

Implementation Of Digital Platform And Protocol For Defibrillator Analysis And Electrical Safety At The Hospital Escuela Universitario (HEU)

Ankara Reichle, José Abraham Padilla Flores, MScI
Facultad de Ingeniería, Universidad Tecnológica Centroamericana (UNITEC)
Tegucigalpa, Honduras, ankarareichle@unitec.edu, jose-29habraham@unitec.edu

Abstract—The implementation of an analysis protocol for defibrillators is crucial to ensure the safety and availability of these vital devices in case of an emergency. The aim of the project was to develop an analysis protocol for the Biomedical department of the University Hospital (HEU) of Tegucigalpa, Honduras, following established regulations for electrical safety and analysis of defibrillators. The development of this protocol began with a literature review and expert advice. A questionnaire was applied to assess the knowledge of the Biomedical department at the University Hospital. Subsequently, an analysis tool was developed through an extensive review of regulations. The 17 defibrillators owned by the University Hospital were then analyzed. Finally, the analysis data was entered into the previously selected platform. The University Hospital's defibrillators were found to be in good condition, but most of the failures found were due to user's errors and lack of knowledge about the care that should be taken with this medical equipment.

Keywords—defibrillator, protocol, electrical safety, analyzer, digital platform

I. INTRODUCCIÓN

La implementación de un protocolo de análisis para los desfibriladores es crucial para garantizar la seguridad y disponibilidad de estos dispositivos en caso de emergencias [10]. El desfibrilador es un dispositivo médico diseñado para corregir una fibrilación auricular o ventricular en un ser humano [1]. Se encuentra comúnmente en hospitales, ambulancias, institutos médicos por lo que su correcto funcionamiento es esencial para salvar vidas. El desfibrilador es considerado un equipo clase IV según su riesgo eléctrico [11]. Un protocolo de análisis permitirá guiar al personal para prolongar la vida útil de los desfibriladores, reduciendo costos al evitar compras sin necesidad o reparaciones evitables.

El proyecto consistirá en la implementación de un protocolo de análisis para todos los desfibriladores del Hospital Escuela Universitario (HEU) en Tegucigalpa, Honduras. Este protocolo se realizará para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos y establecer procesos dedicados para futuros análisis. Se desarrollará en conjunto con el departamento de Biomédica del Hospital Escuela Universitario.

El objetivo principal de este proyecto es implementar un protocolo de análisis para los desfibriladores del HEU mediante la implementación de plataformas digitales. Actualmente, los desfibriladores del hospital no cuentan con un protocolo de análisis, solamente, reciben inspecciones en sala por el departamento de Biomédica durante los mantenimientos preventivos. Por lo tanto, es necesario implementar un protocolo

para garantizar el estado de los desfibriladores, la seguridad de los pacientes y el fácil acceso a la información de estos equipos para el departamento de Biomédica haciendo uso de una plataforma digital.

Previamente, en el trabajo titulado "Protocolo de pruebas de seguridad eléctrica para equipos electro médicos: caso de estudio de equipos de telemedicina" se analizó las normas internacionales como la NTC-IEC 60601-1. Los autores estudiaron la norma y determinaron un protocolo de ensayos que permitiera determinar el cumplimiento de ésta, respecto a seguridad eléctrica de equipos electro médicos desarrollados localmente o importados. El protocolo se probó con varios equipos de telemedicina usando los valores nominales de la norma [2].

A. Antecedentes del Problema

El desarrollo de protocolos de análisis de desfibriladores se ha vuelto imprescindible para garantizar la eficacia y seguridad en el uso de estos dispositivos. El análisis como parte del control de calidad es un tema desafiante. Dado un mercado tan grande y el crecimiento continuo de la tecnología que se utiliza en entornos hospitalarios, es imperativo garantizar el correcto funcionamiento de los equipos médicos. El análisis de instrumentos médicos asegura su exactitud y precisión [3].

