NFPA 70 517.2 establece 4 espacios de cuidado de pacientes, denominados por categorías, esta división se realiza debido al grado de consecuencia ante pérdidas del servicio eléctrico[7].

Tabla 1. Espacio de cuidados de pacientes

Categorización de servicio de salud de espacio de cuidados de pacientes

<i>Categoría 1</i>	Espacios críticos
<i>Categoría 2</i>	Espacios de cuidado general
<i>Categoría 3</i>	Espacios para cuidados básicos
<i>Categoría 4</i>	No hay pérdida de servicio eléctrico

La primera categoría corresponde a los espacios de cuidados de críticos. La ocurrencia de fallas eléctricas

pueden suscitar lesiones graves o pérdidas humanas [7][23]. Estas áreas críticas son aquellas que mantienen el servicio de cuidados especiales, intensivos, coronarios, quirófanos. En estas áreas se prevé que el paciente estará sometido a procedimientos invasivos y vinculados a equipos de electromedicina conectados a la red (NFPA 99 3.3.136.1) [7][23]. La categoría dos se refiere a espacios de cuidado general. En este caso la consecuencia de una falla eléctrica externa son lesiones menores, se refieren a áreas como habitación para pacientes, sala de exámenes físicos, y demás similares (NFPA 99 3.3.136.2) [7][23]. La categoría tres se denomina espacios para cuidados básicos, como por ejemplo servicios dentales básicos, tratamiento o examinación de pacientes, consultorios médicos (NFPA 99 3.3.136.3) [7][23]. La categoría cuatro es la más simple de todas, es en la cual la pérdida del servicio eléctrico no causa lesiones físicas, (NFPA 99 3.3.136.4) [7][23]. Por ende, en cada una de estas categorías ingresarán especificaciones según lo demanda el código NFPA [7][23].

NFPA 70 muestra un diseño del sistema de arranque, el cual busca primar la continuidad del servicio ante fallas eléctricas externas, mediante el uso de grupos electrógenos, sistemas de alimentación ininterrumpida, y otras fuentes alternativas de energía [7][23]. Es verdad que no es necesario que todas las cargas de la casa de salud estén cubiertas por alguno de estos sistemas. Por ello el código las divide en dos grandes áreas, como son las cargas no esenciales y cargas del sistema eléctrico esencial [7][23]. Siendo este último el poseedor de más transferencias o ramales. Como son: el ramal crítico que es quien alimenta a cargas relacionadas directamente con el paciente (NFPA 99:3.3.30). El ramal de equipos que alimentan principalmente a equipos trifásicos (NFPA 99:3.3.49) y el ramal de seguridad de vida el cual alimenta a cargas relacionadas a la seguridad humana (NFPA 99:3.3.93) [7][23]. Estos diseños se clasifican en dos tipos, el tipo uno solo se debe emplear para los espacios de categoría uno [7][23]. Esto debido que en ellos yacen los procedimientos de mayor riesgo, por ende, su infraestructura eléctrica está compuesta por dos alimentaciones, denominados fuente normal y fuente alternativa de emergencia. La fuente alternativa de emergencia sirve a los tres ramales del sistema eléctrico esencial, claro está que tiene sus variantes. Por ejemplo, cuando la potencia de demanda no supera los 150kVA, se utiliza una sola transferencia para los tres ramales como se observa en la figura dos. Cuando la carga es mayor de este valor se empleará tres transferencias automáticas, una para cada ramal como se aprecia en la Figura uno. Como se aprecia en las figuras tres y cuatro, la configuración de tipo dos servirá para casas de salud que no posean procedimiento especiales o invasivos, por ejemplo, centros de atención con enfermeras o de cuidado limitado [7][23]. Mantiene las mismas consideraciones de uso de

transferencia como en el tipo 1, pero la particularidad es que solo posee dos ramales, el ramal de equipo y el ramal de seguridad humana.

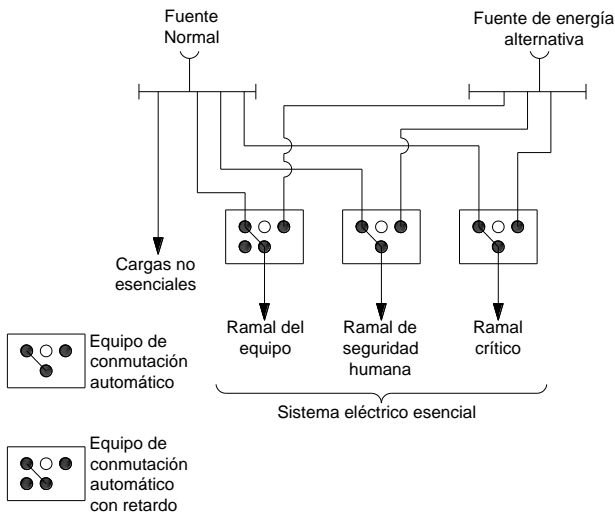


Figura 1. Sistema eléctrico esencial tipo 1, demandas mayores a 150kVA, requisitos mínimos para la disposición de los interruptores de transferencia. [7]

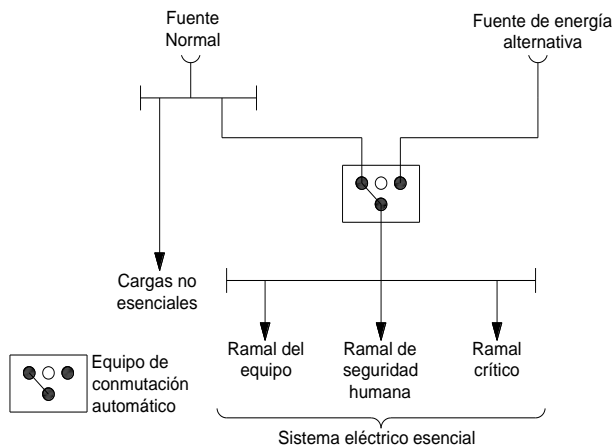


Figura 2. Sistema eléctrico esencial tipo 1, demanda no supera los 150kVA, requisitos mínimos para la disposición de los interruptores de transferencia. [7]

Estos diseños, debido a sus diferentes niveles de componentes deben guardar una selectividad en cuanto a la operación de protecciones. Es decir, siempre debe operar el disyuntor más cercano a la carga y evitar el accionamiento del dispositivo más alejado para evitar la pérdida de energía de circuitos aledaños o derivados del mismo punto de acoplamiento común [7].

