



UNIVERSIDAD ESPECIALIZADA DE LAS AMÉRICAS

Facultad de Biociencias y Salud Pública

Escuela de Biociencias

**Trabajo de Grado para optar por el título de Licenciado en
Ingeniería en Biomédica con Especialización en Electrónica Médica**

Proyecto Educativo

**Reconstrucción de un Monitor Desfibrilador en combinación con
equipo de seguridad eléctrica para fines educativos**

Presentado por:

Fonseca Romero, Aldo 4-185-101 Montes

Estribí, Roque Javier 4-142-1509 Sánchez

Pérez, Elis Abdiel 4-255-983

Asesor:

Ing. Ferneliz Aurelio Díaz Castañeda

Panamá, 2021

DEDICATORIA

A mis padres (Q.E.P.D), por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad y a quienes les hubiera gustado compartir esta felicidad conmigo.

A mis hijos, Gabriela, Daniel, Cristina y especialmente a mi esposa Aritza, por el apoyo incondicional que siempre me brindó día a día en el transcurso de todos estos años de la carrera, hasta culminar con este nuevo título universitario.

Aldo

A mi hermano, Javier Alexis Montes Estribí (Q.E.P.D), ya que me dejaste gratos recuerdos vividos a tu lado; sé que te sentirías muy orgulloso al verme recibir este diploma de ingeniero en biomédica que tanto me ha costado lograr.

Roque

A Dios, por ser el inspirador y fuente inagotable de sabiduría quien como guía estuvo presente en el caminar de mi vida, bendiciéndome y dándome fuerzas para continuar con mis metas trazadas sin desfallecer.

A mi familia, cuyo apoyo incondicional, amor y confianza permitieron que lograra culminar mi carrera profesional.

Elis

AGRADECIMIENTO

Apreciamos las enseñanzas de todos nuestros profesores de las diferentes asignaturas de la Licenciatura en Ingeniería Biomédica pero, de manera especial, al Ingeniero Manuel Batista, a la Profesora Aurora Altamar, a la Profesora Nereida Soo y a nuestro asesor de tesis Ingeniero Fernéiz Aurelio Díaz Castañeda.

Todos ellos nos infundieron ánimo y creyeron en nuestras posibilidades para culminar satisfactoriamente los estudios universitarios; de igual manera, aportaron conocimientos actualizados que acrecientan e inciden plenamente en nuestra vidaprofesional.

Elis, Roque y Aldo

RESUMEN

Este trabajo de grado tiene como título y objetivo: La Reconstrucción de un monitor desfibrilador en combinación con un equipo de seguridad eléctrica para fines educativos. Se ha tomado un equipo dañado, incompleto y fuera de servicio, reparado y reinstalado con piezas y accesorios en una cubierta acrílica nueva; se ha probado su funcionamiento con equipos de medición de descargas y de seguridad eléctrica y se ha destinado a los profesores como un recurso de enseñanza teórica-práctica, para beneficio de los estudiantes que experimentarán simulaciones diagnósticas y de mantenimiento preventivo-correctivo en clases.

Debido a que salva vidas diariamente, el uso del desfibrilador es de extrema importancia, ya que se emplea en las unidades críticas hospitalarias de nuestro país para suministrar una descarga eléctrica continua sobre el miocardio a través del tórax para finalizar una arritmia peligrosa. Esta significancia es lo que justifica su conocimiento y posterior utilización por parte del estudiante universitario, futuro profesional biomédico.

En esta tesis se abordan temas como: anatomía y actividad eléctrica del corazón, las arritmias, tipos de formas de ondas monofásica y bifásicas, gestión de mantenimientos y de normas de seguridad que rigen a los desfibriladores. El método de encuesta de opinión utilizado fue vía web para validar el cumplimiento de los objetivos propuestos de reconstrucción y de finalidad educativa, sustentado en una presentación física del producto en UDELAS. Demostraron los resultados de valorización un promedio final para estudiantes del 90% en aprendizaje y 100% para fines docentes.

Palabras clave: Reconstrucción, desfibrilador, seguridad, arritmia, encuesta, educativo.

ABSTRACT

This degree work has as title and objective: The Reconstruction of a defibrillator monitor in combination with an electrical safety equipment for educational purposes. Damaged, incomplete and out of service equipment has been taken, repaired and reinstalled with parts and accessories in a new acrylic cover; Its operation has been tested with electrical safety and discharge measurement equipment and has been intended for teachers as a theoretical-practical teaching resource, for the benefit of students who will experience diagnostic simulations and preventive-corrective maintenance in classes.

Because it saves lives on a daily basis, the use of the defibrillator is extremely important, since it is used in critical hospital units in our country to deliver a continuous electric shock to the myocardium through the chest to end a dangerous arrhythmia. This significance is what justifies its knowledge and subsequent use by the university student, future biomedical professional.

This thesis addresses topics such as: anatomy and electrical activity of the heart, arrhythmias, types of monophasic and biphasic waveforms, maintenance management and safety regulations that govern defibrillators. The opinion survey method used was via the web to validate the fulfillment of the proposed reconstruction and educational purpose objectives, supported by a physical presentation of the product at UDELAS. The results of valuation showed a final average for students of 90% in learning and 100% for teaching purposes.

Keywords: Reconstruction, defibrillator, safety, arrhythmia, survey, educational.

CONTENIDO GENERAL

	Páginas
INTRODUCCIÓN	
CAPÍTULO I: MARCO REFERENCIAL DEL PROYECTO	11
1.1 Antecedentes teóricos del proyecto.....	11
1.2 Diagnóstico de la situación actual.....	15
1.3 Justificación.....	16
1.4 Objetivos.....	17
1.4.1 Objetivo General.....	17
1.4.2 Objetivos Específicos.....	17
1.5 Duración.....	18
1.6 Beneficiarios	18
1.7 Marco institucional del proyecto	19
CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	21
2.1 Fundamentación teórica.....	22
2.1.1 Anatomía y fisiología del corazón	22
2.1.2 Actividad eléctrica del corazón.....	23
2.1.3 Las Arritmias.....	24
2.1.3.1 Las Arritmias supraventriculares	25
2.1.3.2 Las Arritmias ventriculares	26
2.1.4 Principios de la desfibrilación.....	27
2.1.5 El desfibrilador	29
2.1.6 Tipos de desfibriladores	30
2.1.6.1 Desfibriladores externos.....	30
2.1.6.2 Desfibriladores internos	31
2.1.7 Secciones internas de un desfibrilador	32
2.1.8 Tipos de forma de onda utilizados.....	35
2.1.8.1 Ondas monofásicas.....	35

2.1.8.2 Ondas bifásicas.....	36
2.1.9 Normativas internacionales para equipos médicos.....	40
2.1.10 Gestión de mantenimientos preventivos y correctivos a desfibriladores ..	43
2.1.11 Equipos de medición utilizados para la medición	45
2.2 Propuesta de intervención... ..	47
2.2.1 Introducción.....	47
2.2.2 Justificación.....	47
2.2.3 Objetivos.....	47
2.2.4 La metodología.....	48
2.2.5 Desarrollo de la intervención	48
2.2.6 Equipamiento para la evaluación del proyecto	49
2.2.7 Recursos y presupuesto.....	50
2.3 Estructura organizativa y de gestión de proyecto... ..	51
2.4 Especificación operacional de las actividades y tareas a realizar.....	52
2.5 Productos... ..	54
2.6 Cronograma de impartición del proyecto... ..	61
2.7 Presupuesto	62
CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS	64
3.1 Elaboración del Prototipo.....	64
3.2 Pruebas de verificación y comprobación con medidores externos	74
3.3 Evaluación de prototipo mediante encuestas de opinión.....	80
CONCLUSIONES.....	115
LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	119
ANEXOS	125
ÍNDICE DE CUADROS	186
ÍNDICE DE FIGURAS.....	118
ÍNDICE DE GRÁFICAS	190

INTRODUCCIÓN

El monitor desfibrilador es un equipo médico muy utilizado en todas las unidades críticas hospitalarias, como lo son: las salas de Urgencias, salas de Cardiología, Cuidados Intensivos y de uso estandarizado en Ambulancias, de modo que cuando ocurra una emergencia que ponga en peligro la vida del paciente debido a un paro cardiorrespiratorio y necesitemos normalizar sus signos cardíacos como primera medida de auxilio para su atención médica, tengamos a nuestra disposición este valioso equipo.

Es importante para el médico, enfermera o técnico de salud de un hospital contar con un desfibrilador que esté en buenas condiciones físicas, operativo a toda su capacidad y seguro eléctricamente porque pueden verse afectados por la descarga tanto el operador como el paciente; éste último, puede empeorar severamente su condición clínica. Es por esta razón que, al fabricarse un desfibrilador, todos sus parámetros de diseño deben cumplir con las normas de funcionamiento y de seguridad eléctrica internacional y, posteriormente, depende del ingeniero biomédico conservarlo en buenas condiciones con test periódicos de funcionamiento y controles de calidad con equipos de medición externos cuando realiza los mantenimientos preventivos.

El siguiente trabajo consta de los siguientes capítulos:

En el capítulo I nos referiremos a los antecedentes del prototipo, ya sea similares o vinculados; justificaremos su importancia educativa y sanitaria haciendo énfasis en nuestro aporte para resolver la problemática planteada en este trabajo y, por último, la enmarcaremos institucionalmente en y para el desarrollo de los objetivos del trabajo de graduación.

En el capítulo II nos enfocaremos en dejar claro los principios y fundamentos teóricos, tanto de médicos como técnicos, haciendo énfasis en su funcionamiento e importancia. Detallaremos y dirigiremos nuestra propuesta de intervención hacia UDELAS, donde elaboraremos tablas y organigramas que describan la estructura organizativa del proyecto y las actividades a realizar para obtener los productos en el tiempo y presupuesto fijado.

En el capítulo III desarrollaremos todas las actividades mencionadas en el capítulo anterior y mostraremos, al final del proceso de elaboración, la evidencia física de los productos; valorizaremos lo hecho con encuestas a los usuarios, lo cual deberá estar acorde con los objetivos propuestos y se hará un análisis de los resultados para concluir y recomendar.

CAPÍTULO I

CAPÍTULO I: MARCO REFERENCIAL DEL PROYECTO

1.1 Antecedentes teóricos del proyecto

La pregunta de “quién inventó el desfibrilador” nos lleva, de hecho, hacia finales del siglo XVIII.

1775: Científicos utilizan las gallinas para demostrar que el corazón puede ser reanudado y detenido mediante la electricidad (Cordis integralis, 2019).

1849: En Alemania, Ludwig y Hoffa interpretan experimentos realizados anteriormente dando origen a la definición del término FV o sea Fibrilación Ventricular (Socorro S., 2012).

1875: J.L. Prevast y F. Batelli comprueban que la corriente eléctrica reanuda el ritmo cardíaco en los perros.

1925: William Konwenhoven practica la desfibrilación y RCP en las ratas (Cordis integralis, 2019).

1947: El cirujano cardíaco Claude Beck realiza la primera desfibrilación exitosa en “tórax abierto”, usando una pala interna en un muchacho de 14 años, se le aplicaron 2 descargas de 110 voltios de corriente alterna y de 1,5 amperios para resucitarlo (Socorro S., 2012).

1956: Zoll y otros investigadores lograron la primera desfibrilación exitosa en “tórax cerrado” en una persona, usando corriente alterna de 15 amperios a 710 voltios. Fue el primer fabricante en construir un desfibrilador externo.

1960: Lown, en su trabajo, demuestra la ventaja y seguridad de la DC sobre AC para desfibrilar (Socorro S., 2012).

1965: Frank Partridge inventa el primer desfibrilador portátil del mundo. El equipo pesaba 70 Kg, trabajaba con una batería de un automóvil para ser utilizada en una ambulancia (Cordis integralis, 2019).

Se señala que, a lo largo de los años 70, se van incorporando nuevas tecnologías en los desfibriladores, como el monitor de ECG (1972), la impresión del ECG (1974) y colocación de electrodos de 12 derivaciones (1979). Posteriormente, se introducen la medida de la impedancia durante la descarga (1980) y antes de la descarga (1982), la adición del marcapasos externo (1985) y la incorporación de órdenes verbales (1989). Finalmente, la FDA aprueba en 1995 los DEA ligeros, para al año siguiente autorizar los primeros DEA bifásicos. (Socorro S., 2012)

De esta manera han ido evolucionando hasta llegar a equipos sofisticados como los desfibriladores automáticos implantables DAI, que reúnen las funciones de un dispositivo anti bradicardia (marcapasos) y anti taquicardia, incluyendo la de un desfibrilador.

En su evolución histórica se ha ido compactando el equipo y mejorando sus características de desfibrilación con avanzados programas pero, en lo básico no ha cambiado el uso de dos electrodos para descargas de corriente directa al corazón y su propósito de salvar vidas.

Veamos algunos proyectos afines.

En el proyecto “Un desfibrilador bifásico cubano: Características fundamentales”, los autores realizaron el diseño y construcción de un prototipo de desfibrilador hasta producir un equipo terminado para prestar un servicio en una institución de salud con elevada seguridad, lleva un proceso largo de pruebas y ensayos como el caso del desfibrilador externo bifásico cubano dirigido al tratamiento del paro cardiaco por fibrilación ventricular como lo expresa (Folgueras J. , y otros, 2003).

Posteriormente en el trabajo “Tratamiento de los riesgos en un desfibrilador– Monitor bifásico” los autores realizan un conjunto de medidas para disminuir y

eliminar los posibles riesgos para el paciente, al operador del equipo o para el entorno, se hicieron ensayos para comprobar la seguridad y repetibilidad; luego, pruebas de uso en pacientes con arritmia que requieran una descarga eléctrica para evaluar aspecto de seguridad, operación y funcionamiento; producir minuciosamente una documentación de usuario o de operador para verificar para las medidas de seguridad y evitar riesgos por la mala operación del equipo; y por último más ensayos de posibles efectos adversos para detectar y corregir en la fábrica el producto serial terminado, ya que es la total responsabilidad del fabricante velar por la ausencia de riesgos de seguridad en el equipo médico (Folgueras J. , y otros, 2005).

En el trabajo de “El diseño de un desfibrilador: una actividad de modelización matemática para la formación de ingenieros”, el autor, que es un docente, reconoció que era necesario identificar y adaptar un modelo matemático en el diseño de una actividad que permitiera vincular las Ecuaciones Diferenciales con una aplicación en ingeniería y, dar así, sentido a su enseñanza; sus estudiantes diseñaron e implementaron un “Desfibrilador de bajo costo” , que implicaba reconocer un circuito RC como elemento clave en la arquitectura del desfibrilador, investigaron los estudiantes más sobre los cálculos que intervienen en el diseño de su circuito y profundizaron su comprensión sobre el comportamiento de dicho circuito. Constituye un dispositivo didáctico para que la modelización matemática, cercana a las cuestiones de la práctica profesional, tenga lugar en el aula, segúnafirma, (Silva V, 2017).

En el siguiente proyecto “Prototipo de desfibrilador” los autores afirman que, el objetivo de este estudio es realizar un montaje de circuitos eléctricos de las fases de carga y descarga de un desfibrilador. El tipo de investigación es exploratorio, se realiza un equipo de manejo útil para la salud, con base en la literatura; se construye y se desarrolla un prototipo en el que se presenta su funcionamiento y elaboración. Este estudio produjo los resultados esperados del manejo del

desfibrilador. El estudio logró la construcción y funcionamiento de un desfibrilador útil en los procesos de enseñanza en el cual se implementaron, tanto los planos como el funcionamiento del equipo para uso institucional (Vizcaíno, y otros, 2016). Veamos otro prototipo “Diseño de un desfibrilador externo semiautomático”, de bajo costo, basado en el popular Arduino y que tiene como uno de sus objetivos desarrollar un prototipo compuesto por diferentes módulos electrónicos, diseñando su diagrama esquemático y verificando satisfactoriamente su correcto funcionamiento. Dejan como experiencia final al autor una comprensión más clara de lo que es paro cardiorrespiratorio y del funcionamiento del corazón, profundización de la importancia de un desfibrilador para salvar vidas en nuestra sociedad, pudiendo el autor combinar los conocimientos aprendidos durante la carrera, en el ámbito de Electrónica, Circuitos y Electromedicina, Fisiología y Anatomía, y que el fruto de este trabajo realizado pueda servir como semilla para el diseño de un dispositivo que mejore la vida de alguna persona, como así concluye (Sánchez M, 2018).

En este trabajo “Métodos para la calibración de desfibriladores: una revisión”, se propone un método que podría ser considerado por las instituciones de salud y laboratorios de metrología con el objetivo de disminuir la incertidumbre del proceso de calibración de los desfibriladores. Se fundamentan en las recomendaciones de los fabricantes del equipo biomédico para que los equipos médicos operen dentro de los límites de calidad establecidos por la fábrica para las magnitudes fisiológicas asociadas a los dispositivos, brindando confianza al personal médico cuando realizan el diagnóstico, en la intervención y en el tratamiento de los pacientes. Con esta experiencia se resalta que uno de los equipos biomédicos que necesitan ser verificados secuencialmente es el desfibrilador, según afirma (Ruiz & Delgadillo A, 2020).

1.2 Diagnóstico de la situación actual

La escuela de Biomédica de la Facultad de Biociencias y Salud Pública de la Universidad Especializada de las Américas (UDELAS) cuenta con pocos equipos de grado médico necesarios para que los docentes implementen laboratorios, talleres o experimentos a los estudiantes de niveles superiores que pongan en práctica sus conocimientos aprendidos y destrezas, los cuales serán útiles cuando se enfrenten a un ambiente laboral.

Es comprensible que las universidades tengan que priorizar sus inversiones presupuestarias donde más se necesiten como en renglones de construcción y mantenimiento de infraestructuras, equipamiento computacional y mobiliarios, en plataformas tecnológicas, equipos audiovisuales y sistema WIFI, entre otros, pero, en tiempos de crisis como el actual, hay menos inversión en equipos médicos para la docencia que incluyan los recientes avances tecnológicos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2017), afirma que: “en 2015 murieron 17,7 millones de personas por enfermedades cardiovasculares en el mundo, de estas muertes, 7,4 millones se debieron a la cardiopatía coronaria”.

Se señala que, en Panamá, puntualmente, el infarto agudo de miocardio se encuentra dentro de las primeras causas de muerte a nivel nacional. Para el año 2017, el infarto agudo de miocardio fue la causa de muerte de 1623 panameños según datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística y Censo de la Contraloría General de la República de Panamá (Romero, 2019).

En el Hospital Rafael Hernández de la Caja del Seguro Social (C.S.S.), en la provincia de Chiriquí, se reconoce la importancia de contar con desfibriladores para estas emergencias y se ha invertido, en estos últimos seis años, la suma de 378.709 balboas. No se repara en los costos de estos desfibriladores sino en los

beneficios, algunos cuentan con avanzadas tecnologías. Estos equipos comprados se suman a los ya existentes puesto que el departamento de Biomédica tiene que realizarles mantenimientos preventivos o correctivos, como vemos en el Cuadro N°1.

Cuadro N°1. Compra de desfibriladores realizada por el Hospital en los últimos seis años.

Año	Cantidad	Costo (B/.)
2016	10	149.914
2017	0	0.0
2018	4	26.790
2019	45	202.005
2020	0	0.0
2021	0	0.0
Total	59	378.709

Fuente: (C.S.S., Hospital Rafael Hernández, 2016-2021)

En el cuadro N°1 se describe la cantidad y el costo de la compra de desfibriladores comprendidas entre los años 2016 y 2021.

1.3 Justificación

El Desfibrilador es un equipo médico que tiene por sí solo un valor intrínseco dentro una unidad crítica, su función primordial es salvar vidas en peligro con la aplicación de una descarga eléctrica sobre el miocardio a través del tórax, para restablecer el ritmo cardiaco. Por lo tanto, es uno de los primeros equipos en el que el ingeniero biomédico empezará a entrar en contacto dentro de su lugar de trabajo de salud para realizar diagnósticos de fallas, reparación de daños o implementar un mantenimiento preventivo pero, ante todo, deberá familiarizarse con el tema, conocer cómo funcionan internamente los componentes electrónicos del equipo, manejar sus parámetros técnicos básicos, comprender un poco la

teoría anatómica y fisiológica del corazón involucrada en una desfibrilación, de manera que brinde un mejor servicio al equipo sin consecuencias dañinas para el operador, ni tampoco para el paciente.

Con la implementación de este prototipo orientado a la educación dentro de un Centro Universitario como UDELAS, el estudiante, futuro ingeniero, tendrá una experiencia más realista cuando se trabaja con un equipo biomédico al realizar prácticas o experimentos para aplicar la teoría impartida en clase.

Por estas razones mencionadas, ofrecemos nuestro aporte con la donación de un equipo funcional como producto final de nuestro trabajo de graduación; equipo del que no hay otro igual dentro de los activos de la universidad para llenar un poco ese vacío tecnológico del que estamos hablando.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Reconstruir un prototipo basado en un monitor desfibrilador que sea funcional y cumpla con las normas de seguridad para fines educativos.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Explicar el funcionamiento del corazón con las arritmias asociadas y los fundamentos teóricos del desfibrilador para comprender su uso e importancia en la medicina.
- Ensamblar un prototipo en una cubierta acrílica a partir de componentes de un equipo incompleto y dañado, para facilitar la identificación de componentes electrónicos y la realización de pruebas controladas de carga/descarga de energía.

- Confeccionar un manual de operación/servicio del desfibrilador que detalle la funcionalidad y la seguridad para uso de los estudiantes.
- Efectuar pruebas de servicio y de comprobación al prototipo con medidores externos para identificar posibles fallas internas y de sus accesorios.
- Entregar un equipo de seguridad eléctrica en buenas condiciones como un complemento del prototipo para verificaciones de corrientes de fuga.
- Demostrar que los equipos suministrados, el desfibrilador y el equipo de seguridad eléctrica son recursos didácticos tecnológicos a disposición del docente para promover un aprendizaje en el alumno.
- Determinar mediante encuestas de opinión que los equipos suministrados tienen aceptación para fines educativos.

1.5 Duración

La duración del proyecto es aproximadamente de 8 meses, abarca desde el mes de marzo al mes de octubre del 2021 y cumple con todos los objetivos propuestos en el cronograma de actividades por realizar.

1.6 Beneficiarios

Los beneficiarios principales o directos de este proyecto serán los estudiantes de licenciatura y técnicos de la carrera de Biomédica de UDELAS, que son aproximadamente 240 estudiantes, más específicamente los estudiantes de los últimos años, que estarán realizando prácticas profesionales en diferentes centros hospitalarios. Contarán con un equipo médico completo que reúne las mismas características y especificaciones técnicas igual que los adquiridos en compras que realizan para sus propias unidades críticas la Caja del Seguro Social (C.S.S) y el Ministerio de Salud (MINSA). Los estudiantes tendrán la oportunidad de

familiarizarse tanto con las partes electrónicas como las operativas de los equipos, con mucha profundidad, e implementando correctamente los mantenimientos correctivos y preventivos según un manual de servicio que proporcionaremos.

Los beneficiarios indirectos son estudiantes de otras carreras de licenciaturas como Enfermería y Urgencias Médicas cuando les correspondan estos temas médicos dentro de sus respectivas asignaturas como apoyo demostrativo, tanto práctico como visual, y los profesores de la cátedra de Biomédica de diferentes niveles que podrán contar con otro equipo médico para fines educativos, muy diferente a los que tienen actualmente dentro de sus inventarios, para realizar investigaciones afines, prácticas y diseñar experimentos controlados.

1.7 Marco institucional del proyecto

Nuestro compromiso y acciones a desarrollar dentro de este proyecto estarán dirigidos a UDELAS, para dotarla de un equipo funcional destinado a la enseñanza académica como parte del producto final de nuestro trabajo de graduación. El prototipo desfibrilador será entregado y probado en las instalaciones del laboratorio de la carrera de Ingeniería Biomédica de la escuela de Biociencias perteneciente a la Facultad de Biociencias y Salud Pública.

Y es que nuestro prototipo se ajusta al objetivo de UDELAS que es formar integralmente a los estudiantes como “profesionales capaces de acometer con eficiencia los retos de un mundo cada día más cambiante, fundamentándose para ello, en el avance del conocimiento, la tecnología y las didácticas educativas” (UDELAS, 2021).

La Universidad Especializada de las Américas (UDELAS), es una institución panameña de educación superior, de origen Estatal, fundada en 1997. Tiene

como Misión: “Desarrollar, promover, coordinar, formar y ejecutar las actividades relacionadas con los procesos de investigación en la comunidad universitaria, entre los docentes, administrativos y estudiantes” (UDELAS, 2021).

Y como Visión: “Fomentar la cultura de la investigación con conciencia crítica ante el mundo globalizado en que vivimos, con espíritu emprendedor e innovador, que contribuyan al desarrollo de una sociedad de valores y equidad social” (UDELAS,2021).

También contaremos con el apoyo del departamento de Biomédica del Hospital Rafael Hernández para usar los equipos de medición y analizadores solamente en el área del taller, y comprobar que todos los parámetros son los correctos y es funcional, de la misma manera que los biomédicos realizan sus comprobaciones con los equipos médicos.

Tiene como Visión: “Ser la institución líder de la seguridad social panameña, comprometida con una atención de calidad, transparente, sostenible y solidaria a los asegurados” (Caja del Seguro Social [CSS], 2021).

Tiene como Misión: “Proveer servicios de salud y prestaciones económicas eficientes, oportunas, seguras y de calidad, con recurso humano altamente calificado y comprometido, que garanticen la protección y seguridad social a los asegurados con transparencia y rendición de cuenta” (Caja del Seguro Social [CSS], 2021).

CAPITULO II

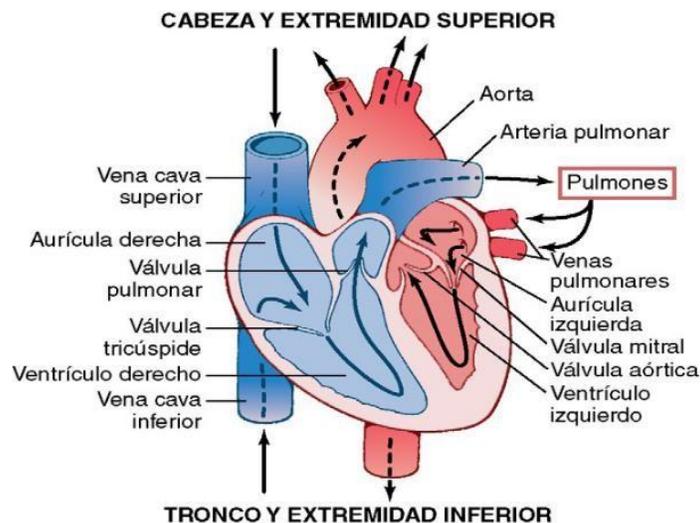
CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 Fundamentación teórica

2.1.1 Anatomía y fisiología del corazón

Se señala que, el corazón pesa entre 7 y 15 onzas (200 a 425 gramos) y es un poco más grande que una mano cerrada. Al final de una vida larga, el corazón de una persona puede haber latido (es decir, dilatado y contraído) más de 3.500 millones de veces. Cada día, el corazón late, en promedio 100.000 veces, bombeando aproximadamente 2.000 galones (7.571 litros) de sangre (Texas Heart Institute, s.f.).

Figura N°1. Circulación sanguínea del corazón



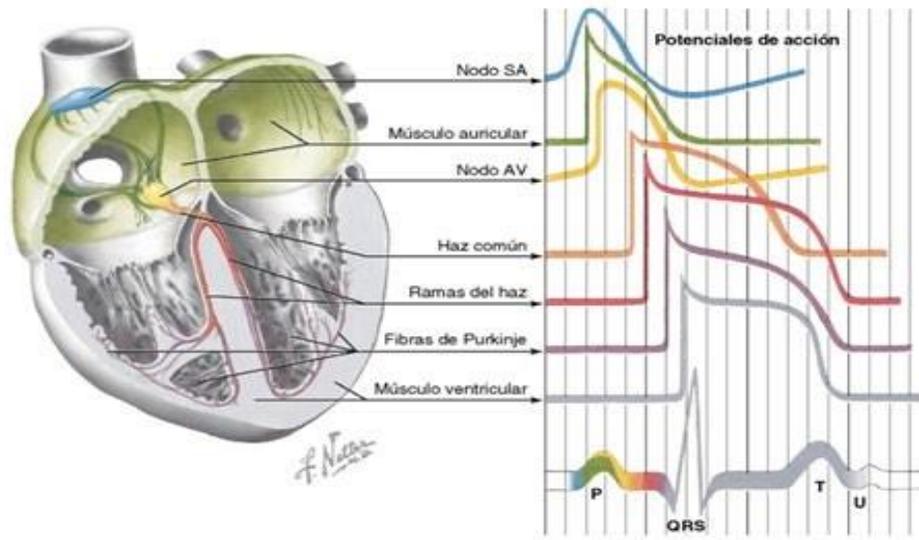
Fuente: (Hall & Guyton, 2011)

En la Figura N°1 se aprecia la circulación de la sangre a través las diferentes cavidades del corazón.

2.1.2 Actividad Eléctrica del Corazón

La señal eléctrica que inicia el proceso de latidos se genera de manera espontánea y en forma rítmica en el nodo sino-atrial (SA) que es el marcapaso del corazón y continua con el nodo atrio-ventricular (AV), Figura N°2. Normalmente, los impulsos cardiacos o potenciales de acción (PA) solo pueden pasar de los atrios hacia los ventrículos, a través de estructuras del sistema de excitación conducción, constituido por: nodo sinoatrial, vías atriales internodales, nodo atrioventricular, haz de His y sus ramas, así como por la arborización o red de Purkinje (Barco Lima, Pedroso, García, Navarro, & León, 2018).

Figura N°2. Potenciales de acción en diversas zonas del corazón para generar una onda ECG



Fuente: (Mulroney & Myers, 2011)

En la Figura N°2, se visualiza que la suma de todos los potenciales de acción en las distintas zonas origina una onda QRS en el corazón.

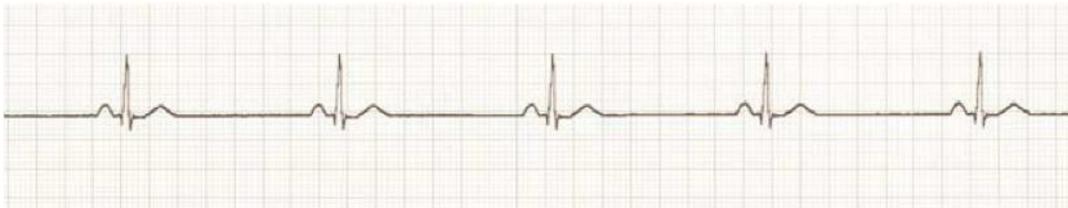
Todos los impulsos nerviosos se propagan a través del corazón, generando corrientes eléctricas que pueden ser detectadas desde la superficie corporal

mediante los electrodos de un Electrocardiógrafo, que imprime un registro llamado electrocardiograma (ECG o EKG). La frecuencia cardíaca promedio es aproximadamente 50 a 80 latido por minuto (lpm). En la generación de un ECG, una onda P es causada por la despolarización auricular, un complejo QRS es la representación de la despolarización ventricular y una onda T representa la repolarización ventricular (Sánchez M, 2018).

2.1.3 La Arritmia

Sucede cuando la frecuencia cardíaca o el ritmo de los latidos del corazón, no es el correcto. Si la frecuencia cardíaca es muy baja de menos de 60 latidos por minuto ocurre la bradicardia y si la frecuencia cardíaca es muy elevada de más de 100 latidos por minuto, ocurre la taquicardia. La mayoría de las arritmias son inofensivas, pero algunas pueden graves e incluso poner en peligro la vida.

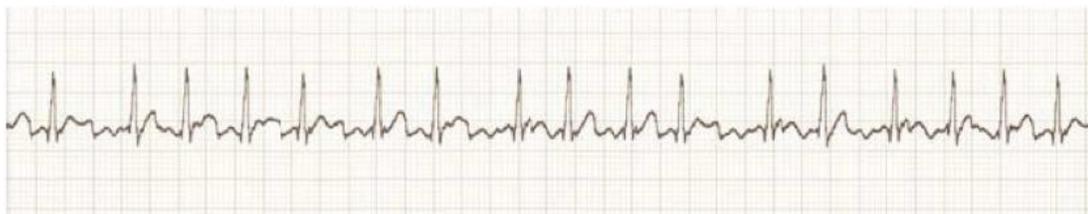
Figura N°3. Bradicardia



Fuente: (Mateo, Cardeñosa, & Raja, 2002)

En la figura N°3 se muestra un registro ECG en papel de una arritmia con bradicardia, de menos de 60 latidos por minuto.

Figura N°4. Taquicardia



Fuente: (Mateo, Cardeñosa, & Raja, 2002)

En la figura N°4, se muestra un registro ECG en papel de una arritmia con taquicardia de más de 100 latidos por minuto.

Las arritmias generalmente se dividen en dos categorías: Arritmias supraventriculares y arritmias ventriculares.

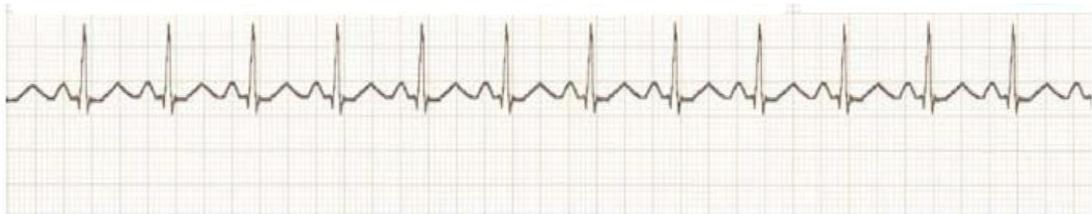
2.1.3.1 Las Arritmias supraventriculares

Se originan por encima en las aurículas o en el nódulo auriculoventricular. Se destacan:

- Fibrilación auricular

Es una contracción muy rápida e irregular de las aurículas, dando como resultado que las aurículas no pueden bombear sangre a los ventrículos de manera adecuada (Sánchez M, 2018)

Figura N°5. Fibrilación auricular



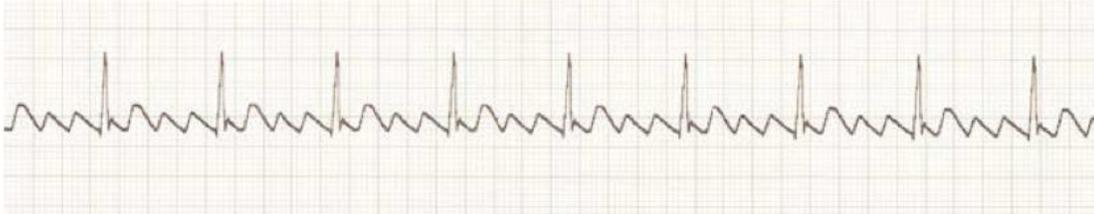
Fuente: (Mateo, Cardeñosa, & Raja, 2002)

En la figura N°5 se aprecia la impresión ECG en papel de la arritmia supraventricular de fibrilación auricular.

- Aleteo auricular:

Se parece a la fibrilación auricular, los impulsos eléctricos se diseminan por las aurículas a un ritmo rápido y uniforme en vez de hacerlo a un ritmo irregular (Sánchez M, 2018).

Figura N°6. Aleteo auricular



Fuente: (Mateo, Cardeñosa, & Raja, 2002)

En la Figura N°6, se aprecia la impresión ECG en papel de la arritmia supraventricular aleteo auricular.

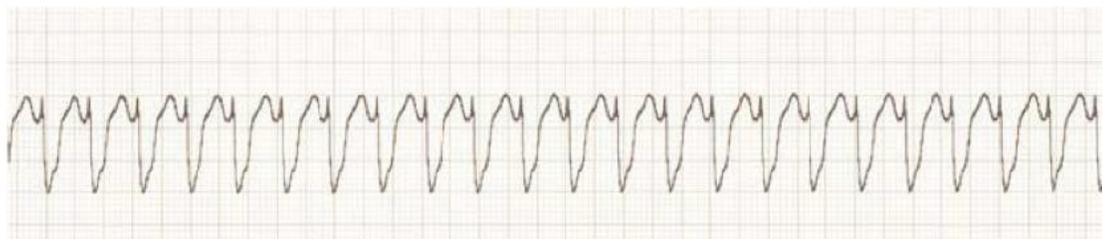
2.1.3.2 Las Arritmias ventriculares

Se originan por encima de las cavidades inferiores del corazón y pueden ser muy peligrosas que requieran de atención médica inmediata. Se destacan:

- Taquicardia ventricular, TV

Es una afección en la que el nódulo SA ya no controla el latido de los ventrículos, sino que otras zonas, a lo largo de la vía de conducción eléctrica inferior, asumen la función de marcapasos. Se aceleran los latidos del corazón y el paciente siente palpitaciones produciendo una extrema falta de aliento, mareos o desmayo (síncope) y se puede transformar en arritmias más graves como la fibrilación ventricular (Texas Heart Intitute, s.f.).

Figura N°7. Taquicardia ventricular



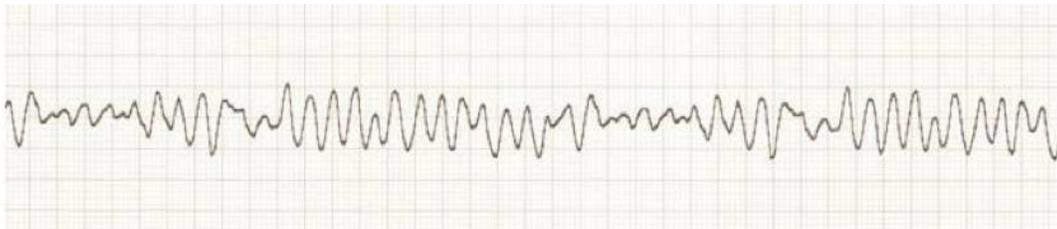
Fuente: (Mateo, Cardeñosa, & Raja, 2002)

En la Figura N°7, se aprecia la impresión ECG en papel de taquicardia ventricular.

- La Fibrilación ventricular, FV

La arritmia más grave es la fibrilación ventricular, que son latidos irregulares no controlados. En lugar de tener una sola pulsación a destiempo de los ventrículos, es posible que varios impulsos se originen al mismo tiempo en diferentes lugares, todos ellos estimulando al corazón para que lata. Este latido caótico puede alcanzar los 300 latidos por minuto, ocasiona que se bombee muy poca sangre desde el corazón al cerebro y al cuerpo, pudiendo provocar desmayos y que en pocos minutos se tenga un paro cardiaco. Se necesita atención médica de inmediato con reanimación cardiorrespiratoria o el uso de un desfibrilador. Esta arritmia causa alrededor de 220,000 muertes por ataques cardiacos cada año (Texas Heart Intitute, s.f.).

Figura N°8. Fibrilación ventricular



Fuente: (Mateo, Cardeñosa, & Raja, 2002)

En la figura N°8, se aprecia la impresión ECG en papel de fibrilación ventricular.

La combinación de ambos fenómenos, parada respiratoria debido a que deja de latir el corazón, y que automáticamente cesen todas actividades fisiológicas del corazón, incluyendo los pulmones, se denomina parada cardiorrespiratoria (RCP) (Sánchez M, 2018).

2.1.4 Principios de la desfibrilación

La desfibrilación es un procedimiento terapéutico en el cual se da una descarga eléctrica de corriente continua al corazón, en el cual todas las células musculares

se contraen simultáneamente, despolarizando temporalmente una masa crítica de células y con ello finaliza las arritmias FV o TV, luego de lo cual debe reiniciarse la actividad cardiaca eléctrica normal. El procedimiento puede hacerse mediante dispositivos con electrodos de ubicación externa o interna.

La desfibrilación del corazón requiere la exposición de la mayor parte del miocardio a un campo eléctrico (o gradiente de potencial) pulsado, pero la energía que suministra un desfibrilador ha de ser la mínima necesaria para terminar una FV. Si la energía y la corriente son muy bajas, la descarga no acaba con la arritmia y si la energía y la corriente son muy altas se daña más el miocardio innecesariamente. Para una desfibrilación eficaz debe haber la ausencia de arritmias en todas las áreas miocárdicas durante los 3 a 5 segundos que siguen a la administración del choque, de haber algún remanente de actividad eléctrica se produciría otra fibrilación ventricular (Barco Lima, Pedroso, García, Navarro, & León, 2018).

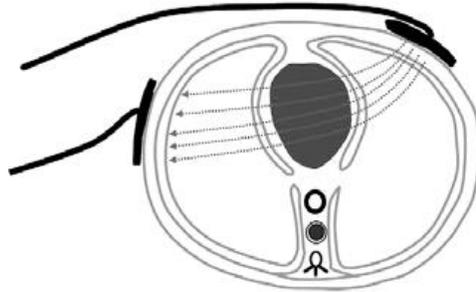
La descarga repentina que el corazón recibe se trata básicamente de una corriente de electrones, que se mide en amperios (A); el voltaje es la fuerza o potencial que mueve la corriente, es medido en voltios (V); siempre existe una resistencia al flujo de los electrones, el cual es denominado impedancia (Ω); la carga (q) es la cantidad de electrones por tiempo (s), se expresa en culombio (C); mientras la energía (unidad de medida para seleccionar la descarga) es el voltaje por la carga y se mide en julios o Joules (J), (Barco Lima, Pedroso, García, Navarro, & León, 2018).

$$\text{Energía} = \text{Voltios} \times \text{Culombios} = \text{Joules (J)}$$

- Resistencia transtorácica

Se define como la resistencia al paso de la corriente a través del tórax entre un electrodo colocado en el ventrículo derecho y el generador de un desfibrilador externo, colocado en la región subclavicular, sus valores normales oscilan entre 70-80 ohmios (Benhayon, 2014).