Durante una pasantía de Ingeniería Biomédica en el HEU en marzo del 2022, se observó que no se contaba con un protocolo de análisis para los desfibriladores debidamente desarrollado y considerando la importancia de estos. El hospital cuenta con diecisiete (17) desfibriladores, sin embargo, según el personal perteneciente al departamento de Biomédica del HEU, solamente realizan las pruebas integradas del equipo cuando muestran una alarma o comportamiento anómalo según precio reporte, pero sin hacer uso de analizadores especializados.

El departamento de Biomédica del HEU desarrolla la mayoría de su trabajo en papel, dejando la evidencia o respaldo de sus actividades cómo; ordenes de trabajo, inventario, fichas de mantenimientos, entre otros. La información básica de los equipos no está digitalizada de forma centralizada en una plataforma en donde se posee fácil acceso a una base de datos de los equipos médicos. Según el personal de Biomédica, el departamento no cuenta con historial de mantenimiento de los equipos individualmente, sino una tabla en Excel donde se detallan las órdenes realizadas mensualmente de los equipos por parte de Biomédica.

El objetivo de esta investigación es implementar una plataforma digital y protocolo de análisis para desfibriladores en el Hospital Escuela Universitario en Tegucigalpa, Honduras.

Este artículo se dividirá en capítulos para facilitar la comprensión y análisis del problema en cuestión. Primero se encontrará un condensado de la metodología del proyecto. Por último, se presentarán los resultados y conclusiones; aquí se describirán los hallazgos más importantes del estudio.

II. METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Una vez definido el problema de la investigación junto con su alcance se procedió a realizar una recopilación de información. Para esta recopilación bibliográfica se acudió a la biblioteca virtual de la universidad donde se encuentran bases de datos que incluyen artículos científicos, normativas y libros. La técnica de recopilación utilizada fue el análisis y la recopilación de datos cualitativos y cuantitativos. La teoría fue necesaria para contar con un punto de partida en el diseño del instrumento de análisis y conocer los errores aceptables en el análisis de desfibriladores.

Luego, se entrevistaron a dos ingenieros biomédicos que laboran en el departamento de Biomédica del HEU para el asesoramiento de expertos. Se utilizó la validación por juicio de expertos con el objetivo de recopilar información desde un enfoque técnico. Los ingenieros dieron a conocer el estado actual de los procedimientos de biomédica para el análisis de desfibriladores y recolección de datos de los equipos. Estos datos fueron necesario para la elaboración de la plataforma e instrumento de análisis. Las entrevistas se realizaron de manera presencial con el personal antes mencionado, tomando anotaciones en todo momento de los diferentes puntos de vista relacionados al tema de estudio.

Una vez obtenida esta información se utilizó la técnica de análisis de documentos para el siguiente paso de la metodología. Se analizaron ordenes de trabajo, fichas de mantenimiento e inventario del departamento de Biomédica por medio de la lectura de los documentos en físico y digitales del departamento. Esto con la finalidad de conocer los datos actuales que recopilan en estos documentos y la elaboración precisa de una plataforma e instrumento.

Seguidamente, se procedió a inspeccionar todos los desfibriladores para conocer la ubicación exacta de los equipos en las diferentes salas del HEU, utilizando la técnica de observación de campo. Se realizó una nota de campo escrita en la computadora, donde se incluyó la información básica de los equipos para conocer las marcas, modelos, año de fabricación y número de inventario para el instrumento de análisis y plataforma.

Posteriormente, se utilizó la técnica de encuesta y se elaboró un cuestionario para el personal de Biomédica del HEU. La elaboración del cuestionario tuvo como objetivo dar un sustento al proyecto sobre la importancia de un protocolo de análisis de desfibriladores. Las preguntas del cuestionario fueron formuladas a partir de la información recopilada en la revisión bibliográfica, haciendo uso de la computadora y el software de Formularios de Google.

El cuestionario se realizó de manera presencial al personal de Biomédica del HEU. La información fue recopilada desde el punto de vista clínico. Con este cuestionario se recopiló información acerca de los conocimientos básicos del personal en el mantenimiento y análisis de los desfibriladores. También, se compiló información sobre su capacidad para poder realizarle un análisis a un desfibrilador. Y, por último, se recopiló las opiniones del personal sobre la importancia de un protocolo de análisis de desfibriladores y la implementación de una plataforma para el departamento. Las respuestas se iban contestando en el formulario de Google por medio de una computadora.