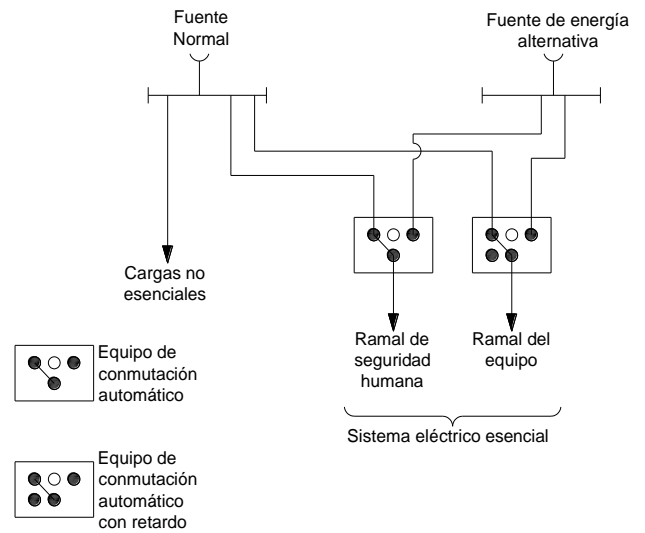


Figura 3. Sistema eléctrico esencial tipo 2, demandas mayores a 150kVA, requisitos mínimos para la disposición de los interruptores de transferencia. [7]

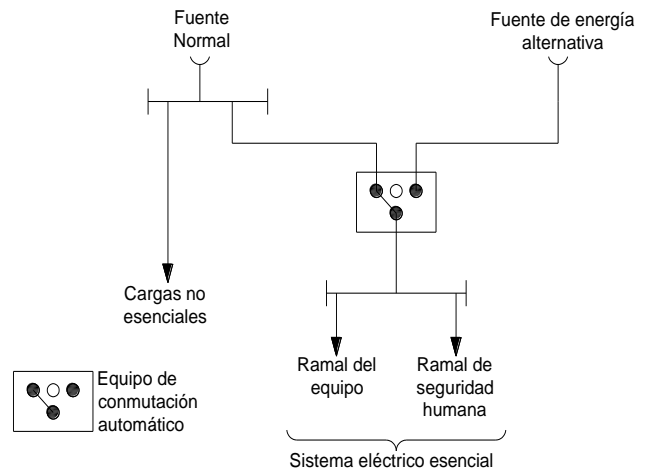


Figura 4. Sistema eléctrico esencial tipo 2, demandas mayores a 150kVA, requisitos mínimos para la disposición de los interruptores de transferencia. [7]

En general, los hospitales utilizan grupos electrógenos eficientes en calidad de respaldo y no de uso continuo. Se debe a que la fuente alterna solo entregará potencia en caso de emergencia, es decir, ante una interrupción de la fuente de energía normal o principal [7][23][24]. El estándar para sistemas de energía de emergencia y de reserva, NFPA 110, hace una consideración adicional en base a la FAE (Fuente de Alimentación de Emergencia) que alimentará un determinado SAE (Sistema de alimentación de emergencia). Es decir que, clasificará a las SAE de acuerdo con el servicio a prestar. Para ello hace uso de tres criterios: nivel, clase y tipo [24].

El primero, es el tipo de nivel de instalación al cual dará servicio el SAE. Existen dos, se le llama nivel 1 a aquellas instalaciones en las que si el equipo falla, se acarrea pérdida de vidas humanas o lesiones graves [24]. Se les denomina nivel 2, a aquellas instalaciones que, ante la falla del equipo, induce en situaciones menos críticas para la seguridad humana y la vida [24]. Por consiguiente, a los hospitales se los clasifica como instalaciones de nivel 1 (NFPA 110 4.4.1.)

El segundo criterio es la clase, la cual hace referencia al tiempo que puede operar el 100% de la carga que asume el SAE hasta el retorno de la fuente principal de energía o fuente normal [24]. En el caso de hospitales, que son instalaciones de nivel 1, se consideran en una clasificación de tipo X, que corresponde a períodos de 48 a 96 horas, siendo así, se buscará mantener una reserva de fuente alternativa de emergencia de forma continua para una pérdida del servicio normal por un mínimo de 4 días sin necesidad de recargar combustible (NFPA 110 A.4.2) [24].

El tercer criterio es el TIPO, el cual hace referencia al tiempo que transcurre entre la pérdida del servicio eléctrico de la fuente normal y la entrega de potencia por parte de una fuente alterna de emergencia [24]. en el caso de hospitales se considera que el tipo debe fijarse en 10 segundos, (NFPA99:6.7.1.4.3.)

Como consideración general, los sistemas eléctricos deben ser minuciosos y cuidadosamente diseñados para poder garantizar toda la protección eléctrica en las áreas que deben servir [3]. Debido que, aquel importante componente de la infraestructura técnica está ligado no solo con la operación del personal interno sino con la vida de los pacientes [17]. Asunto que debe primar sobre todos los procesos y componentes hospitalarios implementados.

IV. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

El presente trabajo pretende sustentar mediante una correcta metodología la evaluación de la infraestructura eléctrica de un determinado nosocomio. Los códigos base se corresponden a los ya descritos anteriormente como son los desarrollados por NFPA, en concreto, NFPA 70 “National Electrical Code” (Código Eléctrico Nacional), NFPA 99 “Health Care Facilities Code” (Código de Establecimientos de Atención Médica) y NFPA 110 “Standard for Emergency and Standby Power Systems” (Estándar para Sistemas de Energía de Emergencia y de Reserva).

Para poder realizar un correcto procedimiento de evaluación, es necesario definir el proceso macro, al igual que las secciones a intervenir, con ello, lo que buscamos es obtener toda la información necesaria. Esta nos servirá para realizar

un análisis de resultado que permitirá obtener el panorama actualizado de la infraestructura y así poder generar el respectivo informe con sus recomendaciones. En la figura 5 se detalla el diagrama de flujo que describe los procedimientos a seguir por el auditor de la infraestructura.