Figura N°9. Paso de la corriente a través del tórax y el corazón



Fuente: (Arjona M., Burgos M., & Dávila B.)

En la Figura N°9, se muestra la oposición al paso de la corriente por el tórax del paciente al aplicar los electrodos del desfibrilador cuando ocurre una desfibrilación.

Es uno de los parámetros que condiciona la intensidad y la forma de la señal empleadas en la desfibrilación externa de un paciente, ya que se puede entregar menos energía que la necesaria. Para realizar la medición de impedancia se reportan dos métodos:

- La medición previa a la descarga, mediante los mismos electrodos a través de los cuales se aplica la descarga al paciente: metálicos (paddles) o electrodos autoadhesivos desechables (pads) que vienen con un gel.
- La medición durante los primeros instantes de tiempo después de iniciada la descarga utilizándose onda rectangulares o sinusoidales para obtener el valor de la impedancia (Portela & Folgueras , 2021).

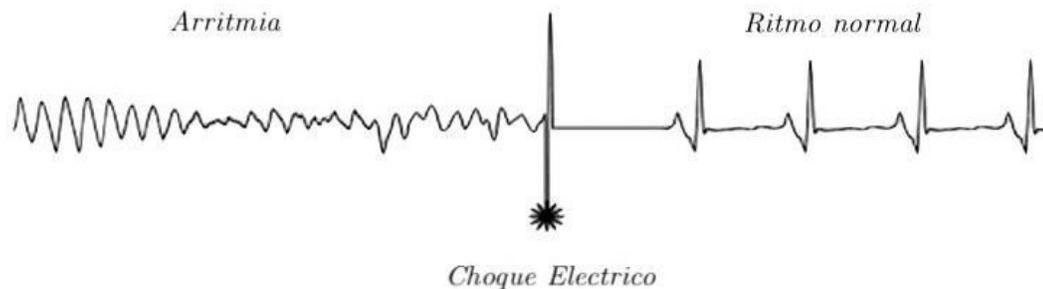
2.1.5 El Desfibrilador

Es un equipo biomédico utilizado en las unidades críticas hospitalarias y sitios públicos para restablecer el ritmo cardíaco mediante uno o varias descargas eléctricas (choques eléctricos) a un paciente que ha sufrido una parada cardiorrespiratoria a través de paletas o electrodos colocados en el tórax del

paciente (desfibrilador externo) o colocados directamente sobre el corazón (desfibrilador interno).

Este equipo lo encontraremos generalmente encima de un carro de paro adentro de las unidades críticas, conectado siempre a la corriente eléctrica AC y con todos sus accesorios puestos, como lo son: el juego de paletas de desfibrilar, el básico cable de paciente de ECG y los modelos más recientes con su sensor de oximetría para la medición del porcentaje de oxígeno.

Figura N°10. Efecto de la desfibrilación sobre el ritmo cardiaco



Fuente: (Sánchez M, 2018)

En la figura N°10, se puede ver claramente, el momento justo cuando es aplicado el choque eléctrico a un paciente para revertir una arritmia a un ritmo cardiaco normal. Si este choque eléctrico es aplicado para un cuadro de fibrilación ventricular se le denomina “desfibrilación”, y si se emplea para el tratamiento de alguna otra arritmia como la fibrilación auricular, aleteo auricular o la taquicardia ventricular, ya mencionadas anteriormente, se le llama entonces “cardioversión”.

2.1.6 Tipos de desfibriladores

Se distinguen principalmente en dos categorías: externos e internos.

2.1.6.1 Desfibriladores externos:

Se clasifican por la descarga y tipo de usuario.

Por la descarga:

- Monofásicos: Se caracterizan por tener una sola corriente de descarga con tres choques de 200, 300 y 360 julios en una sola dirección.
- Bifásicos: Son más avanzados puesto que tienen una corriente doble, cambia de polaridad durante el choque y causan menos daño al miocárdico. Se les considera más eficaces y consumen menos energía. (promedco, 2021)

Tipo de usuario:

- Desfibriladores manuales: Utilizados únicamente por personal sanitario especializado ya que posee funciones que son difíciles de comprender para personas que no tengan la formación debida.
- Desfibriladores automáticos: Llamados por sus siglas DEA (Desfibrilador Externo Automático), analiza el ritmo cardíaco, detecta la arritmia y notifica a la persona ofreciendo los primeros auxilios si la víctima necesita una descarga y la proporciona automáticamente, sin la necesidad que el operador toque físicamente al paciente. (promedco, 2021)
- Desfibriladores semiautomáticos (DESA): Son los equipos más usados en aeropuertos, colegios, lugares de gran aforo y en los hospitales de nuestro país, no necesitan demasiado entrenamiento previo para su utilización por parte del personal médico. El aparato va indicando los pasos a seguir mediante instrucciones sonoras y visuales (promedco, 2021).

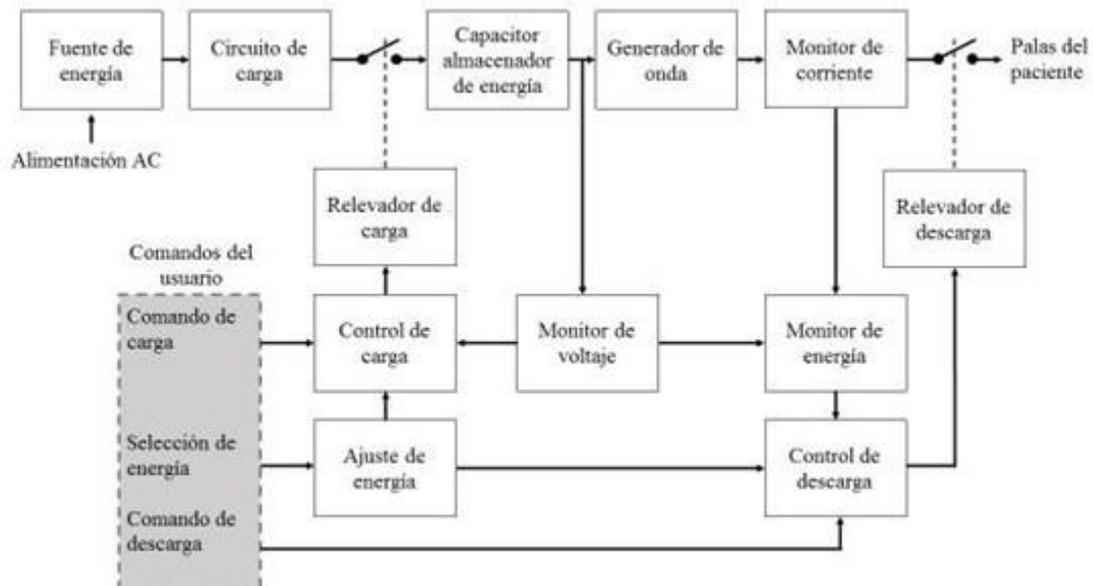
2.1.6.2 Desfibriladores internos

- Desfibrilador automático implantable (DAI)
Funcionan de la misma forma que los automáticos, pero se insertan sobre el propio corazón del paciente, son similares a un marcapasos. Existen tres tipos de desfibriladores internos: monocameral, bicameral y tricameral,

los cuales determinan en cuántas cámaras del corazón trabajan. Se configuran para descargar en modo cardioversión y/o desfibrilación (promedco, 2021).

2.1.7 Secciones internas de un desfibrilador

Figura N°11. Diagrama en secciones de un desfibrilador básico



Fuente: (Rodríguez & Reyes, 2015)

En la figura N°11 se detalla un diagrama en secciones de un desfibrilador básico con los comandos principales del usuario y los circuitos electrónicos internos.

Cuando elegimos un nivel de energía (Joules) y luego apretamos a continuación el botón de carga del desfibrilador, el circuito de control de carga activa el relé de carga para almacenar el voltaje en el capacitor mientras este es continuamente supervisado.

Utilizando la ecuación: $E = \frac{1}{2} CV^2$

Donde, E = energía en Joules, J

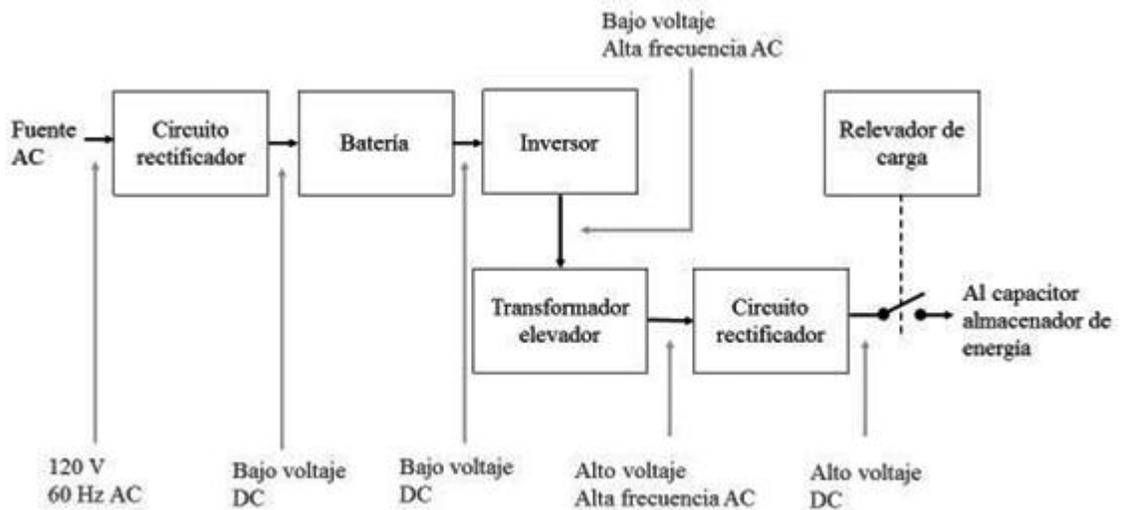
C = capacitancia en Faradios, F

V = voltaje del capacitor, voltios

Fuente: (Rodríguez & Reyes, 2015)

Cuando el voltaje en el capacitor alcanza el valor de energía elegido, el relé de carga se desactiva para completar la secuencia de carga. El relé de descarga se desactiva cuando el usuario aprieta los botones de descarga en las palas del desfibrilador. Esta energía almacenada en el capacitor será entregada en el momento de la desfibrilación al tórax del paciente por medio del bloque del circuito generador de onda. La energía entregada al paciente es fijada por los monitores de voltaje y corriente ($E_d = V \times I \times t$) cuando la energía total entregada ha llegado al nivel seleccionado por el usuario, el relé de descarga es desactivado. La mayoría de los desfibriladores son portátiles y usan una batería recargable como fuente primordial del suministro de alimentación (Rodríguez & Reyes, 2015).

Figura N°12. Diagrama en secciones de los circuitos de suministro de energía



Fuente: (Rodríguez & Reyes, 2015)

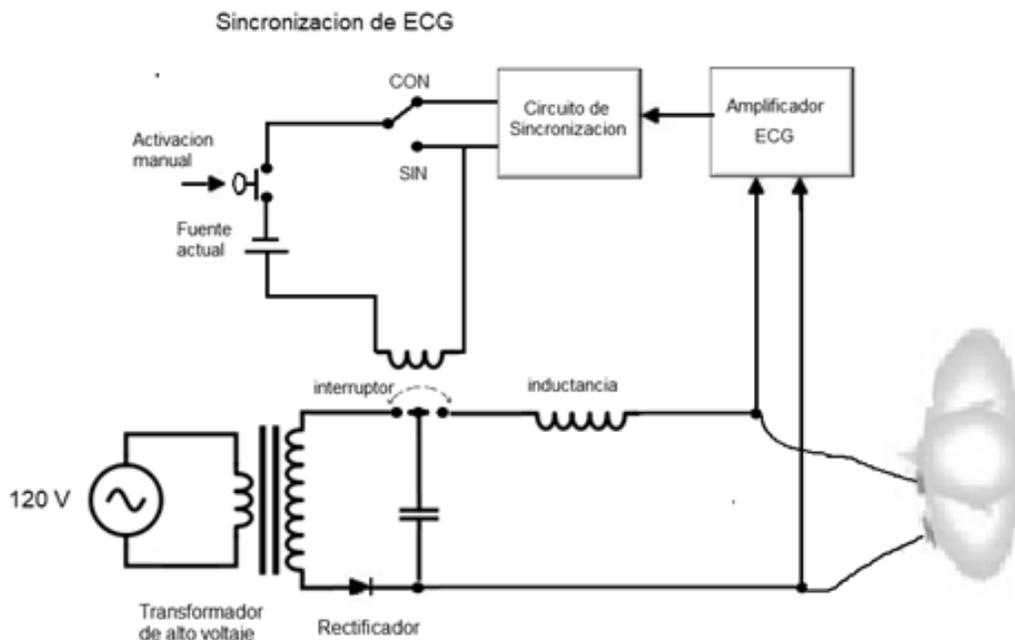
En la figura N°12, se muestra toda la secuencia del suministro de energía hasta finalizar en el almacenamiento de la energía en el capacitor.

A lo largo de fase de carga, la corriente DC de bajo voltaje de la batería es primero transformada a corriente AC de alta frecuencia por un circuito inversor, esta

corriente AC es ahora escalonada a un mayor voltaje (por ejemplo, 7000 V) y es rectificadora para activar el capacitor (Rodríguez & Reyes, 2015).

En el modo cardioversión la ventana de descarga segura es inmediatamente después del complejo QRS y antes de la onda T. Dentro del circuito de sincronización encontramos un detector de onda R y un circuito de retraso para sincronizar la descarga en el momento exacto, ocurriendo la descarga en aproximadamente 30ms después de la detección de la onda R.

Figura N°13. Esquema simplificado de un desfibrilador en modo cardioversión



Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En la figura N°13, se muestra un esquema en bloques simplificado de los circuitos del desfibrilador donde el usuario puede habilitar opcionalmente el modo cardioversión para desfibrilar a un paciente no tan grave.

Cabe destacar que la energía almacenada en el capacitor dentro del desfibrilador difiere de la energía liberada al paciente durante la descarga, parte de ella se pierde en calor en el circuito y también por variaciones en la impedancia del paciente. Motivo por el cual, muchos desfibriladores indican en la pantalla

“Energía disponible”, la cual es la cantidad de energía que será liberada al paciente cuya impedancia es 50Ω y luego indican la energía liberada (Rodríguez& Reyes, 2015).

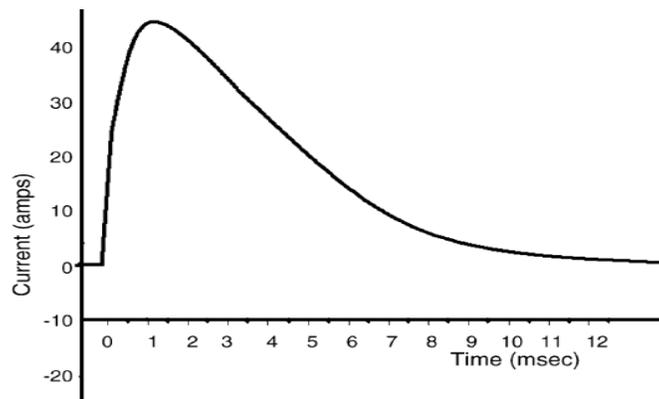
2.1.8 Tipos de forma de onda utilizados

La forma de onda de desfibrilación externa optima es aquella que produce la máxima probabilidad de restauración del ritmo cardíaco sinusal, con la mínima energía posible. La eficacia de la descarga depende de varios parámetros como son la amplitud de corriente pico, corriente media, duración de fase, energía entregada, retraso, forma de onda y flujo de corriente de fase.

2.1.8.1 Ondas monofásicas

Desde la época de los años sesenta hasta nuestros días se ha empleado. Requieren un alto nivel de energía hasta 360J con un alto pico de voltaje suministrado alrededor de 5000V.

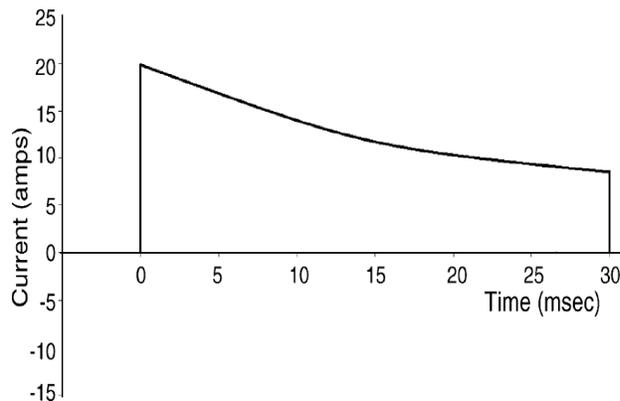
Figura N°14. Onda monofásica amortiguada sinusoidal



Fuente: (Carranza, 2013)

La figura N°14 muestra una onda monofásica amortiguada sinusoidal (MDS, por sus siglas en inglés) en el que el flujo de corriente vuelve a cero gradualmente.

Figura N°15. Onda monofásica truncada exponencial



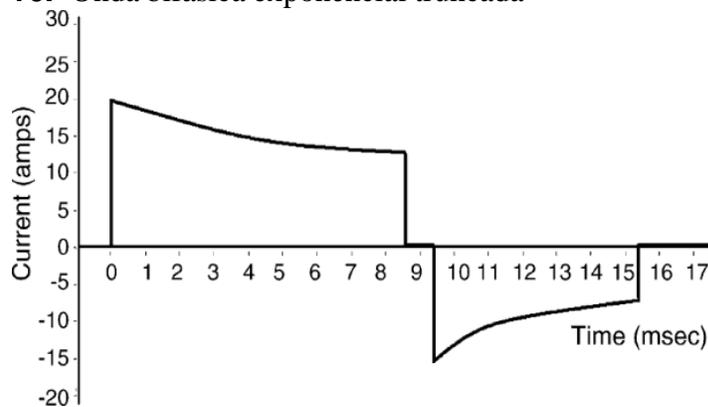
Fuente: (Carranza, 2013)

La figura N°15 muestra una onda monofásica truncada exponencial (MTE) en el que es terminada electrónicamente antes de que el flujo de corriente alcance el cero (Carranza, 2013).

2.1.8.2 Ondas bifásicas

Las formas de onda bifásicas son las más utilizadas desde los últimos diez años.

Figura N°16. Onda bifásica exponencial truncada

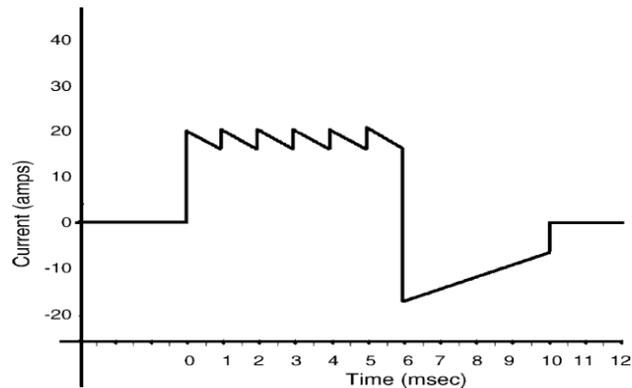


Fuente: (Carranza, 2013)

La figura N°16 muestra una onda bifásica exponencial truncada (BTE, por sus siglas en inglés), ésta es el tipo de forma de onda bifásica más difundida que primero empezó a usarse por su eficacia y sencillez, normalmente usa

compensación por tiempo o por amplitud y tiempo para mantener el nivel de energía entregada para distintas impedancias de paciente.

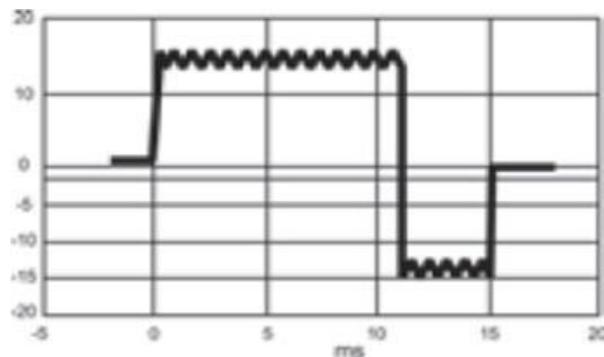
Figura N°17 Onda bifásica exponencial rectilínea



Fuente: (Carranza, 2013)

La figura N°17, muestra una onda bifásica exponencial rectilínea que básicamente, del fabricante Zoll, limita la corriente de la primera fase a una ventana de valor máximo y mínimo y propone una duración fija para ambas fases. La energía máxima de estos equipos es de 200J (Carranza, 2013).

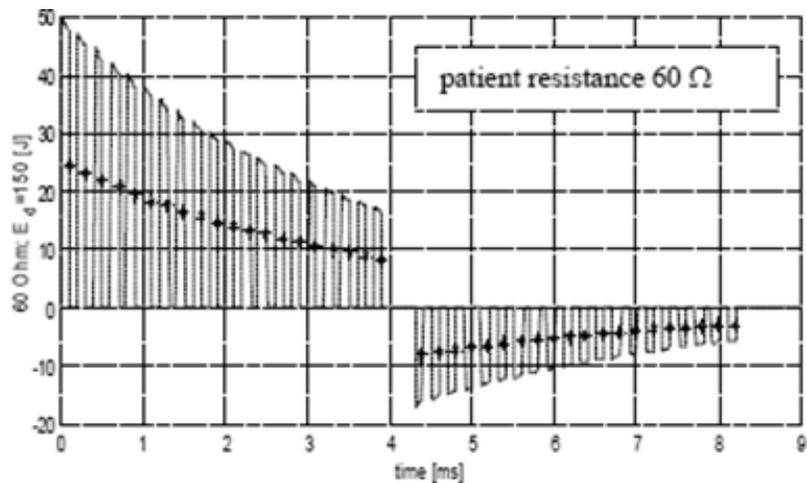
Figura N°18. Onda de corriente controlada



Fuente: (Carranza, 2013)

La figura N°18 muestra una onda de corriente controlada, es una forma reciente que establecen una onda de corrientes y duraciones constantes para ambas fases, independiente de las impedancias del paciente como el fabricante Primedic, la energía máxima es también de 360J (Carranza, 2013).

Figura N°19. Onda exponencial bifásica muestreada



Fuente: (Carranza, 2013)

La figura N°19 muestra una onda exponencial bifásica muestreada, mantiene la duración total constante y hace la tensión media de la descarga proporcional a la impedancia del paciente ajustando el ancho de cada pulso.

Podemos concluir que existen en el mercado internacional desfibriladores externos de más de 25 fabricantes y unas 15 formas de onda bifásica diferentes ya que no se ha establecido todavía cuál es la forma de onda óptima para la desfibrilación externa porque cada fabricante provee una forma de onda distinta para cada impedancia de paciente (Carranza, 2013).

Es importante resaltar que el desfibrilador en reconstrucción genera una forma de onda bifásica truncada exponencial (BTE) que cuenta con tecnología de bifásica *STAR™* (*Self Tracking Activ Response*) diseñada para una respuesta activa de seguimiento automático.

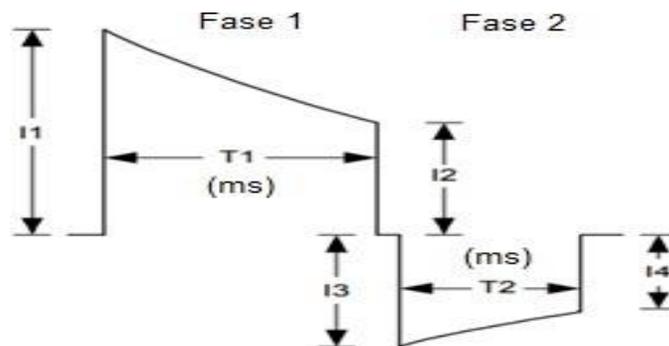
Cuadro N°2. Diferentes valores de Impedancia de paciente para la energía total entregada por el desfibrilador reconstruido.

<i>Forma de onda de desfibrilación BIFÁSICA - STAR® en paletas Cumple estándares de ANSI / AAMI DF80.</i>							
Impedancia de paciente (Ohmios)	Fase 1 Voltaje inicial entregado	Fase 1 Voltaje final entregado	Fase 1 Duración (ms)	Fase 2 Voltaje inicial entregado	Fase 2 Voltaje final entregado	Fase 2 Duración (ms)	Energía total entregada (J)
25	1692V	990V	3.25ms	990V	342V	3.2ms	281J
50	1860V	1234V	4.50ms	1234v	684V	3.2ms	270J
75	1923V	1338V	5.75ms	1338V	887V	3.2ms	254J
100	1957V	1394V	7.00ms	1394V	1015V	3.2ms	241J
125	1977V	1429V	8.25ms	1429V	1103V	3.2ms	231J
150	1991V	1453V	9.50ms	1453V	1166V	3.2ms	223J
175	2002V	1469V	10.75ms	1469V	1214V	3.2ms	217J
180	2003V	1472V	11.00ms	1472V	1222V	3.2ms	216J
200	2009V	1520V	11.00ms	1520V	1283V	3.2ms	202J

Fuente: (G.E., 2007)

En el cuadro N°2, la tecnología **STAR™** suministra la descarga de energía (Joules) optimizada midiendo la impedancia transtorácica del paciente en ohmios y realiza para ello una compensación del voltaje.

Figura N°20. Fases del voltaje inicial y final con la duración del tiempo



Fuente: (Phisiocontrol lifepack 20e, 2013)

En la figura N°20, se muestra en la señal que el voltaje inicial y final entregado se realizan en dos fases (Fase1 y Fase2) con duraciones distintas en el tiempo (T1 y T2) para entregar la energía suministrada.

Para el cálculo de la potencia de la energía entregada podemos utilizar las integrales de las siguientes ecuaciones:

$$E = \frac{1}{R} \int_0^t v^2(t) dt \quad \text{o} \quad E = \frac{1}{R} \int_0^t v(t) i(t) dt$$

De modo que:

- E = Energía en Joules (J)
- R = Resistencia transtorácica, ohmios [Ω],
mencionada en la figura N°9
- $v(t)$ = voltaje generado, voltios (V)
- $i(t)$ = corriente generada, amperios (A)

Fuente: (Suasnavas S., 2015)

El valor de 50 ohmios esta estandarizado para las mediciones de verificación que realizan todos los analizadores de desfibrilación a un monitor desfibrilador para diferentes niveles de energías.

Para la medición de la energía de descarga del desfibrilador se utilizará un analizador de desfibrilador que es un equipo de comprobación de parámetros utilizado por los departamentos biomédicos para determinar si los valores suministrados por el desfibrilador son confiables (Suasnavas S., 2015).

2.1.9 Normativas internacionales para equipos médicos

Señala que alrededor del mundo se han creado políticas de vigilancia para equipos médicos que permiten controlar la tecnología que está en contacto con los pacientes. Cada país se adhiere a regulaciones diferentes sobre equipos biomédicos, la forma de controlar su distribución y venta está subordinada al enfoque que cada gobierno le da a la vigilancia sanitaria. Existen agencias e instituciones internacionales dedicadas al desarrollo de recomendaciones, regulaciones y estándares como las que podemos mencionar: FDA (Food and Drug Administration), AAMI (Association for the Advancement of Medical Instrumentation), ANSI (American National

Standard Institute), ECRI (Emergency Care Research Institute) y IEC(International Electro technical Commission). (Guerrero, 2016)

Figura N°21. Pruebas aplicables a dispositivos médicos



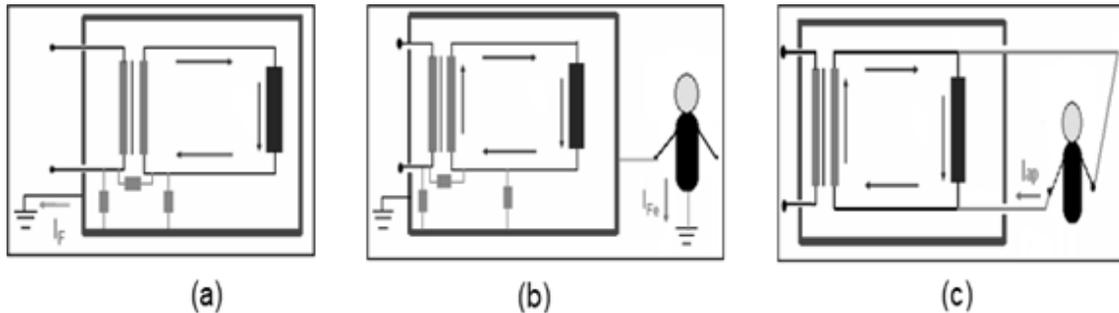
Fuente: (Guerrero, 2016)

En la figura N°21 se aprecian las diferentes pruebas a que son sometidos los equipos médicos según las normas internacionales antes de salir al mercado.

- Las pruebas de seguridad eléctrica: Especifican disposiciones de seguridad para dispositivos electromédicos si cumplen con los valores máximos de voltaje, corriente y resistencia con la finalidad de ofrecer la seguridad necesaria con respecto al manejo del paciente, del usuario y del entorno (Guerrero, 2016). Dentro de estas pruebas se realizan las siguientes pruebas de corriente como:
 - a- Corriente de fuga a tierra:* Corriente que circula desde la parte de red de alimentación a lo largo o a través del aislamiento al conductor de protección de tierra.
 - b- Corriente de fuga de chasis:* Corriente que circula desde el chasis (envolvente) o una de sus partes a tierra a través de una conexión conductora externa diferente al conductor de protección de tierra.

c- *Corriente de fuga de paciente*: Corriente que circula desde las partes aplicables a tierra a través del paciente. (Cuervo Ramírez, 2010)

Figura N°22. Tipos de corriente de fuga en equipos médicos.



Fuente: (Cuervo Ramírez, 2010)

En la Figura N°22, se muestra cómo afectan al paciente las corrientes de fuga a tierra (a), a chasis (b) y de paciente (c).

- Las pruebas de compatibilidad electromagnética: Especifica el desempeño de algún dispositivo, aparato o sistema para operar satisfactoriamente en ambientes electromagnéticos sin ocasionar distorsiones sobre objetos de aquel entorno (Guerrero, 2016).

Los desfibriladores cardíacos como el equipo reconstruido cumplen con las normas de desempeño, seguridad eléctrica y de compatibilidad electromagnética (EMC) de las normas IEC: IEC 60601-1 y IEC 60601-2-4 que es exclusivamente para desfibriladores.

El instituto ECRI de normalización “es una organización independiente sin fines de lucro que mejora la seguridad, la calidad y la rentabilidad de la atención en todos los entornos de atención médica en todo el mundo” (wikipedia, 2021).

Hay ciertas condiciones por cumplir:

- “Energía de salida: Error permitido ± 15 % de la energía seleccionada por el equipo;
- Pruebas de repetitividad: Realizar 3 descargas de 50 y 360 Joules;
- Tiempo de carga máxima de energía: tiempo < 15 segundos después de 10 descargas” según (ECRI Institute, 2013) citado por (Suasnavas S., 2015).

2.1.10 Gestión de mantenimientos preventivos y correctivos a desfibriladores

Esta rapidez para revisar y diagnosticar con los equipos médicos como es el caso del monitor desfibrilador se van adquiriendo con el aumento de la experiencia técnica en el campo laboral. De ningún modo se puede esperar que un estudiante practicante o egresado de un centro universitario que no ha tenido la oportunidad de interactuar con este equipo importante, salva vidas, tenga los conocimientos profundos de este tema, ni destrezas necesarias.

En la gestión de mantenimiento hospitalaria se distinguen dos tipos de actividades primordiales: actividades de mantenimiento preventivo y actividades de mantenimiento correctivo.

- El Mantenimiento Preventivo (MP): Se compone de una serie de inspecciones periódicas de los equipos, haciendo tareas de limpieza, lubricación, ajuste, calibración, comprobación y reemplazo de componentes defectuosos, con el fin de mantener el equipo funcionando siempre en un estado óptimo.
- El Mantenimiento Correctivo (MC): Es el trabajo realizado sobre un equipo para restaurar su estado operacional luego de presentar una falla. Este tipo de mantenimiento no es planificado, y solo se lleva a cabo a partir del reporte que hace el usuario del equipo o el personal que realiza el mantenimiento programado. El mantenimiento correctivo está orientado a corregir los defectos observados en

los equipamientos o instalaciones, localizando las averías y reparándolas. (Primero, Díaz, García, & Gonzalez-Vargas, 2015).

En un área hospitalaria los primeros mantenimientos preventivos están a cargo de las empresas que revisan los equipos en garantía según la planificación propuesta en la orden de compra con visitas cada 6 meses. Cuando salen de la garantía, el departamento de Biomédica se hace con visitas a los equipos en donde están ubicados para realizar mantenimientos preventivos o correctivos. Las metas de un mantenimiento son mantener los equipos en un entorno seguro y en buen funcionamiento, mejorar el servicio de respuesta y reducir cualquier riesgo de daño al personal médico y pacientes.

En los mantenimientos preventivos a los equipos desfibriladores se realizan las siguientes actividades:

Inspección física:

- Se revisa la condición física de todo el desfibrilador (observando golpes y rajaduras de la carcasa, contaminación adherida químico o sangre, ausencias de tapas y etiquetas, conectores quebrados o deteriorados).
- Cable de alimentación CA (rotura externa o el enchufe no tenga tierra).
- Palas o paletas (roturas, óxido por restos de gel conductivo adherido).
- Baterías (disponibles con carga)
- Cables de paciente ECG (observar dobleces y torceduras).
- Se realiza limpieza general y la desinfección a superficies y cables.

Prueba de funcionamiento:

- Pruebas de carga y descarga (si lo realiza correctamente o no)
- Teclas o perillas (todas accionan al pulsarlas)
- Impresora de papel (imprime el trazo ECG y todos los caracteres)
- Pantalla LCD (funcionamiento sin interferencias)

- Alarmas visuales y audibles
- Baterías (se desconecta el CA para realizar pruebas de cargas y descargas, funcionan los indicadores en la pantalla)

Pruebas de comprobación: Se realizan pruebas de verificación de todos los parámetros utilizando multímetros, analizadores de seguridad eléctrica, analizadores de desfibrilación con marcapaso, simuladores de paciente ECG.

- ECG (ritmo cardiaco, estado de la señal)
- Oximetría (medición de la SpO₂)
- Marcapasos
- Joules (selección de carga y descarga a diferentes valores, midiendo la exactitud)
- Corrientes de fugas (verificación a tierra y a chasis del equipo)

Al finalizar se levanta un reporte donde se plasman todas las actividades realizadas con recomendaciones si fuera necesario para el personal médico.

2.1.11 Equipos de medición utilizados para verificar lecturas

Figura N°23. Analizador de desfibrilador - Fluke 6000D



Fuente: (Fluke Biomedical, 2021)

En la figura N°23, se aprecia el analizador utilizado, Fluke 6000D. Es un instrumento portátil de precisión, alimentado con batería para comprobar

desfibriladores externos cuando se realizan inspecciones periódicas en una amplia gama de equipos de reanimación cardíaca.

Sus características técnicas: compatibilidad con la tecnología de desfibrilación Lown, Edmark, trapezoidal, bifásica y bifásica pulsada. Precisión de medición de primera clase $\pm 1\%$ de lectura $+0,1J$. Las 10 salidas de ECG independientes que proporcionan combinaciones de 12 derivaciones para señales clínicas estandarizadas. Simula una gran variedad de arritmias como son la fibrilación auricular gruesa y fina, aleteo auricular, arritmia sinusal, taquicardia auricular, taquicardia supraventricular, prematura (PVC), bloqueos, taquicardia ventricular, otras más (Fluke Biomedical, 2021).

Figura N°24. Equipo de seguridad eléctrica – Dale LT544D lite



Fuente: (hospitalnetwork, 2021).

Este equipo mostrado en la figura N°24, está diseñado para utilizarse pruebas de seguridad eléctrica en instalaciones eléctricas donde tenga conectado un equipo médico. Es ideal para realizar inspecciones y en mantenimientos preventivos de rutina, las mediciones de prueba son precisas y se muestran en la pantalla grande. Proporciona las siguientes funciones de prueba: resistencia del chasis, corriente de fuga, interruptores de servicio que cambian la polaridad normal/invertida y neutral. Todas las mediciones de corriente de fuga son mostradas directamente en microamperios (hospitalnetwork, 2021).

2.2 Propuesta de intervención

2.2.1 Introducción

Nos hemos decidido por este tema de proyecto educativo por varios motivos, por la importancia primordial de esta tecnología médica para salvar vidas ya sea en un lugar público o área hospitalaria, por lo interesante de su fundamentación teórica, por el aprendizaje y la experiencia técnica que obtendremos al desarrollarlo, y por sus resultados, que serán benéficos y tangibles.

2.2.2 Justificación

La situación económica de país impacta a todas las universidades públicas que tienen que manejar los mismos recursos económicos de todos los años para invertir en el mejoramiento de las instalaciones físicas, en tecnológicas informáticas, inmobiliarios y en la compra de equipos nuevos para que los estudiantes realicen su aprendizaje académico. Hay una necesidad marcada de equipos dentro de la carrera de Ingeniería biomédica de la escuela de Biociencias y, por esta razón, opinamos que UDELAS se beneficiará directamente porque obtendrá nuevos activos con beneficios palpables para la enseñanza sin que represente otro gasto más de miles de dólares en inversión.

2.2.3 Objetivos

Objetivo General

- Presentar un prototipo de desfibrilador funcional a la escuela de Biociencias para satisfacer la necesidad de equipos médicos que sirvan a los profesores como un recurso educativo en beneficio de los estudiantes de la carrera de biomédica.

Objetivos Específicos

- Dotar a la universidad de equipos médicos de uso hospitalario que permita a los estudiantes abordar temas o conceptos educativos de una manera más profunda y realista, que no pueden ser asimilados por la ausencia del equipo.
- Proporcionar a los profesores de diferentes asignaturas de la carrera un recurso de enseñanza para que los estudiantes realicen laboratorios, experimentos, investigaciones y desarrollo de prácticas de mantenimientos preventivo/correctivo de la misma manera que los biomédicos de profesión.
- Proporcionar a los estudiantes un probador de seguridad eléctrica que sea utilizado como un instrumento de análisis en el diagnóstico de fallas de seguridad eléctrica y verificaciones de funcionalidad no solamente a desfibriladores sino a variados equipos médicos como monitores de signos vitales, electrocardiógrafos, ultrasonidos, oximetría y otros.

2.2.4 La Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto es sencilla y basada en dividir en varias fases que correspondan a una secuencia de actividades según los objetivos perseguidos. El orden del procedimiento completo sería: revisar, clasificar, seleccionar, diagnosticar, reparar, diseñar, construir, reinstalar, verificar, comprobar, encuestas de opinión del desempeño, recomponer y validar nuestro producto final.

2.2.5 Desarrollo de la intervención

El desarrollo lo hemos dividido en etapas o fases de intervención de tal manera que, dependiendo del lugar y de los equipos a utilizar, lo asociaremos a una serie de actividades que consumen tanto tiempo como recursos. A medida que se van completando las actividades propuestas de cada etapa vamos a la siguiente hasta completar los objetivos. Hay actividades que no se podrán iniciar hasta terminar

otras y otras se podrían realizar simultáneamente como se expuso previamente en el cronograma de actividades, cuadro N°5. La hemos agrupado en tres etapas.

Nos ubicaremos en uno de los talleres del departamento de Biomédica del Hospital Rafael Hernández para desarrollar la etapa inicial y final del proyecto debido a la facilidad de las herramientas y equipos tecnológicos de medición.

La etapa inicial es la revisión, clasificación, selección y diagnóstico de las piezas o tarjetas que han quedado de un equipo dañado e incompleto desde hace años, cuya reparación iba a ser onerosa para la institución, complementado nuestro trabajo con búsqueda de información teórica afín, que nos puedan ser útiles para realización del proyecto.

Y en la etapa final contaremos con la facilidad de acceso a equipos de medición de seguridad eléctrica y de un analizador de desfibrilador calibrados para culminar con las verificaciones y pruebas finales de los parámetros de funcionamiento. Estos equipos de diagnósticos son los mismos que utiliza el departamento biomédico para realizar sus reparaciones y mantenimiento preventivos a los desfibriladores.

El desarrollo intermedio del proyecto lo realizaremos en áreas habilitadas dentro nuestras residencias ubicadas en la ciudad de David, donde realizaremos las reparaciones de componentes deteriorados, sustitución de tarjetas dañadas, construcción de la carcasa acrílica y montaje de piezas. Se asumirán costos de la compra de todos los accesorios o piezas faltantes que necesitemos para reconstruir el desfibrilador.