A nivel internacional, existen diversas entidades que se encargan de regular y acreditar los equipos de electro-tecnología en cuanto a su seguridad eléctrica. La Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) es la organización principal encargada de establecer las normas y regulaciones que deben cumplir estos equipos [12]. Para la definición de parámetros del instrumento de análisis se utilizó la técnica de análisis y la recopilación de datos cualitativos y cuantitativos. Se estudió y analizó la normativa IEC 60601-2-4 [4] y la IEC 60601-1 [6] para conocer los parámetros y pruebas aceptables para el análisis de desfibriladores. La definición de los parámetros sirvió como primer paso para alcanzar al objetivo específico de diseñar un instrumento para el análisis de desfibriladores con el analizador Impulse 6000D [5].

Luego de conocer las normativas para el instrumento de análisis se prosiguió a la construcción de este por medio de una computadora. De igual forma, se utilizó la técnica de análisis y la recopilación de datos cualitativos y cuantitativos junto al análisis de documentos para la creación de un instrumento completamente sustentado por la normativa. El instrumento se creó comparando la normativa y la documentación existente en el hospital, la información a obtener es: datos técnicos del equipo, datos técnicos del analizador, detalles de la inspección general y del entorno, información sobre las baterías, datos numéricos de las pruebas de seguridad eléctrica, descarga y tiempo de carga, comentarios y observaciones.

Una vez completado el instrumento de análisis se prosiguió a la selección de una plataforma, la variable independiente. Este con el objetivo de crear una base de datos en una aplicación gratuita para ingresar los datos analizados de los desfibriladores. Se utilizó Google para la búsqueda de opciones de plataformas gratuitas. Se encontraron 3 plataformas, usando la técnica de recopilación de datos. Según los criterios de selección, la plataforma Airtable se escogió ya que permite subir archivos como imágenes dentro de un inventario, crear formularios para subir la información de un equipo y navegar amigablemente [7].

Acto seguido se realizó la construcción de la plataforma. Por medio de una computadora, se accedió a la plataforma de Airtable donde se creó un usuario y se realizó la plantilla para la base de datos. Con la información recopilada y analizada en los documentos del hospital, se desarrolló una plantilla para poder ingresar los datos de los equipos analizados y así cumplir con uno de los objetivos específicos de la investigación.

Posteriormente, se llevó a cabo el análisis de campo. Se realizaron las pruebas con el analizador de seguridad eléctrica Fluke ESA 612 [8] y con el analizador de desfibriladores Fluke

Impulse 6000D a todos los desfibriladores del Hospital Escuela Universitario. Esto sirvió para desarrollar las pruebas establecidas en el instrumento de análisis y así, conocer la funcionalidad del equipo y su entorno. Con la técnica y herramientas del análisis de campo, se logró completar el objetivo específico de la investigación, analizar los desfibriladores del HEU. Cabe destacar que la metrología biomédica se enfoca únicamente en la realización de pruebas e inspecciones y no incluye operaciones de ajuste o reparación [13].

Consecuentemente, se procedió a introducir los datos analizados a la plataforma digital escogida. Usando una computadora, se ingresó la información de los equipos y el instrumento de análisis de cada desfibrilador. Este paso sirve a los objetivos de la investigación ya que recopila toda la información de los análisis en una plataforma.

Finalmente, se desarrolló un protocolo de análisis para el departamento de Biomédica del Hospital Escuela Universitario. Se utilizó la técnica de análisis y la recopilación de datos cualitativos y cuantitativos para la creación del protocolo. Se recopiló todos los pasos mencionados anteriormente para establecer lineamientos del análisis a los desfibriladores. Cumpliendo con el objetivo general del proyecto.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se describen los resultados y análisis del proyecto de investigación, en consonancia con los objetivos previstos en un principio. En primer lugar, se muestran los resultados del estudio realizado a través de un cuestionario sobre la importancia de un protocolo de análisis y una plataforma para el departamento de Biomédica. Posteriormente, se expone la comparativa y elección de la plataforma. Seguidamente, la aplicación del instrumento de análisis diseñado para todos los desfibriladores del Hospital Escuela. Y, por último, el desarrollo e ingreso de datos a la plataforma escogida.