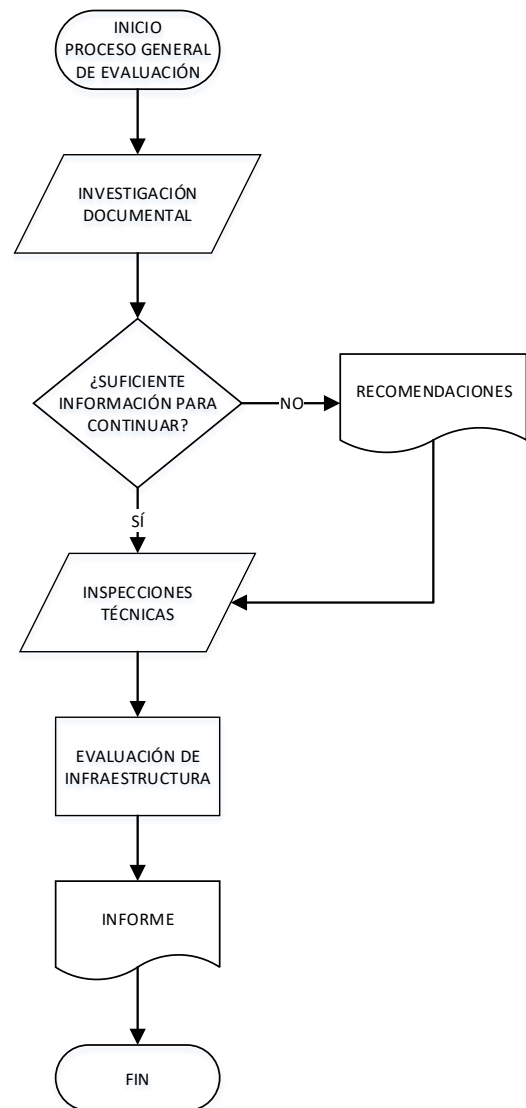


Figura 5. Diagrama de flujo del proceso general de evaluación.

Es necesario indicar que el perfil profesional de la persona que realice las auditorías debe ser un experto en el estudio de la ciencia eléctrica, y mantenga cierta experiencia con la normativa eléctrica hospitalaria. Caso contrario, los resultados de la evaluación mantendrán un criterio no sesgado hacia lo técnico.

Previo a la auditoría es necesaria una entrevista inicial que permitirá el acercamiento del perito con el personal

encargado del mantenimiento de las instalaciones. El proceso arranca con la investigación de normativas vigentes, con el fin de actualizar los conocimientos en el ámbito de instalaciones eléctricas sanitarias. Posterior a ello empezamos a desarrollar cada uno de los pasos descritos en el diagrama de flujo de la figura 5.

El proceso consta de cinco partes como se muestra la figura 6.



Figura 6. Proceso general de evaluación.

El primer paso se basa en la actualización de conocimientos en normativa de instalaciones eléctricas sanitarias. Es muy importante mantener actualizado en los constantes cambios que presentan los códigos. El segundo paso es la investigación documental. Se pretende obtener toda la información técnica eléctrica del establecimiento a evaluar. Se solicita al encargado de mantenimiento, los planos vigentes, memorias técnicas de proyectos nuevos, historial de fallas de equipos, historial de apagones suscitados, bitácoras de mantenimiento de unidades eléctricas. Este paso es fundamental en el ejercicio, dado que se tendrá una primera impresión en cuanto a la práctica de recopilación de datos que mantiene la administración técnica del establecimiento. En el caso que la información documental recibida sea escasa, el perito tendrá la obligación de generar un documento que detalle las recomendaciones respecto a la gestión documental que debe mantener el edificio.

Posterior a ello, se realizará el tercer paso que consiste en las inspecciones técnicas, la misma debe darse con la colaboración del personal que labora en la institución. Al cual, se le realizarán todas las preguntas referentes a las

instalaciones actuales, modificaciones recientes o proyecciones de mejora de instalaciones que posean.

El cuarto paso, es donde se pone a prueba toda la información recabada de la parte documental y de las inspecciones técnicas. Su resultado es un número que determinará el nivel de aceptación de la infraestructura respecto a los códigos actuales vigentes. Se ha considerado que la infraestructura eléctrica debe evaluarse bajo las consideraciones de diseño y estado de instalaciones en los parámetros descritos en la tabla 2.

Tabla 2. Criterios de evaluación de infraestructura eléctrica hospitalaria.

Matriz de parámetros de evaluación para establecimientos de salud.

Parámetro de evaluación	Ítem	
	N.º	Descripción
Alambrado y protección.	1	517.12 Alambrado y protección.
	2	517.13 Puesta a tierra de los receptáculos y equipos eléctricos fijos en las áreas de cuidado de pacientes.
	3	517.14 Unión de los paneles de distribución.
	4	517.16 Receptáculos con terminales de puesta a tierra aislado.
	5	517.17 Protección contra fallas a tierra.
	6	517.18 Categoría 2. Áreas de cuidado general.
	7	517.19 Categoría 1. Áreas de cuidados críticos.
	8	517.20 Ubicaciones mojadas para procedimientos.
	9	517.21 Protección de las personas mediante interruptores de circuito contra fallas a tierra en categoría 1 y categoría 2.
Sistema eléctrico esencial.	10	517.29 Sistema eléctrico esencial tipo 1 (si aplica).
	11	517.30 Fuentes de poder.
	12	517.31 Requerimientos del sistema eléctrico esencial.
	13	517.32 Ramales que requieren conexión automática.
	14	517.33 Ramal de seguridad de vida.
	15	517.34 Ramal crítico.
	16	517.35 Conexión de ramal de equipo a fuente de energía alternativo.
	17	517.40 Sistema eléctrico esencial tipo 2 (si aplica).
	18	517.41 Fuentes de energía requerida.
	19	517.42 Sistema eléctrico esencial para casa de enfermería e

		instalaciones de cuidado limitado.
	20	517.43 Conexión automática a ramal de equipo y de seguridad de vida.
	21	517.44 Conexión a ramal de equipo.
	22	517.45 Sistema eléctrico esencial para otras instalaciones de cuidado de salud.
	23	Mediciones eléctricas de centros de salud conforme a código NFPA.
<i>Lugares de inhalación de gases anestésicos.</i>	24	517.61 Alambrado y protección
	25	517.62 Toma de tierra
	26	517.63 Sistemas de alimentación puestos a tierra en lugares de aplicación de anestesia.
	27	517.64 Equipos e instrumentos de baja tensión.
<i>Instalación de rayos x.</i>	28	517.71 Conexión a circuito de alimentación.
	29	517.72 Medios de desconexión.
	30	517.73 Valor nominal de los conductores de alimentación y de la protección contra sobrecorriente.
	31	517.74 Conductores de los circuitos de control.
	32	517.75 Instalaciones de equipos.
	33	517.76 Transformadores y condensadores.
	34	517.77 Instalación de los cables de alta tensión para rayos x.
	35	517.78 Protección y puesta a tierra.
<i>Sistemas de comunicaciones, de señalización, de datos, de alarma contra incendios y sistemas a menos de 120V.</i>	36	517.80 Áreas de cuidado de los pacientes.
	37	517.81 Áreas diferentes de las de cuidado de pacientes.
	38	517.82 Transmisión de señales entre artefactos.
<i>Sistema separado de alimentación.</i>	39	517.160 Sistema separado de alimentación.
<i>Documentación técnica</i>	40	Planos actualizados.
	41	Listado de activos.
	42	Manuales técnicos.
<i>Gestión de mantenimiento</i>	43	Presupuesto.
	44	Cronograma.
	45	Hojas de servicio.
	46	Recurso humano necesario.
	47	Capacitación técnica.
	48	Software de mantenimiento.
	49	Protocolos de mantenimiento.