2.2.6 Equipamiento para la evaluación del proyecto

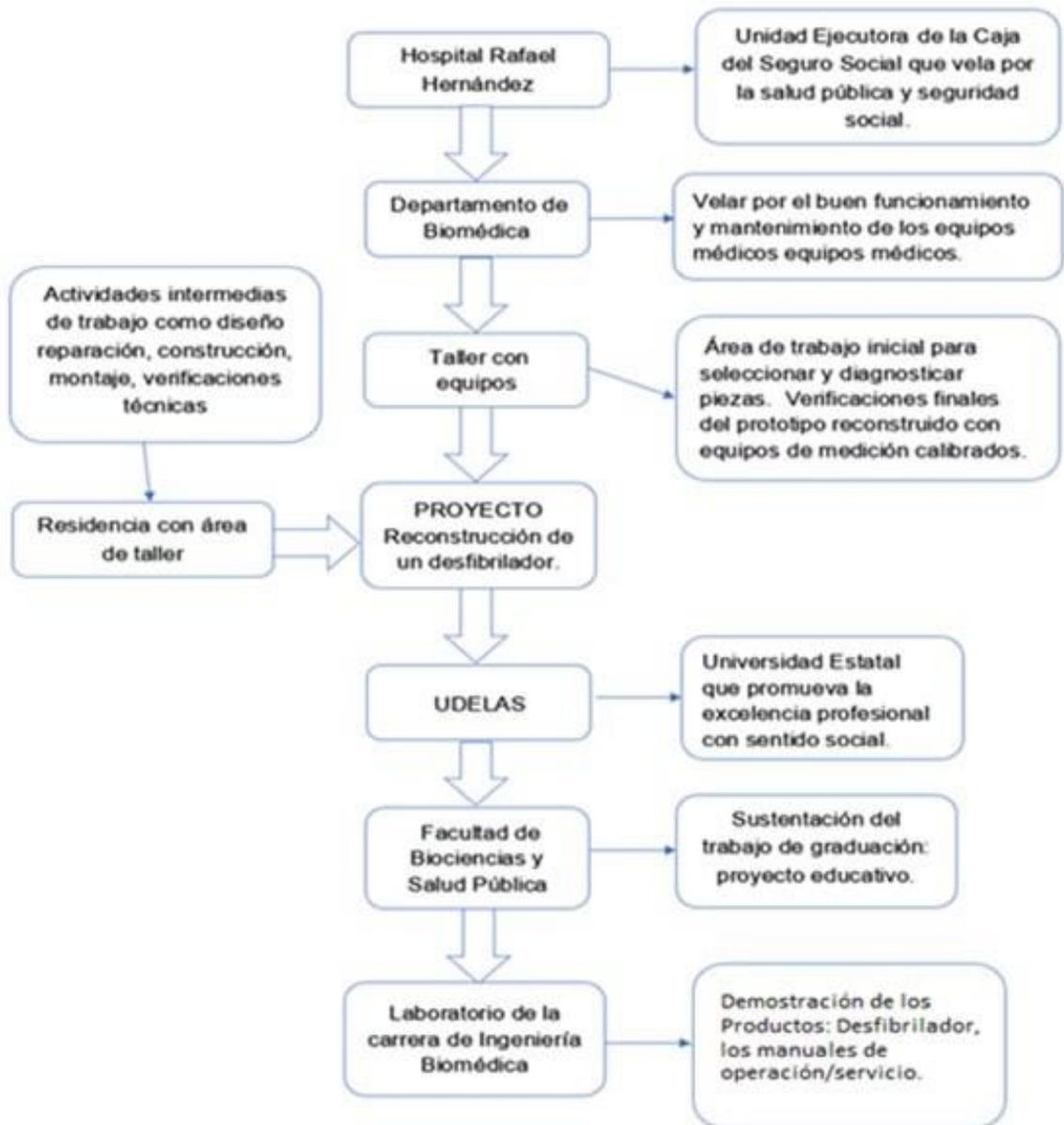
Se utilizarán instrumentos y herramientas de trabajo para la construcción y comprobaciones del proyecto como son: analizador de desfibrilación, probador de seguridad eléctrica, simulador de paciente para multiparámetros ECG, multímetros, maletín de herramientas básicas y herramienta para soldadura eléctrica. La información de las comprobaciones será recogida en listas de chequeo, cuadros y gráficas comparativas que realizaremos con otros equipos similares en arquitectura. También, adicionalmente, validaremos los productos finales con un biomédico externo, el prototipo y el manual, de tal manera que tengamos una realimentación imparcial para afinar correcciones, si fuera necesario realizar.

2.2.7 Recursos y presupuesto

En este proyecto “prototipo de desfibrilador” participaremos tres compañeros de la carrera de la Ingeniería Biomédica que asumiremos todos los gastos que incurran en la construcción y desarrollo del proyecto de principio a fin, ya sea la compra de los insumos, equipos de medición, piezas y accesorios faltantes a vendedores de empresas que se dedican a traer repuestos, sean nacionales o internacionales. Los recursos que vamos a necesitar ya lo hemos detallado en el presupuesto inicial del cuadro N°6.

2.3 Estructura organizativa y de gestión de proyecto

Figura N°25. Organigrama y gestión de proyecto



Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En la figura N°25, se muestra claramente en el flujograma de bloques todo el proceso que deriva en las actividades a desarrollar de la elaboración del prototipo desde su inicio hasta la entrega final en las instalaciones de UDELAS.

2.4 Especificación operacional de las actividades y tareas a realizar

Cuadro N°3. Objetivos y actividades a realizar

	Objetivos	Actividades
1	Investigar y recopilar la teoría	<ul style="list-style-type: none"> • Preliminares de la investigación y de recopilación de información sobre el equipo a reconstruir.
2	Seleccionar y diagnosticar	<ul style="list-style-type: none"> • Selección y diagnóstico visual de la condición de las piezas, tarjetas, botonera y de cables, considerando su condición física y buen funcionamiento. Utilización de un multímetro para pruebas.
3	Diseñar prototipo a realizar	<ul style="list-style-type: none"> • Se toma en consideración la ubicación de todas las piezas a reinstalar y las dimensiones finales de la carcasa para mostrarlo estética y funcionalidad operativo.
4	Elaborar listados de piezas y materiales	<ul style="list-style-type: none"> • Listado de herramientas, materiales, piezas, tarjetas, accesorios para la reparación, reconstrucción y compra.
5	Elaborar Presupuesto	<ul style="list-style-type: none"> • Se considerará la textura y la utilidad de los materiales de construcción, accesorios faltantes, piezas dañadas a reemplazar, etc.
6	Comprar y equipar	<ul style="list-style-type: none"> • Según todo lo diseñado, listado y diagnosticado se comprarán en el mercado local o internacional lo faltante, ajustado siempre al presupuesto inicial.
7	Reparar y verificar en el Taller	<ul style="list-style-type: none"> • Reparación de todo lo dañado, desinfección y limpieza interna de cada componente para que esté en condiciones óptimas. Verificación con medidores y uso soldadura de estaño.
8	Construir carcasas y montaje interno	<ul style="list-style-type: none"> • Involucra medidas, corte, moldeado, soportes y pegado del acrílico. • Reconstrucción e instalación de todas las piezas, tarjetas y accesorios dentro del prototipo.
9	Confeccionar manual de operación y servicio prototipo	<ul style="list-style-type: none"> • Se traducirá la información del inglés al español. • Se condensará y se enriquecerá la información. • Se ilustra en español con figuras y fotos. • Se verifica la redacción de fondo de la escritura para evitar un uso inapropiado o peligroso.

10	Verificar la funcionalidad interna del equipo acorde con manual confeccionado	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizará pruebas internas iniciales de funcionalidad en modo repetitivo, revisión de las ondas desplegadas de ECG, alarmas, pruebas de seguridad eléctrica, resistencia de la carcasa, prueba de impresora, descargas con paletas, uso apropiado del menú y otras más.
11	Comprobar prototipo con medidores externos	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizarán comprobaciones externas en el Taller biomédico del prototipo con un probador de seguridad eléctrica y un analizador de desfibrilación para corroborar que los parámetros medidos están dentro de las tolerancias aceptables.
12	Continuar pruebas finales del equipo y del manual	<ul style="list-style-type: none"> • Se continuarán con pruebas de funcionalidad para detectar errores y corregir anomalías.
13	Validar productos con personal biomédico externo	<ul style="list-style-type: none"> • Se validará el prototipo y el manual con un ingeniero biomédico que dé su opinión y verifique que el equipo cumple satisfactoriamente con los objetivos propuestos. • Correcciones al equipo y manual si fuera necesario.
14	Validar prototipo con docentes y estudiantes en UDELAS	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizará demostraciones del prototipo en instalaciones de UDELAS para someterlo a encuestas de opinión.
15	Analizar los resultados obtenidos y la conclusión de la tesis escrita	<ul style="list-style-type: none"> • Se analizan los resultados de todas las fases de la elaboración. • Se analizan las encuestas realizadas a docentes, estudiantes y biomédico idóneo sobre las prestaciones que ofrece el prototipo reconstruido.
16	Entrega de productos	<ul style="list-style-type: none"> • Entrega de los productos terminados en el laboratorio de la carrera de biomédica ubicado dentro de las instalaciones de UDELAS.

Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

2.5 Productos

Pretendemos entregar un equipo funcional y transportable con las siguientes características técnicas que cumpla con los objetivos propuestos.

Cuadro N°4. Objetivos y productos

Objetivos	Productos
Reconstruir un monitor desfibrilador a partir de equipos incompletos y dañados para la identificación de componentes electrónicos y pruebas controladas de descarga de energía.	<ul style="list-style-type: none">• Contará con una pantalla LCD donde se monitoricen los parámetros de ECG y se pueda realizar ajustes de descarga de energía en Joules.• Un par de paletas externo para realizar descargas.• Un cable de paciente ECG de cinco electrodos para conectar un simulador de pruebas que proporcione las señales cardiacas.• Rollos de papel térmico para impresora.• Encapsulado en material de acrílico transparente con visibilidad interna de todos los componentes.• Contará con todas las medidas de seguridad eléctrica para el usuario que realice las pruebas.• Este equipo médico tendrá las mismas características básicas de funcionamiento que podríamos encontrar en cualquier desfibrilador utilizado en una unidad crítica de un centro hospitalario.

<p>Confeccionar un manual de operación/servicio del prototipo que detalle la funcionalidad y seguridad para uso de los estudiantes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Contará con puntos de medición de la alimentación eléctrica y simulación de daños eléctricos con interruptores. • Se confeccionará en español para búsqueda de información de los usuarios sobre funcionamiento, ajuste y configuración y pruebas de servicio del prototipo.
<p>Ofrecer un equipo de seguridad eléctrica en buenas condiciones como un complemento del prototipo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Este equipo de uso rápido y portátil podrá ser utilizado en verificaciones de corrientes de fugas cuando se realicen inspecciones eléctricas y mantenimientos preventivos de rutinas, ya sea en equipos médicos o no, como parte del aprendizaje del biomédico. • Contará con su manual operativo.

Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En el cuadro N°4 se detallan los objetivos y las actividades para los tres productos por alcanzar al final del trabajo de graduación: el propio prototipo reconstruido, el equipo de seguridad eléctrica que lo utilizaremos más adelante en las pruebas de fuga del prototipo y el manual de operación/servicio, cuya elaboración será descrita y luego anexada íntegramente al final del trabajo de graduación.

- Elaboración del primer producto: Manual de operación y de servicio del prototipo desfibrilador

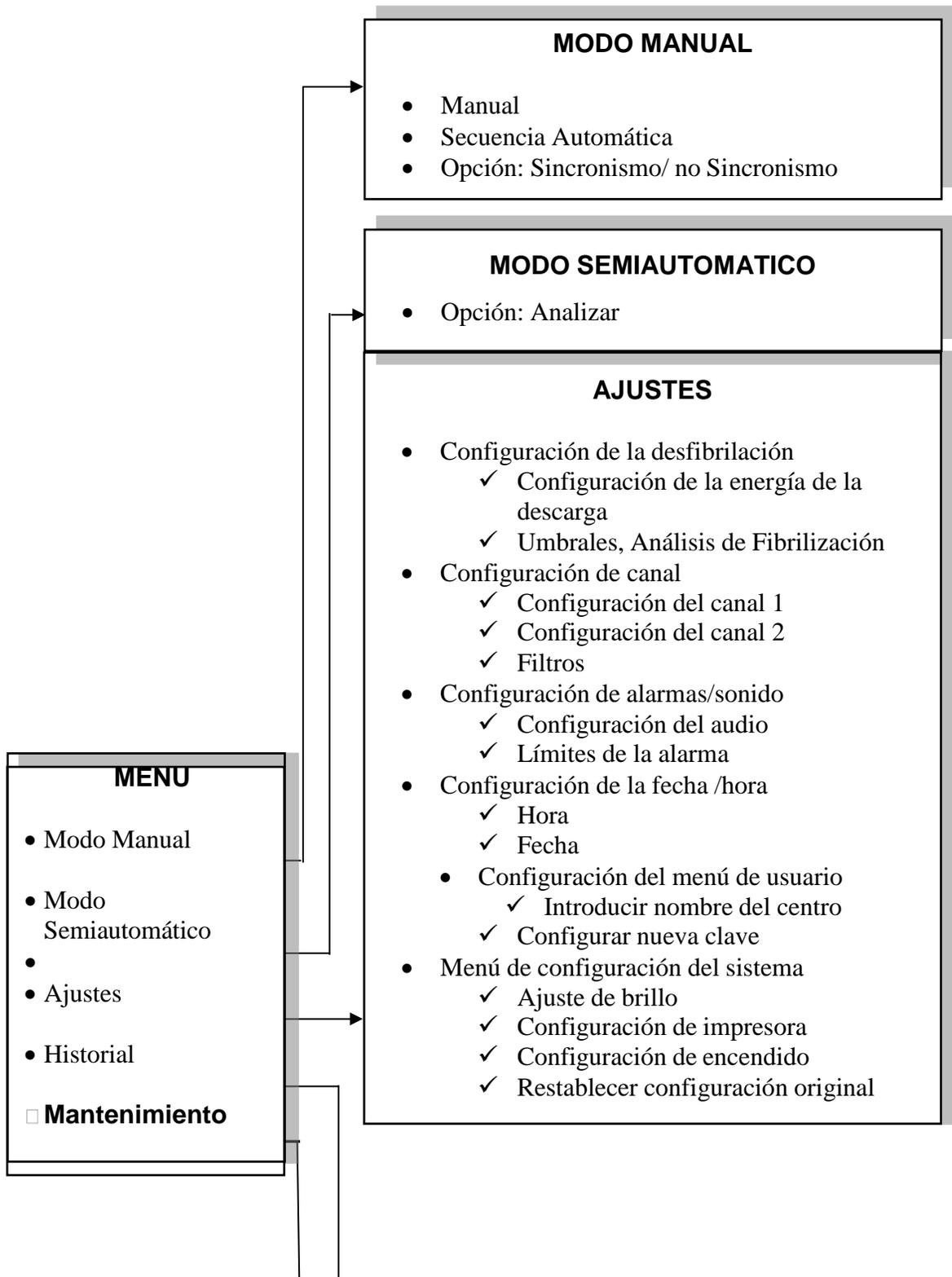
Para elaborar nuestro manual nos basamos en 2 manuales existentes del equipo, uno realizado para el usuario que es consultado por el personal de emergencias médicas, enfermeras y doctores que asisten a un paro cardiorrespiratorio y el otro manual de servicio técnico que es consultado por el personal biomédico cuando se realizan reparaciones, diagnósticos de fallas y mantenimiento preventivos.

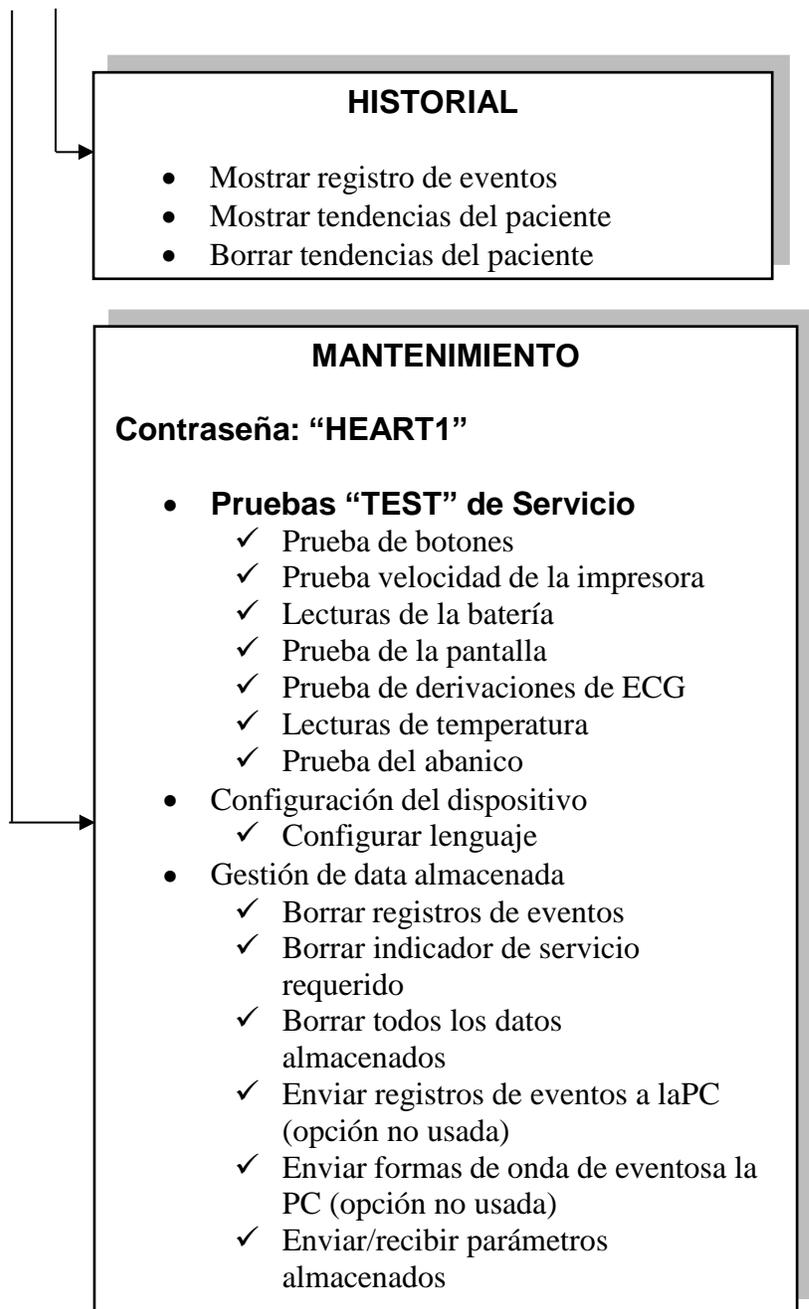
Normalmente estos manuales de servicio vienen escritos en el idioma inglés y el de usuario en español, pero no fue este el caso, tuvimos que traducir ambos manuales a nuestro idioma para luego estudiarlos íntegramente, para corregir muchas incongruencias de términos, datos y expresiones idiomáticas incoherentes que surgen de la traducción literal. Se desechó material que no correspondería al prototipo construido, condensándose en lo más relevante para uso de los estudiantes. Todas las tablas de valores, gráficas importantes y material visual se tuvieron que reeditar al español.

Entre las mejoras realizadas al manual confeccionado, podemos mencionar una mejor distribución del contenido principalmente para los temas que identifican las pruebas de mantenimiento y resolución de problemas “troubleshooting”, se agregaron nuevas tablas de simbología y de abreviaturas para dar mejor claridad a la consulta del manual por los estudiantes.

Se diseñaron, un diagrama de bloques de todo el contenido del manual de usuario/servicio para la facilidad en las búsquedas de los temas, una imagen informativa del menú de pantalla y fotos en español de todos los menús de ajuste de configuración y de servicio, como se observan a continuación en la figuras N°26, N°27, y N°28.

Figura N°26. Contenido en bloques del Manual operación/servicio

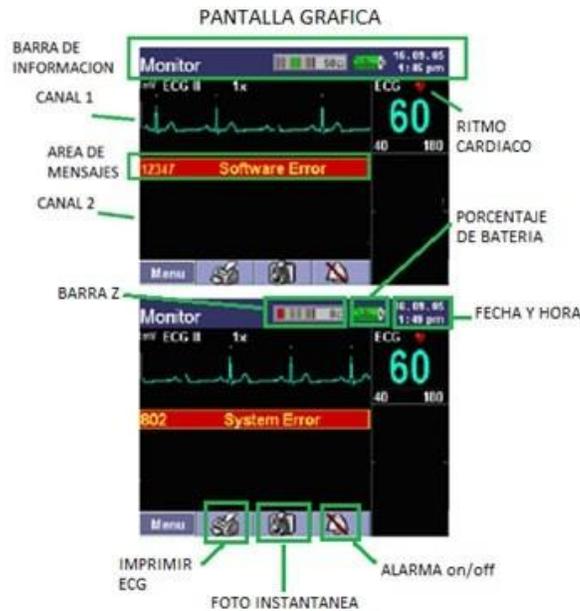




Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En la figura N°26, se visualiza el contenido completo esquematizado del manual para una búsqueda rápida.

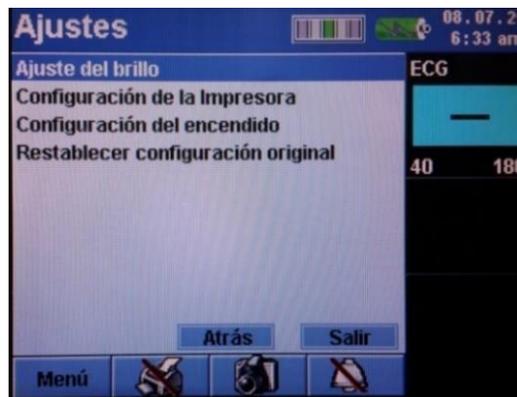
Figura N°27. Localización de partes importantes e informativas del menú.



Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En la figura N°27, se visualiza información básica del manejo del desfibrilador.

Figura N°28. Foto del menú de la pantalla



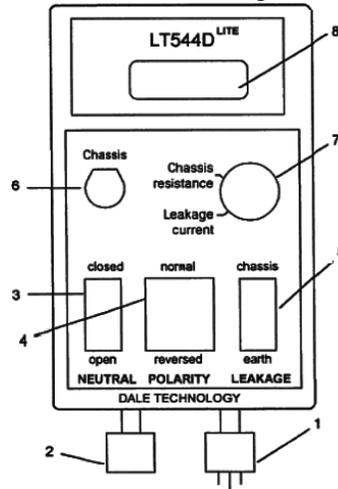
Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En la figura N°28, se visualiza una muestra de las fotos en español, incorporadas al contenido del menú del manual del equipo para facilitar de búsqueda.

- Otro producto que destinaremos a la universidad junto con el prototipo es el equipo de seguridad eléctrica de la marca Fluke, Dale LT 544D Lite.

Con este equipo se podrán hacer mediciones de corriente de fuga o chasis a cualquier equipo, sea médico o no. Como en el caso del prototipo, la medición de la corriente de tierra es más útil cuando se prueban dispositivos con envolventes no conductoras y sin chasis al que se pueda sujetar el cable para prueba del chasis.

Figura N°29. Partes del analizador de seguridad eléctrica



Fuente: (Dale technology, 2021)

Las partes del medidor de la figura N°29, se detallan a continuación:

1. *El cable de alimentación* suministra energía al analizador y al dispositivo bajo prueba. No hay interruptor de *encendido/apagado*.
2. *Receptáculo de prueba* para suministrar energía al dispositivo bajo prueba.
3. *Interruptor de neutro* permite realizar la medición de la corriente de fuga bajo la condición de neutro *abierto* y *cerrado* como lo requieren UL e IEC.
4. *Interruptor de polaridad* con posición central *apagado* permite probar con la polaridad *normal* e *invertida* de la línea.
5. *Interruptor de fuga* selecciona qué corriente de fuga se va a medir(tierra/chasis).
6. *Receptáculo chasis* para la entrada del cable en espiral negro.
7. *Interruptor de función* proporciona una selección directa de un paso de la medición a realizar.
8. *Pantalla digital* es una pantalla LCD grande de 1/2 pulgada.

2.6 Cronograma de impartición del proyecto

Cuadro N°5. Cronograma de actividades de trabajo

<i>Actividades</i>	<i>Marzo</i>	<i>Abril</i>	<i>Mayo</i>	<i>Junio</i>	<i>Julio</i>	<i>Agosto</i>	<i>Septiembre</i>	<i>Octubre</i>
Investigación, recopilación del material teórico para el proyecto y la tesis.								
Selección, diagnóstico y diseño.								
Compra de materiales del presupuesto.								
Reparación, construcción de carcasa y montaje interno de las piezas.								
Confección del manual.								
Pruebas iniciales del prototipo.								
Pruebas de comprobación con los equipos de medición externos.								
Demostración y validación del prototipo por estudiantes, docentes y biomédico.								
Análisis de los resultados, Finalización de la tesis escrita.								

Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En el cuadro N°5, se describe el cronograma de actividades propuesto para terminar el proyecto a finales del mes de octubre de presente año, siempre y cuando, no tengamos contratiempos importantes como son los materiales de construcción o piezas faltantes para reconstruir el equipo.

2.7 Presupuesto

Cuadro N°6. Presupuesto del proyecto

Presupuesto del proyecto Rubro: Materiales e insumos	Detalle del gasto	Costo (balboas)
Tarjeta electrónica de ECG (valor estimado)	1 unidad	300.00
Hoja de material transparente acrílico	4' x 8'	75.00
Goma especial para material acrílico	1 unidad	10.00
Cable de ECG completo de 5 electrodos	1 unidad	100.00
Cable de corriente	1 unidad	35.00
Materiales de construcción (tornillos, conectores, aislantes, cegueta, soldadura de estaño, lija, etc.)	variado	30.00
Impresión de caratulas para material carcasa.	variado	25.00
Piezas electrónicas	4 unidades	10.00
Papel térmico de impresión para ECG	10 rollos	50.00
Impresión de trabajo de grado	1 unidad	70.00
Tarjetas y accesorios utilizados para la reconstrucción del prototipo (Valor estimado)	1 unidad	2500.00
Equipo de seguridad eléctrica	1 unidad	600.00
Total		3805.00

Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En el cuadro N°6, se desglosa el presupuesto del proyecto que comprende todo lo necesario para su implementación dentro del rubro de materiales e insumos. No hay gastos adicionales ni significativos en los rubros de recursos humanos, transporte, alimentación y promoción, por tal razón no aparece reflejado en la tabla.

Algunas piezas del equipo como el cable de AC, equipo probador de seguridad eléctrica, papel térmico y el cable de ECG completo se tendrán que comprar directamente al fabricante del equipo en el exterior, los demás materiales serán comprados en el mercado local.

CAPÍTULO III

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1 Elaboración del Prototipo

Para la elaboración del prototipo tomaremos como base un monitor desfibrilador que ha estado parcialmente incompleto e inoperativo, y que procederemos con una evaluación diagnóstica como primera actividad en su proceso de reconstrucción. Las condiciones físicas encontradas en una inspección visual son las siguientes:

- El equipo tenía la cubierta trasera ausente y por el otro lado la cubierta delantera presentaba en varios lugares un plástico cristalizado y fracturado debido probablemente a muchas circunstancias presentes en nuestros hospitales como golpes accidentales, caídas del lugar donde reposan o químicos abrasivos de limpieza empleados para quitar fluidos del paciente.
- Le faltaban internamente algunos cables de señales entre tarjetas.
- Hay deterioro visible en algunos componentes electrónicos de la tarjeta de la fuente.
- La batería aparenta estar agotada por sus años de uso.
- Hay suciedad o polvo sobre algunos componentes del equipo.
- La palas o paletas tienen algunos restos de oxidación por el gel conductor acumulado donde reposaban, esto debido a la falta de limpieza por parte del personal médico.
- Las otras tarjetas aparentan estar completas y solamente polvorizadas, pero sin determinar aún si tienen algún daño de funcionamiento, que nos daremos cuenta más adelante.
- Faltan los cables de paciente de ECG que vienen con 5 electrodos y de la alimentación de 120V.

Figura N°30. Todos los componentes internos del equipo después de la actividad de limpieza para empezar la revisión



Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En la figura N°30, se visualiza todas las tarjetas y demás componentes para la siguiente actividad. Se había procedido antes al desmantelamiento completo del equipo para realizar una limpieza y desinfección minuciosa, ya que pudieron estar expuestas a una contaminación interna durante el tiempo de uso y también, expuesta al polvo sin protección adecuada.

Para la revisión nos centramos primero en la fuente de alimentación y la batería, haciendo pruebas de medición de continuidad óhmica y de capacitancia con nuestro multímetro de comprobación marca Fluke.

En la fuente de alimentación encontramos que algunos componentes estaban dañados, una resistencia sobrecalentada y 3 capacitores electrolíticos secos y abultados, cuyos valores en faradios estaban muy por debajo de su porcentaje de tolerancia. Siendo esta una de las fallas más frecuentes y que probablemente ocasionó que el equipo se sacara fuera de servicio, de modo que el suministro de

alimentación a las otras tarjetas estaría con valores distorsionados de voltaje y de corriente, provocando todo tipo de problemas de funcionamiento en el equipo hasta finalizar por completo con la inoperatividad. Los componentes fueron cambiados y soldados con estaño nuevamente a la pista con ayuda del cautín y ya, por último, la fuente fue probada aislada del circuito midiendo si los voltajes de salida eran los correctos por el cable de conexión (J315) hacia la tarjeta de control de energía, como se muestra en el diagrama de la figura N°31.

La batería como unidad fue abierta para localizar su daño comprobando que tiene un circuito de control para el sistema de carga y la información del estado para las 9 baterías de 1.2 voltios conectadas en serie. Habría que cambiar todas las celdas para su reparación como se aprecia en la figura N°30, pero por normas de seguridad debe desecharse completamente la unidad. Siguiendo los protocolos establecidos, debe reemplazarse la primera por una nueva, pero logramos conseguir una batería adicional de otro equipo que está dentro de los márgenes aceptables de uso.

Se revisó la continuidad óhmica de cables de conexión existentes, detectando la falta de un cable de 4 hilos que une la tarjeta de control de energía (J303) con la tarjeta de terapia (J103), como aparece en su diagrama, que no hubo problemas en sustituir por otros.

Se comprobaron en buen estado los siguientes componentes: el aislamiento del cable de palas responsable de aplicar las descargas, el abanico de ventilación para el enfriamiento del equipo y los 2 capacitores de 100 uF a 2 KV encargados de alta tensión de voltaje.

Se identificaron y se revisaron, en lo posible, el estado físico de todas las tarjetas que a continuación describimos las funciones que tienen dentro del equipo como se detalla en el diagrama en bloques de la figura N°31.

- Tarjeta de Terapia (Therapy board)

La tarjeta de terapia entrega la energía para la desfibrilación y la estimulación de marcapasos al paciente (opcional). También es un paso a través de la tarjeta principal para los controles, las funciones de identificación en las paletas del desfibrilador y las señales de ECG. La tarjeta tiene un aislamiento eléctrico de 3 KV para separar al paciente de la unidad y la conexión a tierra. Proporciona una descarga de desfibrilador bifásico de hasta 270J (J101, J102 y J109). Proporciona pulsos de ritmo de hasta 140 mA y 40 ms. Carga los dos condensadores de 100 uF a 2KV (J105 y J107 negativos; J104 y J106 positivos). Se conecta a la tarjeta principal por el conector (J110) y recibe energía de la tarjeta de control de energía por (J103).

- Tarjeta Principal (Main board)

Esta tarjeta es la encargada de controlar todos los subsistemas principales y la interfaz de usuario. Recibe suministro de alimentación de la tarjeta de control de energía por (J218 y J211)) como el estado de los indicadores de carga, descarga y alimentación AC. Controla el proceso de desfibrilación a través de (J210), las funciones de ECG (J212), controla la interfaz de pantalla y proporciona 3.3V por (J214) y potencia de retroiluminación de alto voltaje (J213) para LCD. Controla la impresora por (J219) y (J220) suministrando los 5V, y el control del altavoz (J216) para las alarmas. La ruta de actualización del software se hace a través del puerto serie a través de la tarjeta de control de alimentación

- Tarjeta de control de energía (Power control board)

La tarjeta de control de energía proporciona energía a la unidad (J303, J311), carga la batería (J325) y proporciona paso a través de la interfaz de usuario (J318). Recibe energía de la fuente de alimentación (J315). Proporciona conexión de servicio RS-232 (J317).

Los botones conectados a la tarjeta de control de energía incluyen: encendido (encendido / apagado), carga, descarga, manual y perilla de ajuste (J324). Los LED incluyen: alimentación de CA, descarga, manual, carga, falla, carga de la batería que alimenta el ventilador (J323).

resultado ha sido positivo en 7 horas de calentamiento y de pruebas, iniciaba su test inicial en la pantalla sin ninguna perturbación eléctrica; no había calentamiento excesivo de temperatura de sus componentes; hay valores de voltajes estables que permiten hacer ajustes de configuración al moverse con la perilla selectora; permite realizar los diferentes test de servicio del menú; accede a realizar sin problemas las cargas y descargas internas con las palas externas e imprime la energía suministrada en el papel térmico pero, tuvimos la necesidad de cambiar la tarjeta de procesamiento del ECG porque al inyectar las señales con el simulador de paciente ECG al prototipo, este no registraba la forma de la señal ni el ritmo cardiaco en la pantalla. Logramos corregir la situación al contar con otro repuesto, de no funcionar hubiéramos pasado al siguiente paso que es el cambio de la Tarjeta Principal (Main Board) según la resolución de problemas (troubleshooting) del manual confeccionado. Procedemos a desinstalar otra vez todos componentes y nos centramos en la confeccionar la carcasa.

El diseño debe tener visibilidad completa de los componentes electrónicos y de las tarjetas a través de un material acrílico, y contara, en lo posible, con un incremento sustancial del espacio para introducir modificaciones, pero hemos tenido el inconveniente que la distancia entre tarjetas estaba limitada o condicionada por la separación de los cables. Algunos cables son especiales y muy difíciles conseguir para reemplazarlos por otros más extensos.

De la lista confeccionada se podrían comprar localmente en Panamá todos los materiales de construcción y piezas electrónicas, incluyendo la adquisición de la hoja de acrílico transparente (4" x 8"). El cable de AC, el papel de impresión ECG y el cable de paciente ECG de 5 electrodos fueron adquiridos a través de empresas dedicadas a traer estos productos del exterior.

La elaboración y moldeo de la carcasa no ha sido fácil, se ha dividido la hoja de material acrílico por secciones para poder manipularla, realizar cortes, dobleces,

aperturas de hoyos para introducir componentes como la botonera de control y, por último, fijación con goma especial de los soportes de teflón, los cuales han sido perforados para atornillar todos los componentes restantes que se han instalado como es el caso de las tarjetas, como se aprecia en la figura N°32. Los componentes difíciles de instalar se dejarán de último como es el caso de la sección de la impresora y el sostenedor de las paletas, el primero tiene que soportar movimientos mecánicos y de torsión con cierto grado de fuerza cuando se introduce el suministro de papel y el segundo debe asegurar firmemente las paletas para el transporte, evitando caídas y dar facilidad al movimiento de soltarlas para una rápida desfibrilación.

Figura N°32. Proceso del moldeo del acrílico en secciones



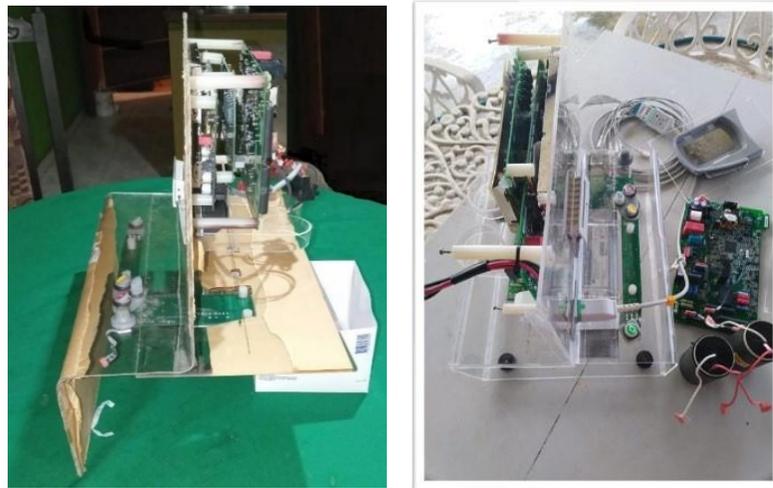
Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En figura N°32, se observa el primer moldeo de la carcasa transparente con la tarjeta de control instalada, se hizo con un “blower” industrial y una prensa.

De esta manera se han ido uniando firmemente todas las secciones con la goma especial y tornillos hasta reconstruir el equipo completamente, asegurándonos que, en la primera prueba de aislamiento de la carcasa, haga un buen sellado para no permitir la introducción accidental de líquidos como el derrame de algún limpiador. Al tratar de reconectar el cable de 24 pines (J318), de la tarjeta de

control a la principal, quedaron faltando 2 cm y se sustituyo por otra mucho más larga.

Figura N°33. Montaje de las tarjetas internas



Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En la figura N°33, se observan las fases del montaje de las tarjetas y los demás accesorios en el acrílico.

Por último, se incorporaron al prototipo un conector con los puntos de medición y un panel de interruptores para corte de la energía. Los puntos de medición son para los voltajes que vienen de la tarjeta de la fuente, de la batería, de la tarjeta principal, de la tarjeta de terapia y de la tarjeta de control.

Figura N°34. Puntos de medición de los voltajes del prototipo



Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En la figura N°34, se aprecia en la parte posterior del prototipo la etiqueta con los nombres de los 6 puntos de medición de los voltajes. Cuando se mida con el Voltímetro en el conector se deberá tomar la lectura con referencia al pin de tierra (4), para obtener los voltajes de la fuente de poder y de la tarjeta de control, la misma que alimenta las demás tarjetas.

Las mediciones se realizarían así:

Pin 1 y 4 : Mide el voltaje de la fuente de poder de 13.8V Pin 2 y

4 : Mide el voltaje de la batería 12.5V

Pin 3 y 4: Mide el voltaje de tarjeta principal de 1.2V

Pin 5 y 4: Mide el voltaje de la tarjeta de Terapia de 12.5V

Pin 6 y 4: Mide el voltaje pulsante de la tarjeta de Control de 5.0V

Figura N°35. Panel de interruptores del prototipo



Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En la figura N°35, se aprecia en la parte posterior del prototipo la etiqueta que describe los 4 interruptores que cortan la energía para la simulación de fallas eléctricas.

Cuadro N°7. Uso del panel de interruptores para las fallas

Número del Interruptor	Condición NC ó NA	Estado del equipo en la falla simulada
Sw1	NC	En esta condición el equipo se comporta normal.
Sw1	NA	El equipo no detecta la alimentación de la AC, y por consiguiente habrá una descarga de la batería, enviando un mensaje de alarma de conectar el equipo a la red eléctrica, el estudiante deberá analizar y concretar cuál es el origen de la falla.
Sw2	NC	En esta condición el equipo se comporta normal.
Sw2	NA	En la condición del Sw2 en NA, el comportamiento del equipo se verá afectado con la alimentación a la tarjeta de terapia, la cual se encarga de generar el alto voltaje para las paletas y el control de descarga.
Sw3	NC	En esta condición el equipo se comporta normal.
Sw3	NA	En esta condición activada, el equipo alertará la ausencia del voltaje de la red eléctrica, condición similar al Sw1 activado, pero esta falla se debe analizar minuciosamente para determinar si es la falta de la energía alterna o el deterioro de un componente de la fuente de poder que haga que la misma no entregue el B+ a la power controlboard.
Sw4	NC	En esta condición el equipo se comporta normal.
Sw4	NA	Esta condición afecta al equipo de manera general, puesto que la mainboard se encarga de generar los datos enviados al display, impresora, tarjeta ECG, tarjeta de terapia, bocina, etc.
Nota: Se mueve un solo interruptor a la vez. NC = normalmente cerrado, NA = normalmente abierto.		

Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021

En el cuadro N°7, se describen las situaciones de fallas de energía al mover los interruptores de NC a NA. Cuando el estudiante realice la práctica deberá analizar a través de las mediciones de voltajes, y concretar el origen de las diferentes fallas para señalar la tarjeta responsable.

Figura N°36. Finalización del prototipo



Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En la figura N°36, se aprecian las tres vistas del prototipo ya finalizado. Las dimensiones finales del prototipo fueron 38cm de alto, 32cm de ancho, 27cm de profundidad y 5.9 Kg de peso.

3.2 Pruebas de verificación y comprobación con medidores externos

A continuación, vamos a verificar su funcionamiento con medidores externos realizando para ello todas las pruebas del menú de servicio y las pruebas contenidas en el manual elaborado; primero emplearemos un analizador de desfibrilador que nos provee hasta 12 arritmias diferentes para la señal de ECG a través del cable de paciente de 5 electrodos. Luego, registraremos las descargas externas con este mismo analizador a diferentes niveles de energía, corroborando que el valor programado de descarga se acerque al valor que el prototipo

suministra. Por último, haremos comparaciones de desempeño y encuestas de opinión al profesional biomédico, docentes y estudiantes para evaluarlo tanto cuantitativamente como cualitativamente. Del producto de estos resultados y de las recomendaciones recogidas se corregirán sus deficiencias, si las hay.