A. Encuesta al Personal de Biomédica del HEU

Con la primera y segunda pregunta se conocieron los datos y cargos de las personas que integran el personal de Biomédica. Se conoció que el departamento se conforma por ingenieros y técnicos biomédicos. La tercera y octava pregunta se conoció la opinión del personal sobre la importancia de una plataforma digital y el análisis de desfibriladores. Todos concordaron que ambos aspectos son importantes para el departamento de Biomédica.

Con la quinta y séptima pregunta se evaluó el conocimiento en el análisis de los técnicos e ingenieros del departamento. El 60% sabe cómo utilizar el analizador que tiene el hospital para analizar los desfibriladores, pero el 40% no conoce. De igual forma, el 100% de ellos no conocen los errores y los parámetros aceptados según la normativa para poder analizar los desfibriladores. La sexta pregunta se conoció que el 100% del personal de Biomédica nunca ha recibido una capacitación de cómo utilizar el analizador Impulse 6000D que tienen en el departamento para poder realizar los análisis a los desfibriladores. Y, por último, en la pregunta 4 se preguntó si creían importante el desarrollo de un protocolo de análisis de desfibriladores para el hospital. El 100% de ellos establecieron

que si creen necesario un protocolo dándole importancia al proyecto desarrollado.

La encuesta al personal de biomédica fue una herramienta valiosa para evaluar el estado actual de los protocolos de análisis de desfibriladores del hospital y para identificar las necesidades de mejora y formación del personal en este ámbito.

B. Selección de la Plataforma Digital

Se realizó una búsqueda de opciones de plataforma por medio de Google. Se mostró una comparación entre diferentes plataformas y el cumplimiento de criterios, observando que la plataforma que cumple con más criterios es Airtable. Se evaluó el cumplimiento de estos criterios con la prueba de uso gratuita y la información proporcionada en la página web de la plataforma [7]. Con Airtable, se desarrolló la plataforma para la introducción de datos de los equipos y los análisis desarrollados en la investigación en el Hospital Escuela.

C. Diseño del Instrumento de Análisis Para Desfibriladores

Para el diseño del instrumento de análisis de desfibriladores se desarrolló una extensa revisión bibliográfica para realizarlo según normativa. El instrumento se basa en las normativas la IEC 60601-1 y la IEC 60601-2-4 que establecen criterios y valores nominales para el análisis de desfibriladores y seguridad eléctrica de los equipos.

El instrumento se dividió en 10 secciones: datos técnicos del equipo, datos técnicos del analizador, datos del trabajo, inspección general, inspección del entorno, revisión de baterías, seguridad eléctrica, prueba de descarga, prueba de tiempo de carga y comentarios y observaciones.

Datos Técnicos del Equipo		
Nombre		
Modelo		
Marca		
Tipo de Desfibrilador		
Número de Serie		
Número de Inventario de Biomédica		
Número de Ficha		
Fecha de Fabricación		
Ubicación		

Datos del Analizador #1		
Nombre		
Modelo		
Marca		
Tipo de Desfibrilador		
Número de Serie		
Número de Inventario de Biomédica		
Número de Ficha		
Fecha de Fabricación		
Ubicación		

Datos del Analizador #2		
Nombre		
Modelo		
Marca		
Tipo de Desfibrilador		
Número de Serie		
Número de Inventario de Biomédica		
Número de Ficha		
Fecha de Fabricación		
Ubicación		

Datos del Técnico		
Nombre		
Categoría		
Experiencia		

Especificaciones		
Completado	(¿bien estado?)	
Cable	Si / No	
Baterías	Si / No	
Calibración	Si / No	
Estado de Mantenimiento	Si / No	
Estado de Limpieza	Si / No	
Estado de Almacenamiento	Si / No	
Estado de Transporte	Si / No	
Estado de Uso	Si / No	
Estado de Seguridad	Si / No	
Estado de Funcionamiento	Si / No	