Cada uno de estos ítems tendrá una calificación del 0 al 100 por ciento, en múltiplos de 20, sus niveles de medición son en base a la siguiente escala:

Tabla 3. Criterios de medición.

Escala de evaluación para establecimientos de salud.

<i>Criterio de evaluación</i>		Calificación de ítem	Nota de parámetro y establecimiento
<i>No cumple</i>	→	0%	0%
<i>Asiste escasamente</i>	→	20%	>0% y ≤25%
<i>Asiste parcialmente</i>	→	40%	>25% y ≤50%
<i>Asiste medianamente</i>	→	60%	>50% y ≤75%
<i>Asiste mayormente</i>	→	80%	>75% y <100%
<i>Cumple</i>	→	100%	100%

La calificación de cada ítem es en base al grado de cumplimiento del código NFPA. Las notas se dan de forma cualitativa y cuantitativa; esto es debido a que no todo el código ampara mediciones. Gran parte de la normativa indica el esquema de construcción que debe poseer un determinado centro de salud. El enfoque de mediciones y sus notas cuantitativas se dan en los sistemas aislados y parámetros de configuración de las fuentes alternativas.

Cada área del hospital debe ser evaluada bajo el esquema de la tabla 3, por ende, la nota de cada parámetro será la media de todos los ítems que lo integran, y la nota total del establecimiento será la media de los resultados de los parámetros. El resultado del ítem número 23, "Mediciones eléctricas de centros de salud conforme a código NFPA", que corresponde al parámetro de sistema eléctrico esencial, es obtenido mediante la tabla 4.

Tabla 4. Matriz de mediciones

Matriz de mediciones de centros de salud conforme a código NFPA.

N.º	Ítem	Referencia
1	NFPA 70 517.160.B.1 Configuración de nivel de corriente de fuga en sistemas aislado.	≤ 5 mA
2	NFPA 70 517.160.B.2 Nivel de corriente de fuga en monitor de aislamiento.	≤ 1 mA
3	NFPA 99 6.3.2.9.2 Impedancia de cableado aislado.	≥ 200,000 Ω
4	NFPA 99 6.3.2.6.6 Unidades de iluminación alimentadas por	≥ 32.3 Lux

	batería: nivel de iluminación promedio en sala de equipo de suministro de energía de emergencia.	
5	NFPA 99 6.3.2.6.7 Unidades de iluminación alimentadas por batería: Autonomía de servicio	≥ 1.5 H
6	NFPA 99 6.7.2.1.1.1. Coordinación de dispositivos de protección de sobrecorriente, tiempo de duración de falla.	≤ 0.1 S
7	NFPA 70 517.30.B.2.3 Tiempo de entrada de fuente alternativa de emergencia ante pérdida de servicio normal.	≤ 10 S
8	NFPA 110 A.4.2 Tiempo funcionamiento de generador al 100% de demanda sin la necesidad de ser reabastecido de combustible.	48 a 96 H
9	NFPA 110 6.2.10 Retraso de tiempo en el apagado del motor.	≥ 5 Min
10	NFPA 99 6.7.2.2.3.2 Potencia para transferencias de servicio a un ramal.	≥ 120 kW
11	NFPA 110 8.3.2.1 Tiempo de prueba de funcionamiento de sistema de alimentación de emergencia.	≥ 30 Min
12	NFPA 110 8.4.5.1.A Retardo de tiempo de arranque de grupo generador	≥ 1 S
13	NFPA 110 8.4.5.2 Retardo de tiempo en restablecimiento a normal de grupo generador.	≥ 5 Min
14	NFPA 110 8.4.9 Frecuencia de prueba de SAE Nivel 1.	≤ 36 Meses
15	NFPA 99 6.7.4.1.1.5.A Cantidad de pruebas anuales de grupo electrógeno.	12 veces
16	NFPA 99 (2005) E.6.6.8.2.3; E.6.6.8.2.4 Resistencia promedio de piso conductivo.	1,000,000 a 25,000 Ω
17	NFPA 99 6.3.3.1.6.1 Voltaje medido bajo no condiciones de falla entre un punto de referencia a tierra y una superficie conductiva.	≤ 20 mV
18	NFPA 99 10.3.2.1 Resistencia del conductor de puesta a tierra, medido desde el chasis hasta el terminal de tierra de la clavija para equipos de cuidado de pacientes.	≤ 0.5 Ω
19	NFPA 99 10.3.4.2 Corriente de fuga de equipos con cableado permanente instalados en espacios de categoría 1 o 2.	≤ 10 mA
20	NFPA 99 10.3.6.4 Corriente de fuga de equipos portables en	≤ 100 μ A

	vecindad del paciente con cable de tierra cerrado	
21	NFPA 99 10.3.6.4 Corriente de fuga de equipos portables en vecindad del paciente con cable de tierra abierto	≤ 500 μ A

Al finalizar la evaluación se procede con un análisis minucioso y la identificación de ítems que presentan mayor escasez de cumplimiento en cuanto a los códigos vigentes. Es así como posterior a la evaluación, el perito puede realizar el informe de situación de las instalaciones y emitir las respectivas recomendaciones.

V. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para la validación de lo propuesto, se realizó la evaluación de un complejo hospitalario, el cual, de manera interna, se encuentra formado por dos hospitales como se muestra en la tabla 5, según el Ministerio de Salud Pública del país, el primer nosocomio se encuentra catalogado como hospital de tercer nivel de atención, segundo nivel de complejidad, especializado, con una antigüedad de cerca de 22 años, al cual se le denominará Hospital A. El segundo hospital responde como de tercer nivel de atención, tercer nivel de complejidad, de especialidades, con una antigüedad de cerca de 5 años, al cual se le denominará Hospital B.

Tabla 5. Clasificación de nivel de atención de establecimientos de salud a evaluar

Denominación de Complejo Hospitalario

	Hospital A	Hospital B
Nivel de Atención	3	3
Nivel de Complejidad	2	3
Antigüedad (Años)	22	5

Ambos considerados hospitales de alta complejidad, es por ello por lo que ambos establecimientos poseen en su interior todas las categorías de riesgos, y debe ser evaluada cada área de acuerdo con lo que demande el código.