Cuadro N°8. Pruebas del menú de servicio y del manual del equipo

Pruebas del menú de servicio técnico	Pruebas de la lista de verificación del manual de operación/servicio
<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de botones • Prueba velocidad de la impresora • Lecturas de la batería • Prueba de la pantalla • Prueba de derivaciones de ECG • Lecturas de temperatura • Prueba del abanico 	<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de palas (descargas internas) • Prueba de impresión térmica - Con equipos externos de medición • Pruebas de señal ECG • Pruebas de descargas de energía • Prueba de corriente de fuga

Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En figura N°8, se detalla todas las pruebas realizadas al prototipo, las cuales fueron satisfactorias.

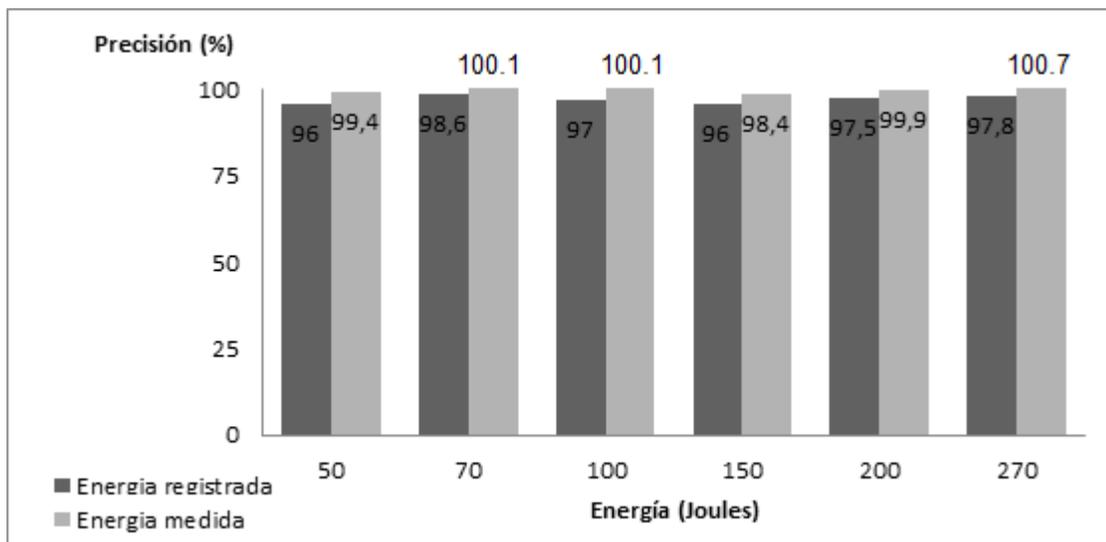
Cuadro N°9. Comparación de los niveles de energías ajustados con los registrados por el prototipo y el analizador FLUKE 6000D

Prototipo	Prototipo		Analizador de desfibrilador Fluke 6000D	
	Carga entregada (Joules)	Precisión %	Carga real medida (Joules)	Precisión %
50	48	96.0	49.7	99.4
70	69	98.6	70.1	100.1
100	97	97.0	100.1	100.1
150	144	96.0	147.6	98.4
200	195	97.5	199.7	99.9
270	264	97.8	272.0	100.7

Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En el cuadro N°9, se aprecia que hemos ajustado a diferentes cargas de energía (Joules) en el prototipo para compararlos primero con los valores de las descargas registrado internamente e impresas en el papel térmico del mismo equipo; y, por último, con los valores reales medidos externamente por el analizador de desfibrilación de la marca Fluke 6000D. Hemos confirmado que el valor seteado en el equipo es el valor real descargado.

Gráfica N° 1. Porcentajes de precisión del equipo vs el analizador de desfibrilador.



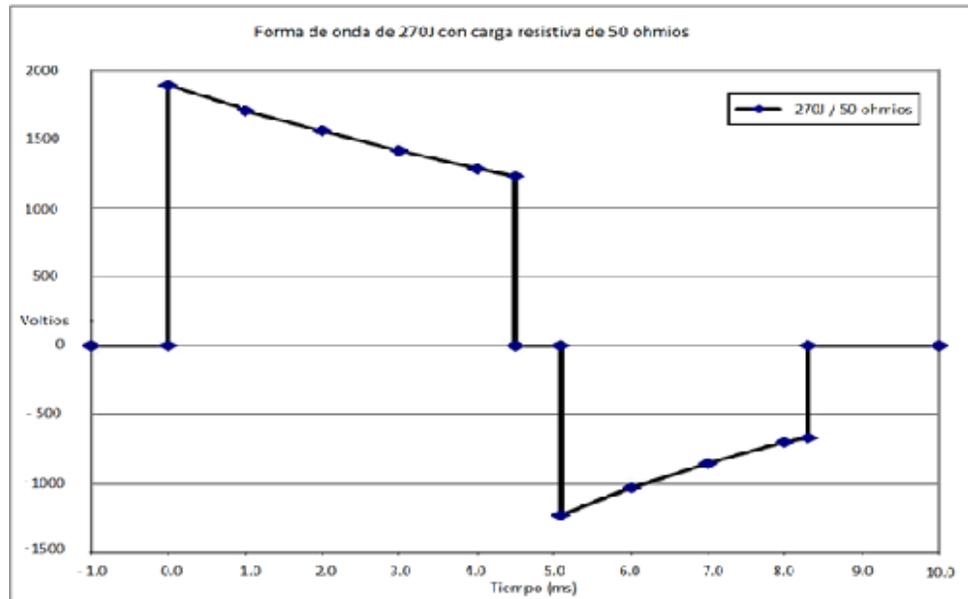
Fuente: Viene del cuadro N°8, Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En la gráfica N°1 se muestra que, al comparar los porcentajes de precisión entre las energías registradas internamente por el prototipo y las medidas registradas externamente por el analizador, ambas están con valores muy cercanos y dentro los valores aceptables de tolerancia para la desfibrilación.

La impedancia para pruebas del analizador está estandarizada a 50 Ω y según las especificaciones técnicas del manual hablan de una precisión de $\pm 15\%$ en una carga de 50 Ω o ± 3 julios, la que sea mayor. El equipo se mantuvo dentro de los porcentajes del 15%, obteniéndose un valor excelente con el medido real, pero variando el valor interno registrado en Joules a medida que llegábamos al tope de

los 270J. Esto debido, tal vez, a un deterioro en la sensibilidad de los circuitos electrónicos de lectura, al calor generado por la cantidad de pruebas realizadas o la falta de un mejor acople resistivo de las paletas al colocarlas sobre el analizador.

Figura N°37. Forma de onda de 270J con carga resistiva de 50 ohmios



Fuente: (G.E., 2007)

En la figura N°37, vemos finalmente la forma de onda del prototipo para entregar una energía seleccionada de 270J cuando la impedancia del paciente es idealmente un valor constante de 50 ohmios.

A continuación realizaremos una comparación entre diferentes modelos de desfibriladores de uso en las unidades críticas del Hospital Rafael Hernández para determinar qué tanto están de cercanas o de alejadas sus características técnicas con respecto al prototipo que dotaremos a la universidad.

Cuadro N°10. Cuadro comparativo entre varios modelos de desfibriladores de uso actual en el Hospital Rafael Hernández

Parámetros	Prototipo	Lifepak 20e	Innomed 360B	Primedice EVO	Zoll M
Precio	6500.00	8005.00	7995.00	16000.00	8756.81
Precisión de la energía (a 50Ω).	±3 o ±15%	± 1J o 10%	±1J o ±5%	----	----
Forma de onda	Bifásica	Bifásica	Bifásica	Bifásica	Bifásica
Medición de impedancia del paciente	25 a 200Ω	25 a 200Ω	20 a 200Ω	25 a 175Ω	5 a 250Ω
Tiempo para cargar con batería plena	7 s	< 7s a 360J	< 7s a 270J	8s a 360J	7 s
Niveles de energía	2 a 270J	2 a 360J	2 a 360J	1 a 360J	1 a 360J
Monitoreo de derivaciones ECG	I, II, III, aVL, aVR, aVF	3,5	3,5,10,12	3,5,12	3,5
Frecuencia de ECG	0.5- 100Hz (± 10%)	0.05-150Hz	0.05-150 Hz	----	0.05-150Hz
Otras mediciones adicionales	No este modelo	Marcapaso SpO2, resp. CO2	Marcapaso SpO2, PANI	Marcapaso SpO2, resp. PANI, PI EtCO2	SpO2
Peso	5.9 Kg	5.58 Kg	7.2 Kg	6.12 Kg	5.22 Kg
Voltaje de la Batería	11.1V Ion de litio	11.1V Ion de litio	10.8V NiMH,	14.4V Li-ion,	10V acidoplomo
Capacidad de batería descargas o tiempo uso	50 choques a 270J o 4 horas	140 choques a 360J o 3.5 horas	200 choques a 200J o 4.5 horas	200 choques a 200J o 5 horas	35 choques a 360J o 2.75 horas
Consumo	200VA	120VA	130VA	160VA	220 VA
Pantalla LCD,TFT	115,2mm x 86,4mm	115,18mm x 86,38mm	150mmx 92mm	8.4” diagonal	144,4mm

Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En el cuadro N°10, se detallan, a modo de comparación, algunas de las características técnicas más relevantes de 5 modelos de desfibriladores extraídas de sus respectivos manuales de servicio, en uso actual en el hospital.

Podemos destacar que hay una tendencia en el mercado con respecto a los desfibriladores de ir ofreciendo al operario, además del básico ECG, más parámetros de medición que superan al clásico monitor de signos vitales que no desfibrilan; estos desfibriladores de última generación, miden adicionalmente la presión no invasiva (PANI), PI, respiración, oximetría (SpO2), temperatura. Con los equipos más costosos y completos de desfibrilación se mejora la calidad de monitoreo del paciente delicado de salud, propenso a un paro cardiorespiratorio al contar con todos los parámetros de medición posibles, además de los modos de desfibrilación y marcapasos. Cada parámetro añadido incrementará su costo final.

Nuestro prototipo se puede considerar un desfibrilador básico, que posee y se mantiene dentro de las mismas características técnicas que ofrecen los otros equipos, pero con las desventajas de no proporcionar nada más que un parámetro de medición, más consumo de energía, la opción de una sola batería que ofrece menos cantidad de descargas o tiempo de monitorización que otros, y, por último, no ofrece 360J como los nuevos modelos, sino 270J.

Cuadro N°11. Pruebas de seguridad eléctrica realizadas al prototipo

Corriente de fuga	Prueba del Cable	Máxima corriente de fuga- 120V AC
Fuga del chasis	Contacto del perno a tierra	No aplica
Fuga a tierra	Neutral Cerrado Neutral Abierto	88 μ A 159 μ A

Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En el cuadro N°11, se detallan últimas pruebas realizadas que determinan que el equipo está por debajo de los estándares de corriente de fuga, menos de 500 μ A.

La corriente de fuga del chasis no se realizó porque el equipo originalmente nunca contó con este perno para pruebas, debido a que estaba envuelto en una carcasa plástica. Por tanto, tiene más relevancia la prueba de fuga a tierra donde la corriente máxima es de 159 μA .

3.3 Evaluación del prototipo mediante encuestas de opinión

Primero, tuvimos que movilizarnos con el prototipo ya completado a las instalaciones de UDELAS en la ciudad capital como estaba trazado en nuestro cronograma de actividades para realizar la demostración física.

Figura N°38. Demostración ante docentes y estudiantes en UDELAS



Fuente: Estudiantes graduandos, Fonseca, Montes y Sánchez, 2021.

En esta figura N°38, los compañeros de tesis están demostrando la funcionalidad del prototipo ante los profesores presentes, que solidariamente llegaron 4. Los estudiantes estuvieron conectados virtualmente durante toda la demostración, empezamos con una presentación teórica del equipo en PowerPoint, luego hicimos verificaciones prácticas (checklist) con equipos de medición externa (analizador Fluke 6000D) y de seguridad eléctrica (Dale LT544D) y, por último,

contestamos todas las interrogantes surgidas durante la exposición. Los cuestionarios confeccionados en Google Formularios fueron enviados con su link de sitio web a profesores y estudiantes para su llenado y devolución.

Cuadro N°12. Encuesta de 15 preguntas realizadas a los 7 estudiantes

Preguntas	Respuestas de los estudiantes						
	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7
Pregunta N°1	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Tal vez	Sí
Pregunta N°2	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Pregunta N°3	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí
Pregunta N°4	Sí	Tal vez	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Pregunta N°5	Sí	Sí	Sí	Sí	Tal vez	Tal vez	Sí
Pregunta N°6	Sí	Sí	Sí	Sí	Tal vez	Sí	Sí
Pregunta N°7	Sí	Sí	Sí	Tal vez	Tal vez	Sí	Sí
Pregunta N°8	Sí	Sí	Sí	Sí	Tal vez	Tal vez	Sí
Pregunta N°9	Sí	Sí	Sí	Sí	Tal vez	Sí	Sí
Pregunta N°10	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Pregunta N°11	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Pregunta N°12	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Pregunta N°13	Sí	Sí	Sí	Sí	Tal vez	Tal vez	Sí
Pregunta N°14	Sí	Sí	Sí	Sí	Tal vez	Tal vez	Sí
Pregunta N°15	10	10	8	8	10	7	10

Fuente: Encuesta a estudiantes.

El cuadro N°12, refleja las respuestas a las 15 preguntas de los que sí contestaron el link del cuestionario. Las respuestas planteadas a escoger fueron Sí, No y Tal vez (si no están seguros).

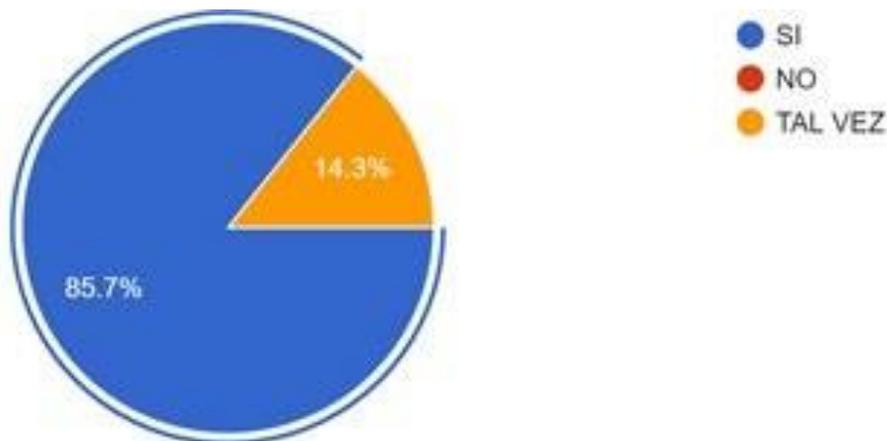
Cuadro N°13. Pregunta N°1.

¿Conoce la importancia del equipo médico llamado desfibrilador, que es utilizado por médicos y enfermeras para salvar vidas en un centro hospitalario?

Pregunta N°1	Estudiantes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Conoce la importancia del equipo médico llamado desfibrilador, que es utilizado por médicos y enfermeras para salvar vidas en un centro hospitalario?	Sí	6	85.7%
	No	0	0%
	Tal vez	1	14.3%
	Totales	7	100%

Fuente: Encuesta a estudiantes, cuadro N°12.

Gráfica N°2. Pregunta N°1



Fuente: Cuadro N°13.

Muestra la gráfica N°2, que proviene del cuadro N°13, un 85.7% con el “Sí” de aprobación y 14.3% de “Tal vez” como respuesta.

Cuadro N°14. Pregunta N°2.

¿Puede ser de interés para usted, interactuar y comprender el funcionamiento de un equipo médico como es el desfibrilador reconstruido, que los biomédicos atienden para reparar y dar mantenimiento en los centros hospitalarios?

Pregunta N°2	Estudiantes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Puede ser de interés para usted, interactuar y comprender el funcionamiento de un equipo médico como es el desfibrilador reconstruido, que los biomédicos atienden para reparar y dar mantenimiento en los centros hospitalarios?	Sí	7	100%
	No	0	0%
	Tal vez	0	0%
	Totales	7	100%

Fuente: Encuesta a estudiantes, cuadro N°12.

Gráfica N°3. Pregunta N°2



Fuente: Cuadro N°14.

Muestra la gráfica N°3, que proviene del cuadro N°14, un 100% de aprobación.

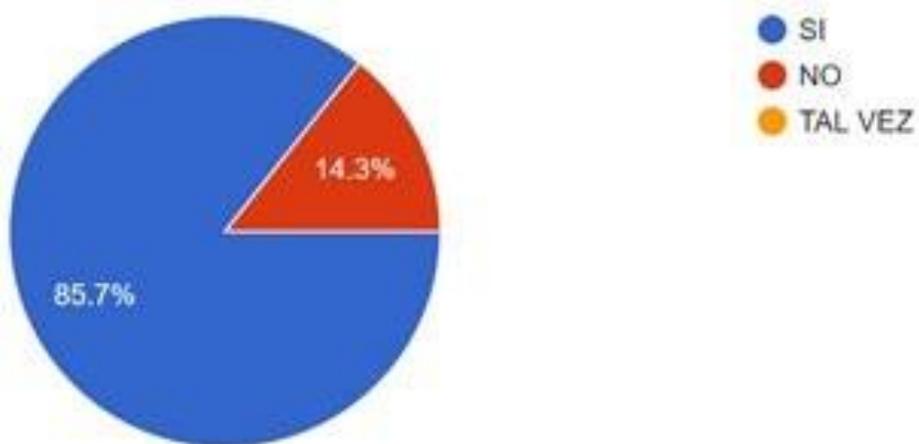
Cuadro N°15. Pregunta N°3.

¿Es de ayuda visual que el equipo tenga una cubierta transparente para identificar todos los componentes según el diagrama de bloques del equipo sin necesidad de abrirlo?

Pregunta N°3	Estudiantes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Es de ayuda visual que el equipo tenga una cubierta transparente para identificar todos los componentes según el diagrama de bloques del equipo sin necesidad de abrirlo?	Sí	6	85.7%
	No	1	14.3%
	Tal vez	0	0
	Totales	7	100%

Fuente: Encuesta a estudiantes, cuadro N°12.

Gráfica N°4. Pregunta N°3



Fuente: Cuadro N°15.

Muestra la gráfica N°4, que proviene del cuadro N°15, un 85.7% con el “Sí” de aprobación y 14.3% de “No” como respuesta.

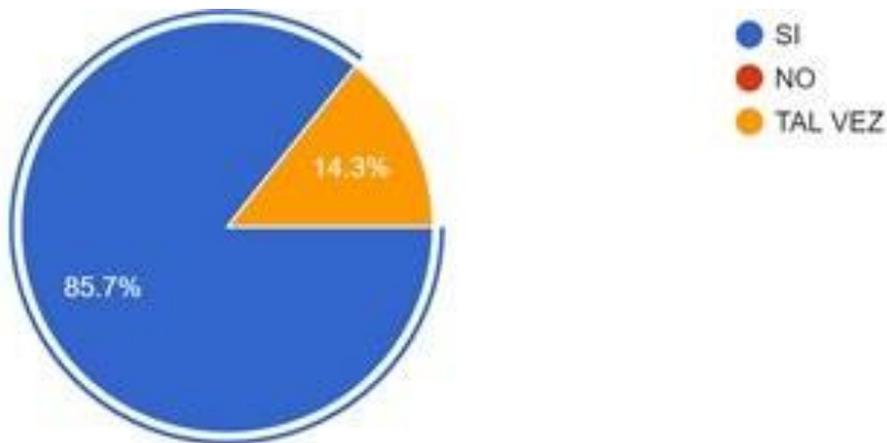
Cuadro N°16. Pregunta N°4.

¿Con la cubierta transparente el equipo sigue siendo transportable, compacto y operable?

Pregunta N°4	Estudiantes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Con la cubierta transparente el equipo siguesiendo transportable, compacto y operable?	Sí	6	85.7%
	No	0	0%
	Tal vez	1	14.3%
	Totales	7	100%

Fuente: Encuesta a estudiantes, cuadro N°12.

Gráfica N°5. Pregunta N°4



Fuente: Cuadro N°16.

Muestra la gráfica N°5, que proviene del cuadro N°16, un 85.7% con el “Sí” de aprobación y 14.3% de “Tal vez” como respuesta.

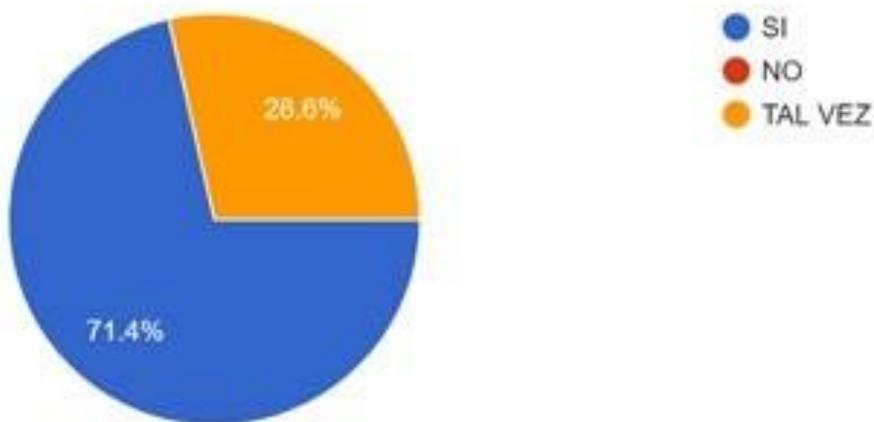
Cuadro N°17. Pregunta N°5.

¿El extracto del manual de operación/servicio mostrado es claro y conciso para realizar una búsqueda de información sobre cualquier tema del equipo?

Pregunta N°5	Estudiantes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿El extracto del manual de operación/servicio mostrado es claro y conciso para realizar una búsqueda de información sobre cualquier tema del equipo?	Sí	5	71.4%
	No	0	0%
	Tal vez	2	28.6%
	Totales	7	100%

Fuente: Encuesta a estudiantes, cuadro N°12.

Gráfica N°6. Pregunta N°5



Fuente: Cuadro N°17.

Muestra la gráfica N°6, que proviene del cuadro N°17, un 71.4.7% con el “Sí” de aprobación y 28.6% de “Tal vez” como respuesta.

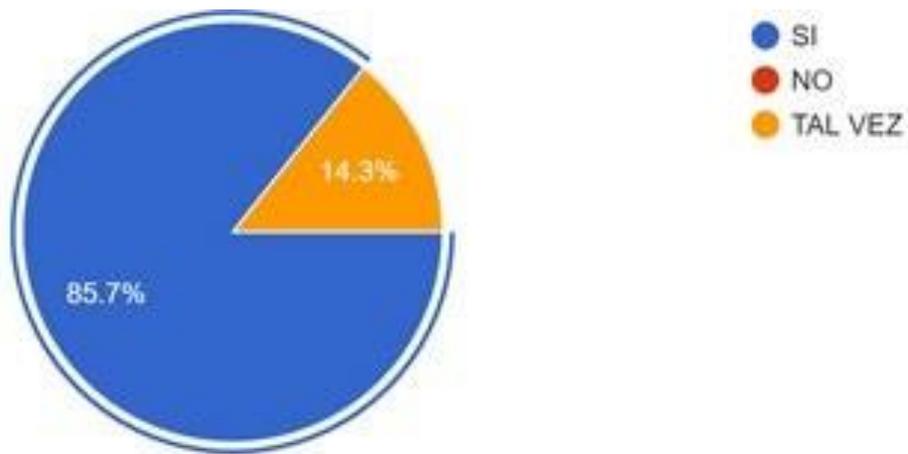
Cuadro N°18. Pregunta N°6.

¿Se pueden diagnosticar daños utilizando los test de pruebas en el modo servicio del equipo?

Pregunta N°6	Estudiantes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Se pueden diagnosticar daños utilizando los test de pruebas en el modo servicio del equipo?	Sí	6	85.7%
	No	0	0%
	Tal vez	1	14.3%
	Totales	7	100%

Encuesta a estudiantes, cuadro N°12.

Gráfica N°7. Pregunta N°6



Fuente: Cuadro N°18.

Muestra la gráfica N°7, que proviene del cuadro N°18, un 85.7% con el “Sí” de aprobación y 14.3% de “Tal vez” como respuesta.

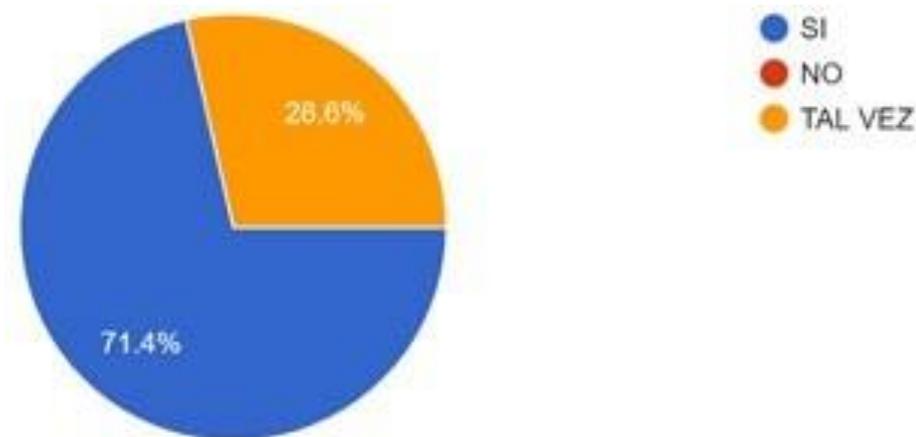
Cuadro N°19. Pregunta N°7.

¿Se podría practicar en un taller de clases un checklist o lista de verificación del equipo como el realizado en la demostración del prototipo y que está en el manual?

Pregunta N°7	Estudiantes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Se podría practicar en un taller de clases un checklist o lista de verificación del equipo como el realizado en la demostración del prototipo y que está en el manual?	Sí	5	71.4%
	No	0	0%
	Tal vez	2	14.3%
	Totales	7	28.6%

Fuente: Encuesta a estudiantes, cuadro N°12.

Gráfica N°8. Pregunta N°7



Fuente: Cuadro N°19.

Muestra la gráfica N°8, que proviene del cuadro N°19, un 71.4.7% con el “Sí” de aprobación y 28.6% de “Tal vez” como respuesta.

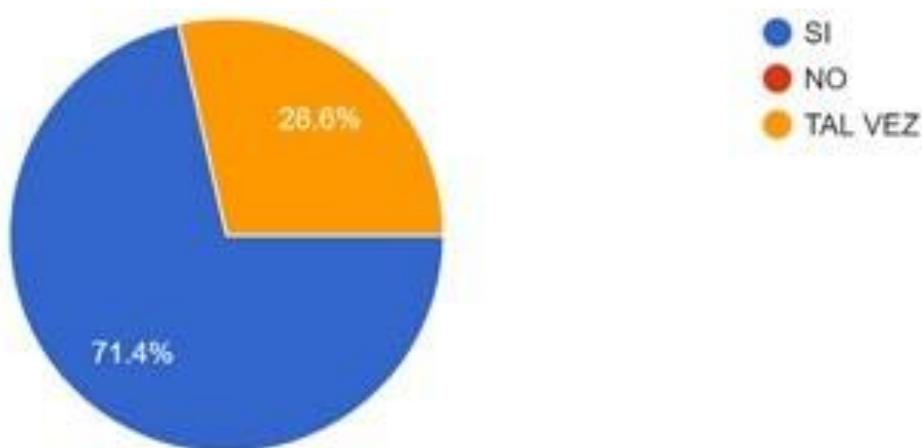
Cuadro N°20. Pregunta N°8.

¿Pueden ejecutarse simulaciones de mantenimiento preventivos o correctivos como lo harían de la misma forma los profesionales de biomédica?

Pregunta N°8	Estudiantes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Pueden ejecutarse simulaciones de mantenimiento preventivos o correctivos como lo harían de la misma forma los profesionales de biomédica?	Sí	5	71.4%
	No	0	0%
	Tal vez	2	28.6%
	Totales	7	100%

Fuente: Encuesta a estudiantes, cuadro N°12.

Gráfica N°9. Pregunta N°8



Fuente: Cuadro N°20.

Muestra la gráfica N°9, que proviene del cuadro N°20, un 71.4.7% con el “Sí” de aprobación y 28.6% de “Tal vez” como respuesta.

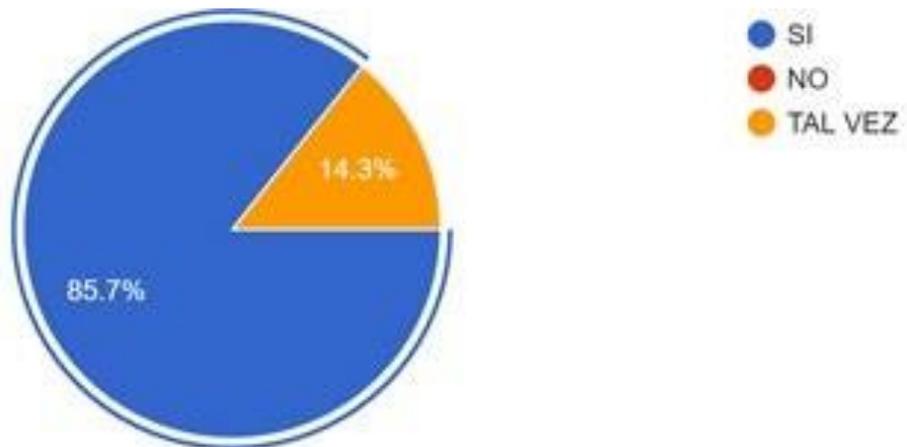
Cuadro N°21. Pregunta N°9

¿Con la señal ECG del Analizador de desfibrilador, utilizado en la demostración, se podían visualizar en la pantalla del prototipo las diferentes formas de ondas e identificar las arritmias?

Pregunta N°9	Estudiantes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Con la señal ECG del Analizador de desfibrilador, utilizado en la demostración, se podían visualizar en la pantalla del prototipo las diferentes formas de ondas e identificar las arritmias?	Sí	6	85.7%
	No	0	0%
	Tal vez	1	14.3%
	Totales	7	100%

Encuesta a estudiantes, cuadro N°12.

Gráfica N°10. Pregunta N°9



Fuente: Cuadro N°21.

Muestra la gráfica N°10, que proviene del cuadro N°21, un 85.7% con el “Sí” de aprobación y 14.3% de “Tal vez” como respuesta.

Cuadro N°22. Pregunta N°10

¿Era importante verificar que las pruebas de descargas de energía del prototipo realizadas en el Analizador desfibrilador fueran lecturas correctas y estuvieran dentro de su porcentaje de tolerancia?

Pregunta N°10	Estudiantes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Era importante verificar que las pruebas de descargas de energía del prototipo realizadas en el Analizador desfibrilador fueran lecturas correctas y estuvieran dentro de su porcentaje de tolerancia?	Sí	7	100%
	No	0	0%
	Tal vez	0	0%
	Totales	7	100%

Fuente: Encuesta a estudiantes, cuadro N°12.

Gráfica N°11. Pregunta N°10



Fuente: Cuadro N°22.

Muestra la gráfica N°11, que proviene del cuadro N°22, un 100% de aprobación.

Cuadro N°23. Pregunta N°11

¿Es necesario hacer pruebas de seguridad a un equipo médico como las realizadas en la demostración del prototipo?

Pregunta N°11	Estudiantes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Es necesario hacer pruebas de seguridad a un equipo médico como las realizadas en la demostración del prototipo?	Sí	7	100%
	No	0	0%
	Tal vez	0	0%
	Totales	7	100%

Fuente: Encuesta a estudiantes, cuadro N°12.

Gráfica N°12. Pregunta N°11



Fuente: Cuadro N°23.

Muestra la gráfica N°12, que proviene del cuadro N°23, un 100% de aprobación.

Cuadro N°24. Pregunta N°12

¿Podría ser útil para estudiantes de otras carreras de UDELAS tales como enfermería o emergencias médicas?

Pregunta N°12	Estudiantes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Podría ser útil para estudiantes de otras carreras de UDELAS tales como enfermería o emergencias médicas?	Sí	7	100%
	No	0	0%
	Tal vez	0	0%
	Totales	7	100%

Fuente: Encuesta a estudiantes, cuadro N°12.

Gráfica N°13. Pregunta N°12



Fuente: Cuadro N°24.

Muestra la gráfica N°13, que proviene del cuadro N°24, un 100% de aprobación.

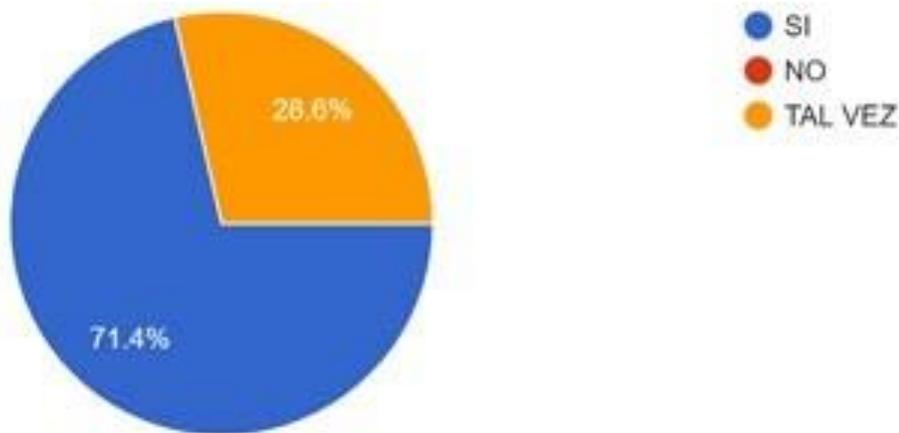
Cuadro N°25. Pregunta N°13.

¿Usted cree que podría implementar al equipo avances físicos y tecnológicos para mejorar este prototipo reconstruido?

Pregunta N°13	Estudiantes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Usted cree que podría implementar al equipo avances físicos y tecnológicos para mejorar este prototipo reconstruido?	Sí	5	71.4%
	No	0	0%
	Tal vez	2	28.6%
	Totales	7	100%

Fuente: Encuesta a estudiantes, cuadro N°12.

Gráfica N°14. Pregunta N°13



Fuente: Cuadro N°25.

Muestra la gráfica N°14, que proviene del cuadro N°25, un 71.4.7% con el “Sí” de aprobación y 28.6% de “Tal vez” como respuesta.

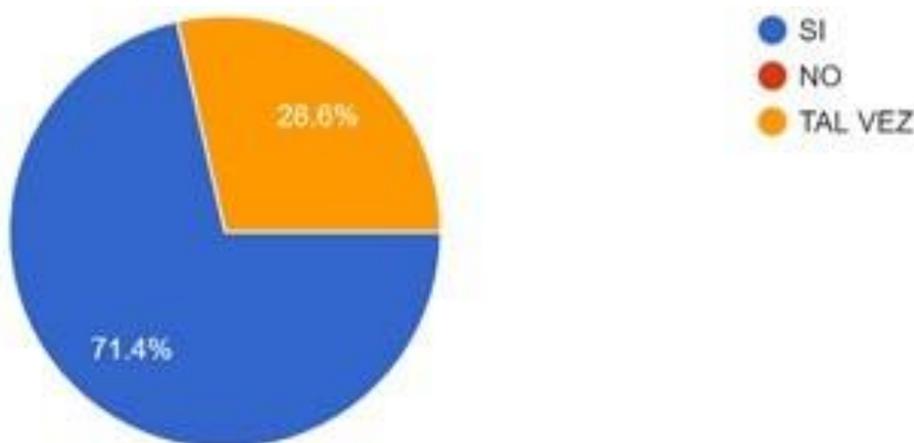
Cuadro N°26. Pregunta N°14.

¿Se podrían realizar proyectos complementarios para el prototipo, por ejemplo, la construcción de un probador de cargas de desfibrilador como el utilizado en esta demostración, de modo que amplíen las prestaciones del equipo para la investigación y la experimentación?

Pregunta N°14	Estudiantes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Se podrían realizar proyectos complementarios para el prototipo, por ejemplo, la construcción de un probador de cargas de desfibrilador como el utilizado en esta demostración, de modo que amplíen las prestaciones del equipo para la investigación y la experimentación?	Sí	5	71.4%
	No	0	0%
	Tal vez	2	28.6%
	Totales	7	100%

Fuente: Encuesta a estudiantes, cuadro N°12.

Gráfica N°15. Pregunta N°14



Fuente: Cuadro N°26.

Muestra la gráfica N°15, que proviene del cuadro N°26, un 71.4.7% con el “Sí” de aprobación y 28.6% de “Tal vez” como respuesta.

Cuadro N°27. Pregunta N°15

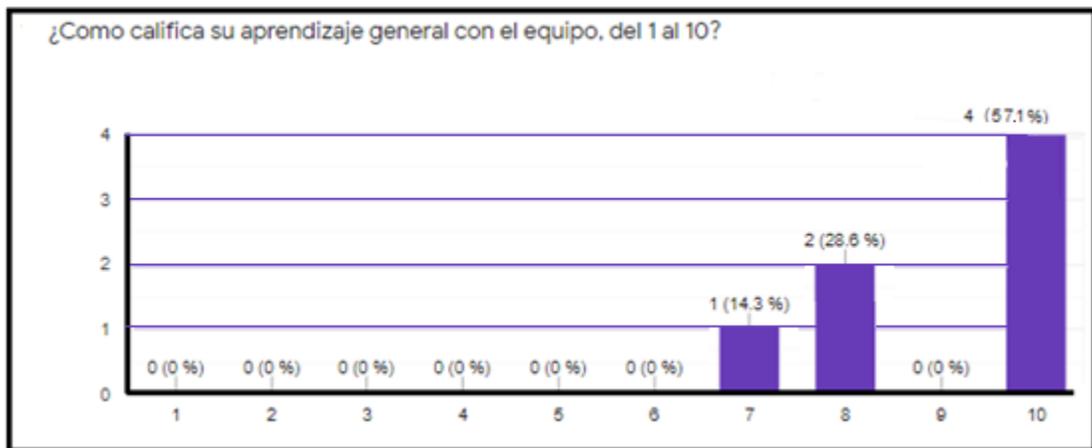
¿Cómo califica su aprendizaje general con el equipo, del 1 al 10?

Pregunta N°15	Estudiantes		
	Calificación	Cantidad	Porcentaje
¿Cómo califica su aprendizaje general con el equipo, del 1 al 10?	7	1	14.3%
	8	2	28.6%
	10	4	57.1%
	Totales	7	100%

Fuente: Encuesta a estudiantes, cuadro N°12.

Se muestra en el cuadro N°27 que los valores obtenidos fueron 7, 8, 8,10,10,10 y 10. Si promediamos los valores obtenidos de los 7 estudiantes, nos daría un valor medio de 9 (90%) como valor final del aprendizaje

Gráfica16. Pregunta N°15



Fuente: Cuadro N°27.

Se aprecia en la gráfica N°16 los porcentajes de distribución, los valores más altos fueron un puntaje de 10.