Especificaciones		
Cable de paso tiene prioridad?	Si / No	
Se puede usar como analizador?	Si / No	
¿Sección de control de calidad?	Si / No	
¿Sección de control de calidad?	Si / No	
¿Sección de control de calidad?	Si / No	

Resumen de Datos		
No. de Datos		
Fecha de Ingreso		
Fecha de Última Actualización		
Usuario		
Estado de Datos		

Fig. 1. Instrumento de Análisis en Blanco

En la sección 1, datos técnicos del equipo, se establecieron los datos generales de cada desfibrilador. Se incluyeron los siguientes datos: nombre, modelo, marca, tipo de desfibrilador, número de serie, número de inventario de biomédica, número de inventario del estado, número de ficha, fecha de fabricación y la ubicación del equipo.

En la sección 2, datos técnicos del analizador, se establecieron los datos generales de ambos analizadores utilizados. Se incluyeron los siguientes datos de los equipos: nombre, marca, número de serie, fecha de calibración, código,

modelo, fecha de fabricación y fecha vencimiento de calibración.

En la sección 3, datos del trabajo, se incluyó la fecha de trabajo, colaboradores, y supervisor encargado. En la sección 4, inspección general, se evaluó el estado de los componentes general de cada desfibrilador. Los componentes evaluados fueron: carcasa, botones, cables, paletas, monitor, impresora, pantalla, audio, electrodos y redundancia. Se agregó una columna de especificaciones para agregar alguna nota importante sobre cada componente.

En la sección 5, inspección del entorno, se evaluó el cumplimiento de parámetros del entorno del desfibrilador. Los parámetros evaluados fueron: movilidad del carro, rotulación del equipo, ubicación de fácil acceso y si el equipo estaba conectado.

En la sección 6, revisión de baterías, se evaluó el estado de las baterías de los desfibriladores. Se incluyó la siguiente información de las baterías: número de serie, fecha de vencimiento, fecha de última revisión, voltaje y estado físico.

En la sección 7, seguridad eléctrica, se incluyeron todas las pruebas de seguridad eléctrica que se le debe realizar a cada desfibrilador. Se colocó el parámetro con el rango según normativa, dato medido y cumplimiento de cada uno de ellos.

Los rangos fueron encontrados en las normativas previamente mencionadas. Las pruebas realizadas fueron: corriente de equipo encendido, tiempo de encendido, resistencia a tierra, corriente de fuga a tierra, corriente de fuga de la envolvente y resistencia de aislamiento [17]. También, se agregó un apartado para evaluar el tomacorriente en donde está conectado el equipo donde se mide el voltaje en: la línea viva a neutra, neutra a tierra y viva a tierra. Por último, en la sección, se agregó las 3 pruebas de derivaciones con los equipos que tienen cables ECG: derivación a tierra, derivación a derivación y aislamiento de derivación.

En la sección 8 y 9 se incluyeron las dos pruebas con el analizador de desfibriladores: prueba de descarga y prueba de tiempo de carga. En esta sección se estableció la energía aceptable y tiempo de carga aceptable según normativa. Se debe de evaluar la energía entregada por el analizador, voltaje pico y corriente pico en la prueba de descarga por cada nivel de energía. En la prueba de tiempo de carga se debe de evaluar la energía entrega, tiempo de carga y cumplimiento en cada nivel de energía. Es importante realizar pruebas de tiempo de carga regularmente en los desfibriladores para asegurarse de que estén en buen estado de funcionamiento y listos para su uso en caso de una emergencia cardíaca [14]. Los niveles de energía establecidos fueron: 2J, 10J, 70J, 200J y 360J.

Por último, en la sección 10, comentarios y observaciones, se agregó un espacio en donde se concluye el cumplimiento de cada prueba y análisis completo para cada desfibrilador. Si el desfibrilador es capaz de entregar la cantidad de energía necesaria para corregir la arritmia, se considera que ha pasado la prueba de energía [15].

D. Análisis de Desfibriladores en el Hospital Escuela

El Hospital Escuela Universitario cuenta con 17 desfibriladores de 4 diferentes marcas: 10 Nihon Kohden, 5 Advanced [9], 1 Primedic y 1 Zoll. Todos ellos fueron

analizados utilizando el instrumento de análisis diseñado y los analizadores del departamento de Biomédica. Se evaluó uno por uno para conocer el estado actual de cada equipo.