La evaluación efectuada al Hospital A, se presenta en la tabla 6.

El Hospital A obtuvo una calificación total de 76%, el cual se cataloga como una infraestructura que asiste mayormente. Recordemos que este hospital posee una antigüedad de casi 22 años y en su momento de construcción las normativas no eran tan exigentes como las actuales [7],

analizando por parte cada uno de los rubros de calificación se indica que, el parámetro de alambrado y protección obtuvo una nota de 69%. La nota es debido a que tanto los ramales principales, secundarios o de distribución se encuentran en buen estado. Poseen protecciones mecánicas y eléctricas. En la mayoría de los circuitos no se distinguen las fases debido que no se ha procedido con una correcta identificación de conductores ni asignación de colores, o en el caso que sí hubiesen existido es probable que con el pasar de los años, las etiquetas se hayan desprendido. La instalación tiene deficiencia en cuanto a la cantidad mínima de tomacorrientes por servicio. En quirófanos deben ser mínimo 36 receptáculos y poseen 30. El tipo de tomacorriente a emplear en cada una de las áreas debe ser de tipo grado hospitalario y existen receptáculos de uso general no amparados por el código. De igual forma, en áreas donde se hace uso de ordenadores no se instalan tomacorrientes de tierra aislada que permitan las no interferencias de defectos de tierra ocasionados por circuitos aledaños. Como punto positivo, es que, en base a la gestión de mantenimiento, se están actualizando estas piezas de forma paulatina conforme a la disponibilidad y necesidad del servicio.

Las protecciones eléctricas del establecimiento en su mayoría presentan buen estado físico. La gestión de mantenimiento de tableros ha inducido en el reemplazo oportuno de los termomagnéticos. Existen aún elementos que reemplazar. Como puntos negativos es que no existe una correcta coordinación de protecciones y debido a la distancia de los alimentadores, en situaciones de falla se puede acarrear en una demora de la reposición del servicio una vez despejada la falla. La incorrecta coordinación en el sistema de baja tensión es debido a que los disyuntores ubicados aguas abajo de un principal presentan mayores valores nominales de corriente que el dispositivo de protección de arranque.

El sistema de puesta a tierra (SPT) es bastante complejo, debido que las especificaciones para un área no son las mismas para otra. Los SPT existentes sí muestran mediciones de resistencia dentro de los parámetros exigidos por la distribuidora nacional. Como puntos negativos tenemos que los SPT no cuentan con cajas de registro para verificación de soldaduras o estado de las picas, por ende, el mantenimiento de esos sistemas no se puede realizar a cabalidad.

El parámetro de sistema eléctrico esencial obtuvo una nota de 82%, debido que las canalizaciones no poseen una correcta distribución de circuitos, las mismas presentan deterioro y deben ser reemplazadas a largo plazo. Como punto a favor es que la mayoría de ellas sí cuentan con una óptima ubicación y recorrido. El suministro de energía principal de todo el hospital consta de una fuente normal

proveniente de una subestación de alta tensión, y aguas abajo se encuentran los transformadores de distribución generadores y tableros de transferencia. El hospital no cuenta con una generación del 100% de la carga, ni tampoco posee la configuración de ramales y transferencias de tipo 1 como lo demanda el código. El tiempo de reserva que posee el servicio eléctrico de emergencia es de aproximadamente cuatro días y medio para la carga conectada. Es decir que sí cumple con lo manifestado por NFPA 110, dado que su sistema de alimentación de emergencia pertenece a una clasificación X de autonomía y tipo 10 de reposición [24].

Las mediciones efectuadas en el establecimiento A, se muestran en la tabla 7, esta arrojó un resultado de 82%, debido al no cumplimiento a cabalidad de diversos parámetros técnicos. Por ejemplo, las lámparas alimentadas por batería en el área donde se alberga la fuente de energía alternativa tienen 15 luxes al suelo y 15 minutos de autonomía, cuando debe ser 32.2 luxes y 130 minutos respectivamente. Es necesario realizar el reemplazo de lámparas alimentadas por batería con unas de mayor eficiencia. Otra de las falencias en las mediciones, es lo relacionado al tiempo de retardo de funcionamiento en el grupo electrógeno y transferencia. El tiempo de retardo de apagado del motor es de 2 minutos, cuando el código demanda 5 minutos después de transferencia al sistema normal. Este tiempo de 5 minutos es necesario para un correcto enfriamiento de motor. Es necesario proceder con la reprogramación de este parámetro en el módulo de control del generador. El establecimiento posee un proceso de encendido rutinario como ejercicio del generador, el código demanda que el ejercicio de rutina debe ser con cierto porcentaje de carga y por un lapso de 30 minutos. En la actualidad solo se realiza pruebas a vacío y con un tiempo de encendido de 5 minutos, por ende, es necesario implementar estos protocolos preventivos de mantenimiento. El parámetro de tiempo de transferencia a sistema normal debe ser mínimo de 5 minutos, el establecimiento posee una configuración de 1 minuto. Se debe elevar la configuración de este para evitar que la carga sea transferida al sistema normal y evitar un segundo fallo instantáneo. Las mediciones efectuadas de tierra sí cumplen con lo indicado por el código. El resto de las mediciones eléctricas realizadas en el recinto de atención de pacientes, fueron satisfactorias.

Tabla 6. Validación Evaluación de Hospitales

Matriz de evaluación para establecimientos de salud.

Parámetro de evaluación	Ítem	Hospital A		Hospital B	
	N.º	Nota de	Nota de	Nota de ítem	Nota de

		ítem	parámetro		parámetro
Alambrado y protección.	1	80%	69%	80%	82%
	2	80%		100%	
	3	60%		80%	
	4	80%		80%	
	5	60%		80%	
	6	80%		80%	
	7	60%		80%	
	8	60%		80%	
	9	60%		80%	
Sistema eléctrico esencial.	10	80%	82%	80%	90%
	11	80%		100%	
	12	80%		100%	
	13	80%		100%	
	14	80%		100%	
	15	80%		100%	
	16	80%		80%	
	17	80%		80%	
	18	100%		100%	
	19	80%		80%	
	20	80%		80%	
	21	80%		80%	
	22	80%		80%	
	23	82%		96%	
Lugares de inhalación de gases anestésicos.	23	80%	80%	80%	80%
	24	80%		80%	
	25	80%		80%	
	26	80%		80%	
Instalación de rayos x.	27	60%	63%	80%	80%
	28	60%		80%	
	29	60%		80%	
	30	60%		80%	
	31	60%		80%	
	32	60%		80%	
	33	60%		80%	
	34	80%		80%	

Sistemas de comunicaciones, de señalización, de datos, de alarma contra incendios y sistemas a menos de 120V.	35	80%	80%	100%	100%
	36	80%		100%	
	37	80%		100%	
Sistema separado de alimentación.	38	60%	60%	100%	100%
Documentación técnica	39	80%	87%	100%	100%
	40	100%		100%	
	41	80%		100%	
Gestión de mantenimiento	42	100%	86%	100%	94%
	43	80%		80%	
	44	80%		100%	
	45	80%		100%	
	46	80%		80%	
	47	100%		100%	
	48	80%		100%	

Tabla 7. Resultados de mediciones de centros de salud.