Cuadro N°28. Encuesta de 14 preguntas realizadas a los 2 docentes

Preguntas del cuestionario		Respuestas Docentes	
		#1	#2
N°1	¿Visualizar los componentes internos del equipo permite enseñarlos fundamentos teóricos y prácticos sin necesidad de abrirlo?	Sí	No
N°2	¿Sería de utilidad para los estudiantes aprender a solucionar situaciones de fallas o daños mediante simulaciones que ofrece el equipo?	Sí	Sí
N°3	¿El extracto del manual de operación/servicio mostrado en la exposición recoge todos los temas de funcionamiento del equipo?	Sí	Tal vez
N°4	¿Se pueden asignar trabajos de investigación sobre temas implícitos en el manual o sobre el funcionamiento del equipo a diferentes niveles dentro de la carrera de biomédica?	Sí	No
N°5	¿Se le podrían implementar al equipo mejoras físicas y tecnológicas para recrear otras situaciones?, ¿O realizar proyectos complementarios como un probador de desfibrilador como el utilizado en la demostración, de modo que amplíen las prestaciones del equipo para la investigación y la experimentación?	Sí	Tal vez
N°6	¿Sería aprovechable para los estudiantes del último año de la carrera de Biomédica cuando tengan que realizar sus prácticas profesionales en centros hospitalarios, contar con un equipo para simulaciones de funcionamiento, diagnóstico y mantenimientos preventivos/correctivos?	Sí	Sí
N°7	¿Cree usted que la práctica con este prototipo proporcionaría el entrenamiento necesario para que los estudiantes estén en capacidad de utilizar responsablemente un equipo médico real en el campo profesional del biomédico?	Sí	Tal vez
N°8	¿Promueve en el estudiante un criterio analítico y un deseo de mayor aprendizaje el interactuar con el equipo?	Sí	Sí
N°9	¿Cree usted que esta práctica concientizaría a los estudiantes sobre la importancia del buen manejo y cuidado de un equipo médico, cuando le corresponda interactuar con uno real?	Sí	Sí
N°10	¿Cree usted que el equipo médico reconstruido podría ser utilizado para sus clases en la carrera de Ingeniería Biomédica?	Sí	Sí
N°11	¿Cree usted que el equipo reúne todas las características necesarias como recurso o material de apoyo docente?	Sí	Sí
N°12	¿Podría ser útil para docentes de otras carreras de UDELAS tales como enfermería o emergencias médicas?	Sí	Sí
N°13	¿Cree usted que la universidad debería adquirir más equipos médicos o similares a este desfibrilador para dirigirlos hacia la enseñanza?	Sí	Sí
N°14	¿Nos puede dar su valoración final del equipo para fines docentes? Valor bajo:1, valor alto:10	10	10

Fuente: Encuestas a docentes

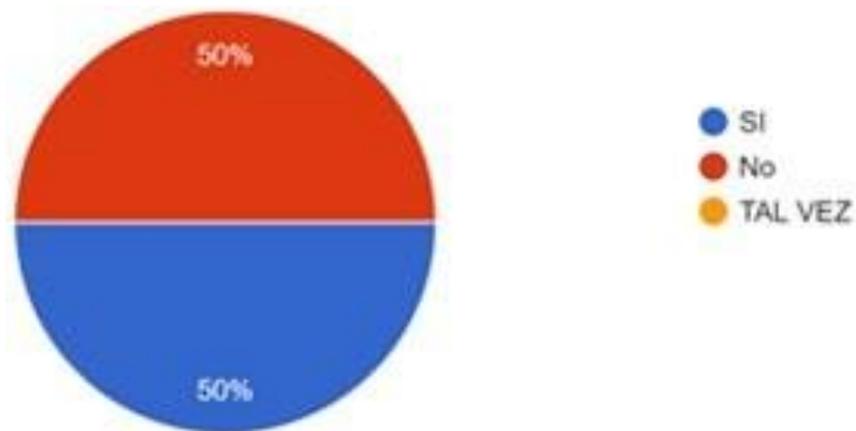
Cuadro N°29. Pregunta N°1

¿Visualizar los componentes internos del equipo permite enseñar los fundamentos teóricos y prácticos sin necesidad de abrirlo?

Pregunta N°1	Docentes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Visualizar los componentes internos del equipo permite enseñar los fundamentos teóricos y prácticos sin necesidad de abrirlo?	Sí	1	50%
	No	1	50%
	Tal vez	0	0%
	Totales	2	100%

Fuente: Encuesta a docentes, cuadro 28.

Gráfica N°17. Pregunta N°1



Fuente: Cuadro N°29.

Muestra la gráfica N°17, que proviene del cuadro N°29, un 50% con el “Sí” de aprobación y 50% de “No” como respuesta.

Cuadro N°30. Pregunta N°2

¿Cree usted que la práctica con este prototipo proporcionaría el entrenamiento necesario para que los estudiantes estén en capacidad de utilizar responsablemente un equipo médico real en el campo profesional del biomédico?

Pregunta N°2	Docentes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Cree usted que la práctica con este prototipo proporcionaría el entrenamiento necesario para que los estudiantes estén en capacidad de utilizar responsablemente un equipo médico real en el campo profesional del biomédico?	Sí	0	0%
	No	0	0%
	Tal vez	2	100%
	Totales	2	100%

Fuente: Encuesta a docentes, cuadro N°28.

Gráfica N°18. Pregunta N°2



Fuente: Cuadro N°30.

Muestra la gráfica N°18, que proviene del cuadro N°30, un 100% con el “Sí” de aprobación como respuesta.

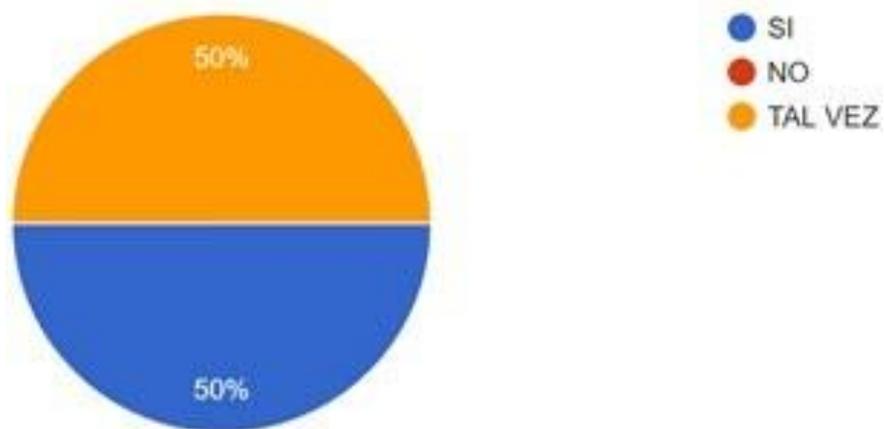
Cuadro N°31. Pregunta N°3

¿El extracto del manual de operación/servicio mostrado en la exposición recoge todos los temas de funcionamiento del equipo?

Pregunta N°3	Docentes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿El extracto del manual de operación/servicio mostrado en la exposición recoge todos los temas de funcionamiento del equipo?	Sí	1	50%
	No	0	0%
	Tal vez	1	50%
	Totales	2	100%

Fuente: Encuesta a docentes, cuadro 28.

Gráfica N°19. Pregunta N°3.



Fuente: Cuadro N°31.

Muestra la gráfica N°19, que proviene del cuadro N°31, un 50% con el “Sí” de aprobación y 50% de “Tal vez” como respuesta.

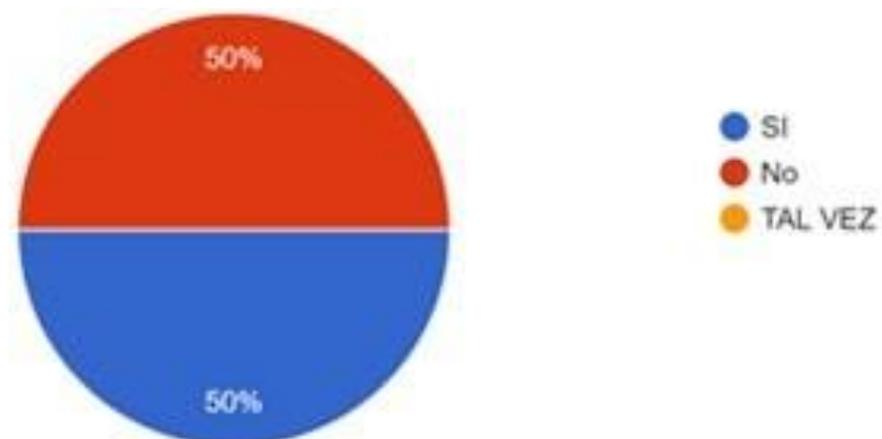
Cuadro N°32. Pregunta N°4

¿Se pueden asignar trabajos de investigación sobre temas implícitos en el manual o sobre el funcionamiento del equipo a diferentes niveles dentro de la carrera de biomédica?

Pregunta N°4	Docentes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Se pueden asignar trabajos de investigación sobre temas implícitos en el manual o sobre el funcionamiento del equipo a diferentes niveles dentro de la carrera de biomédica?	S	1	50%
	No	1	50%
	Tal vez	0	0%
	Totales	2	100%

Fuente: Encuesta a docentes, cuadro 28.

Gráfica N°20. Pregunta N°4



Fuente: Cuadro N°32.

Muestra la gráfica N°20, que proviene del cuadro N°32, un 50% con el “Sí” de aprobación y 50% de “No” como respuesta.

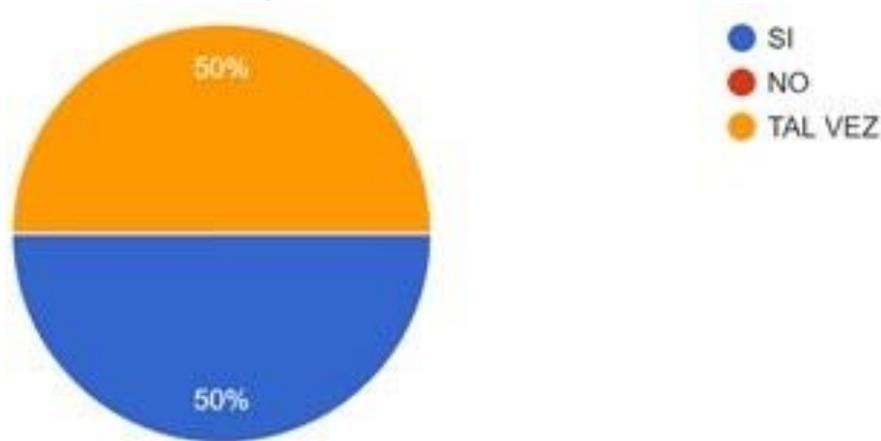
Cuadro N°33. Pregunta N°5

¿Se le podrían implementar al equipo mejoras físicas y tecnológicas para recrear otras situaciones?, ¿O realizar proyectos complementarios como un probador de desfibrilador como el utilizado en la demostración, de modo que amplíen las prestaciones del equipo para la investigación y la experimentación?

Pregunta N°5	Docentes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Se le podrían implementar al equipo mejoras físicas y tecnológicas para recrear otras situaciones?, ¿O realizar proyectos complementarios como un probador de desfibrilador como el utilizado en la demostración, de modo que amplíen las prestaciones del equipo para la investigación y la experimentación?	Sí	1	50%
	No	0	0%
	Tal vez	1	50%
	Totales	2	100%

Fuente: Encuesta a docentes, cuadro N°28.

Gráfica N°21. Pregunta N°5



Fuente: Cuadro N°33.

Muestra la gráfica N°21, que proviene del cuadro N°33, un 50% con el “Sí” de aprobación y 50% de “Tal vez” como respuesta.

Cuadro N°34. Pregunta N°6.

¿Sería aprovechable para los estudiantes del último de año de la carrera de Biomédica cuando tengan que realizar sus prácticas profesionales en centros hospitalarios, contar con un equipo para simulaciones de funcionamiento, diagnóstico y mantenimientos preventivos/correctivos?

Pregunta N°6	Docentes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Sería aprovechable para los estudiantes del último de año de la carrera de Biomédica cuando tengan que realizar sus prácticas profesionales en centros hospitalarios, contar con un equipo para simulaciones de funcionamiento, diagnóstico y mantenimientos preventivos/correctivos?	Sí	0	0%
	No	0	0%
	Tal vez	1	100%
	Totales	2	100%

Fuente: Encuesta a docentes, cuadro N°28.

Gráfica N°22. Pregunta N°6



Fuente: Cuadro N°34.

Muestra la gráfica N°22, que proviene del cuadro N°34, un 100% con el “Sí” de aprobación como respuesta.

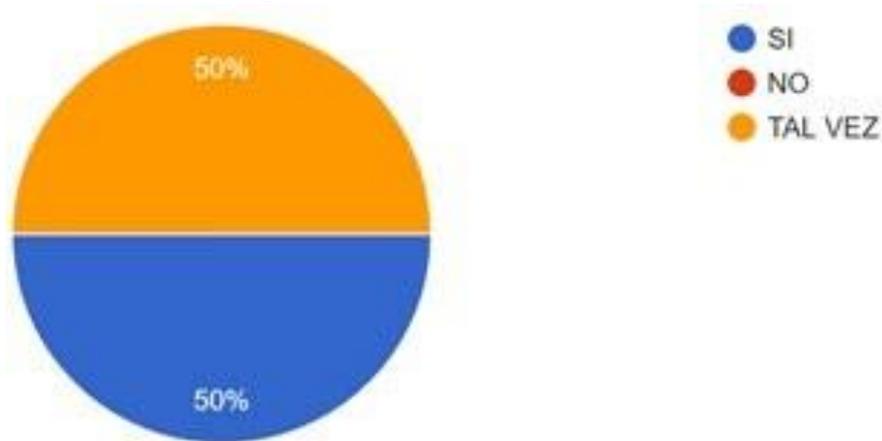
Cuadro N°35. Pregunta N°7.

¿Cree usted que la práctica con este prototipo proporcionaría el entrenamiento necesario para que los estudiantes estén en capacidad de utilizar responsablemente un equipo médico real en el campo profesional del biomédico?

Pregunta N°7	Docentes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Cree usted que la práctica con este prototipo proporcionaría el entrenamiento necesario para que los estudiantes estén en capacidad de utilizar responsablemente un equipo médico real en el campo profesional del biomédico?	Sí	1	50%
	No	0	0%
	Tal vez	1	50%
	Totales	2	100%

Fuente: Encuesta a docentes, cuadro N°28.

Gráfica N°23. Pregunta N°7



Fuente: Cuadro N°35.

Muestra la gráfica N°23, que proviene del cuadro N°35, un 50% con el “Sí” de aprobación y 50% de “Tal vez” como respuesta.

Cuadro N°36. Pregunta N°8.

¿Promueve en el estudiante un criterio analítico y un deseo de mayor aprendizaje al interactuar con el equipo?

Pregunta N°8	Docentes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Promueve en el estudiante un criterio analítico y un deseo de mayor aprendizaje al interactuar con elequipo?	Sí	0	0%
	No	0	0%
	Tal vez	1	100%
	Totales	2	100%

Fuente: Encuesta a docentes, cuadro N°28.

Gráfica N°24. Pregunta N°8



Fuente: Cuadro N°36.

Muestra la gráfica N°24, que proviene del cuadro N°36, un 100% con el “Sí” de aprobación como respuesta.

Cuadro N°37. Pregunta N°9.

¿Cree usted que esta práctica concientizaría a los estudiantes sobre la importancia del buen manejo y cuidado de un equipo médico, cuando le corresponda interactuar con uno real?

Pregunta N°9	Docentes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Cree usted que esta práctica concientizaría a los estudiantes sobre la importancia del buen manejo y cuidado de un equipo médico, cuando le corresponda interactuar con uno real?	Sí	0	0%
	No	0	0%
	Tal vez	1	100%
	Totales	2	100%

Fuente: Encuesta a docentes, cuadro N°28.

Gráfica N°25. Pregunta N°9



Fuente: Cuadro N°37.

Muestra la gráfica N°25, que proviene del cuadro N°37, un 100% con el “Sí” de aprobación como respuesta.

Cuadro N°38. Pregunta N° 10

¿Cree usted que el equipo médico reconstruido podría ser utilizado para sus clases en la carrera de Ingeniería Biomédica?

Pregunta N°10	Docentes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Cree usted que el equipo médico reconstruido podría ser utilizado para sus clases en la carrera de Ingeniería Biomédica?	Sí	0	0%
	No	0	0%
	Tal vez	1	100%
	Totales	2	100%

Fuente: Encuesta a docentes, cuadro N°28.

Gráfica N°26. Pregunta N°10



Fuente: Cuadro N°38.

Muestra la gráfica N°26, que proviene del cuadro N°38, un 100% con el “Si” de aprobación como respuesta.

Cuadro N°39. Pregunta N°11

¿Cree usted que el equipo reúne todas las características necesarias como recurso o material de apoyo docente?

Pregunta N°11	Docentes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Cree usted que el equipo reúne todas las características necesarias como recurso o material de apoyo docente?	Sí	0	0%
	No	0	0%
	Tal vez	1	100%
	Totales	2	100%

Fuente: Encuesta a docentes, cuadro N°28.

Gráfica N°27. Pregunta N°11



Fuente: Cuadro N°39.

Muestra la gráfica N°27, que proviene del cuadro N°39, un 100% con el “Sí” de aprobación como respuesta.

Cuadro N°40. Pregunta N°12

¿Podría ser útil para docentes de otras carreras de UDELAS tales como enfermería o emergencias médicas?

Pregunta N°12	Docentes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Podría ser útil para docentes de otras carreras de UDELAS tales como enfermería o emergencias médicas?	Sí	0	0%
	No	0	0%
	Tal vez	1	100%
	Totales	2	100%

Fuente: Encuesta a docentes, cuadro N°28.

Gráfica N°28. Pregunta N°12



Fuente: Cuadro N°40.

Muestra la gráfica N°28, que proviene del cuadro N°40, un 100% con el “Sí” de aprobación como respuesta.

Cuadro N°41. Pregunta N°13

¿Cree usted que la universidad debería adquirir más equipos médicos o similares a este desfibrilador para dirigirlos hacia la enseñanza?

Pregunta N°13	Docentes		
	Respuesta	Cantidad	Porcentaje
¿Cree usted que la universidad debería adquirir más equipos médicos o similares a este desfibrilador para dirigirlos hacia la enseñanza?	Sí	0	0%
	No	0	0%
	Tal vez	1	100%
	Totales	2	100%

Fuente: Encuesta a docentes, cuadro N°28.

Gráfica N°29. Pregunta N°13



Fuente: Cuadro N°41.

Muestra la gráfica N°29, que proviene del cuadro N°41, un 100% con el “Sí” de aprobación como respuesta.

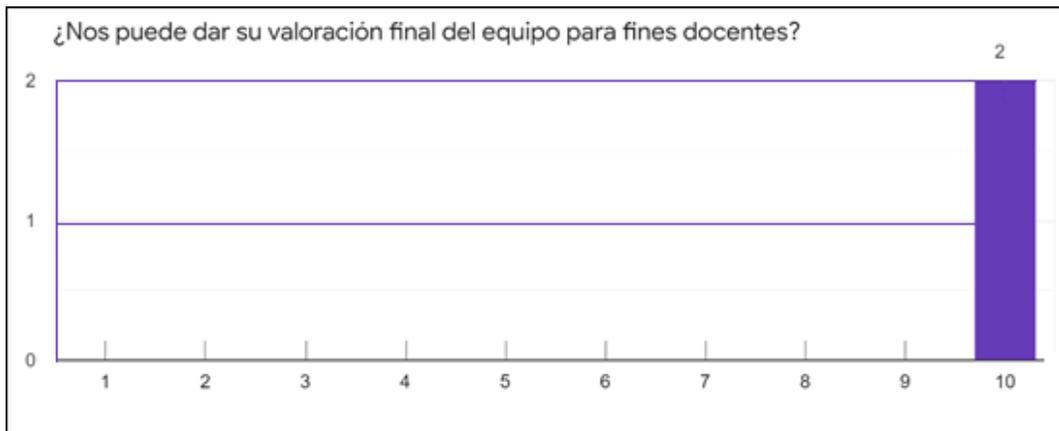
Cuadro N°42. Pregunta N°14. Valorización final del equipo para enseñanza.
¿Nos puede dar su valoración final del equipo para fines docentes?

Pregunta N°14	Docentes		
	Calificación	Cantidad	Porcentaje
¿Nos puede dar su valoración final del equipo para fines docentes?	10	2	100%
	Totales	2	100%

Fuente: Encuesta a docentes, cuadro N°28.

Se muestra en el cuadro N°42 que las puntuaciones fueron de 10 al equipo para confirmar que los docentes ven al prototipo como un recurso didáctico.

Gráfica N°30. Pregunta N°14 – Valorización final docentes

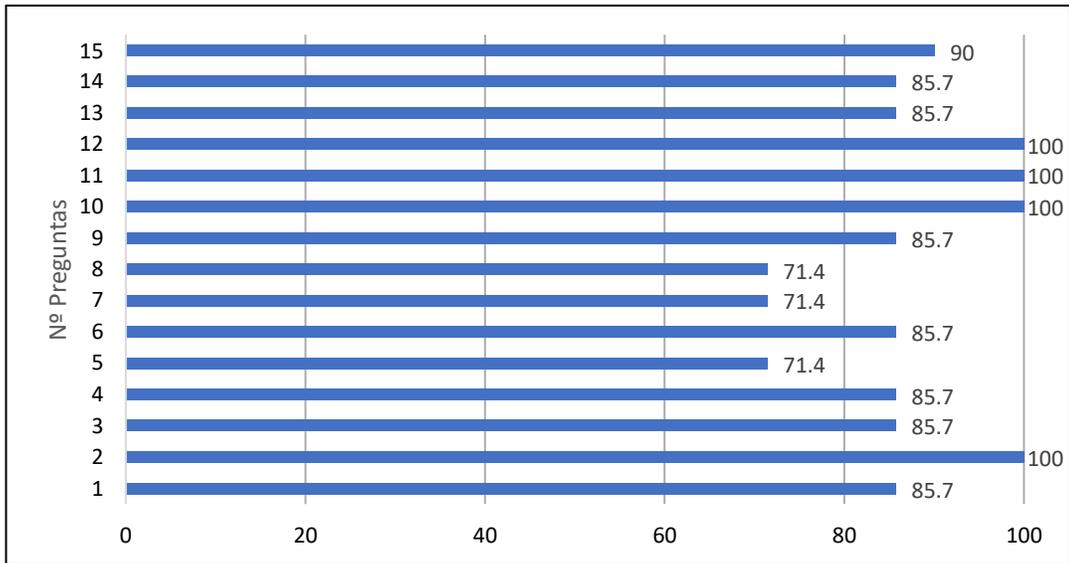


Fuente: Cuestionario de docentes, cuadro N°28.

Se aprecia en la gráfica N°30 la valoración final de 10 para fines educativos que equivale a un 100% de aprobación.

Los resultados finales para los estudiantes son los siguientes:

Gráfica N°31. Porcentajes de aprobación de los estudiantes encuestados.



Fuente: Cuestionario de estudiantes, Cuadro N°12.

Se detallan porcentajes en la gráfica N°31, solamente las respuestas con un “Sí” de aprobación en porcentajes se toman en cuenta, para dar más claridad a los resultados.

Las preguntas con porcentajes similares fueron agrupadas en:

Un 71.4 % de aprobación en las preguntas N°5, 7 y 8.

Un 85.7% de aprobación en las preguntas N°1, 3, 4, 6, 9, 13 y 14.

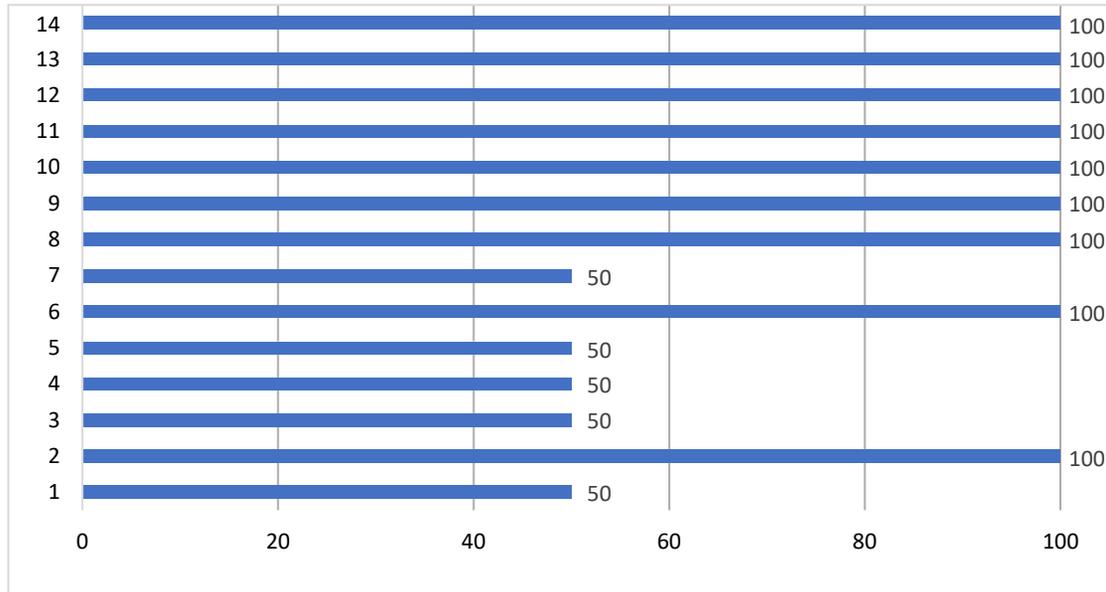
Un 90% (valor medio 9) como valor promedio de aprobación en la pregunta N°15 sobre la valorización del aprendizaje.

Un 100% total de aprobación en las preguntas N°2, 10, 11 y 12.

Los datos demuestran porcentajes favorables de aceptación para ser utilizados para el aprendizaje dentro de la carrera de biomédica.

Los resultados finales para los docentes son los siguientes:

Gráfica N°32. Porcentajes de aprobación de los docentes encuestados



Fuente: cuestionario de docentes, cuadro N°28.

Se detallan porcentajes en la gráfica N°32, los profesores encuestados que contestaron con un “Sí” de aprobación al prototipo de un total de 14 preguntas. Agrupando las preguntas con porcentajes similares tenemos:

Un 50% de aprobación en las preguntas N°1, 3, 4, 5 y 7.

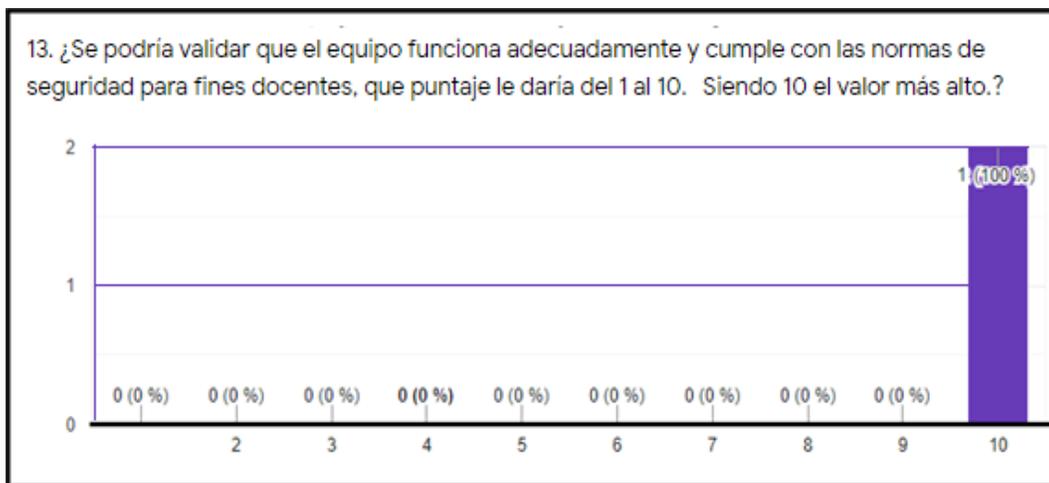
Un 100% de aprobación en las preguntas N°2, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14.

Los datos demuestran un gran porcentaje de aceptación en la mayoría de las preguntas para ser utilizado por docentes como recurso didáctico.

Como último resultado, se muestra a continuación la valorización realizada por un biomédico idóneo que realizó todo tipo de pruebas exhaustivas al equipo con equipos externos para validar nuestro producto, de modo que cumplió con las características técnicas y funcionalidad redactadas en el manual de servicio y cumplió con la prueba de seguridad de las corrientes de fuga para ser utilizada por estudiantes en talleres o laboratorios. Las sugerencias hechas se referían

a la importancia de la observación de las indicaciones, advertencias y precauciones contenidas en su manual operación/servicio por la propia seguridad del usuario y para evitar un mal manejo que pudiera dañar circuitos sensitivos o tarjetas del equipo, siempre bajo la supervisión en clase de algún docente o personal experimentado. Teniendo como recomendación final un mayor fortalecimiento de todas las áreas entre uniones del acrílico.

Gráfica N°33. Valorización del equipo por el profesional biomédico



Fuente: Encuesta a profesional biomédico.

Se aprecia en la gráfica N°33 la valoración final que fue de un 100% en funcionamiento y seguridad. El cuestionario completo y contestado se agregó en anexo N°3.

CONCLUSIONES

- Hemos aprendido y confirmado en el desarrollo de este trabajo que el propósito de un desfibrilador es salvar vidas, por consiguiente, nuestra labor como profesionales biomédicos será entregarlo en buenas condiciones físicas y operativas mediante regulares mantenimientos preventivos y correctivos para la disponibilidad oportuna del personal médico.
- Se justifica la importancia de la reconstrucción y entrega de este equipo porque es en beneficio de docentes y estudiantes, ya que estos últimos, aprenderán a familiarizarse físicamente y profundizarán teóricamente con temas dados en asignaturas universitarias como anatomía y fisiología, cálculo superior, electrónica, diseño, manejo de software, otros; y sirva como base de investigación para futuros proyectos.
- El equipo se reconstruyó dentro de una carcasa transparente pasando de lo inoperativo a lo completamente funcional. En pruebas de precisión de las descargas de energía estuvo arriba del 96% y con tolerancia del $\pm 15\%$.
- Se logró incorporar algunas modificaciones técnicas para propósitos educativos como un conector con los puntos de medición de voltajes y un panel de interruptores para simulación de algunas fallas con el corte de la energía.
- Al finalizar la reconstrucción del equipo demostramos su funcionalidad y ventajas antes profesores, estudiantes y profesional biomédico obteniendo resultados positivos en la mayoría de las preguntas. Para una valorización final promedio de 9/10 como útil para el aprendizaje por estudiantes; valorización del 100% para fines didácticos por docentes y una valorización del 100% de funcionalidad y seguridad general por el profesional biomédico.

- Se entregarán tres productos finales del trabajo, el prototipo basado en el monitor desfibrilador, el manual del equipo y un probador de seguridad eléctrica con sus accesorios a la escuela de Biociencias de UDELAS para propósitos educativos.
- Se cumplió con el objetivo general que era la reconstrucción de un prototipo basado en un monitor desfibrilador que fuera funcional y cumpliera con las normas de seguridad para fines educativos destinado a UDELAS, respaldado por los resultados obtenidos de aprobación de las encuestas.
- Respecto a los estudiantes los porcentajes de aprobación estuvieron partiendo desde 71.4% (3 preguntas), 85.7% (7 preguntas), 90% (1 pregunta) y 100% en 4 preguntas de un total de 15. Referente a los docentes los porcentajes de aprobación estuvieron en 50% (5 preguntas) y la gran mayoría en el 100% para 9 preguntas de un total de 14.

Limitaciones y recomendaciones

A lo largo de este trabajo de graduación nos hemos encontrado con algunas situaciones que de alguna manera han afectado el desarrollo de nuestro proyecto y que deseamos compartir con ustedes.

- Hay que mencionar como número uno la pandemia por coronavirus, primero por las normas de protección sanitaria que había que cumplir para no contagiarnos entre nosotros mismos, ni a colegas y menos a familiares; la limitante del uso de áreas adecuadas para trabajar con el proyecto no riesgosas dentro de las instalaciones hospitalarias; y, por último, la ralentización de los progresos debido a la ausencia de reuniones técnicas en los peores meses del contagio y por el resguardo de la cuarentena.
- Tuvimos inconvenientes en la instalación y adaptación de accesorios en la carcasa nueva como separación de cableados entre tarjetas, puerta de impresora y los soportes de las paletas de modo que brindará resistencia y seguridad al realizar movimientos fuertes de presión o rotación. Inconvenientes que nos dilató, en tiempo, el desarrollo de reconstrucción, pero siempre hicimos acopio de ingenio para solucionar los percances.
- Opinamos que el prototipo puede ser la base para promover investigaciones, mejorar proyectos o dispositivos complementarios con sus prestaciones educativas para prácticas, laboratorios, talleres de biomédica, por ejemplo, la implementación de un probador de descargas de energía que no tiene.
- Muchos entrenamientos biomédicos ahora se realizan virtualmente, así que impartir docencia de forma virtual es una tendencia real como el realizado el día de la demostración sobre la funcionalidad del prototipo, donde los estudiantes de otros niveles de la carrera participaron activamente con sus interrogantes; pero,

tenemos por cierto que la evaluación de opinión de parte de ellos habría sido notablemente mejor y mayor con la presencialidad del hecho.

- Como recomendaciones finales, esperamos que UDELAS invierta en la compra de equipos de medición, que sabemos que son costosos, pero también importantes; complementarían así la experiencia de otros prototipos suministrados por los estudiantes graduandos y prepararían con mayor eficacia y eficiencia al futuro ingeniero para desenvolverse en la realidad del campo profesional biomédico.
- Recomendamos que antes de utilizar el equipo los estudiantes lean el manual de operación/servicio para estar claros en las indicaciones iniciales, en advertencias presentes y en el modo de operación, y siempre bajo la supervisión del profesor o personal con experiencia en el manejo del equipo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arjona M., E., Burgos M., J., & Dávila B., A. R. (s.f.). *Desfibrilacion*. Obtenido de Asociacion Española de Enfermeria en Cardiologia:
https://www.enfermeriaencardiologia.com/wp-content/uploads/electro_14.pdf
- Barco Lima, A. C., Pedroso, B., García, D., Navarro, V., & León, M. (diciembre de 2018). *Bases fisiológicas de la desfibrilación ventricular*. *Universidad de Ciencias Médicas de Cienfuegos*, 16. Obtenido de Researchgate:
https://www.researchgate.net/profile/Victor-Navarro-Machado/publication/331010258_Physiological_bases_of_ventricular_defibrillation/links/5cb5ef3a92851c8d22f0980d/Physiological-bases-of-ventricular-defibrillation.pdf
- Benhayon, D. (2014). *Impedancia transtorácica como herramienta para el manejo del paciente con insuficiencia cardíaca*. *Insuficiencia cardíaca*, 9(1), 48-52. Obtenido de Redalyc.org:
<https://www.redalyc.org/pdf/3219/321930870008.pdf>
- C.S.S., Hospital Rafael Hernández. (2016-2021). *Almacén médico quirúrgico*. Caja del Seguro Social [CSS]. (5 de mayo de 2021). *Misión y Visión*. Obtenido de Caja del Seguro Social: <http://w3.css.gob.pa/vision-y-mision/#:~:text=Proveer%20servicios%20de%20salud%20y,transparencia%20y%20rendici%C3%B3n%20de%20cuenta>.
- Carranza, G. E. (marzo de 2013). *Desfibrilacion Externa: Determinación experimental de la forma de onda óptima*. Obtenido de Docplayer:
<https://docplayer.es/12432350-Gustavo-e-carranza-1.html>
- Cordis integralis. (9 de noviembre de 2019). *Pequeña historia del desfibrilador*. Obtenido de cordis integralis: <https://cordisintegralis.es/2020/11/09/pequena-historia-del-desfibrilador/>

- Cuervo Ramírez, D. (2010). *Protocolo de pruebas eléctricas para equipos médicos por medio de análisis de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética. Uniandes*. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/25231>
- De la Torre, P., & Salazar, M. (2008). *Etapas de potencia de un desfibrilador externo automático. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Monterrey*. Obtenido de <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/631981>
- Desfibrilador.com. (agosto de 2021). *Tipo de desfibriladores*. Recuperado el 2021, de <https://www.desfibrilador.com/desfibrilador/tipos-de-desfibriladores/>
- Fasquelle, G. y. (s.f.). *Desfibrilación Cardíaca*. Recuperado el 10 de 11 de 2021, de Biblioteca Virtual en Salud Honduras: <http://www.bvs.hn/RMH/pdf/1997/pdf/Vol65-2-1997-5.pdf>
- Fluke Biomedical. (2021). *FlukeBiomedical.com*. Obtenido de <https://www.flukebiomedical.com/products/biomedical-test-equipment>
- Folgueras, J., Portela, A., Milanés, A., Colorado, O., Gómez, M., Aguilar, M., & Martínez, V. (10 al 13 de julio de 2003). *Un desfibrilador bifásico cubano: Características fundamentales. Memorias V Congreso de la Sociedad Cubana de Bioingeniería*. Obtenido de Researchgate: https://www.researchgate.net/publication/228841828_Un_desfibrilador_bifasico_cubano_Caracteristicas_fundamentales
- Folgueras, J., Portela, A., Milanés, O., Meissimilly, G., Gómez, M., Sánchez, O., & Martínez, V. (2005). *Tratamiento de los riesgos en un desfibrilador- Monitor Bifásico. VI Congreso de la Sociedad Cubana de Bioingeniería, Habana*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/profile/Alejandro_Portela/publication/228370529_Tratamiento_de_los_riesgos_en_un_desfibrilador-monitor_bifasico/links/540edd3b0cf2f2b29a3bc1aa.pdf
- G.E. (2006). *Operator's Manual defibrillator/monitor*. USA.
- G.E. (2007). *Service Manual defibrillator/monitor*. USA.

- Gamboa, J. (18-20 de noviembre de 2018). *Analizador De Desfibriladores Bifásicos Usando PSoC 4*. DOI:10.24254/CNIB.18.11. Obtenido de Memorias del Congreso Nacional de Ingeniería Biomédica:
<http://memorias.somib.org.mx/index.php/memorias/article/view/583/302>
- Guerrero, J. (2016). *Diseño e implementación de protocolos de validación para equipos Médicos/Quirúrgicos de monitoreo y control. Tesis de Maestría. Universidad de Antioquia*. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Antioquia:
http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/5745/1/GuerreroJuan_2016_DisenioImplementacionProtocolos.pdf
- Hall, J., & Guyton, A. (2011). *Fisiología Médica*. Madrid: Elsevier.hospitalnetwork. (2021). *hospitalnetwork.com*. Obtenido de
<https://www.hospitalnetwork.com/doc/lt544dlite-digital-safety-tester-0001> Mateo, J., Cardeñosa, M. C., & Raja, A. (2002). *Arritmias Cardiacas. Sescam Servicio de Salud de Castilla-La Mancha*. Obtenido de SlideShare :
<https://es.slideshare.net/samedicus/arritmias-cardiacas-32147106>
- MediSur. (nov-dic de 2018). *Bases fisiológicas de la desfibrilación ventricular*. Obtenido de Scielo Cuba:
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2018000600017
- Mulroney, A. K., & Myers, S. (2011). *Netter. Fundamentos de Fisiología*. España: Elsevier.
- OMS. (17 de mayo de 2017). *Organizacion Mundial de la salud*. Obtenido de Enfermedades Cardiovasculares: [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-\(cvds\)](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/cardiovascular-diseases-(cvds))
- Phisiocontrol lifepack 20e. (2013). *Manual de instrucciones del monitor desfibrilador*.
- Portela, A., & Folgueras, J. (2021). *Un método de ajuste de la energía para un desfibrilador bifásico basado en la impedancia transtorácica*. Obtenido de Academia:

https://www.academia.edu/39029256/UN_M%C3%89TODO_DE_AJUSTE_DE_LA_ENERG%C3%8DA_PARA_UN_DESFIBRILADOR_BIF%C3%81SICO_BASADO_EN_LA_IMPEDANCIA_TRANSTOR%C3%81CICA

Primero, D., Díaz, J., García, L., & Gonzalez-Vargas, A. (15 de Agosto de 2015). *Manual para la Gestión del Mantenimiento Correctivo de Equipos Biomédicos en la Fundación Valle del Lili*. Obtenido de SciELO Colombia: <http://www.scielo.org.co/pdf/rinbi/v9n18/v9n18a21.pdf>

promedco. (2021). *Desfibriladores: Características, tipos y modelos*. Obtenido de promedco: <https://www.promedco.com/noticias/desfibriladores-modelos-y-caracteristicas>

Rodriguez, S., & Reyes, M. (2015). *Fundamentos de gestión y funcionamiento de desfibrilador externo*. Obtenido de Docplayer : <https://docplayer.es/16687180-Fundamentos-de-gestion-y-funcionamiento-de-desfibrilador-externo.html>

Romero, A. (7 de enero de 2019). *Infarto agudo del miocardio: signos y síntomas de alerta*. Obtenido de Salud Panamá: <https://www.saludpanama.com/infarto-agudo-del-miocardio-signos-y-sintomas-de-alerta>

Ruiz, J., & Delgadillo A, F. (2020). *Métodos para la calibración de desfibriladores: una revisión (Doctoral dissertation, Universidad Santiagode Cali)*. Obtenido de Repositorio Universidad Santiago de Cali: <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/4728/M%C3%89TODOS%20PARA%20LA%20CALIBRACI%C3%93N.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Sánchez M, A. (Junio de 2018). *Diseño de un desfibrilador externo semiautomático. Tesis de licenciatura. Universidad de Málaga*. Obtenido de CORE: <https://core.ac.uk/download/pdf/214837087.pdf>

Silva V, L. (2017). *El diseño de un desfibrilador: una actividad de modelización matemática para la formación de ingenieros. Tesis de maestría. Instituto Politécnico Nacional*. Obtenido de Cigata.ipn:

https://www.cicata.ipn.mx/assets/files/cicata/ProME/docs/tesis/tesis_maestria/2018/silva_2018.pdf

Socorro S., F. (2012). *Pasado, presente y futuro de los desfibriladores externos*.

Obtenido de Emergencias: <http://emergencias.portalsemes.org/descargar/pasado-presente-y-futuro-de-los-desfibriladores-externos-automaticos-para-su-uso-por-no-profesionales/>

Suasnavas S., J. M. (2015). *Diseño e implementación de un dispositivo para medir la energía de desfibriladores basado en el equipo “desfibrillador energy meter, model 429”, mediante microcontrolador y comunicación bluetooth con dispositivo arduino. Tesis de licenciatura*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE:

<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12064/5/T-ESPE-049315.pdf>

Texas Heart Institute. (2021). *Anatomía del corazón*. Obtenido de

<https://www.texasheart.org/heart-health/heart-information-center/topics/anatomia-del-corazon/#:~:text=El%20coraz%C3%B3n%20pesa%20entre%207,de%203.500%20millones%20de%20veces.>

Texas Heart Intitute. (s.f.). *Anatomía del corazón*. Obtenido de Texas HeartIntitute:

<https://www.texasheart.org/heart-health/heart-information-center/topics/>

UDELAS. (5 de Mayo de 2021). *Universidad Especializadas de las Américas*.