Para poder realizarle el análisis a los equipos, primero se realizó el préstamo de los analizadores por parte del departamento de Biomédica. Luego de eso, se coordinó el acceso a cada una de las salas con las licenciadas en enfermería y doctores para poder analizar a los equipos. Los equipos estaban ubicados en salas en donde se necesitan desfibriladores en caso de una emergencia.

Para el análisis de los equipos, primero se llenaba las primeras secciones del instrumento de análisis. luego, se realizaba la inspección general para determinar si los componentes presentaban algún daño o suciedad de manera visible. Seguidamente, se revisaba el entorno para verificar su ubicación. Se procedía a conectar el desfibrilador al analizador ESA 612 para realizar las pruebas de seguridad eléctrica. Y, por último, se realizaban las pruebas de energía y tiempo de carga con el analizador de desfibrilador. Este análisis de campo se les realizó a los diecisiete(17) desfibriladores que posee el Hospital Escuela.



Fig. 2. Ejemplo de análisis de campo

A. Análisis General de los Desfibriladores

- 5 de los 17 desfibrilador del hospital no aprobaron las pruebas de energía y tiempo de carga.
- 10 de los 17 tomacorrientes donde se encuentran los desfibriladores conectados no poseen una correcta instalación eléctrica, siendo un riesgo para el equipo.
- 7 de los 17 desfibriladores se encontraban desconectado previo al análisis realizado.
- 7 de los 17 desfibriladores se encontraban con un aspecto poco higiénicos y descuidados en su inspección general.
- En la sala de Emergencia de Cirugía y Quirófano de Emergencia los responsables del desfibrilador mostraron poco conocimiento sobre el uso del equipo.
- 1 de los 17 desfibriladores aprueba todas las pruebas en su totalidad: inspecciones generales y de entorno, seguridad eléctrica, pruebas de energía y tiempo de carga.

- 3 de los 17 desfibriladores tenían una ubicación con poco acceso y poca movilidad en caso de una emergencia.
- Ningún desfibrilador poseía una rotulación adecuada ni un manual de usuario.

E. Contenido de la Plataforma Digital

La introducción de datos de los desfibriladores y los análisis se realizó mediante la plataforma gratuita Airtable. Esta plataforma fue diseñada para facilitar la recopilación y el análisis de datos en un formato accesible y fácil de entender.

La plataforma se construyó utilizando Airtable y consta de dos tablas principales: una tabla de "Inventario de equipos" y una tabla de "Trabajos realizados a los equipos". En la tabla de "Inventario de equipos" se registraron los siguientes datos: número de serie, nombre del equipo, modelo, marca, ubicación, número de inventario del departamento de biomédica, inventario del estado, ficha del estado, fecha de fabricación, fotografía del equipo, accesorios, estado del equipo, fotografía de la placa del equipo y los valores de voltaje y corrientes del equipo. La vista de galería en la tabla de "Inventario de equipos" se agregó para poder observar las fotos de los equipos, siendo más amigable para los usuarios.

Los datos de la tabla se llenan mediante un formulario interconectado que se creó para facilitar la entrada de información. El formulario tiene los mismos campos previamente mencionados.

La segunda tabla se tituló "Trabajos realizados a los equipos". En esta se registraron los datos generales del equipo y la ficha del trabajo, fecha realizada y al equipo al que se le realizó. Esta tabla se vincula con la tabla de "Inventario de equipos" para llevar un historial de los trabajos realizados en cada dispositivo. Los datos se llenan mediante un formulario que se creó para facilitar la entrada de información.

Esta tabla también se interconectó con un calendario que permite mantener un registro de las fechas en que se realizaron los trabajos.

Por último, se realizó una interfaz para los usuarios dentro de Airtable. La opción de crear interfaz dentro de Airtable permite a los usuarios diseñar y personalizar una interfaz de usuario para sus bases de datos de una manera intuitiva y visual, sin necesidad de tener conocimientos de programación.