Matriz de resultados de medición para establecimientos de salud.

N.º ítem	Referencia	Hospital A		Hospital B	
		Medición	Calificación	Medición	Calificación
1	≤ 5 mA	4 mA	100%	3mA	100%
2	≤ 1 mA	0.5 mA	100%	0.9 mA	100%
3	$\geq 200,000$ Ω	250,356 Ω	100%	350,378 Ω	100%
4	≥ 32.3 Lux	15 lux	40%	56 lux	100%
5	≥ 1.5 H	0.25 H	20%	3 H	100%
6	≤ 0.1 S	0.1 S	100%	0.1 S	100%
7	≤ 10 S	9 S	100%	8 S	100%

8	48 a 96 H	72 H	100%	96 H	100%
9	≥ 5 Min	2 Min	40%	7 Min	100%
10	≥ 120 kW	100 kW	80%	150 kW	100%
11	≥ 30 Min	5 Min	20%	5 Min	20%
12	≥ 1 S	1 S	100%	1.5 S	100%
13	≥ 5 Min	1 Min	20%	6 Min	100%
14	≤ 36 Meses	12 meses	100%	12 meses	100%
15	12 veces	12 veces	100%	12 veces	100%
16	1,000,000 a 25,000 Ω	500,125.1 2 Ω	100%	650,674.1 5 Ω	100%
17	≤ 20 mV	17.5 mV	100%	10.5 mV	100%
18	≤ 0.5 Ω	0.155 Ω	100%	0.24 Ω	100%
19	≤ 10 mA	7.8 mA	100%	8.4 mA	100%
20	≤ 100 μA	50 μA	100%	87 μA	100%
21	≤ 500 μA	346 μA	100%	312 μA	100%
<i>Nota</i>		82%		96%	

El parámetro de inhalación de gases anestésicos obtuvo una nota de 80% debido que la utilización de sistemas separados de alimentación no ha sido implementada en su totalidad. El parámetro de instalación de rayos X obtuvo una nota del 63%. La nota es debido a que el sistema de imágenes móvil y fijo no se encuentra correctamente diseñado en cuanto a los valores nominales de alimentadores y protecciones, tampoco los medios de desconexión son los adecuados. El sistema de puesta a tierra no es independiente. El sistema de comunicaciones, de señalización, de datos, de alarma contra incendios y sistemas a menos de 120V obtuvo una nota de 80%. La nota es debido a que su apartamento de baja tensión no posee una fiable protección mecánica ni se encuentra con las separaciones indicadas por el código para evitar interferencias.

La documentación de las instalaciones no se encuentra actualizada a diferencia de su base de activos. Uno de los puntos más fuertes del estudio, es la gestión del mantenimiento. Y es debido a que cuentan con un software de administración de mantenimiento, que permite cargar y

controlar los diversos planes de servicio, registrar en digital la bitácora de trabajos de cada activo. Cuentan con el capital humano necesario para las labores diarias, pero necesitan aumentar las capacitaciones del personal.

La evaluación efectuada al Hospital B se presenta en la tabla 6.

El Hospital B obtuvo una calificación total de 91%. Este centro se cataloga como una infraestructura que asiste mayormente, posee una calificación más alta que la infraestructura anterior debido que la actual edificación posee una antigüedad cerca de 5 años. Es por ello por lo que, se considera relativamente nueva, sus exigencias de especificaciones de construcción son distintas y más actuales, y en su mayoría cumplen con la normativa actual.

Mas bien, se indica que el parámetro de sistema eléctrico esencial no alcanza la máxima nota, esto es debido que no se implementa en su totalidad el sistema eléctrico esencial tipo 1. El hospital B no posee la clasificación de transferencias para los 3 ramales. Posee varias transferencias, y cada una de ellas no permite la selectividad de carga para poder identificar el sistema eléctrico esencial del hospital. Como punto muy a favor, tenemos que el hospital cuenta con un respaldo de generación del 100% para toda la carga. Cuenta con una capacidad de autonomía de 4 días de servicio sin reabastecer de combustible. Posee una alimentación de emergencia redundante. La redundancia garantizará la entrega de potencia ante la salida por falla de otro grupo electrógeno. Por ende, a pesar de que su sistema es robusto, no cumple con la unificación de tipología de carga o distribución de potencia como indica el código en referencia. En las mediciones efectuadas, el hospital B tuvo una nota de 96%. Los parámetros que se encuentran fuera de normativa es el de tiempo de prueba de funcionamiento. Al igual que el establecimiento A, solo realizan pruebas sin carga y por el lapso de 5 minutos. Es necesario realizar la reprogramación de este parámetro en el módulo de control del grupo electrógeno.

En la figura 7. se observa la figura comparativa de los respectivos Hospitales A y B.

Tabla 8. Resumen de evaluación.

Matriz resumen de evaluación de hospitales

<i>Descripción</i>	Hospital A	Hospital B
<i>Alambrado y protección.</i>	69%	82%
<i>Sistema eléctrico esencial.</i>	82%	90%
<i>Lugares de inhalación de gases anestésicos.</i>	80%	80%

<i>Instalación de rayos x.</i>	63%	80%
<i>Sistemas de comunicaciones, de señalización, de datos, de alarma contra incendios y sistemas a menos de 120V.</i>	80%	100%
<i>Sistema separado de alimentación.</i>	60%	100%
<i>Documentación técnica</i>	87%	100%
<i>Gestión de mantenimiento</i>	86%	94%
<i>TOTAL</i>	76%	91%
	Asiste mayormente	Asiste mayormente

VI. DISCUSIÓN

Existen más investigaciones y sugerencia de procesos de seguridad eléctrica, los cuales parten de una auditoría. Aquellas se basan en otras normas como la NFPA 70E (Norma para la Seguridad Eléctrica en Lugares de Trabajo) [11]. Los resultados de estas auditorías son cualitativos y no muestran métricas. La revisión de estas fuentes, indica que los autores enlazan la seguridad del paciente con los proveedores de salud y colaboradores [17]. No basta con tener una infraestructura adecuada, sino también realizar mediciones que garanticen seguridad eléctrica [1][3][5]. La presente propuesta es basada en los códigos sanitarios de NFPA. El resultado de esta investigación está soportado en evaluaciones cualitativas y cuantitativas que permiten un criterio más técnico referente al centro de salud en estudio.