Obtenido de <http://www.udelas.ac.pa>

Universidad Zaragoza. (s.f.). *Manual de Procedimiento para la homologación y comercialización de un defibrilador externo automatico*. Obtenido de

Zaguan Repositorio Institucional de Documentos:

<https://zaguan.unizar.es/record/5474/files/TAZ-PFC-2010-415.pdf>

Vizcaíno, M., Serna, J., Fory, C., Góngora, H., Millán, J., & Luna, M. (marzo de 2016).

Prototipo de desfibrilado. Ingenium 10(27). Recuperado el 2021, de

Repositorio Universidad Santiago de Cali:

<https://repository.usc.edu.co/handle/20.500.12421/788>

wikipedia. (10 de 5 de 2021). *Wikipedia*. Obtenido de

https://en.wikipedia.org/wiki/ECRI_Institute

ANEXOS

ANEXOS N° 1
ENCUESTA DE OPINIÓN PARA
ESTUDIANTES

ENCUESTA DE OPINION DEL PROTOTIPO PARA ESTUDIANTES

Para el trabajo de grado: Reconstrucción de un Monitor Desfibrilador en combinación con un probador de seguridad eléctrica para fines educativos.

1. ¿Conoce la importancia del equipo médico llamado desfibrilador, que es utilizado por médicos y enfermeras para salvar vidas en un centro hospitalario?
 SI
 NO
 TAL VEZ

2. ¿Puede ser de interés para usted, interactuar y comprender el funcionamiento de un equipo médico como es el desfibrilador reconstruido, que los biomédicos atienden para reparar y dar mantenimiento en los centros hospitalarios?
 SI
 NO
 TAL VEZ

3. ¿Es de ayuda visual que el equipo tenga una cubierta transparente para identificar todos los componentes según el diagrama de bloques del equipo sin necesidad de abrirlo?
 SI
 NO
 TAL VEZ

4. ¿Con la cubierta transparente el equipo sigue siendo transportable, compacto y operable?
 SI
 NO
 TAL VEZ

5. ¿El extracto del manual de operación/servicio mostrado es claro y conciso de utilizar para realizar una búsqueda de información sobre cualquier tema del equipo?
 SI
 NO
 TAL VEZ

6. ¿Se puede diagnosticar daños utilizando los test de pruebas en el modo servicio de equipo?
 SI
 NO
 TAL VEZ

7. ¿Se podría practicar en un taller de clases un checklist o lista de verificación del equipo como el realizado en la demostración del prototipo y que está en el manual?
 SI
 NO
 TAL VEZ

8. ¿Puede ejecutarse simulaciones de mantenimiento preventivos o correctivos como lo harían de la misma forma los profesionales de biomédica?

- SI
- NO
- TAL VEZ

9. ¿Con la señal ECG del Analizador de desfibrilador, utilizado en la demostración, se podía visualizar en la pantalla del prototipo las diferentes formas de ondas e identificar las arritmias?

- SI
- NO
- TAL VEZ

10. ¿Era importante verificar que las pruebas de descargas de energía del prototipo realizadas en el Analizador de desfibrilador eran lecturas correctas y estaban dentro de su porcentaje de tolerancia?

- SI
- NO
- TAL VEZ

11. ¿Es necesario hacer pruebas de seguridad a un equipo médico como las realizadas en la demostración del prototipo?

- SI
- NO
- TAL VEZ

12. ¿Podría ser útil para estudiantes de otras carreras de UDELAS tales como enfermería o emergencias médicas?

- SI
- NO
- TAL VEZ

13. ¿Usted cree que podría implementar al equipo mejoras físicas y tecnológicas para mejorar este prototipo reconstruido?

- SI
- NO
- TAL VEZ

14. ¿Se podría realizar proyectos complementarios para el prototipo, por ejemplo, la construcción de un probador de cargas de desfibrilador como el utilizado en esta demostración, de modo que amplíen las prestaciones del equipo para la investigación y la experimentación?

- SI
- NO
- TAL VEZ

15. ¿Como califica su aprendizaje general con el equipo, del 1 al 10? menos

útil
para el aprendizaje

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----

más útil
para el aprendizaje

ANEXOS N° 2

ENCUESTA DE OPINIÓN PARADOCENTES

ENCUESTA DE OPINIÓN DEL PROTOTIPO PARA DOCENTES

Para el trabajo de grado: Reconstrucción de un Monitor Desfibrilador en combinación con un probador de seguridad eléctrica para fines educativos.

1. ¿Visualizar los componentes internos del equipo permite enseñar los fundamentos teóricos y prácticos sin necesidad de abrirlo?
 SI
 NO
 TAL VEZ

2. ¿Sería de utilidad para los estudiantes aprender a solucionar situaciones de fallas o daños mediante simulaciones que ofrece el equipo?
 SI
 NO
 TAL VEZ

3. ¿El extracto del manual de operación/servicio mostrado en la exposición recoge todos los temas de funcionamiento del equipo?
 SI
 NO
 TAL VEZ

4. ¿Se pueden asignar trabajos de investigación sobre temas implícitos en el manual o sobre el funcionamiento del equipo a diferentes niveles dentro de la carrera de biomédica?
 SI
 NO
 TAL VEZ

5. ¿Se le podría implementar al equipo mejoras físicas y tecnológicas para recrear otras situaciones?, ¿O realizar proyectos complementarios como un probador de desfibrilador como el utilizado en la demostración, de modo que amplíen las prestaciones del equipo para la investigación y la experimentación?
 SI
 NO
 TAL VEZ

6. ¿Sería aprovechable para los estudiantes del último de año de la carrera de Biomédica cuando tengan que realizar sus prácticas profesionales en centros hospitalarios, contar con un equipo para simulaciones de funcionamiento, diagnóstico y mantenimientos preventivos/correctivos?
 SI
 NO
 TAL VEZ

7. ¿Cree usted que la práctica con este prototipo proporcionaría el entrenamiento necesario para que los estudiantes estén en capacidad de utilizar responsablemente un equipo médico real en el campo profesional del biomédico?
 SI
 NO
 TAL VEZ

ANEXOS N°3

ENCUESTA A PROFESIONAL
BIOMÉDICO ELABORADA EN
GOOGLE FORMULARIOS

No se pueden editar las respuestas

ENCUESTA DE OPINION DEL PROTOTIPO PARA EL PROFESIONAL BIOMEDICO

Para el trabajo de grado: Reconstrucción de un Monitor Desfibrilador en combinación de equipo de seguridad eléctrica para fines educativos

1. ¿En la inspección visual realizada al prototipo de carcasa acrílica sus modificaciones externas cumplen o no cumplen con las características propias de un desfibrilador, tales como?

	SI CUMPLE	NO CUMPLE	TAL VEZ
Tiene estructura sólida externa e interna	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Es aprueba de líquidos	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
la impresora soporta movimientos de la puerta	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
la funcionalidad de botonera	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
la funcionalidad del soporte de las palas	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. ¿Es de ayuda visual que el equipo tenga una cubierta transparente para identificar todos los componentes según el diagrama de bloques del equipo sin necesidad de abrirlo?

- SI
 NO
 TAL VEZ

3. ¿El manual es fácil de leer y práctico para buscar contenidos en el menú de configuración, en los test de comprobaciones, en resolución de problemas y mantenimientos preventivos/correctivos?

- SI
 NO
 TAL VEZ

4. ¿Hay coherencia en la presentación de los temas y en la lectura del procedimiento plasmado en el manual cuando las realiza en el equipo?

- SI
 NO
 TAL VEZ

5. En las pruebas de diagnóstico del servicio técnico y de funcionalidad realizadas al desempeño del equipo cumplen o no cumplen con lo siguiente

	SI	NO	TAL VEZ
Prueba de funcionamiento inicial	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prueba de botones	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prueba velocidad de la impresora	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
lecturas de la batería	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prueba de la pantalla	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prueba de derivaciones de ECG	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Lecturas de temperatura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prueba del abanico	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pruebas de desfibrilador	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prueba de tiempo de espera de energía	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prueba de palas o paletas con un analizador de desfibrilador	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pruebas de señal ECG y frecuencia cardíaca con simulador de paciente	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prueba de funcionamiento de la impresora	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Prueba de seguridad eléctrica	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. ¿Al conectar equipos de diagnóstico y medición como Simuladores de paciente ECG, Analizador de desfibrilador y equipo de seguridad eléctrica al prototipo, los valores medidos o reales están dentro de los márgenes de tolerancia adecuado.

- SI
 NO
 TAL VEZ

7. ¿Según su opinión, este equipo médico puede ser utilizado por profesores universitario para impartir clases teóricas y prácticas en talleres.?

- SI
 NO
 TAL VEZ

8. ¿Se puede ejecutar todas las pruebas de la lista de verificación o Checklist como esta en el manual en el manual de operación/servicio?

- SI
 NO
 TAL VEZ

9. ¿Cree usted que es necesario que estudiantes y profesores primero lean y comprendan los posibles peligros, advertencias y su funcionamiento antes de utilizarlo en los talleres?

- SI
 NO
 TAL VEZ

10. ¿Puede ser útil para docentes de otras carreras de la universidad tales como enfermería o emergencias médicas?

- SI
 NO
 TAL VEZ

11. ¿Según su opinión, este equipo es de valiosa ayuda a estudiantes que realizan prácticas profesionales para simular mantenimientos preventivos y correctivos, tal como lo harían en un centro hospitalario?

- SI
 NO
 TAL VEZ

12. ¿Cree usted que practicar con el equipo promueve en el estudiante universitario un criterio analítico y un deseo de mayor aprendizaje al interactuar con el equipo?

- SI
 NO
 TAL VEZ

13. ¿Se podría validar que el equipo funciona adecuadamente y cumple con las normas de seguridad para fines docentes, que puntaje le daría del 1 al 10. Siendo 10 el valor más alto.? *

- 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
- menos funcional optimo funcionamiento

ANEXOS N°4
LISTA DE VERIFICACIÓN
(CHECKLIST)

CHECKLIST - Lista de verificación del equipo	
INSTRUCCIONES (coloque ganchos si cumple)	
<ul style="list-style-type: none"> • Inspección visual de la unidad y de los accesorios 	OK
Verifique la carcasa que esté limpia, sin derrames, intacta y sin signos de daños visibles.	
Verifique la batería que este cargada, no tenga abultamiento, grietas o clavijas rotas.	
Verifique las paletas adultas y pediátricas que no estén picadas ni dañadas y se suelten con facilidad del sostenedor de la carcasa.	
Verifique los cables, conectores o enchufes no estén agrietados, sueltos o doblados, descolorado, signos de sobrecalentamiento.	
Verifique la puerta de la impresora que abra y tenga papel.	
<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación inicial de funcionamiento 	
Encienda el desfibrilador y verifique durante el encendido lo siguiente:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. No hay alarmas durante el encendido. 2. El altavoz emite un pitido corto, luego se queda en silencio. 3. Los indicadores de los botones se iluminan momentáneamente, son: <ul style="list-style-type: none"> • Servicio requerido: en rojo (imagen de la llave) • Carga: en amarillo • Manual: en azul • Choque: en rojo 4. El LED de alimentación CA y de carga de la batería están encendidos. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Comprobación del Menú de servicio técnico en el equipo 	
Contraseña: HEART1	
<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de botones • Prueba velocidad de la impresora • Lecturas de la batería • Prueba de la pantalla • Prueba de derivaciones de ECG • Lecturas de temperatura • Prueba del abanico 	
<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de las PALAS o PALETAS (Pruebas internas) <i>ADVERTENCIA: Daño al equipo, no active más de cinco (5) descargas de prueba internas consecutivas dentro de los 30 minutos. Valores hasta los 50J.</i> 	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Asegúrese de que el desfibrilador tenga la batería cargada y esté conectada a la alimentación de CA. 2. Asegúrese de que las paletas estén bien colocadas en el sostenedor. 3. Presione el botón Manual en la botonera. 4. Seleccione el Nivel de energía de 50J. 5. Presione el botón de Carga en la paleta APEX (derecha). Verifique que se cargue a un nivel de 50J y suene la alarma audible. 6. Simultáneamente presione y mantenga presionado el botón en ambas paletas. 7. Verifique que la energía suministrada en la pantalla esté entre 42.5J - 57.5J. 8. Repita este procedimiento con la batería extraída y conectada a la alimentación de CA. 	

<p>9. Seleccione el Nivel de energía de 60J.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Presione el botón Carga en la botonera. - El mensaje "Aléjese, Pulsar botón de descarga" se visualiza. No presione el botón de descarga. -Después de 30 segundos aparecerá el mensaje "Tiempo límite de carga" (Comprobamos que el equipo se ha desarmado) 	
<ul style="list-style-type: none"> • Verifique la Impresora 	
<p>Seleccione imprimir y que el papel avance imprimiendo correctamente los datos.</p>	
<p>Pruebas de la señal ECG y de la frecuencia cardiaca con un Simulador de Paciente</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Equipo requerido: Simulador de paciente ECG 2. Verifique que el Desfibrilador y el Simulador de paciente estén encendidos. 3. Conecte los electrodos del cable de ECG (RL, RA, LA, LL, V1) del desfibrilador a los conectores correspondientes del Simulador de paciente. 4. Cambie en la pantalla la fuente de PALAS a ECG II. 5. Seleccione una señal normal a 60 lpm en el Simulador y verifique lo siguiente en la pantalla del desfibrilador. <ul style="list-style-type: none"> • La señal de ECG en la pantalla es de amplitud y polaridad correctas • Suena un pitido para cada latido del ECG, no hay distorsión. 6. Simule una señal de bradicardia (35 lpm) y otra de taquicardia (150 lpm), verifique que el ritmo cardiaco concuerda con el valor del Simulador. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de descarga con un Analizador de Paciente - Fluke 6000D 	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Asegúrese de que el desfibrilador tenga la batería cargada y esté conectada a la alimentación de CA. 2. Prepare el Analizador de desfibrilador para medir energía. 3. Apriete botón manual en la botonera. 4. Seleccione el Nivel de energía deseado en la pantalla (150J, 200J, 270J). 5. Desprenda las paletas del desfibrilador y colóquelas sobre las planchas metálicas del Analizador de paciente. 6. Presione el botón de Carga en la paleta APEX (derecha). Verifique que se cargue a nivel seleccionado (270J) y suene la alarma audible. 7. Simultáneamente presione y mantenga presionada el botón en ambas paletas. 8. Verifique que la energía suministrada en la pantalla esté entre 229,5 y 310,5J. 9. Repita este procedimiento con la batería extraída y conectada a la alimentación de CA. 10. Verifique que la impresión se realiza cuando se descarga la energía. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de Seguridad eléctrica con un medidor externo - Dale LT544D 	
<p>Prueba de fuga de corriente</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Coloque los interruptores del analizador en las siguientes posiciones iniciales: Interruptor neutral (CERRADO) y Interruptor de polaridad (APAGADO). 2. Enchufe el medidor en un tomacorriente grado hospitalario y a su receptáculo de prueba I enchufe del prototipo. 3. Active momentáneamente el interruptor de FUGA a la posición TIERRA y lea la corriente de fuga en microamperios (uA). 4. Las lecturas también deben realizarse en todas las combinaciones del interruptor de POLARIDAD (NORMAL /INVERTIDA), el interruptor de NEUTRO (CERRADO/ABIERTO) y los dispositivos de encendido (ENCENDIDO/APAGADO). 5. Asegúrese de hacer una pausa en la posición central desconectada cuando cambie entre normal e invertida. El valor máximo generalmente se encontrará con el NEUTRO abierto y el dispositivo encendido. 	
<ul style="list-style-type: none"> • APAGUE EL EQUIPO 	

ANEXOS N°5

MANUAL DE OPERACIÓN/SERVICIO



MANUAL DE OPERACIÓN Y SERVICIO DEL PROTOTIPO MONITOR DESFIBRILADOR

**Para su uso docente en los Talleres
de la carrera de la Ingeniería en Biomédica**

Facultad de Biociencias

UDELAS - 2021

CONTENIDO

SECCIÓN 1: INFORMACIÓN GENERAL	4
DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO.....	4
INDICACIONES DE USO PREVISTO EN HOSPITALES	5
CONTRAINDICACIONES DE USO	5
TÉRMINOS Y CONDICIONES DE SEGURIDAD.....	5
SIMBOLOGÍA	7
UNIDADES DE MEDIDA	7
ABREVIATURAS Y TÉRMINOS DE REFERENCIA	8
DIAGRAMA EN BLOQUES DEL CONTENIDO DEL MENÚ	9
SECCIÓN 2: DESCRIPCIÓN Y USO DE COMPONENTES DEL EQUIPO	11
BOTONES DEL DESFIBRILADOR.....	11
MONITOREO Y USO DE ELECTRODOS DE ECG CON PACIENTE.....	11
APLICACIÓN DE ELECTRODOS AL PACIENTE.....	12
CONFIGURACIÓN DE LA FUENTE Y DE LA GANANCIA DEL ECG.....	12
ACTIVAR Y DESACTIVAR FILTROS	13
PARA DESFIBRILAR CON PALAS EXTERNAS.....	13
CONTROLES EN LAS PALAS	13
INDICADOR Z-BAR™	14
USO DE BATERÍAS RECARGABLES.....	14
PANTALLA GRÁFICA.....	14
ÁREA DE MENSAJES	15
CANAL 1 y 2	15
INDICADOR DE BATERÍA.....	15
RITMO CARDÍACO	15
MODOS DE DEFIBRILACIÓN	16
PARA ELEGIR UN MODO DE DESFIBRILACIÓN.....	16
PARA USAR EN EL MODO MANUAL	16
NO SINCRONIZACIÓN/SINCRONIZACIÓN.....	17
SECUENCIA AUTOMÁTICA EN EL MODO MANUAL.....	17
PARA USAR EL MODO DE DESCARGA SEMIAUTOMÁTICA	18
IMPRESIÓN	18
INSTANTÁNEA DE PANTALLA.....	18
MENÚ HISTORIAL	19
REGISTRO DE EVENTOS	19
SIGNIFICADO DE LAS ALARMAS.....	19
PANTALLAS VISUALES DE ALARMA	19
ALARMAS DE ALTA PRIORIDAD	19
ALARMAS DE PRIORIDAD MEDIA	19
ALARMAS DE BAJA PRIORIDAD	19
ALARMAS AUDIBLES.....	19
SECCIÓN 3: CONFIGURACIÓN DE LOS AJUSTES DEL EQUIPO	20
MENÚ DE AJUSTES.....	20
CONFIGURACIÓN DE DESFIBRILACIÓN	20
CONFIGURACIÓN DE LA ENERGÍA DE DESCARGA	20
UMBRALES DE ANÁLISIS DE FIBRILACIÓN	21
CONFIGURACIÓN DE CANAL	21
CANAL 1 Y CANAL 2.....	21
FILTROS DE LINEA Y MUSCULAR.....	21

CONFIGURACIÓN DE ALARMAS / SONIDO	21
VALORES PREDETERMINADOS DE AUDIO	21
ACTIVADORES DEL PACIENTE	21
CONFIGURACIÓN DE LA FECHA / HORA	22
MENÚ DE MENU DE USUARIO	22
MENÚ DE CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA	22
AJUSTE DE PANTALLA.....	22
CONFIGURACIÓN DE LA IMPRESORA	23
CONFIGURACIÓN DEL ENCENDIDO	23
RESTABLECER CONFIGURACIÓN ORIGINAL	23
SECCIÓN 4: RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS- TROUBLESHOOTING	24
SIN ARRANQUE	24
ARRANQUE, PERO SIN RESPUESTA	24
LED DEL PANEL FRONTAL DEFECTUOSOS	25
LOS BOTONES NO FUNCIONAN	25
LA BOCINA DAÑADA	25
LA PANTALLA ES TENUE, OSCURA, BORROSA O ILEGIBLE	26
PROBLEMAS DE IMPRESIÓN	26
SOLUCION DE PROBLEMAS DE BATERÍAS.....	26
FALLA LA DESCARGA O CHOQUE EN EL SOSTENEDOR DE PALETAS.....	26
SIN ECG EN LAS PALAS O PALETAS.....	27
EL LED DE SERVICIO ESTA ENCENDIDO.....	27
SECCIÓN 5: MANTENIMIENTO PREVENTIVO	27
INFORMACIÓN GENERAL	27
PRODUCTOS DE LIMPIEZA RECOMENDADOS PARA ACCESORIOS Y EQUIPO	27
MANTENIMIENTO DE LA BATERÍA.....	27
INSTRUCCIONES DE LIMPIEZA DE LA IMPRESORA	28
LISTA DE VERIFICACIÓN DEL DESFIBRILADOR.....	28
INSPECCIÓN ANUAL.....	30
PROCEDIMIENTOS QUE SE DEBEN TOMAR EN CUENTA AL REALIZAR LAS VERIFICACIONES EN EL MODO SERVICIO.....	30
INSPECCIÓN VISUAL	31
COMPROBACIÓN DE FUNCIONAMIENTO INICIAL	31
PRUEBAS DE SERVICIO.....	31
PRUEBA DE BOTONES	32
PRUEBAS DE VELOCIDAD DE LA IMPRESORA	32
LECTURA DE LA BATERÍA	33
PRUEBA DE PANTALLA	33
PRUEBA DE DERIVACIÓN DE ECG.....	33
LECTURA DE TEMPERATURA.....	33
PRUEBA DE ABANICO.....	34
CONFIGURACIÓN DEL DISPOSITIVO	34
GESTIÓN DE DATOS ALMACENADOS	34
BORRAR REGISTROS DE EVENTOS	34
BORRAR INDICADOR DE SERVICIO REQUERIDO.....	34
BORRAR CONTRASEÑA DEL MENU DE CONFIGURACIÓN	34
BORRAR TODOS LOS DATOS ALMACENADOS	34
ENVIAR REGISTROS DE EVENTOS A LA PC.....	34
PRUEBAS DEL DESFIBRILADOR	34
PRUEBA DE TIEMPO DE ESPERA DE ENERGÍA.....	34
TABLA DE PRUEBA DEL DESFIBRILADOR.....	35

PRUEBAS DE PALAS O PALETAS (Pruebas externas con equipo de analizador de desfibrilador) .	35
PRUEBAS DE SEÑAL ECG Y FRECUENCIA CARDIACA.	35
PRUEBAS DE DERIVACION DE ECG	36
PRUEBA DE ECG DE PALETAS.....	37
PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LA IMPRESORA TÉRMICA	37
PRUEBA DE CARDIOVERSION.....	37
PRUEBA EN LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DE LOS VOLTAJES DEL PROTOTIPO.....	37
PRUEBAS DE FALLA CON LOS INTERRUPTORES DEL PROTOTIPO.....	38
SECCIÓN 6: TEORÍA DE FUNCIONAMIENTO	39
CARACTERÍSTICAS.....	39
DESCRIPCION DE COMPONENTES.....	39
TARJETA PRINCIPAL	39
TARJETA DE TERAPIA	39
TARJETA DE ECG.....	39
TARJETA DE CONTROL DE ENERGÍA	40
DIAGRAMA DE BLOQUES DEL INTERCONEXION DEL SISTEMA	40
SECCIÓN 7: PIEZAS Y ACCESORIOS	41
SECCIÓN 8: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y SEGURIDAD	43
TABLA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	43
RHYTHMX® ALGORITMO DE ANÁLISIS DE ECG	44
TASA DE DETECCIÓN	44
FV FINA	44
ASISTOLIA	44
DETECCIÓN DE RUIDO.....	44
CHOQUE NO COMPROMETIDO.....	44
MODO DE SINCRONIZACIÓN	44
DISCRIMINADORES DE TSV (TAQUICARDIA SUPRAVENTRICULAR).....	44
TASA DE TSV.....	44
FORMA DE ONDA DE DESFIBRILACION BIFÁSICO - STAR®	45
NIVELES DE ENERGÍA E IMPEDANCIA DEL PACIENTE	46

SECCION 1: INFORMACIÓN GENERAL

DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

Este equipo médico es un monitor desfibrilador, incorpora una pantalla a color TFT de color transmisivo de 320 x 240 para ángulos de visión amplios en todas las condiciones de luz. El dispositivo funciona con una fuente de alimentación de CA o una batería interna recargable de iones de litio. El dispositivo proporciona monitorización continua de ECG y dos tipos de terapias: desfibrilación y cardioversión. La desfibrilación se puede aplicar de forma manual o semiautomática. El dispositivo emplea el software patentado RHYTHMX® que proporciona análisis del ritmo de ECG. La forma de onda bifásica STAR® ofrece energía con compensación de impedancia que varía de 2 a 270 julios. Las características y opciones incluyen palas externas, ECG de 3 o 5 derivaciones, impresora térmica incorporada de 60 mm, almacenamiento interno del historial de eventos.

INDICACIONES DE USO PREVISTO EN HOSPITALES



Nota: Este equipo médico es un monitor desfibrilador diseñado para ser utilizado por personal con conocimientos básicos en biomédica que haya leído y comprendido en su totalidad su manejo y funcionamiento explicado en el manual de operación y servicio suministrado.

El desfibrilador está indicado para la terminación de ciertas arritmias fatales, como la fibrilación ventricular y la taquicardia ventricular sintomática. El suministro de energía en el modo sincronizado es un método para tratar la fibrilación auricular, el aleteo auricular, la taquicardia supraventricular paroxística y, en pacientes relativamente estables, la taquicardia ventricular.

El modo de aviso semiautomático es para uso en paro cardíaco en pacientes de al menos 8 años de edad. El paciente debe estar inconsciente, sin pulso y sin respirar espontáneamente antes de usar el desfibrilador para analizar el ritmo del ECG del paciente.

La monitorización de ECG de 3 y 5 derivaciones permite la identificación o interpretación de ritmos cardíacos o arritmias y el cálculo de la frecuencia cardíaca.

CONTRAINDICACIONES DE USO

La terapia de desfibrilación manual y semiautomática está contraindicada en personas o pacientes que presentan uno o cualquier combinación de lo siguiente:

- Sensibilidad, está consciente
- Respiración espontánea
- Pulso perceptible

TÉRMINOS Y CONDICIONES DE SEGURIDAD

La siguiente es una lista de las alertas de seguridad del desfibrilador que aparecen en esta sección y en todo este manual. Debe leer, comprender y prestar atención a estas alertas de seguridad antes de intentar utilizar el desfibrilador. Las palabras de advertencia que se muestran a continuación identifican las categorías de peligros potenciales. La definición de cada categoría es la siguiente:

- **PELIGRO:** Esta alerta identifica peligros que causarán lesiones personales graves o la muerte.
- **ADVERTENCIA:** Esta alerta identifica peligros que pueden causar lesiones personales graves o la muerte.
- **PRECAUCIÓN:** Esta alerta identifica peligros que pueden causar lesiones personales leves, daños al producto o daños a la propiedad.



NOTAS: Las notas contienen información adicional sobre el uso.

PELIGRO: Riesgo de incendio y explosión,

- No utilice en presencia de gases inflamables (incluido el oxígeno concentrado) para evitar un posible peligro de explosión o incendio.

ADVERTENCIA: Peligro de choque o descarga

La corriente de descarga de desfibrilación que fluye a través de vías no deseadas es potencialmente un grave peligro de descarga eléctrica. Para evitar este peligro durante la desfibrilación, cumpla con todo lo siguiente:

- No toque líquidos conductores como gel, sangre o solución salina.
- No toque objetos metálicos en contacto con el paciente, como el armazón de una cama o una camilla.
- Mantenga los electrodos de desfibrilación y los electrodos de ECG alejados de otros electrodos o partes metálicas.

- No sumerja ninguna parte de este dispositivo en agua u otros líquidos. Evite derramar líquidos sobre el dispositivo o los accesorios. No limpiar con agentes inflamables.
- ¡No abra ni desmonte el desfibrilador!, ¡sin supervisión del profesor y sin haber leído enteramente el manual, puede provocar lesiones personales o la muerte!
- No utilice el desfibrilador sobre una superficie conductora, incluida cualquier superficie húmeda.

ADVERTENCIA:

- No utilice baterías, ni paletas, cables o equipos opcionales que no sean los especificados para este desfibrilador, puede provocar un aumento de las emisiones electromagnéticas o una disminución de la inmunidad del equipo.

ADVERTENCIA:

- No permita que las paletas y electrodos de ECG se toquen entre sí, puede causar arcos eléctricos y quemaduras en la piel del operario durante la desfibrilación

ADVERTENCIA:

- Si está en duda la integridad de la disposición del conductor de tierra de la alimentación externa, desenchufe el dispositivo de la red de CA y utilícelo con una batería recargable que esté cargada.

ADVERTENCIA:

- El desfibrilador no se encenderá si se pierde la alimentación de CA o cuando la batería está baja o no está insertada en el equipo.

ADVERTENCIA:

- No active más de cinco (5) descargas de prueba consecutivas (o descargas internas de seguridad) dentro de los treinta (30) minutos.

ADVERTENCIA:

- Desfibrilar a una persona con ritmo cardíaco normal puede inducir fibrilación ventricular.

PRECAUCIÓN:

- El almacenamiento de baterías a temperaturas elevadas reducirá significativamente la capacidad. Se recomienda que las baterías se almacenen y recarguen solo a temperatura ambiente, alrededor de 21 ° C. En cualquier caso, no superar los 50 °.

PRECAUCIÓN:

- Los electrodos que no están secos o se dañan pueden causar arcos eléctricos y quemaduras en la piel a la persona durante la prueba de desfibrilación.

PRECAUCIÓN:

- El papel de la impresora puede atascarse si el papel está húmedo. La impresora puede dañarse si se deja secar el papel húmedo mientras está en contacto con los elementos de la impresora.

PRECAUCIÓN: Posible interferencia eléctrica con el rendimiento del dispositivo

- Las señales transitorias de los monitores de aislamiento de línea pueden parecerse a las formas de onda cardíaca reales y, por lo tanto, inhiben las alarmas de frecuencia cardíaca, colóquelos lejos del equipo.
- Los equipos que operan muy cerca pueden emitir fuertes interferencias electromagnéticas o de radiofrecuencia (RFI), que podrían afectar el rendimiento de este dispositivo. La RFI puede provocar la distorsión del ECG y la imposibilidad de detectar un ritmo desfibrilable. Evite utilizar el desfibrilador cerca de radios FM de 2 vías, teléfonos móviles y otros equipos similares cerca del equipo.

PRECAUCIÓN:

Los monitores, desfibriladores y sus accesorios (incluidos los electrodos y los cables) contienen materiales ferromagnéticos y no deben utilizarse en presencia de un campo magnético elevado creado por un dispositivo de resonancia magnética (MRI). El alto campo magnético creado por un dispositivo de resonancia magnética interactuará con el equipo ferromagnético que puede causar lesiones graves a las personas entre el equipo y el dispositivo de resonancia magnética.



NOTAS:

- Si se presiona el botón de encendido durante cinco (5) segundos, se apagará.
- Si la alimentación de CA no está conectada y el voltaje de la batería se vuelve críticamente bajo, el sistema mostrará un mensaje de error y luego se apagará.
- Si el cable de ECG se desconecta o se cae, se muestra un mensaje de advertencia.
- La piel es un mal conductor de la electricidad, por lo que la preparación de la piel del paciente es importante para facilitar un buen contacto entre el electrodo y la piel. Al limpiar la piel del paciente, NUNCA use alcohol o tintura de benjuí, ya que esto aumenta la resistencia de la piel.
- La energía seleccionable cuando se utilizan palas internas es la siguiente: 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30 y 50 julios.
- El operador tiene treinta (30) segundos para administrar la terapia antes de que el desfibrilador se desactive y cancele la terapia.

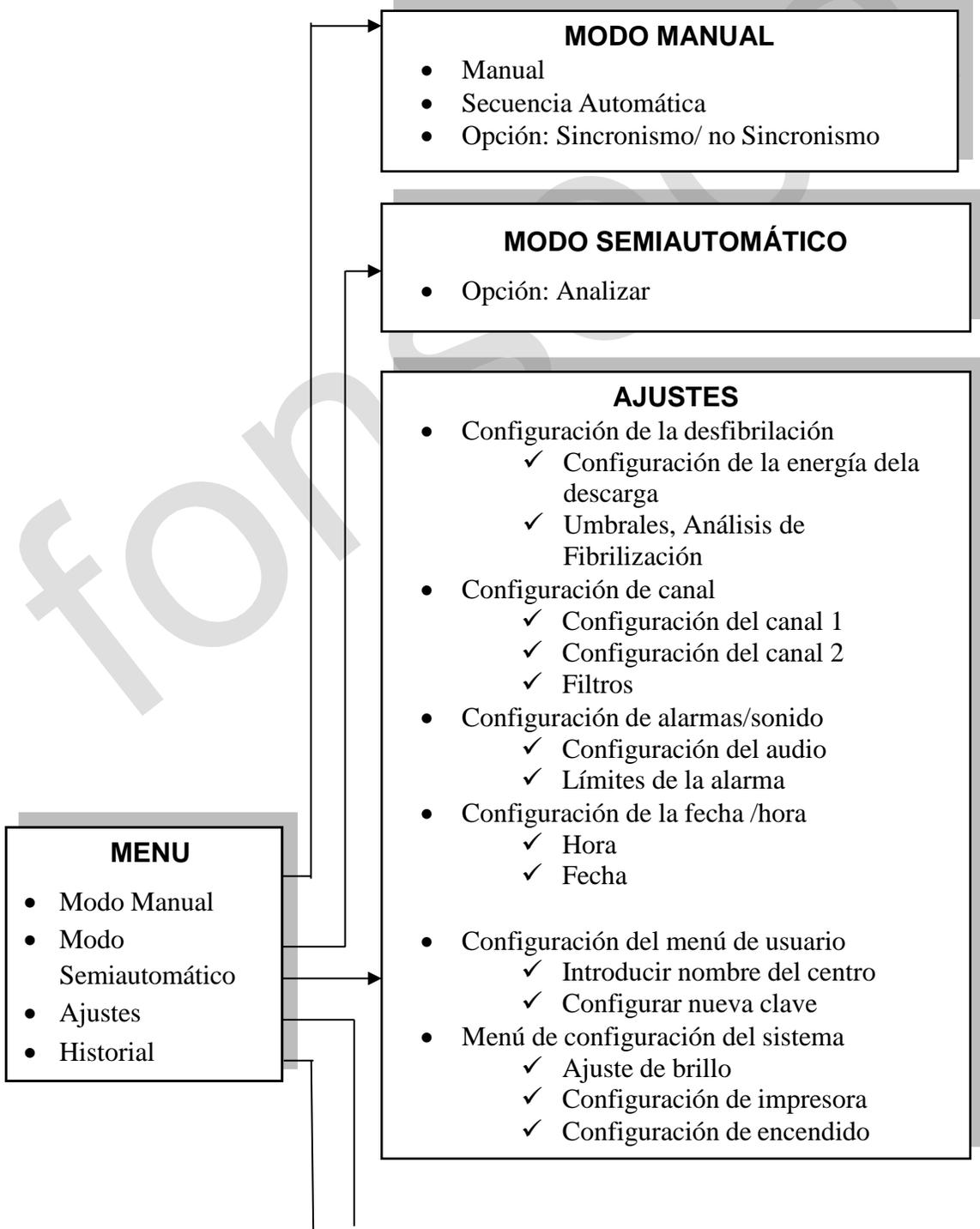
SIMBOLOGÍA		
	Energía CA (LED verde)	El LED de alimentación de CA se enciende cuando está conectado a una alimentación de CA externa.
	Carga de la batería (LED amarillo)	El LED de carga de la batería se enciende cuando la batería de se está cargando en el equipo o cuando se mantiene la carga de la batería.
	Servicio requerido (LED rojo)	El LED de servicio requerido se enciende cuando requiere servicio. Ponga fuera de servicio el equipo y dependiendo de la falla diagnostique en el modo de servicio y en la sección resolución de problemas
	La barra en Z	Proporciona un indicador visual relativo de la impedancia transtorácica total entre los dos electrodos de desfibrilación.
	Voltaje peligroso	La salida del desfibrilador tiene un voltaje alto y puede presentar un riesgo de descarga. Lea y comprenda todas las alertas de seguridad de este manual antes de intentar utilizar este equipo.
	Precaución	Consulte los documentos adjuntos.
	Tierra	Este símbolo indica tierra de protección (tierra).
	Pieza aplicada tipo CF a prueba de desfibrilación	El ECG, los parches, las palas están aislados, pueden soportar los efectos de una descarga de desfibrilación aplicada externamente al paciente y están diseñados específicamente para aplicaciones en las que hay una conexión conductora directamente al corazón está establecida.

UNIDADES DE MEDIDA		
SIMBOLOGÍA	UNIDAD	DESCRIPCION
J	Energía	Joules, julios
m, cm, mm	Longitud	Metro, centímetro, milímetro
h, m, s, ms	Tiempo	Hora, minuto, segundo, milisegundo
°C	Temperatura	Grados centígrados
Hz, KHz, MHz	Frecuencia	Hertz, Hercios, kilo hercios, megahercios

BPM o LPM	Frecuencia cardíaca	Latidos por minutos
V, mV, kV, Vrms	Tensión, voltaje	Voltios, milivoltios, kilovoltios, voltaje efectivo
mA, uA, mAh	Corriente	Miliamperio, microamperio, miliamperio por hora
mm/s	Velocidad	milímetro por segundo
Ω , K Ω , M Ω ,	Impedancia	Ohmios, Kilo ohmios, mega ohmios
F, pF	Capacitancia	Faradios, picofaradios
Kg, g	Peso	Kilogramo, gramo
W, VA	Potencia	Watt, vatios, potencia aparente en voltiamperios
RH	Humedad relativa	Depende de la presión y temperatura
A/m	Campo magnético	Amperio por metro
ABREVIATURAS Y TÉRMINOS DE REFERENCIA		
SERVICE TEST	Pruebas o TEST de Servicio	
SpO2	Saturación de oxígeno	
SHOCK BUTTON	Botón de descarga	
ROTARY SELECTOR KNOB	Perilla rotatoria de selección, ENCONDER	
STERNUM PADDLES	Paleta o pala del esternón, colocación derecha: 2º espacio intercostal del esternón.	
APEX PADDLES	Paleta o pala del ápex, colocación izquierda: 5º espacio intercostal, línea axilar anterior	
STERNUM PADDLES	Paleta o pala del esternón, colocación derecha: 2º intercostal del esternón.	
ECG	Electrocardiograma	
RHYTHMx®, STAR®	Algoritmos, Programas de análisis registrados del equipo	
Z-BAR™	Barra Z: indicador gráfico visual de la impedancia transtorácica total entre las paletas del desfibrilador.	
PADS	Parches de electrodos adhesivos	
TEST OPERATING	Prueba de Funcionamiento o de operatividad del equipo	
STAND CLEAR	Manténgase Alejado, mensaje al descargar	
MAIN BOARD	Tarjeta Principal que controla todos los subsistemas e interfaz del equipo	
QRS	Representación gráfica de la despolarización de los ventrículos del corazón	
THERAPY BOARD	Tarjeta de terapia, suministra la energía de la desfibrilación y otras funciones	
TFT LCD	Pantalla de cristal líquido de transistor de película fina	
PNI	Presión no invasiva	
RCP	Reanimación Cardiopulmonar	
FV	Arritmia de Fibrilación Ventricular	
TSV	Arritmia de Taquicardia supraventricular	
TV	Arritmia de Taquicardia Ventricular	
MAINTENANCE PASSWORDS	Contraseña de mantenimiento en modo servicio	
TROUBLESHOOTING	Resolución de problemas técnicos	
LEAKAGE CURRENT TEST	Pruebas de corrientes de fuga	
RF COMMUNICATIONS	Comunicaciones de Radiofrecuencias	
FULL CAPACITY	Capacidad completa de la batería en mAh	
SETTINGS	Ajustes	
DEVICE CONFIGURATION	Configuración del dispositivo	
STORED DATA MANAGEMENT	Gestión de datos almacenados	
BATTERY READINGS	Lectura de la batería en mAh	
ECG LEAD TEST	Prueba de derivación del cable de paciente ECG	

BACKLIGHT CABLE	Cable de retroalimentación de la pantalla
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
EMC	Compatibilidad electromagnética
ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares
AAMI	Asociación para el Avance de la Instrumentación Médica
ISO	Organización Internacional para la Estandarización

Diagrama en bloques del contenido del Menú



HISTORIAL

- Mostrar registro de eventos
- Mostrar tendencias del paciente
- Borrar tendencias del paciente

MANTENIMIENTO

Contraseña: "HEART1"

- Gestión de data almacenada
 - ✓ Borrar registros de eventos
 - ✓ Borrar indicador de servicio requerido
 - ✓ Borrar todos los datos almacenados
 - ✓ Enviar registros de eventos a laPC (opción no usada)
 - ✓ Enviar formas de onda de eventos a la PC (opción no usada)
 - ✓ Enviar/recibir parámetros almacenados
- Configuración del dispositivo
 - ✓ Configurar lenguaje
- **Pruebas "TEST" de Servicio**
 - ✓ Prueba de botones
 - ✓ Prueba velocidad de la impresora
 - ✓ Lecturas de la batería
 - ✓ Prueba de la pantalla

SECCIÓN 2: DESCRIPCIÓN Y USO DE LOS COMPONENTES DEL DESFIBRILADOR



BOTONES DEL DESFIBRILADOR	
Botón de encendido	Botón verde de encendido/apagado en el panel frontal.  NOTA: Si se presiona el botón durante cinco (5) segundos, se apagará.
Botón de carga	El botón de carga se utiliza para cargar manualmente al nivel de energía seleccionado. Este botón está desactivado cuando las palas están conectadas al desfibrilador. En este caso se cargará sólo con el botón de carga de la paleta.
Botón de descarga o choque	El botón de descarga se activa (parpadea en rojo) solo cuando el sistema está cargado y listo para administrar la descarga al paciente. Mantenga presionado el botón de descarga hasta que se administre la terapia. Este botón está desactivado cuando las palas están conectadas al desfibrilador, el botón de descarga sólo se activará con buena impedancia.
Botón manual	Presione el botón Manual para ingresar o salir del modo de desfibrilación manual.
Perilla de selección giratoria	El botón selector giratorio se utiliza para desplazarse por (a) todas las áreas de la pantalla de monitoreo (menús de configuración, submenús), seleccionar teclas de función y (c) configurar valores. Puede girar en sentido horario y antihorario. Para hacer una selección, presione el botón selector giratorio. La perilla siempre está activa mientras se ejecuta la aplicación del sistema.