F. Protocolo de Análisis de Desfibriladores

Se recopiló todos los pasos de la investigación para realizar un protocolo de análisis de desfibriladores para el departamento de Biomédica. Es un manual amigable con toda la información necesaria para poder realizarle el análisis a un desfibrilador. Se agregó un enlace para poder descargar el instrumento de análisis en blanco y también los dos enlaces para el ingreso de los datos y análisis del equipo sin necesidad de acceder a la plataforma como usuario. A continuación, en las Figura 2 y 3 se muestra el protocolo previamente descrito.



Fig. 3. Protocolo de Análisis Parte 1

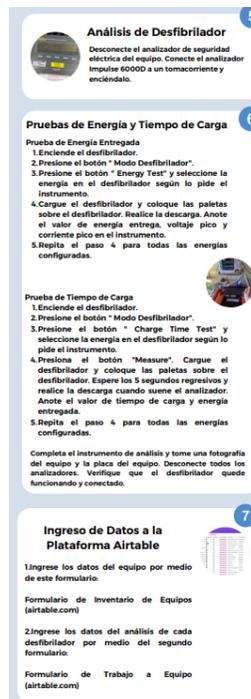


Fig. 4. Protocolo de Análisis Parte 2

IV. CONCLUSIONES

A pesar de que los desfibriladores del Hospital Escuela se encontraron en buenas condiciones durante el análisis del proyecto, se encontró que las fallas más comunes fueron ocasionadas por errores de los usuarios y por el mal cuidado de los equipos. Es importante destacar que, aunque los dispositivos puedan parecer simples de utilizar, es necesario tener un conocimiento adecuado de su funcionamiento y seguir los procedimientos de uso establecidos para evitar fallas que podrían poner en riesgo la vida de los pacientes [18].

Durante la investigación llevada a cabo para el proyecto de análisis de desfibriladores en el Hospital Escuela Universitario de Tegucigalpa, Honduras, se encontró que las normas utilizadas para la seguridad eléctrica de los equipos y análisis de desfibriladores son la IEC 60601-1 y la IEC 60601-2-4.

Dentro de estas normas se conocieron los errores y parámetros aceptables en el análisis. El error aceptable para las pruebas de descarga de energía es de más-menos 5%. De igual forma, el tiempo de carga no debe excederse de 10 segundos [3]. Luego los valores nominales para las pruebas de seguridad eléctrica son las siguientes: prueba de resistencia a tierra menor a 0.2 ohmios, corriente de fuga a tierra menor a 500 microamperios, corriente a fuga de envolvente menor a 100 microamperios, resistencia de aislamiento mayor a 100 megohmios, derivación a tierra menor a 500 microamperios, derivación a derivación menor a 10 microamperios y aislamiento de derivación menor a 20 microamperios [6].

El instrumento de análisis se desarrolló a través de una extensa revisión bibliográfica de las normativas antes mencionadas, con el objetivo de identificar los aspectos relevantes que debían ser evaluados durante el análisis de los desfibriladores. De esta forma, se elaboró una lista de verificación que incluía todos los aspectos técnicos, de seguridad y de funcionamiento que debían ser considerados durante el análisis.

Durante el análisis de campo llevado a cabo en el Hospital Escuela Universitario de Tegucigalpa, Honduras, se evaluaron un total de 17 desfibriladores. La mayoría de estos equipos pasaron las pruebas de seguridad eléctrica y energía establecidas por las normativas de la IEC 60601-1 y la IEC 60601-2-4. Sin embargo, durante el análisis se identificó un problema recurrente en cuanto a la ubicación y conexión de los equipos. La mayoría de los desfibriladores se encontraban desconectados y mal ubicados, lo cual podría dificultar su uso en caso de una emergencia médica. Además, se evidenció que la instalación eléctrica del hospital no era la adecuada para garantizar el correcto funcionamiento y mantenimiento de los equipos [16].