La propuesta procedimental está orientada a ser ejecutada por expertos en electricidad, y no requiere la intervención de profesionales de salud. Para la planificación de los proyectos de mejora, sí es prudente que el comité de proyecto esté compuesto por el departamento médico y de seguridad ocupacional [10].

Podemos observar que los resultados de evaluación de ambos hospitales son muy distantes. En la tabla 8 vemos que la diferencia porcentual de ambos es de 15 puntos. Ambas, según el método se pueden catalogar como “asiste mayormente”. Gran parte de esa diferencia es aportada por el no cumplimiento de disposiciones en base al código actual. Otro factor, es la incorrecta ejecución de la planificación de mantenimiento, es decir, no se trata solo de la conservación de los activos, sino también de mantener vigente la infraestructura. El hospital A puede obtener una mejora de sus instalaciones al elaborar un plan de trabajo a largo plazo que permita mantener su infraestructura a la normativa vigente. Tal como describe NFPA en sus códigos, la infraestructura se puede actualizar conforme se realicen los mantenimientos [7].

Se espera que el resto de los hospitales del país, contemporáneo al Hospital B, posea instalaciones lo más cercanas a la normativa NFPA. De ser así, los especialistas de construcción empiezan progresivamente a mejorar la seguridad de las instalaciones [3].

Cabe recalcar que el presente método fue fijado en base a las normativas NFPA. Pero el perito puede adoptar, la misma estrategia general de evaluación y basarse en otra normativa vigente de cualquier organismo internacional que se dedica a la elaboración de códigos eléctricos sanitarios. La presente propuesta procedimental, no solo debe ser utilizada por los organismos externos que otorgan los permisos de funcionamiento, sino también por los departamentos de mejora continua que poseen los centros de salud. Estos departamentos son los responsables que el centro de salud obtenga sin mayor esfuerzo el permiso de funcionamiento año tras año.

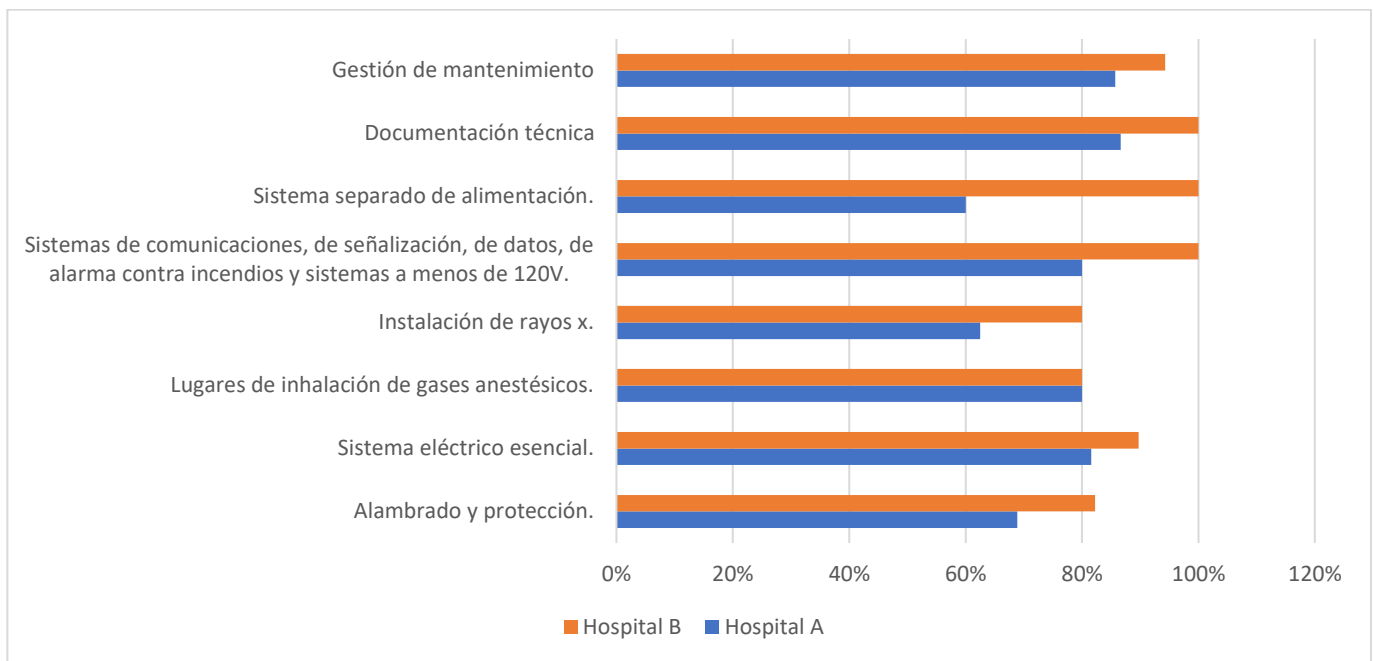


Figura 7. Resultado comparativo Hospital A y Hospital B.

VII. CONCLUSIÓN

Considero que uno de los parámetros más importantes es el que refiere al sistema eléctrico esencial. Este define la robustez que posee el centro de salud como contingencia. El hospital A posee una calificación más baja que el B, debido que no se respetan las disposiciones de arreglo de transferencias en base a la carga. Es decir, no existe la clasificación correcta de ramales según lo detalla el código. Y es posible, que esta situación sea réplica en el resto de los hospitales del país. Un análisis más exhaustivo es necesario para validar la calidad de instalaciones eléctricas y, por ende, la seguridad que presentan las mismas hacia sus usuarios y pacientes.

Como se indica, la presente metodología sirvió para determinar el estado de las instalaciones eléctricas de dos complejos hospitalarios del país. Lo que se pretende al finalizar las evaluaciones, es identificar las fallencias encontradas y los correctivos a seguir.

Es necesario que las entidades de salud estatales y privadas incluyan entre sus auditorías el estado de las instalaciones eléctricas del nosocomio. No sesgarse tan solo al mantenimiento de activos e infraestructura civil. Si tan solo entendiéramos cuán peligroso es una instalación eléctrica no amparada en una normativa, muchos casos frecuentes de electrización o conatos de incendio no ocurrirían.