MONITOREO Y USO DE ELECTRODOS DE ECG CON EL PACIENTE

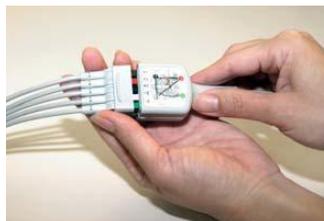
Los electrodos de ECG son necesarios para utilizar el desfibrilador en monitorización de ECG y durante el modo semiautomático. La función de monitoreo ECG permite al operador monitorear a través de: electrodos desechables, parches adhesivos y electrodos de ECG de 3 o 5 derivaciones.



NOTA: La piel es un mal conductor de la electricidad, por lo que la preparación de la piel del paciente es importante para facilitar un buen contacto entre el electrodo y la piel. El alcohol aumenta la resistencia de la piel.

APLICACIÓN DE ELECTRODOS AL PACIENTE

1. Conecte el juego de 5 cables de electrodos al cable del paciente de ECG. Los electrodos están codificados por colores con las normas AHA o IEC. El equipo acepta cables de ECG de 3 o 5 derivaciones.
2. Enchufe el cable del paciente de ECG completo en el conector de entrada de ECG (verde) ubicado en el panel frontal del equipo.



Colocación de 3 derivaciones

Colocación RA / R: Directamente debajo de la clavícula y cerca del hombro derecho

Colocación LA / L: Directamente debajo de la clavícula y cerca del hombro izquierdo

Colocación LL / F: En la parte inferior izquierda del abdomen.

Colocación de 5 derivaciones

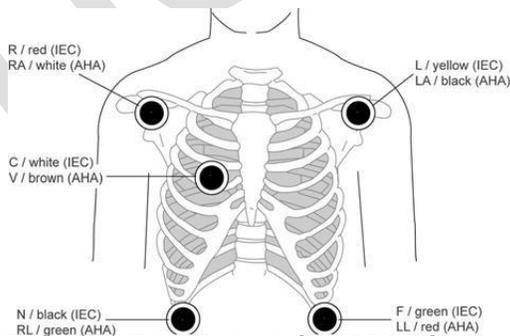
Colocación RA / R: Directamente debajo de la clavícula y cerca del hombro derecho

Colocación LA / L: Directamente debajo de la clavícula y cerca del hombro izquierdo

Colocación RL / N: En la parte inferior derecha del abdomen

Colocación de LL / F: en la parte inferior izquierda del abdomen

Colocación de V / C: en el pecho; la posición depende de la selección de cable requerida. Las diversas derivaciones de ECG (I, II, III) se pueden seleccionar y visualizar individualmente en la pantalla LCD.



CONFIGURACIÓN DE LA FUENTE Y DE LA GANANCIA DEL ECG

1. Para establecer la fuente de las formas de onda de ECG, gire el botón selector giratorio para resaltar la selección de ECG actual.
2. Presione el botón selector giratorio para seleccionar la configuración.
3. Gire de nuevo el botón selector giratorio para incrementar la selección de fuente. Las opciones son:
 - ECG I, ECG II o ECG III, aVR, aVF, aVL, V y Paletas
3. Presione el botón selector giratorio para confirmar su selección.
4. Para establecer la ganancia de la forma de onda mostrada, gire la perilla selector giratoria para resaltar el valor de ganancia.



NOTA: La ganancia en la pantalla no afecta la ganancia en la impresión. La impresión siempre tiene una ganancia de 1x.

5. Gire la perilla selector giratoria para incrementar el valor de ganancia. Opciones disponibles: 0.25x, 0.5x, 1x, 2x y 4x.

6. Presione el botón selector giratorio para confirmar su elección. El tamaño de la formada onda se ajustará en consecuencia.

ACTIVAR Y DESACTIVAR FILTROS

La activación de los filtros de línea de CA y músculos hace que el ECG mostrado sea insensible a la interferencia de CA y al temblor muscular. Sin embargo, los filtros alteran la señal de ECG y una señal filtrada no es adecuada para el diagnóstico (ECG mostrado o impreso).

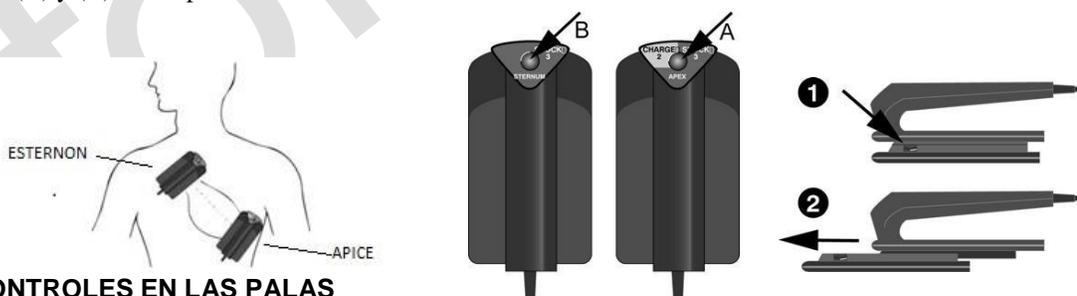


NOTA: Los filtros activos alterarán la señal de ECG. Apague los filtros para obtener un ECG de diagnóstico.

PARA DESFIBRILAR CON PALAS EXTERNAS (para conocimiento de uso en área hospitalarias):

ADVERTENCIA: Riesgo de quemaduras en la piel / daño del equipo. No aplique las palas sobre el esternón o la clavícula, pezones, marcapasos implantado o dispositivos desfibriladores.

1. Retire el juego de paletas de los soportes de paletas tirando de las paletas hacia afuera y hacia afuera de los muelles de paletas.
2. Seque con cuidado las paletas y los mangos, en particular, si están húmedos o mojados.
3. Aplique gel de electrodos a las palas. No distribuya el gel para los electrodos frotando las paletas.
4. Aplique las paletas sobre el pecho desnudo del paciente, utilizando la colocación anterolateral. Aplique las palas en el tórax del paciente de manera que la mayor cantidad de energía posible fluya a través del miocardio. La línea imaginaria que conecta los centros de las palas debe ser idéntica a la línea media cardíaca.
5. Presione las palas firmemente sobre el tórax (el ECG aparece en la pantalla del monitor).
6. Inicie el almacenamiento de energía con el botón de la paleta APEX (A).
Cuando se almacena la energía seleccionada, el dispositivo emite una señal de audio y aparece el mensaje “Manténgase alejado, presione descarga en la paleta”
7. Ahora active la descarga en 30 segundos. Para ello, presione simultáneamente los botones (A) y (B) de las palas.



CONTROLES EN LAS PALAS

- La paleta Apex (Ápice) tiene un botón, que controla tanto la carga como la descarga.
- Presione el botón de la paleta Apex para cargar el desfibrilador.
- Presione simultáneamente los botones de la paleta Apex y Sternum(esternón) para administrar la descarga.

La carga y la descarga solo se activan cuando el sistema está en el modo de desfibrilación adecuado. Si un botón está atascado o permanece pulsado antes de la activación de la desfibrilación, debe soltarse antes de aceptar una nueva pulsación. Cuando las paletas están conectadas al equipo los botones de carga y descarga del panel frontal están desconectados. El botón de carga está habilitado sólo cuando el desfibrilador está en modo manual

Las paletas tienen dos superficies de contacto diferentes; uno grande (se puede quitar) para la desfibrilación de adultos y uno más pequeño uno para la desfibrilación de niños.

INDICADOR Z-BAR™

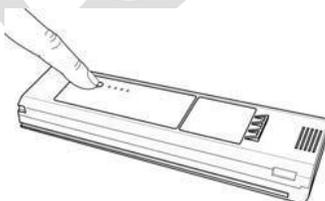
La barra Z proporciona un indicador gráfico visual relativo de la impedancia transtorácica total entre los dos desfibriladores almohadillas o paletas. La barra Z se utiliza en la evaluación de:

- Colocación adecuada de la paleta
- Calidad e integridad de la paleta o paleta
- Adhesión paleta a la piel del paciente
- Conexión de la paleta al desfibrilador
- Proporciona una evaluación rápida entre APAGADO y CORTO

Sección	IMPEDANCIA Rango medido (Ohmios)	DESCRIPCIÓN	COLOR
1	0-24Ω	Límite inferior: rango no operativo	Rojo
2	25-35Ω	Rango de operación marginal más bajo. Indica degradación potencial en la calidad o la posición	Amarillo
3	36-135Ω	Rango de funcionamiento normal	Verde
4	> 136Ω	Rango de operación marginal superior. Indica unapossible degradación de la calidad o la posición.	Amarillo
5	> 201Ω	Límite superior: rango no operativo	Rojo

USO DE BATERIA RECARGABLES

Se recomienda recargar la batería tan pronto como sea posible después de la indicación "Batería baja". Para comprobar la batería presione el botón de prueba en la parte superior de la batería. Presione el botón de prueba en la parte superior de la batería.



NOTA: A medida que la batería envejece, se descargará más rápido y habrá menos tiempo de funcionamiento disponible antes de la advertencia de batería baja, la inhibición de la terapia y el apagado del sistema. Cuando almacene las baterías durante períodos prolongados, guárdelas con un estado de carga del 25-50% para obtener la mejor duración de la batería.

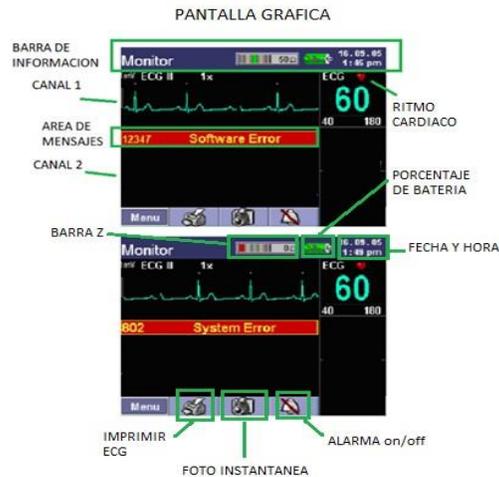
PANTALLA GRÁFICA

Pantalla del monitor:

La pantalla del monitor contiene la barra de información, formas de onda de los canales 1 y 2, áreas de información para ECG.

Barra de información: En la parte superior de la pantalla está la barra de información que muestra el modo de funcionamiento del desfibrilador, la impedancia pantalla, un indicador de estado de carga de la batería y la fecha y hora actuales.

ÁREA DE MENSAJES: En el medio de la pantalla, mensajes de errores de software y del sistema.



CANAL 1 y 2

La forma de onda de monitorización de ECG se muestra en el canal 1. La misma forma de onda se puede conectar en cascada (continuación) desde el canal 1 al canal 2 si se desea. Cada canal tiene una fuente de entrada (el número de derivación de ECG) e información de ganancia asociada con su forma de onda de seguimiento. Cuando se conecta un cable de ECG: I, II, III, aVR, aVL, aVF, V, Palas (con el mensaje Palas desactivadas).

INDICADOR DE BATERÍA

El indicador de batería muestra gráficamente el porcentaje aproximado de vida restante de la batería. Se mostrarán cuatro (4) rangos:



~ 0-25% ~ 25-50% ~ 50-75% ~ 75% -100

Cuando no hay CA y la pantalla cae a una sola barra, la barra se vuelve roja para indicar que la batería debe cargarse pronto o que debe insertarse una batería completamente cargada.

Cuando está conectado a la CA, un "rayo" indica que la batería se está cargando o que se mantiene la carga si la batería está llena. Cuando no hay CA, no se muestra ningún rayo.



Cuando no hay batería, se muestra el siguiente indicador.



Mensaje de error de la batería:

Cuando se ejecuta con la batería recargable, una batería baja puede provocar los siguientes mensajes de advertencia: Mensaje 312, 313, 314, 318, el voltaje de la batería es bajo, conecte el dispositivo a CA para cargar la batería o inserte una batería completamente cargada.

RITMO CARDIACO

El símbolo del corazón rojo que se muestra en el área de información del ECG indicará gráficamente la frecuencia cardíaca al latir al ritmo de la frecuencia cardíaca del paciente. Para una visualización clara, el corazón se mostrará al detectar una onda R durante 200 ms. El desfibrilador utiliza el promedio del tiempo entre los últimos ocho (8) complejos QRS detectados, con los dos valores periféricos descartados, para calcular la frecuencia cardíaca mostrada. La pantalla de frecuencia cardíaca se actualiza una vez cada 2 segundos. El desfibrilador responderá a un cambio en la frecuencia cardíaca de ochenta (80) lpm a ciento veinte (120) lpm en menos de cinco (5) segundos. El desfibrilador responderá a un cambio en la frecuencia cardíaca de ochenta

(80) lpm a cuarenta (40) lpm en menos de diez (10) segundos en las condiciones especificadas enANSI / AAMI.

MODOS DE DESFIBRILACIÓN

Modos de Desfibrilación en el Equipo	
El desfibrilador tiene dos (2) modos de desfibrilación, cada uno con una vista de pantalla personalizada. Los modos son los siguientes:	
Modo manual	<p>El operador selecciona manualmente el nivel de energía apropiado para la edad del paciente, carga manualmente la unidad y administra manualmente la terapia al paciente. En este modo, la energía se puede seleccionar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manual • Secuencia automática (Sec.Automat.) • Opción: No Sincronización (No Sinc.) / Sincronización (Sinc) <p>La Opción Sincronización significa que la energía administrada se sincroniza con una onda R. Si no puede sincronizar en 2 segundos, no administrará la descarga. El valor predeterminado para el modo manual es No sincronización (No Sinc.)</p>
Modo semiautomático	<p>En este modo, el operador puede analizar el ritmo cardíaco del paciente. Tras la detección de un ritmo susceptible de descarga, se cargará automáticamente y le indicará al operador que presione el botón de descarga para permitir que se administre la terapia al paciente. En el modo semiautomático, el desfibrilador carga la unidad a la configuración de energía preestablecida por el usuario.</p>

PARA ELEGIR UN MODO DE DESFIBRILACIÓN

El modo de funcionamiento predeterminado es modo Manual.

1. Para elegir un modo de funcionamiento, abra el Menú del sistema.



2. Seleccione el modo deseado: modo **Manual** o modo **Semiautomático**.
3. Asegúrese de que la forma de onda del monitor de ECG que se muestra en el canal 1 esté configurada con la fuente de entrada y la ganancia correctas.

PARA USAR EN EL MODO MANUAL

El modo manual se puede seleccionar desde el menú del sistema o presionando el botón Manual. Si el modo manual está configurado como el modo predeterminado se encenderá la luz del LED después de iniciar el funcionamiento. Entonces parpadeará el botón amarillo de carga.



Selección automática de secuencia de energía Selección manual de energía

- Para seleccionar el nivel de energía deseado apropiado para la edad del paciente, gire el botón selector giratorio en sentido antihorario para subir y bajar en la lista. El operador podrá seleccionar los siguientes valores de energía:
 - Para descarga externa de la Paletas: 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, and 270 Joules.
 - Para descarga de las Paletas dentro del equipo: 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30, and 50 Joules.
- Después de seleccionar la energía deseada, presione el botón selector giratorio.
- Gire la perilla selectora giratoria al botón de alternancia **NoSinc.** / **Sinc.**
 - No sincronización:** La descarga se administra de inmediatamente.
 - Sincronización:** Las marcas de sincronización de la onda R de longitud completa se dibujan en la pantalla y la administración de descargas se sincroniza con la onda R.



No Sincronización (predeterminada)



Sincronización

- Presione el botón de carga.
- Advierta a las personas de alrededor que se mantengan alejados del equipo en prueba.
- Después de cargar el desfibrilador, mantenga pulsado el botón de descarga hasta que se administre la terapia.
- El mensaje “Descarga administrada” se muestra durante ocho (8) segundos una vez que se ha administrado la descarga.
- En cualquier momento durante la secuencia de desfibrilación manual, el operador puede cambiar la configuración de energía o salir del modo por completo girando el botón selector giratorio y presionando Salir o presionando el botón Manual.

NOTA: El operador tiene treinta (30) segundos para administrar la terapia antes de que el desfibrilador se desactive y cancele la terapia.

NOTA: Se muestra el símbolo de silencio de alarma, lo que indica que no se escucharán advertencias de tono audible, solo se mostrará un mensaje de advertencia escrito en la pantalla gráfica.

Secuencia automática en el modo manual

En Modo manual, también hay un Secuencia automática como opción. En la opción “**Sec. Automát.**”, se pueden preestablecer tres niveles de energía. Cuando se selecciona esta

opción, el desfibrilador selecciona automáticamente la primera energía preestablecida y solicita al operador que presione el botón **Cargar**. Después de cargar, le pedirá al operador que presione el (los) botón (botones) **Choque o descarga**. Después que la descarga es entregada, el equipo selecciona automáticamente el siguiente nivel de energía hasta haber administrado las tres descargas preestablecidas; el equipo selecciona el último nivel de energía. Todos los choques posteriores al tercer choque estarán en ese nivel.

PARA USAR EL MODO DE DESCARGA SEMIAUTOMÁTICA

En este modo, analizará el ritmo cardíaco del paciente. Al detectar el ritmo de descarga, el desfibrilador se cargará automáticamente y avisa al operador cuándo presionar manualmente el botón de **descarga** parpadeante (s) para administrar la terapia, proporcionando la capacidad de cargar automáticamente hasta tres descargas de desfibrilación en una secuencia preprogramada.



NOTA:

El modo semiautomático no está permitido con paletas como fuente el canal 1.

1. Presione el botón selector giratorio para analizar.
2. Si se detecta un ritmo susceptible de descarga, se cargará automáticamente al nivel de energía adecuado. La secuencia comienza con el primer valor mostrado y luego se incrementa a través de los tres valores crecientes.
3. Cuando se completa la carga, se le pide al operador que presione el (los) botón (s) de descarga.

NOTA:

El operador tiene treinta (30) segundos para administrar la terapia antes de que Responder 2000 se desactive y cancele la terapia.

4. Después de tres (3) descargas en el modo de descarga semiautomática, continúa utilizando la última energía administrada.

IMPRESIÓN

La impresión comienza con datos de forma de onda cuatro (4) segundos antes del inicio de la secuencia de impresión y se detendrá automáticamente después de veinte (20) segundos (predeterminado) o se ejecutará continuamente.

NOTA:

Verifique que la impresora tenga papel adecuado en su rollo para su uso.

Gire la perilla selectora giratoria hasta que se resalte el ícono **Imprimir** y presione para iniciar la impresión. Una sola pulsación inicia la secuencia de impresión. Durante la impresión, una segunda pulsación del botón selector giratorio deja de imprimir la información del registro.

La impresora anotará la siguiente información a lo largo de la impresión: LPM, filtro de línea, filtro muscular, velocidad de papel, energía seleccionada y suministrada, frecuencia, nombre de paciente, fecha, nombre de usuario.

INSTANTANEA DE PANTALLA (icono de cámara)

La instantánea se guarda como un evento y se puede imprimir desde el registro del Historial de eventos, el icono de la cámara parpadea para indicar que se ha seleccionado Instantánea. Para

desactivar Instantánea, seleccione nuevamente el icono de Instantánea. Para generar la siguiente forma de onda de instantánea evento, el operador debe esperar al menos 20 segundos.

MENÚ HISTORIAL

Desde el menú de historial, el operador puede ver el registro de eventos y las tendencias del paciente.

REGISTRO DE EVENTOS

El equipo registra los eventos del paciente, las acciones del operador y los errores y advertencias del sistema. Muestran el nombre, el código del evento, la hora en que ocurrió y la información asociada con el evento.

SIGNIFICADO DE LAS ALARMAS



Cuando ocurre una condición de alarma y se genera una alarma, visual y audiblemente, hay varias formas de responder. Las alarmas se agrupan en tres categorías:

- **Alta prioridad** (Advertencia: requiere una acción inmediata):

Si ECG es más alto o más bajo que los umbrales de alarma, si el paciente tiene un ritmo desfibrilable después de que el usuario selecciona analizar el ritmo cardíaco. Alarma audible de alta prioridad con 10 pitidos, que se repite cada 5 segundos.

- **Prioridad media** (Precaución):

Debido a electrodos desconectados y batería baja. Alarma audible con 3 pitidos, que se repite cada 4,25 segundos.

- **Baja prioridad** (Consultivo)

Debido a errores en el sistema de terapia. Alarma audible de 2 pitidos, que se repite cada 17,5 segundos.

Para las alarmas relacionadas con el paciente, el valor asociado en pantalla se resalta y parpadea cada segundo mientras la alarma está activa

Ajuste de los límites de alarma del ritmo cardiaco

Los límites cardíacos predeterminados son 40 y 180lpm y la alarma de audio está desactivada.

ALARMAS AUDIBLES

El equipo tiene un altavoz integrado en el panel frontal del dispositivo para hacer sonar alarmas audibles cuando sea apropiado. Al apretar pausa mostrará una cuenta regresiva de 120 segundos antes de que la alarma se active nuevamente.

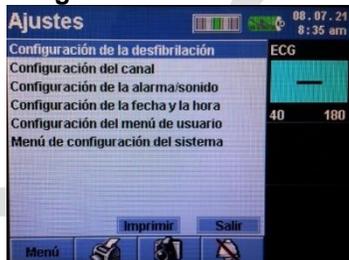
SECCIÓN 3: CONFIGURACIÓN DE AJUSTES DEL DESFIBRILADOR MENÚ DE AJUSTES

El menú de configuración permite la personalización de la configuración del desfibrilador, lo que significa que se conservan en la memoria. Presione el botón selector giratorio para abrir el menú del sistema. Gire el botón selector giratorio para Ajustes.



Las siguientes selecciones de menú están disponibles en el menú Configuración.

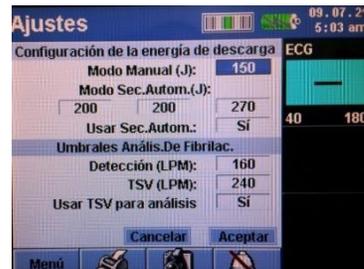
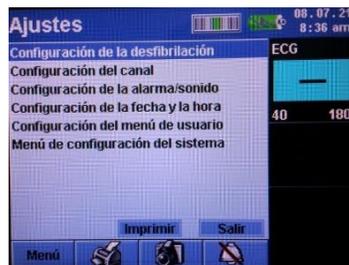
- Configuración de desfibrilación
- Configuración de canal
- Configuración de alarmas / sonidos
- Configuración de fecha / hora
- Menú de configuración de usuario
- Menú de configuración del sistema



Gire la perilla selectora giratoria para resaltar el ajuste deseado y también para desplazarse por los campos, presione para confirmar el valor y también para Aceptar.

• CONFIGURACIÓN DE DESFIBRILACIÓN

Los ajustes de desfibrilación de se pueden configurar con el ajuste deseado. En el menú Configuración, gire el botón selector giratorio para Configuración de desfibrilación.



CONFIGURACIÓN DE LA ENERGÍA DE DESCARGA

La Configuración predeterminada de energía de choque permite seleccionar la configuración predeterminada para Modo manual, secuencia automática Modo y Utilice la secuencia automática.

Modo manual	Modo de secuencia automática
Valor de fábrica: 150 julios Configuraciones disponibles: 2, 3, 5, 7,10,15,20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 270 Julios	Valores de fábrica: 200, 200, 270 julios Configuraciones disponibles para la primera, segunda y tercera descarga: 2 a 270 julios

UMBRALES DE ANÁLISIS DE FIBRILACIÓN

La Umbral de análisis de fibrilación permite seleccionar la configuración predeterminada para Detección (LPM), TSV (LPM), y utilice TSV para el análisis.

Detección (LPM)	TSV (LPM)	Usar TSV para análisis
Valor de fábrica: 160 Configuraciones disponibles: 120 a 240 (incrementos de 5).	Valor de fábrica: 240 Configuraciones disponibles: 120 a 240 (incrementos de 5).	Valor de fábrica: Sí Configuraciones disponibles: Sí o No.

• CONFIGURACIÓN DE CANAL



CANAL 1 El menú Canal 1 permite seleccionar la configuración predeterminada para Fuente y Ganancia.	
Fuente	Ganancia
Configuraciones disponibles: ECG 1, ECG II, ECG III, aVR, aVF, aVL, V, paletas. Valor predeterminado de fábrica: ECG II.	Valor predeterminado de fábrica: 1x Configuraciones disponibles: 0.25x, 0.5x, 1x, 2x, 4x.
Filtro de línea (Hz)	Filtro muscular
Valor predeterminado de fábrica: desactivado Configuraciones disponibles: Desactivado, 50, 60.	Predeterminado de fábrica: Activado Configuraciones disponibles: Encendido, Apagado.

• CONFIGURACION DE LA ALARMAS / SONIDO

Los ajustes de alarma / sonido del desfibrilador se pueden configurar con el ajuste deseado.



Valores de Audio predeterminado		
Alarma audible	Volumen	Pitido de pulso
Valor predeterminado de fábrica: desactivado. Configuraciones disponibles: Encendido, Apagado.	Valor predeterminado de fábrica: alto. Configuraciones disponibles: Suave, Medio, Alto.	Valor predeterminado de fábrica: suave. Configuraciones disponibles: Desactivado, Suave, Medio, Alto.
Activadores del paciente		
Frecuencia cardíaca baja LPM	Frecuencia cardíaca alta LPM	
Valor predeterminado de fábrica: 40 lpm 4 configuraciones disponibles: Desactivado, 25-120 lpm.	Valor predeterminado de fábrica: 180 lpm Ajustes disponibles: 40-300, desactivado.	

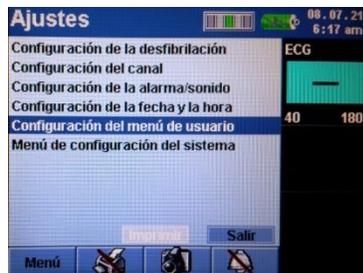
- **CONFIGURACIÓN DE LA FECHA / HORA**

El formato de fecha, hora y fecha se puede configurar con la configuración deseada.



- **CONFIGURACIÓN DE MENÚ DEL USUARIO**

El menú de configuración del usuario del desfibrilador le permite almacenar el nombre de su institución y crear una nueva contraseña que no está predeterminada (usar con criterio).



- **MENÚ DE CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA**

El menú de configuración del sistema del desfibrilador le permite configurar la pantalla, la impresora y los ajustes de encendido, así como restaurar los valores predeterminados



Presione el botón selector giratorio para ver Menú de configuración del sistema y los subsistemas del Ajuste del brillo de la pantalla, Configuración de impresora, Configuración del encendido, o Restablecer configuración original o valores predeterminados.

AJUSTES DE PANTALLA.

El menú Configuración de pantalla del desfibrilador le permite configurar la retroiluminación de la pantalla gráfica.



Presione el botón selector giratorio para ver los Ajuste de brillo de la pantalla disponibles: tenue, medio, brillante.

CONFIGURACIÓN DE LA IMPRESORA

El menú Configuración de la impresora del equipo le permite configurar las opciones de la impresora.

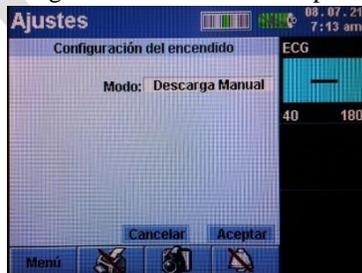


<i>Opción de impresión iniciada por el usuario</i>	<i>Opción de impresión iniciada por evento</i>
Duración de fábrica: 20 segundos. Configuraciones disponibles: 20 segundos, continuo	Valor de fábrica: Descarga de 20 segundos. Configuraciones disponibles: Choque 20segundos, Automático 20 segundos, Automático continuo, Apagado



CONFIGURACION DE ENCENDIDO

El menú de configuración de encendido le permite configurar y establecer el modo predeterminado.



RESTABLECER CONFIGURACIÓN ORIGINAL

Le permite restaurar todos los ajustes a los valores predeterminados recomendados de fábrica.



SECCIÓN 4: RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS- TROUBLESHOOTING

ADVERTENCIA: Peligro de descarga

- El desfibrilador está diseñado para administrar descargas terapéuticas de alto voltaje. Antes de realizar cualquier servicio en el equipo, lea y siga todas las precauciones e instrucciones de seguridad contenidas en el Manual del operador.

ADVERTENCIA: Peligro de descarga eléctrica o daño al equipo

- Antes de reparar, desconecte el cable de alimentación de CA y retire la batería.
- Los componentes internos del desfibrilador aún pueden contener altos voltajes incluso después de quitar el cable de alimentación de CA y la batería. Antes de trabajar en cualquier componente interno, verifique que no haya altos voltajes.

PRECAUCIÓN: Daño electrostático

- Utilice siempre una muñequera de conexión a tierra y un tapete antiestático mientras realiza el servicio en cualquier componente interno.

SIN ARRANQUE

Utilice este procedimiento para solucionar problemas cuando esté enchufado a una toma de CA.

A. Si el LED de alimentación de CA no está encendido

1. Verifique la energía en la toma de CA.
2. Verifique que la alimentación de CA esté disponible en el cable de alimentación de CA.
3. Reemplace la **fuentes de alimentación**.
4. Reemplace la **tarjeta de control de energía**.

B. Si el LED de alimentación de CA está encendido

1. Verifique el botón de encendido para funcionamiento mecánico.
2. Revise los cables de la tarjeta de control de energía a la tarjeta principal.
3. Asegúrese de que los cables estén colocados correctamente, apretados y sin daños.
4. Reemplace la **tarjeta de control de energía**.
5. Reemplace la **tarjeta principal**.

ARRANQUE, PERO SIN RESPUESTA

Utilice este procedimiento para solucionar los problemas cuando la unidad parece arrancar normalmente (es decir, los LED del panel frontal parpadean y se escucha un tono de altavoz cuando se presiona el botón de encendido), pero no responde a ninguna entrada posterior del usuario.

A. Si el trazo de ECG no se mueve

1. Reemplace la **tarjeta principal**.

B. La perilla de selección giratoria funciona correctamente

1. Compruebe los botones para el funcionamiento mecánico.
2. Revise los cables de la **tarjeta de control de energía** a la **tarjeta principal**. Asegúrese de que los cables estén colocados correctamente, apretados y sin daños.
3. Reemplace la **tarjeta de control de energía**.
4. Reemplace la **tarjeta principal**.

C. La perilla de selección giratoria no funciona correctamente

1. Reemplace la **perilla de selección giratoria**.

Nota: La siguiente figura muestra el área donde el cable de la perilla de selección giratoria puede dañarse fácilmente si se dobla varias veces o se somete a tensión.



2. Revise los cables de la **tarjeta de control de energía** a la **tarjeta principal**. Asegúrese de que los cables estén colocados correctamente, apretados y sin daños.

3. Reemplace la **tarjeta de control de energía**.
4. Reemplace la **tarjeta principal**.

LED DE PANEL FRONTAL DEFECTUOSOS

Utilice este procedimiento para solucionar problemas del desfibrilador cuando los LED del panel frontal no se muestran correctamente. El funcionamiento normal se indica mediante:

- En el arranque del sistema, todos los LED parpadearán.
 - El LED verde de alimentación de CA se enciende cuando la unidad está enchufada.
 - El LED amarillo de carga de la batería se enciende cuando la batería está encendida cuando la unidad está enchufada y se inserta una batería descargada.
 - El LED rojo de servicio requerido debe estar apagado.
 - El LED azul del botón Manual está encendido.
1. Asegúrese de que la unidad esté enchufada y reciba energía del tomacorriente de pared.
 2. Si el LED de carga de la batería no se enciende cuando se inserta una batería, reemplácela por una que sepa que está en buen estado.
 3. Revise los cables de la tarjeta de control de energía a la tarjeta principal.
 4. Asegúrese de que los cables estén colocados correctamente, apretados y sin daños.
 5. Reemplace la **tarjeta de control de energía**.
 6. Reemplace la **tarjeta principal**.

LOS BOTONES NO FUNCIONAN

A. La perilla de selección giratoria no funciona correctamente

1. Reemplace la **perilla de selección giratoria**.
2. Revise los cables de la tarjeta de control de energía a la tarjeta principal.
3. Asegúrese de que los cables estén colocados correctamente, apretados y sin daños.
4. Reemplace la **tarjeta de control de energía**.
5. Reemplace la **tarjeta principal**.

B. La perilla de selección giratoria funciona correctamente

Realice pruebas de botones (consulte el procedimiento prueba de botones del menú de servicio). Si falla los botones: **Manual, Carga, Descarga**:

1. Revise los cables de la tarjeta de control de energía a la tarjeta principal.
2. Asegúrese de que los cables estén colocados correctamente, apretados y sin daños.
3. Reemplace la **tarjeta de control de energía**.
4. Reemplace la **tarjeta principal**.

Si en las paletas, carga y descarga fallan:

1. Reemplace las paletas.
2. Compruebe el cable del conector trasero a la tarjeta de terapia.
3. Compruebe el cable entre la tarjeta de terapia y la placa principal.
4. Reemplace la **tarjeta de terapia**.
5. Reemplace la **tarjeta principal**.

LA BOCINA DAÑADA

Utilice este procedimiento para solucionar problemas cuando el altavoz no funciona correctamente. El funcionamiento normal está indicado como sigue:

- En el arranque del sistema, el altavoz emite un tono breve (escuche con atención porque es fácil pasar por alto el tono en un entorno ruidoso).
 - Cuando la indicación de audio está habilitada en el menú Configuración, el altavoz debe emitir tonos fuertes y no distorsionados.
1. Revise el enchufe y el cable del altavoz.
 2. Verifique la resistencia de los altavoces. Debe estar entre 4 y 10 ohmios.
 3. Reemplace la **tarjeta principal**.

LA PANTALLA ES TENUE, OSCURA, BORROSA O ILEGIBLE

El funcionamiento normal está indicado como sigue:

- En el arranque del sistema, todos los LED parpadearán.
 - El altavoz emite un tono breve (escuche con atención porque el tono es fácil de perder en un entorno ruidoso).
 - El LED verde de alimentación de CA se enciende cuando la unidad está enchufada.
 - El LED amarillo de carga de la batería se enciende cuando la unidad está enchufada y se inserta una batería parcial o totalmente descargada.
 - El LED rojo de servicio requerido debe estar apagado.
 - El LED azul del botón Manual está encendido.

A. Si la pantalla está oscura

1. Verifique la configuración del software para el brillo de la pantalla.
2. Verifique el cable de luz de fondo
3. Ejecute la prueba de pantalla desde el **menú de Mantenimiento** para verificar que la pantalla esté funcionando y que no haya píxeles defectuosos. Si estas comprobaciones están bien, continúe con los siguientes pasos.

B. Si la pantalla es oscura, borrosa o ilegible

1. Verifique el cable de la pantalla.
2. Reemplace la **pantalla**.
3. Reemplace **la tarjeta principal**.

PROBLEMAS DE IMPRESIÓN

1. Asegúrese de que el rollo de papel esté en buenas condiciones (seco y sin daños).
2. Asegúrese de que el papel esté cargado correctamente
3. Si el icono Imprimir no se puede seleccionar, asegúrese de que la puerta de la impresora esté completamente cerrada y que el papel esté insertado correctamente.
4. Reemplace la **puerta de la impresora**.
5. Revise los cables de la impresora.
6. Reemplazar **impresora**.
7. Reemplace la **tarjeta principal**.

Después de solucionar el problema, imprima siempre una tira de papel para garantizar un funcionamiento correcto.

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE LA BATERÍA

Verifique las estadísticas de la batería. Las baterías buenas tienen una capacidad de al menos 4500mAh y se cargarán cuando el desfibrilador se conecte a una toma de CA.

1. Asegúrese de que la batería esté completamente cargada.
2. Realice la calibración de la batería
3. Reemplace **la batería**.
4. Reemplace **la tarjeta de control de energía**.
5. Reemplace **la tarjeta principal**.

FALLA LA DESCARGA O CHOQUE EN EL SOSTENEDOR DE PALETAS

Si la descarga en el sostenedor de paletas no funciona o muestra una alta impedancia. Realice una prueba de botón para cada paleta.

- Si la prueba falla, reemplace **la paleta**.
- Si la prueba no falla, conecte las paletas a un simulador e intente aplicar una descarga. Si la

descarga tiene éxito:

1. Compruebe los cables de la tarjeta de terapia a la base de paletas (uno a cada lado).
2. Reemplace la **tarjeta de terapia**.

Si la descarga no tiene éxito:

1. Asegúrese de que las paletas estén bien colocadas en el muelle de paletas.
2. Reemplace **las paletas**.

3. Compruebe los cables entre la cubierta trasera y la tarjeta de terapia.
4. Compruebe el cable entre la placa de terapia y la placa principal.
5. Reemplace la **tarjeta de terapia**.
6. Reemplace la **tarjeta principal**.

SIN ECG EN LAS PALAS O PALETAS

1. Reemplace **las paletas**.
2. Compruebe los cables entre el panel trasero y la tarjeta de terapia.
3. Compruebe el cable entre la tarjeta de terapia y la tarjeta principal.
4. Reemplace la **tarjeta de terapia**.
5. Reemplace la **tarjeta principal**.

EI LED DE SERVICIO REQUERIDO ESTA ENCENDIDO

Si el LED de servicio requerido está encendido y la falla se ha corregido, realice este procedimiento para borrar la falla.

1. Vaya a Mantenimiento > Gestión de datos almacenados > Borrar indicador de servicio requerido.
2. Presione Aceptar.
3. Ciclo de energía.

Si la falla no desaparece, vaya a Historial > Registro de eventos para encontrar la entrada del registro de fallas.

SECCIÓN 5: MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Información General

Las siguientes comprobaciones operativas y de mantenimiento preventivo normalmente las realiza solo el usuario:

- Realización de una inspección visual
- Limpieza del equipo o los accesorios
- Mantenimiento diario según la lista de verificación del desfibrilador
- Recomienda que esté conectado a una fuente de alimentación en todo momento. Esto asegurará que la batería esté completamente cargada y esté listo para usarse. Se obtendrá una duración óptima de la batería si se almacena y se utiliza a temperatura ambiente.
- Otro mantenimiento de rutina acordado.

Productos de limpieza recomendados para accesorios y equipo

Los siguientes productos de limpieza se pueden utilizar para limpiar las superficies exteriores del desfibrilador, así como las baterías:

- Peróxido de hidrógeno al 3%
- Alcohol etílico 100%
- 91% de alcohol isopropílico
- Agua y jabón suave
- No use limpiadores abrasivos o solventes fuertes como acetona o limpiadores a base de acetona. No mezcle soluciones desinfectantes (como lejía y amoníaco) ya que pueden producirse gases peligrosos. No limpie los contactos o conectores eléctricos con lejía.

Mantenimiento de la batería

El tiempo, las cargas y descargas parciales repetidas y el envejecimiento de la batería darán lugar a errores en el indicador de carga de la batería.

La calibración consiste en una carga completa, una descarga completa y una carga completa de la batería. El ciclo puede tomar arriba de las 20 horas en completarse.

Para calibrar la batería:

1. Inserte la batería en el desfibrilador.
2. Enchufe a una toma de CA.

3. Deje que la batería se cargue por completo.
4. Desconecte el cable de alimentación de CA y déjelo en el desfibrilador hasta que la batería esté completamente descargada, hasta que el equipo se apague (la descarga completa tarda unas cuatro horas).
5. Vuelva a conectar el cable de alimentación de CA y deje que la batería se cargue por completo. Realice un ciclo completo de carga durante al menos 8 horas. Cuando la batería está completamente cargada, el indicador de batería mostrará "batería completa".