En conclusión, la plataforma de Airtable se demostró ser una herramienta muy útil para la introducción de datos sobre los equipos y análisis realizados durante la investigación. La vinculación entre las dos tablas principales permitió mantener un historial completo y actualizado de los trabajos realizados en cada equipo. La creación del formulario facilitó la entrada de información y la disponibilidad de varias vistas en ambas tablas permitió una mayor flexibilidad en la visualización y el análisis de los datos. La plataforma de Airtable resultó ser una

herramienta muy útil para la introducción de datos sobre los equipos y análisis realizados durante la investigación. Con esta plataforma, se pudo recopilar y organizar los datos de manera eficiente y accesible. La vinculación entre la tabla de "Inventario de equipos" y la tabla de "Trabajos realizados a los equipos" permitió mantener un historial completo de los trabajos realizados en cada equipo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi sincero agradecimiento al Hospital Escuela Universitario por permitirme llevar a cabo mi proyecto en su institución. La oportunidad de trabajar en este proyecto ha sido una gran experiencia para mí, y estoy muy agradecida por la confianza depositada en mí. También quiero agradecer a la Ingeniera Fernanda Cáceres por guiarme en la realización de mi proyecto, su experiencia y conocimientos en la materia han sido esenciales para el éxito de este. Además, quiero agradecer a las ingenieras Angie Méndez y Jennifer Chávez por su apoyo incondicional en mi proyecto. Sus consejos y sugerencias me han ayudado a superar los desafíos y me han permitido completar el proyecto con éxito.

REFERENCES

- [1] Zhao, W., Shao, H., & Zhang, H. (2020). Calibration Standard for Impulse Energy of Defibrillator and Defibrillator Analyzer. (pp. 1-5).
- [2] Gómez, A. J., & Cuervo Ramírez, D. (2013). Protocolo de pruebas de seguridad eléctrica para equipos. Bogota, Colombia.
- [3] Rajesh. (2019). CSIR-NPL establishes an apex-level calibration facility for defibrillator analyzer and defibrillator machine.
- [4] IEC-60601-2-4. (2018). EQUIPO ELECTROMEDICO. PARTE 2: REQUISITOS PARTICULARES DE SEGURIDAD PARA LOS DESFIBRILADORES Y MONITORES DESFIBRILADORES CARDIACOS. ICONTEC.
- [5] Fluke Biomedical. (2007). Impulse 6000D Defibrillator Analyzer.
- [6] IEC 60601-1. (2020). Equipo electromédico. Parte 1: Requisitos generales para la seguridad básica y el desempeño esencial. ICONTEC.
- [7] Airtable. (2022). Airtable. Retrieved from Airtable: <https://airtable.com/pricing#featureGrid>
- [8] Fluke Biomedical. (2009). ESA612 Electrical Safety Analyzer. USA.
- [9] Advanced Instrumentation. (2020). *Advanced Instrumentation*. Retrieved from <https://advanced-inst.com/desfibrilador/>
- [10] Fluke Biomedical. (2022). *Fluke Biomedical*. Retrieved from https://www.flukebiomedical.com/blog/importance-defibrillator-testing?utm_campaign=FBC_FBC_GLB_2023-01_BMS_Upcoming-Webinars_OAI-1&utm_medium=email&utm_source=Eloqua
- [11] Chan, A. (2008). *Biomedical Device Technology Principles and Design*. CHARLES C THOMAS.
- [12] Delgado, J., & Castillo, R. (2019). Evaluación de los parámetros de seguridad eléctrica en equipos biomédicos y de instrumentación bajo condiciones ambientales no controladas de laboratorio. *SciELO*.
- [13] Sezdi, M. (2019). *Bioelectronics and Medical Devices*. Woodhead Publishing.
- [14] Physio Control. (2018). LIFEPAK 1000 Defibrillator Operating Instructions.
- [15] American College of Cardiology. (2019). Testing Implantable Cardioverter-Defibrillators (ICDs).
- [16] Koliushko, D., Rudenko, S., & Georgy, M. (2021). Testers for Measuring the Electrical Characteristics of Grounding Systems by IEEE Standards. IEEE Explore.
- [17] Shao, H., Zhang, H., Zhao, W., Wang, J., Li, & Chuansheng. (2018). Development of Calibration System for Defibrillator Analyzers. (pp. 1-2).

- [18] Ramegowda , Nayak, & Jayaprakash. (2015). Clinical evaluation of the synchronized shock mode in implantable cardioverter defibrillators. India.