VIII. REFERENCIAS

[1] N. Arm, A. Rani, and M. Rizal, "Perception of

Maintenance Management Strategy on Healthcare Facilities," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 170, pp. 272–281, 2015, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.01.037.

- [2] N. Rekhter and N. Ermasova, "Culture of prevention and early disease detection of cancer in Russia," *Soc. Sci. Med.*, vol. 277, no. November 2020, p. 113905, 2021, doi: 10.1016/j.socscimed.2021.113905.
- [3] G. R. Goodman, "Hospital facility safety standards," in *Clinical Engineering Handbook*, Second Ed., Elsevier, 2020, pp. 728–730.
- [4] B. Bakaimis and I. Papanikolaou, "Electrical Energy Saving Policies, Initiatives, Results, Challenges and Lessons Learned for the Grevena Hospital," *Procedia Environ. Sci.*, vol. 38, pp. 882–889, 2017, doi: 10.1016/j.proenv.2017.03.175.
- [5] M. Baretich, *Electrical Safety Manual A Comprehensive Guide to Safety Standards for Health Care Facilities*, 2015th ed. Arlington, Virginia 22201, United States of America, 2015.
- [6] S. Fallah-Aliabadi *et al.*, "Risk analysis of hospitals using GIS and HAZUS: A case study of Yazd County, Iran," *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, vol. 47, no. November 2019, p. 101552, 2020, doi: 10.1016/j.ijdrr.2020.101552.
- [7] NFPA, *NFPA 70, National Electrical Code, 2020.*, 2020th ed. Quincy, Massachusetts, Estados Unidos., 2020.
- [8] Y. Zhang, X. Tian, X. Jin, R. Xiang, and Y. Zhang,

- “Study on Safety Management System of Power Grid Enterprises,” *APAP 2019 - 8th IEEE Int. Conf. Adv. Power Syst. Autom. Prot.*, pp. 601–605, 2019, doi: 10.1109/APAP47170.2019.9225130.
- [9] J. Liu, Z. Lu, P. Gan, J. Wu, J. Guo, and D. Jiang, “Analysis and assessment of power system source-network-load-storage intrinsic safety risk,” *2020 IEEE 4th Conf. Energy Internet Energy Syst. Integr. Connect. Grids Towar. a Low-Carbon High-Efficiency Energy Syst. EI2 2020*, pp. 2140–2145, 2020, doi: 10.1109/EI250167.2020.9347256.
- [10] J. Presnal, H. Houston, and G. Maberry, “The electrical safety program and the value in partnering with health & safety professionals,” *IEEE IAS Electr. Saf. Work.*, vol. 2020-March, 2020, doi: 10.1109/ESW42757.2020.9188320.
- [11] T. Becker, “Application of Work Flow Process,” pp. 1–5.
- [12] C. M. A. Dos Prazeres and C. A. F. Pais, “A qualidade de auditoria e as características das firmas de auditoria em Portugal,” *Iber. Conf. Inf. Syst. Technol. Cist.*, 2017, doi: 10.23919/CISTI.2017.7976040.
- [13] R. Kunthi and D. I. Sensuse, “Knowledge Management System for Internal Audit,” *2019 11th Int. Conf. Inf. Technol. Electr. Eng. ICITEE 2019*, vol. 7, 2019, doi: 10.1109/ICITEED.2019.8929953.
- [14] Ministerio de salud del Salvador., “Apagón de energía eléctrica en toda la zona aledaña al Hospital Nacional de la Mujer ‘Dra. María Isabel Rodríguez’,” *Ministerio de salud de El Salvador.*, 2016. <https://www.salud.gob.sv/04-07-2016-minsal-garantiza-atencion-de-madres-y-bebes-en-hnm-ante-contingencias/#:~:text=Noticias Ciudadanos%2Fas,%5B 04-07-2016 %5D MINSAL garantiza atención de madres,bebés en HNM ante contingencias&text=San Salvador%2C 04 de> (accessed May 24, 2021).
- [15] G. Ocando, “Crisis eléctrica afecta a la zona más poblada de Venezuela.,” *BBC*, 2018. <https://www.bbc.com/mundo/noticias-america-latina-43673923> (accessed May 24, 2021).
- [16] El Universo, “Falla eléctrica afectó a hospital Teodoro Maldonado Carbo.,” *El Universo*, 2019. <https://www.eluniverso.com/guayaquil/2019/10/26/nota/7575434/falla-electrica-afecto-hospital/> (accessed May 24, 2021).
- [17] V. Lovrencic, B. Gomiscek, and M. Perla, “Safety management in healthcare by means of live working,” *2017 12th Int. Conf. Live Maintenance, ICOLIM 2017*, pp. 8–13, 2017, doi: 10.1109/ICOLIM.2017.7964112.
- [18] G. Parise, “A New Way to Be a Forensic Electrical Expert,” pp. 1–6, 2017, doi: 10.1109/ICPS.2017.7945119.
- [19] H. Luo, J. Liu, C. Li, K. Chen, and M. Zhang, “Ultra-rapid delivery of specialty field hospitals to combat COVID-19: Lessons learned from the Leishenshan Hospital project in Wuhan,” *Autom. Constr.*, vol. 119, no. July, p. 103345, 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103345.
- [20] M. Stroili, E. C. Pavan, M. Gorela, and F. Kenda, “The dimensioning and development of hospital electric installations to guarantee the continuity of use of the therapeutic and diagnostic system,” *Proc. Annu. Int. Conf. IEEE Eng. Med. Biol. Soc. EMBS*, vol. 2015-Novem, pp. 1211–1214, 2015, doi: 10.1109/EMBC.2015.7318584.
- [21] M. Sezdi, “Electrical safety,” in *Bioelectronics and Medical Devices*, Elsevier, 2019, pp. 313–330.
- [22] B. Brenner and D. Majano, “Expanding workplace electrical safety to non-electrical occupations,” *IEEE IAS Electr. Saf. Work.*, vol. 2020-March, pp. 1–5, 2020, doi: 10.1109/ESW42757.2020.9188323.
- [23] NFPA, *NFPA 99, Health Care Facilities Code, 2021*, 2021st ed. Quincy, Massachusetts, Estados Unidos., 2021.
- [24] NFPA, *NFPA 110, Standard for Emergency and Standby Power Systems, 2019*, 2019th ed. Quincy, Massachusetts, Estados Unidos., 2019.