Instrucciones de limpieza de la impresora

1. Tire del pestillo de la puerta de la impresora para abrir la puerta
2. Retire el rollo de papel.
3. Limpie la superficie del cabezal de impresión con un hisopo de algodón humedecido en alcohol isopropílico.
4. Reemplazar el rollo de papel

Lista de Verificación del Desfibrilador

CHECKLIST - Lista de verificación del equipo	
INSTRUCCIONES (<i>coloque ganchos si cumple</i>)	
• Inspección visual de la unidad y de los accesorios	OK
Verifique la carcasa que esté limpia, sin derrames, intacta y sin signos de daños visibles.	
Verifique la batería que este cargada, no tenga abultamiento, grietas o clavijas rotas.	
Verifique las paletas adultas y pediátricas que no estén picadas ni dañadas y sesuelten con facilidad del sostenedor de la carcasa.	
Verifique los cables, conectores o enchufes no estén agrietados, sueltos o doblados, descolorado, signos de sobrecalentamiento.	
Verifique la puerta de la impresora que abra y tenga papel.	
• Comprobación inicial de funcionamiento	
Encienda el desfibrilador y verifique durante el encendido lo siguiente: <ol style="list-style-type: none"> 1. No hay alarmas durante el encendido. 2. El altavoz emite un pitido corto, luego se queda en silencio. 3. Los indicadores de los botones se iluminan momentáneamente, son: <ul style="list-style-type: none"> • Servicio requerido: en rojo (imagen de la llave) • Carga: en amarillo • Manual: en azul • Choque: en rojo 4. El LED de alimentación CA y de carga de la batería están encendidos. 	
• Comprobación del Menú de servicio técnico en el equipo	
Contraseña: HEART1	
• Prueba de botones	
• Prueba velocidad de la impresora	
• Lecturas de la batería	
• Prueba de la pantalla	
• Prueba de derivaciones de ECG	

<ul style="list-style-type: none"> • Lecturas de temperatura 	
<ul style="list-style-type: none"> • Prueba del abanico 	
<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de las PALAS o PALETAS (Pruebas internas) <p>ADVERTENCIA: Daño al equipo, no active más de cinco (5) descargas de prueba internas consecutivas dentro de los 30 minutos. Valores hasta los 50J.</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Asegúrese de que el desfibrilador tenga la batería cargada y esté conectada a la alimentación de CA. 2. Asegúrese de que las paletas estén bien colocadas en el sostenedor. 3. Presione el botón Manual en la botonera. 4. Seleccione el Nivel de energía de 50J. 5. Presione el botón de Carga en la paleta APEX (derecha). Verifique que se cargue a un nivel de 50J y suene la alarma audible. 6. Simultáneamente presione y mantenga presionado el botón en ambas paletas. 7. Verifique que la energía suministrada en la pantalla esté entre 42.5J - 57.5J. 8. Repita este procedimiento con la batería extraída y conectada a la alimentación de CA. 9. Seleccione el Nivel de energía de 60J. <ul style="list-style-type: none"> - Presione el botón Carga en la botonera. - El mensaje “Aléjese, Pulsar botón de descarga” se visualiza. No presione el botón de descarga. - Después de 30 segundos aparecerá el mensaje “Tiempo límite de carga” (Comprobamos que el equipo se ha desarmado) 	
<ul style="list-style-type: none"> • Verifique la Impresora 	
<p>Seleccione imprimir y que el papel avance imprimiendo correctamente los datos.</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de la señal ECG y de la frecuencia cardíaca con un Simulador de Paciente 	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Equipo requerido: Simulador de paciente ECG 2. Verifique que el Desfibrilador y el Simulador de paciente estén encendidos. 3. Conecte los electrodos del cable de ECG (RL, RA, LA, LL, V1) del desfibrilador a los conectores correspondientes del Simulador de paciente. 4. Cambie en la pantalla la fuente de PALAS a ECG II. 5. Seleccione una señal normal a 60 lpm en el Simulador y verifique lo siguiente en la pantalla del desfibrilador. <ul style="list-style-type: none"> • La señal de ECG en la pantalla es de amplitud y polaridad correctas • Suena un pitido para cada latido del ECG, no hay distorsión. 6. Simule una señal de bradicardia (35 lpm) y otra de taquicardia (150 lpm), verifique que el ritmo cardíaco concuerda con el valor del Simulador. 	
<ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de descarga con un Analizador de Paciente - Fluke 6000D 	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Asegúrese de que el desfibrilador tenga la batería cargada y esté conectada a la alimentación de CA. 2. Prepare el Analizador de desfibrilador para medir energía. 3. Apriete botón manual en la botonera. 4. Seleccione el Nivel de energía deseado en la pantalla (150J, 200J, 270J). 5. Desprenda las paletas del desfibrilador y colóquelas sobre las planchas metálicas del Analizador de paciente. 6. Presione el botón de Carga en la paleta APEX (derecha). Verifique que se cargue a nivel seleccionado (270J) y suene la alarma audible. 	

<p>7. Simultáneamente presione y mantenga presionada el botón en ambaspaletas.</p> <p>8. Verifique que la energía suministrada en la pantalla esté entre 229,5 y 310,5J.</p> <p>9. Repita este procedimiento con la batería extraída y conectada a la alimentación de CA.</p> <p>10. Verifique que la impresión se realiza cuando se descarga la energía.</p>	
<p>• Prueba de Seguridad eléctrica con un medidor externo - Dale LT544D</p>	
<p>Prueba de fuga de corriente</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Coloque los interruptores del analizador en las siguientes posiciones iniciales: Interruptor neutral (CERRADO) y Interruptor de polaridad (APAGADO). 2. Enchufe el medidor en un tomacorriente grado hospitalario y a su receptáculo de prueba l enchufe del prototipo. 3. Active momentáneamente el interruptor de FUGA a la posición TIERRA y leala corriente de fuga en microamperios (uA). 4. Las lecturas también deben realizarse en todas las combinaciones del interruptor de POLARIDAD (NORMAL /INVERTIDA), el interruptor de NEUTRO (CERRADO/ABIERTO) y los dispositivos de encendido (ENCENDIDO/APAGADO). 5. Asegúrese de hacer una pausa en la posición central desconectada cuando cambie entre normal e invertida. <i>El valor máximo generalmente se encontrará con el NEUTRO abierto y el dispositivo encendido.</i> 	
<p>• APAGUE EL EQUIPO</p>	

Inspección anual

La revisión técnica de servicio se realiza una vez al año para lo siguiente:

1. Inspección visual
2. Comprobación de funcionamiento
3. Prueba (test) de impresora

Procedimientos que se deben tomar en cuenta al realizar las verificaciones en el Modo de Servicio

Antes de entrar al modo de servicio, utilice los siguientes procedimientos para configurar, probar y verificar el funcionamiento correcto del desfibrilador (o localizar una condición de falla):

- Inspección visual
- Comprobación de funcionamiento inicial

Después salir del modo de servicio, se deben realizar los siguientes procedimientos operativos y de seguridad para verificar el funcionamiento correcto. Todas las pruebas indicadas deben realizarse antes de poder devolver el desfibrilador al cliente. Dependiendo del tipo de reparación, se deben realizar los siguientes procedimientos para cada uno de los siguientes casos:

- Reparaciones externas o reemplazo

Las reparaciones / reemplazos externos que no requieran abrir la carcasa, realice:

1. Inspección visual

- Reparaciones internas

Las reparaciones que se realicen al abrir la carcasa, se deben realizar las siguientes pruebas después de la reparación:

1. Inspección visual
2. Comprobación de funcionamiento inicial
3. Pruebas de seguridad

Inspección visual

- Inspeccione visualmente la unidad y los accesorios en busca de sustancias extrañas, daños, grietas, clavijas dobladas o descoloridas, piezas rotas o desgaste extremo, que incluyen:
- Caja agrietada, abultada o dañada de otro modo
- Conectores o enchufes agrietados, sueltos o doblados
- Tintineo cuando se agita suavemente
- Decoloración o signos de sobrecalentamiento
- Rayas obvias o daños en la pantalla
- Batería suelta o clips de paleta
- Puerta de la impresora suelta

Comprobación de funcionamiento inicial

Encendido inicial: Realice este procedimiento con una batería cargada (al menos un 25%) instalada y conectada a la alimentación de CA

- Encienda el desfibrilador y verifique lo siguiente durante el encendido:
- No hay alarmas (en cualquier momento durante el encendido hasta llegar a la pantalla normal)
- El altavoz emite un pitido corto, luego se queda en silencio.
- Los siguientes indicadores se iluminan momentáneamente:
 - Servicio requerido: rojo (imagen de llave)
 - Carga: amarillo
 - Manual: azul
 - Choque: rojo
- El equipo está listo para su uso en unos 4 segundos

PRUEBAS EN EL MODO DE SERVICIO

Nota: Los siguientes elementos del menú de mantenimiento se enumeran como referencia para la resolución rápida de problemas o la verificación. Todos los procedimientos de verificación enumerados anteriormente deben realizarse antes de devolver el equipo al usuario.



Contraseña

Nota: La contraseña para acceder al menú Mantenimiento predeterminada es **HEART1**. Seleccione Mantenimiento desde el Sistema menú. Se muestra el campo de contraseña



resaltado. Para escribir los caracteres y seleccionar utilice la perilla o botón codificador y al finalizar aceptar.

El menú de mantenimiento tiene los siguientes elementos:

- Pruebas de servicio: estas pruebas son para verificar el funcionamiento.
- Configuración del dispositivo: se utiliza para configurar el idioma.

PRUEBAS DE SERVICIO



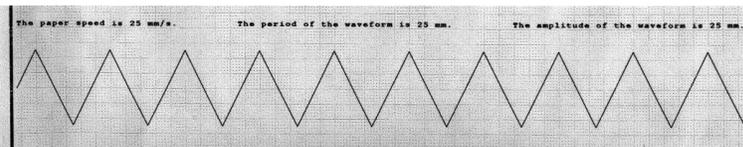
• **PRUEBAS DE BOTONES**



- Mantenga presionado cada botón para probar.
- ON = encendido: Indica que el botón está funcionando correctamente cuando esta presionado y OFF= apagado: cuando no se presiona.
- Para probar la perilla de Selección Giratoria, gire para resaltar Prueba Rotatoria y presione la perilla de Selección Giratoria, debe indicar encendido.

• **PRUEBA DE VELOCIDAD DE LA IMPRESORA**

Imprime una tira de papel a una velocidad constante de 25 mm/s con un período de 25 mm y una amplitud de 25 mm:



- **LECTURAS DE LA BATERIA**



Lectura de la batería	Descripción
Full Capacity	Capacidad de una batería completamente cargada
Rem. Capacity	Carga actual de la batería
Rel. Capacity	Carga actual como porcentaje de la capacidad total

Normalmente, esta pantalla se usa para verificar que la batería se esté cargando (o completamente cargada) al voltaje apropiado.

- Las baterías nuevas tienen una capacidad total de al menos 6000 mAh y se cargarán cuando el desfibrilador se conecte a una toma de CA.
- Si la batería aún tiene una capacidad de menos de 4500 mAh después de haber sido cargada completamente, reemplace la batería.

- **PRUEBA DE PANTALLA**

Los siguientes colores llenan toda la pantalla en sucesión: blanco, rojo, verde, azul y negro. Verifique que no haya píxeles atascados o faltantes. Después de la prueba, el desfibrilador se apaga automáticamente.



- **PRUEBA DE DERIVACION DE ECG**

Muestra el estado del cliente potencial (encendido o apagado).



Notas: Si la derivación RA, LA, LL o V1 no está conectada (a un paciente o al simulador de ECG) o la derivación está rota, se muestra el estado de la derivación APAGADO. Si el cable RL no está conectado o roto, se muestran todos los estados del cable APAGADO.

- **LECTURAS DE TEMPERATURA**

Muestra las temperaturas internas de la tarjeta de alimentación, tarjeta de terapia, impresora, y Batería. Estas lecturas pueden variar según la velocidad del ventilador o las condiciones externas. Una lectura anormalmente alta puede indicar que un ventilador no funciona u otra falla.



- **PRUEBA DEL ABANICO**

Seleccione Apagado, Bajo, o Elevado

Nota: La velocidad baja del ventilador puede ser difícil de escuchar en un entorno ruidoso.

CONFIGURACIÓN DEL DISPOSITIVO

- **Seleccione el idioma:** Establece el idioma del sistema en: inglés, español u otro idioma.

GESTION DE DATOS ALMACENADOS

- **Borrar registros de eventos:** Borra todos los registros de eventos almacenados.
- **Borrar indicador de servicio requerido:** Borra el LED de Servicio requerido una vez que se corrige una falla de servicio.
- **Borrar contraseña del menú de configuración:** Borra la contraseña.
- **Borrar todos los datos almacenados:** Borra todos los datos almacenados, incluidos: Registros de eventos, contraseña, indicador de servicio requerido y todas las otras configuraciones.
- **Enviar registros de eventos a la PC:** Los registros de eventos pueden descargarse a una PC y enviarse al soporte técnico para ayudar a solucionar un problema.

PRUEBAS DEL DESFIBRILADOR

EQUIPOS REQUERIDOS PARA PRUEBAS O TEST

- Simulador de paciente ECG y Analizador de desfibrilador (o equivalente)

¡Advertencia! Peligro de choque.

Antes de aplicar cualquier descarga, asegúrese de que todo el personal y el equipo estén fuera del área de prueba.

- **PRUEBA DE TIEMPO DE ESPERA DE ENERGÍA**

1. Asegúrese de que el desfibrilador tenga una batería cargada (al menos un 25%) instalada y esté conectada a la alimentación de CA.

2. Asiente cada paleta en su soporte lateral. Asegúrese de que las paletas estén bien asentadas.
3. Presione la tecla Manual.
4. Seleccione un Nivel de energía de 100J.
5. Presione el botón Carga en el panel frontal.
6. El mensaje “MANTENGASE ALEJADO” se visualiza.
7. No presione el botón de descarga. Después de 30 segundos el mensaje “Tiempo de carga agotado” debería mostrarse.

• **TABLA DE PRUEBA DEL DESFIBRILADOR**

Para cada una de las pruebas de desfibrilador a continuación (palas, almohadillas y cucharas), realice la prueba al nivel de energía indicado en el procedimiento. Luego, realice cada prueba a los niveles de energía indicados en el cuadro a continuación.

Nota: Utilice únicamente un Analizador de desfibrilador para descargas externas mayores de 50J en adelante. Para pruebas de descargas internas se aconseja hasta los 50J.

Energía Seleccionada	Energía suministrada en 50 ohmios (tolerancia +/- 15% o +/- 3 julios)	Prueba
2	0-5	Palas, almohadillas y cucharas
3	0-6	Palas, almohadillas y cucharas
5	2-8	Palas, almohadillas y cucharas
7	4-10	Palas, almohadillas y cucharas
10	7-13	Palas, almohadillas y cucharas
15	12-18	Palas, almohadillas y cucharas
20	17-23	Palas, almohadillas y cucharas
30	25,5-34,5	Palas, almohadillas y cucharas
50	42,5-57,5	Palas, Almohadillas y cucharas
70	59,5-80,5	Solo palas y almohadillas
100	85-115	Solo palas y almohadillas
150	127,5-172,5	Solo palas y almohadillas
200	170-230	Solo palas y almohadillas
270	229,5-310,5	Solo palas y almohadillas

• **PRUEBA DE PALAS O PALETAS (Pruebas externas con analizador de desfibrilador)**

1. Asegúrese de que el desfibrilador tenga una batería cargada (al menos un 25%) instalada y esté conectada a la alimentación de CA.
2. Conecte el conector de las palas del desfibrilador al desfibrilador.
3. Asegúrese de que las paletas estén bien colocadas.
4. Presione el botón **Manual**.
5. Seleccione Nivel de energía de 270J.
6. Presione el botón de Carga en la paleta APEX (derecha). Verifique que se cargue a un nivel de 270J y suene la alarma audible.
7. Simultáneamente presione y mantenga presionada el botón en ambas paletas.
8. Verifique que la energía suministrada en la pantalla esté entre 229,5 y 310,5J.
9. Repita este procedimiento con la energía de entrada:
 - Con la batería extraída y conectada a la alimentación de CA
 - Con una batería cargada (al menos un 25%) y la alimentación de CA desconectada

10. Repita este procedimiento utilizando los niveles de energía enumerados en la tabla anterior con las siguientes condiciones:
- No realice el paso 9 (esto solo es necesario una vez para verificar la ruta de energía). Espere al menos 30 segundos entre cada descarga de prueba

• **PRUEBAS DE SEÑAL ECG Y DE FRECUENCIA CARDIACA**

Equipo requerido: Simulador de paciente ECG o su equivalente

1. Verifique que el desfibrilador esté encendido.
 2. Conecte los cables de ECG (RL, RA, LA, LL, V1) a los conectores correspondientes del simulador de ECG.
 3. Conecte el cable de ECG al puerto del cable de ECG en Responder 2000.
 4. Cambie la fuente de ECG a ECG II.
 5. Seleccione ECG> Norma> 80 en el simulador de ECG y verifique lo siguiente en el desfibrilador.
- La señal de ECG en la pantalla es de amplitud y polaridad correctas
 - Suena un pitido para cada latido del ECG

• **PRUEBA DE DERIVACIÓN DE ECG**

1. Conecte los cables de ECG al Simulador de paciente ECG.
2. En el desfibrilador, seleccione Prueba de derivación de ECG desde el menú de Mantenimiento
3. Verificar que Estado de la derivación de ECG se muestra en la pantalla:

ECG Lead Status	
RA:	On
RL:	Driven
LA:	On
LL:	On
V1:	On

4. Desconecte RA (cable blanco) del Simulador de paciente y verifique la pantalla como se muestra:
5. Vuelva a conectar el cable de RA al simulador de paciente.

ECG Lead Status	
RA:	Off
RL:	Driven
LA:	On
LL:	On
V1:	On

6. Desconecte RL (cable verde) del Simulador de paciente y verifique la pantalla como se muestra:
7. Vuelva a conectar el cable RL al simulador de paciente.

ECG Lead Status	
RA:	Off
RL:	Driven
LA:	Off
LL:	Off
V1:	Off

8. Desconecte LA (cable negro) del Simulador de paciente y verifique la pantalla como se muestra:
9. Vuelva a conectar el cable LA al simulador de paciente.

ECG Lead Status	
RA:	On
RL:	Driven
LA:	Off
LL:	On
V1:	On

10. Desconecte LL (cable rojo) del Simulador de paciente y verifique la pantalla como se muestra:

11. Vuelva a conectar el cable LL al simulador de paciente.

ECG Lead Status	
RA:	On
RL:	Driven
LA:	On
LL:	Off
V1:	On

12. Desconecte V1 (cable marrón) del Simulador de paciente y verifique la pantalla como se muestra:

13. Desconecte todos los cables y vuelva al Principal menú

ECG Lead Status	
RA:	On
RL:	Driven
LA:	On
LL:	On
V1:	Off

• PRUEBA DE ECG DE PALETAS

1. Seleccione Configuración> Configuración de canal> Paletas.
2. Conecte las palas al Simulador de paciente ECG y verifique que se muestren tanto el ECG como el valor de frecuencia cardíaca FC. Seleccione una frecuencia cardíaca de 60LPM en el simulador y verifique si la pantalla muestra este valor.

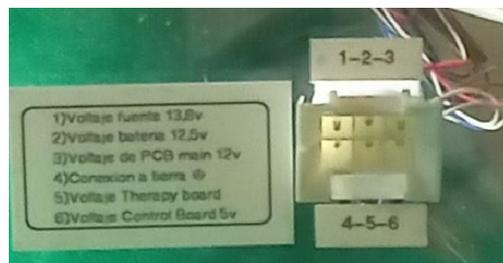
• PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LA IMPRESORA TÉRMICA

1. Abra la puerta de la impresora y verifique se muestra el mensaje de “Puerta abierta”.
2. Retire el papel y cierre la puerta de la impresora y verifique que se muestra el mensaje de “Papel de imprimir afuera”.
3. Vuelva a reinstalar el papel en la impresora, cierre la puerta y verifique que no se muestren mensajes de error de la impresora.
4. Seleccione icono de Impresora y verifique una impresión suave y de buena calidad sin píxeles atascados.
5. Seleccione icono de Impresora para detener la impresora y verificar que la página de información del paciente esté impresa y que la impresión se detenga.

• PRUEBA DE CARDIOVERSION

1. Conecte las palas al Simulador de paciente ECG
2. Configure el desfibrilador en Modo manual.
3. Cambiar el estado de Sin modo de sincronización a Modo de sincronización. Verifique el Sincronización manual y el disparador se muestra al complejo QRS.
4. Simultáneamente presione y mantenga presionada botones de descarga en ambas paletas. El disparo se ve afectado por el pico de la el complejo QRS del latido y la función de cardioversión se restablecen automáticamente.
5. Si el tiempo de retardo es superior a 60 ms, la prueba ha fallado.

• PRUEBA EN LOS PUNTOS DE MEDICIÓN DE LOS VOLTAJES DEL PROTOTIPO



1	2	3
4	5	6

En la figura, se aprecia en la parte posterior del prototipo la etiqueta con los nombres de los 6 puntos de medición de los voltajes. Cuando se mida con el Voltímetro en el conector se deberá tomar la lectura con referencia al pin de tierra (4), para obtener los voltajes de la fuente de poder y de la tarjeta de control, la misma que alimenta las demás tarjetas.

Las mediciones se realizarían así:

Pin 1 y 4 : Mide el voltaje de la fuente de poder de 13.8V

Pin 2 y 4 : Mide el voltaje de la batería 12.5V

Pin 3 y 4: Mide el voltaje de tarjeta de Control de 1.2V

Pin 5 y 4: Mide el voltaje de la tarjeta de Terapia de 12.5V

Pin 6 y 4: Mide el voltaje pulsante de la tarjeta de Control de 5.0V

• **PRUEBAS DE FALLA CON LOS INTERRUPTORES DEL PROTOTIPO**



En la figura, se aprecia en la parte posterior del prototipo con la etiqueta que describen los 4 interruptores que cortan la energía para la simulación de fallas eléctricas.

• **Uso del panel de interruptores para las fallas**

Número del Interruptor (Sw)	Condición NC ó NA	Estado del equipo en la falla simulada
Sw1	NC	En esta condición el equipo se comporta normal.
Sw1	NA	El equipo no detecta la alimentación de la AC, y por consiguiente habrá una descarga de la batería, enviando un mensaje de alarma de conectar el equipo a la red eléctrica, el estudiante deberá analizar y concretar cual es el origen de la falla.
Sw2	NC	En esta condición el equipo se comporta normal.
Sw2	NA	En la condición del sw2 en NA, el comportamiento del equipo severa afectado la alimentación a la tarjeta de terapia, la cual se encarga de generar el alto voltaje para las paletas, control de descarga.
Sw3	NC	En esta condición el equipo se comporta normal.
Sw3	NA	En esta condición activada, el equipo alertará la ausencia del voltaje de la red eléctrica, condición similar al Sw1 activado, pero esta falla se debe analizar minuciosamente para determinar si es la falta de la energía alterna o el deterioro de un componente de la fuente de poder que haga que la misma no entregue el B+ a la power controlboard.
Sw4	NC	En esta condición el equipo se comporta normal.
Sw4	NA	Esta condición afecta al equipo de manera general, puesto que la mainboard se encarga de generar los datos enviados al display, impresora, tarjeta ECG, tarjeta de terapia, bocina, etc.
Nota: Se mueve un solo interruptor a la vez.		
NC = normalmente cerrado, NA = normalmente abierto.		

SECCIÓN 6: Teoría de funcionamiento

FUNCIONES

- Desfibrilación (con botones de funcionamiento específicos del desfibrilador).
- Forma de onda bifásica de 2J a 270J (puede entregar una descarga bifásica de 270J en una carga de 50 ohmios).
- El conector de paleta acepta parches de electrodos desechable, palas o cucharas.
- Monitoreo de ECG a través de electrodos de terapia, palas o una entrada de ECG de cinco cables.

CARACTERÍSTICAS

- LCD en color para mostrar el funcionamiento de las señales de ECG e información.
- La pantalla es de 5,67", retroiluminada, con una resolución de 320 x 240 y más de 260.000 colores.
- Perilla de ajuste para entrada a través de la pantalla.
- Impresora térmica para ECG, acciones de terapia e historial de eventos, resolución de 384 píxeles a 25 mm / s en un rollo de papel de 60 mm
- Imprime en modo de trama, texto y gráficos de dos trazas en tiempo real.
- Funcionamiento con Batería recargable o con CA: 90 VCA a 264 VCA, 47Hz-63Hz, 90Watts continuo, 115 Watts intermitente.
- Batería: Ion de litio con indicador de carga incorporado, entrega hasta 10 A 11,0 V (nominal)
- Desfibrilador interno con altavoz para indicación audible.
- Puerto serie para actualización de software.

DESCRIPCIONES DE COMPONENTES

Tarjeta Principal (Mainboard)

- La tarjeta principal controla todos los subsistemas principales y la interfaz de usuario.
- Controla la desfibrilación (J210), funciones de ECG (J212), Controla la interfaz de pantalla y proporciona 3.3V (J214) y potencia de retroiluminación de alto voltaje (J213) para LCD.
- Controla (J219) y proporciona 5V (J220) para la impresora, Controla el altavoz (J216).
- Ruta de actualización del software a través del puerto serie (paso desde la placa de control de energía)

Tarjeta de Terapia (Therapyboard)

La tarjeta de terapia entrega energía para desfibrilación y estimulación. También es un paso a través de la placa principal para los controles, las funciones de identificación en las paletas del desfibrilador y las señales de ECG. Los detalles incluyen:

- Aislamiento eléctrico de 3 kV para separar al paciente de la unidad y la conexión a tierra. Proporciona una descarga de desfibrilador bifásico de hasta 270J (J101, J102 y J109).
- Proporciona pulsos de ritmo de hasta 140 mA y 40 ms.
- Carga dos condensadores de 100 uF a 2 kV (J105 y J107 negativos; J104 y J106 positivos)
- Se conecta a la tarjeta principal por el conector (J110) y recibe energía de la tarjeta de control de energía por (J103).

Tarjeta de ECG (ECG board)

- La tarjeta de ECG recibe la entrada de los cables de ECG conectados, la tarjeta de ECG luego amplifica y digitaliza los datos y los pasa a la tarjeta principal.
- Aislamiento eléctrico de 4 kV para separar al paciente de la unidad y tierra física
- Se conecta a la tarjeta principal por (J412)
- Las derivaciones de ECG se conectan en J23

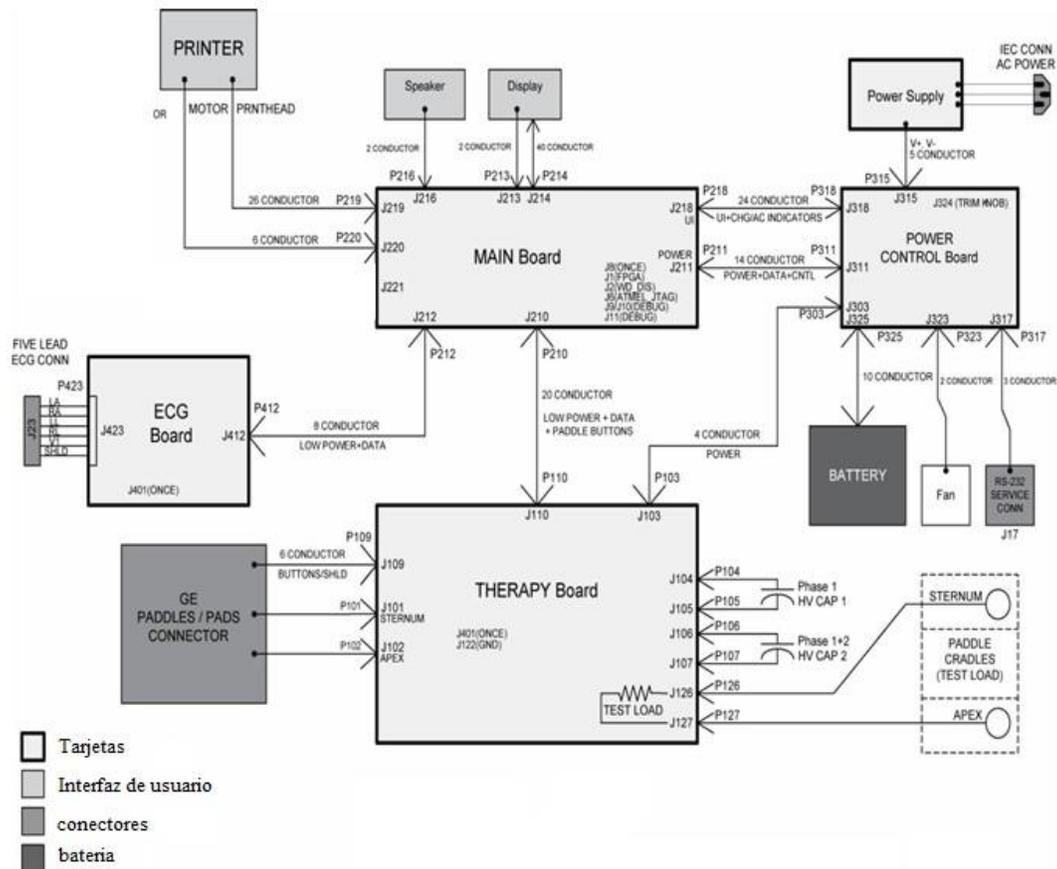
Tarjeta de control de energía (Power control board)

La tarjeta de control de energía proporciona energía a la unidad (J303, J311), carga la batería (J325) y proporciona paso a través de la interfaz de usuario (J318). Los detalles incluyen:

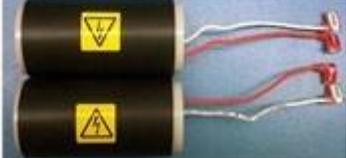
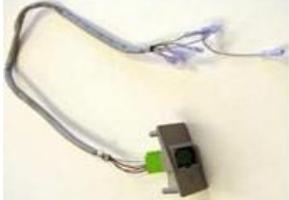
- Recibe energía de la fuente de alimentación (J315)
- Proporciona conexión de servicio RS-232 (J317)
- Los botones conectados a la tarjeta de control de energía incluyen: Encendido (encendido / apagado), Carga, Descarga, Manual y Perilla de ajuste (J324)

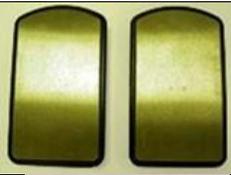
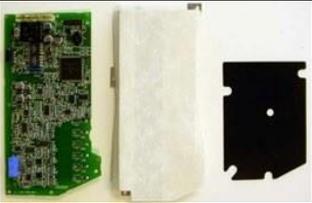
Los LED incluyen: alimentación de CA, descarga, manual, carga, falla, carga de la batería que alimenta el ventilador (J323).

Diagrama de bloques de interconexión del sistema



SECCIÓN 7: PIEZAS Y ACCESORIOS

Tarjeta de Terapia	
Tarjeta Principal	
Tarjeta de control de alimentación	
Fuente de alimentación	
Kit de Capacitores de Carga	
Kit del Cable ECG	
Pantalla	
Kit Impresora	

<ol style="list-style-type: none"> 1. Botón de encendido 2. Conjunto de Botones de carga, manual, descarga 3. Abanico 4. Tapa del Encoder 5. Botón Encoder con su cable 	
<p>Cable completo con 2 paletas adulto</p>	
<p>Adaptadores de electrodos de la paleta opalas</p>	
<p>Papel térmico de 60mm</p>	
<p>Cable de alimentación AC – 120V</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Aislamiento de la tarjeta de ECG 2. Cubierta EMF de la tarjeta ECG 3. Tarjeta ECG 	
<p>Batería recargable de 11.1V nominal</p>	

SECCIÓN 8: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y SEGURIDAD

Tabla de Especificaciones Técnicas:

Pantalla	
Tamaño	115,2 mm x 86,4 mm
Tipo	LCD TFT en color transmisor
Resolución	320 x 240 píxeles
Numero de canales de forma de onda	2
Desfibrilador	
Forma de onda:	Bifásico truncado exponencial
Tiempo de carga:	7 segundos nominal
Método de entrega:	A través de almohadillas, paletas o cucharas
Selecciones de energía de paletas (carga de 50Ω):	2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 270
Selecciones de energía de paleta interna (carga de 50Ω):	2, 3, 5, 7, 10, 15, 20, 30, 50
Precisión de energía:	± 15% en una carga de 50 Ω o ± 3 julios, lo que sea mayor
Monitoreo ECG	
Cable de detección:	A través de palas, cables de paciente de 3 y 5 derivaciones
Rango de frecuencia cardíaca:	25 a 300 lpm
Respuesta de frecuencia de la pantalla (derivaciones de ECG):	0,5 a 100 Hz (± 10%)
Respuesta de frecuencia de la pantalla (paletas):	3 Hz a 33 Hz (± 10%); (-3db)
Frecuencia de muestreo efectiva de ECG:	1000 muestras por segundo (derivaciones de ECG), 128 muestras por segundo (paletas)
Recuperación posterior a la desfibrilación	8 segundos
Alarmas de frecuencia cardíaca:	Apagado, 5-300 lpm
Sensibilidad de la lectura	Corriente continua; Cables de detección <0,1uA; Cable de referencia <1uA; cuando todos los cables están conectados.
Corriente de fuga de los cables ECG y palas	Menos de 10uA en condiciones normales; menos de 50uA condición de falla única
Rango dinámico: Amplitud de la señal de ECG de entrada:	± 5 mV
Umbral de asistolia	0,2 mV (± 0,1 mV)
Batería recargable	
Voltaje de la batería:	11,1 V nominal
Química:	Iones de litio
Capacidad de la batería:	50 descargas, tiempo de monitorización de 240 minutos
Tiempo de carga de la batería:	8 horas dentro del desfibrilador, 20 horas para ciclo de calibración en cargador externo horas
Batería en espera	6 meses

Duración de la batería:	2.5 años o 300 ciclos de carga y descarga de la batería, lo que ocurra primero
Fuente de alimentación de CA	
Entrada universal:	100 V a 240 V AC, 60Hz, 200 VA
Impresora	
Velocidad	Velocidad de alimentación de 25 mm/s
Tamaño de papel	Ancho de papel de 60 mm
Dimensiones físicas	
Alto:	38 cm
Ancho:	32 cm
Profundidad:	27 cm
Peso:	5.9 Kg
Medioambientales	
Temperatura operación	0°C hasta 50°C
Humedad operación	10% a 95% RH, sin condensación
Temperatura de almacenamiento	-20°C hasta 60°C

- **Otras consideraciones técnicas**

Tasa de detección

Todos los ritmos de fibrilación ventricular (FV) y taquicardia ventricular (VT) a esta frecuencia o por encima de ella se clasificarán como desfibrilables. Todos los ritmos por debajo de esta frecuencia se clasificarán como no desfibrilables. Esta frecuencia se puede configurar entre 120 lpm (latidos por minuto) y 240 lpm. La frecuencia de detección predeterminada para el desfibriladores 160 lpm.

Asistolia

La amplitud de la señal es inferior a 0,2 mV pico a pico durante 8 segundos consecutivos y no está precedida por un ritmo desfibrilable; el ritmo se clasificará como asistolia. La asistolia no se puede electrocutar.

Detección de ruido

El desfibrilador detectará artefactos de ruido en el ECG. El ruido podría introducirse por un movimiento excesivo del paciente o ruido electrónico de fuentes externas como teléfonos celulares y radioteléfonos.

Choque no comprometido

Después de que el desfibrilador advierte una descarga, continúa controlando el ritmo del ECG del paciente. Si el ritmo del paciente cambia a un ritmo no desfibrilable antes de presionar el botón de descarga, la descarga se cancelará.

Discriminadores de TSV (taquicardia supraventricular)

El desfibrilador se suministra con el Discriminador de TSV activado y la configuración predeterminada es 240 lpm. Los discriminadores de TSV son filtros sofisticados que analizan la morfología de las formas de onda del ECG y distinguen la FV / TV de la TSV y los ritmos sinusales normales (NSR). El discriminador de TSV solo se aplicará a los ritmos que se encuentren entre la frecuencia de detección y la frecuencia de TSV.

Tasa de TSV

Todos los ritmos con frecuencias entre la frecuencia de detección y la frecuencia de TSV se examinarán mediante una serie de discriminadores de TSV para clasificarlos en FV / TV o TSV. Los ritmos clasificados como TSV entre las dos frecuencias establecidas no son desfibrilables. Todos los ritmos por encima de las tasas se clasificarán como desfibrilables. La frecuencia de TSV debe ser mayor que la frecuencia de detección y se puede seleccionar entre 125 y 240 lpm. La tasa de TSV predeterminada es 240.

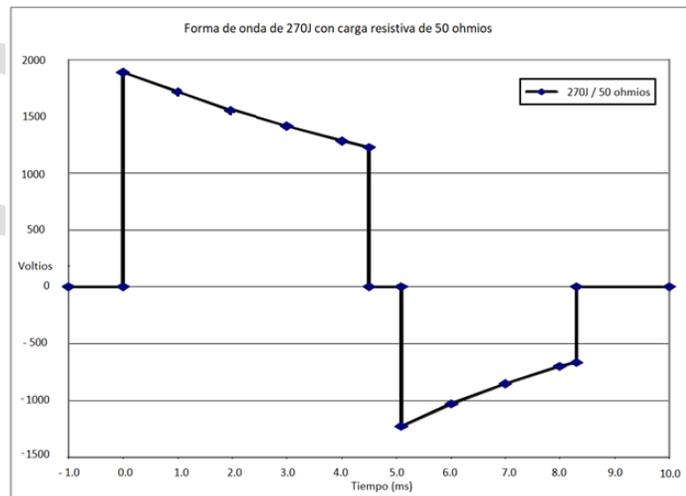
FORMA DE ONDA DE DESFIBRILACIÓN BIFÁSICA - STAR®

La forma de onda generada por el desfibrilador es una forma de onda EXPONENCIAL TRUNCADA BIFÁSICA que cumple con ANSI / AAMI DF80.

Forma de onda de desfibrilación BIFÁSICA - STAR® en paletas							
Impedancia de paciente (Ohmios)	Fase 1 Voltaje inicial entregado	Fase 1 Voltaje final entregado	Fase 1 Duración (ms)	Fase 2 Voltaje inicial entregado	Fase 2 Voltaje final entregado	Fase 2 Duración (ms)	Energía total entregada (J)
25	1692V	990V	3.25ms	990V	342V	3.2ms	281J
50	1860V	1234V	4.50ms	1234v	684V	3.2ms	270J
75	1923V	1338V	5.75ms	1338V	887V	3.2ms	254J
100	1957V	1394V	7.00ms	1394V	1015V	3.2ms	241J
125	1977V	1429V	8.25ms	1429V	1103V	3.2ms	231J
150	1991V	1453V	9.50ms	1453V	1166V	3.2ms	223J
175	2002V	1469V	10.75ms	1469V	1214V	3.2ms	217J
180	2003V	1472V	11.00ms	1472V	1222V	3.2ms	216J
200	2009V	1520V	11.00ms	1520V	1283V	3.2ms	202J

NIVELES DE ENERGÍA E IMPEDANCIA DEL PACIENTE

La forma de onda bifásica troncada exponencial (BTE) entrega energía que varía con la impedancia del paciente. La forma de onda está diseñada para entregar la energía seleccionada cuando la impedancia del paciente es de 50 ohmios, como se muestra en la tabla de forma de ondas anterior.



ÍNDICE DE CUADROS

	Descripción	Página
Cuadro N° 1	Compra de desfibriladores realizada por el Hospital en los últimos seis años.....	16
Cuadro N° 2	Diferentes valores de Impedancia de paciente para la energía total entregada por el desfibrilador reconstruido	39
Cuadro N° 3	Objetivos y actividades a realizar.....	52
Cuadro N° 4	Objetivos y productos.....	54
Cuadro N° 5	Cronograma de actividades de trabajo	61
Cuadro N° 6	Presupuesto del proyecto	62
Cuadro N° 7	Uso del panel de interruptores para las fallas.....	73
Cuadro N° 8	Pruebas del Menú de servicio y del manual del equipo.....	75
Cuadro N° 9.	Comparación de los niveles de energías ajustados contralos registrados por el prototipo y por el analizador Fluke 6000D.....	75
Cuadro N° 10	Cuadro comparativo entre varios modelos de desfibriladores de uso actual en el Hospital Rafael Hernández	78
Cuadro N° 11	Pruebas de seguridad eléctrica realizadas al prototipo	79
Cuadro N° 12	Encuesta de 15 preguntas realizadas a los 7 estudiantes	81
Cuadro N° 13	Pregunta N°1	82
Cuadro N° 14	Pregunta N°2.....	83
Cuadro N° 15	Pregunta N°3	84
Cuadro N° 16	Pregunta N°4.....	85
Cuadro N° 17	Pregunta N°5.....	86
Cuadro N° 18	Pregunta N°6	87
Cuadro N° 19	Pregunta N°7	88
Cuadro N° 20	Pregunta N°8.....	89
Cuadro N° 21	Pregunta N°9.....	90

Cuadro N° 22	Pregunta N°10	91
Cuadro N° 23	Pregunta N°11	92
Cuadro N° 24	Pregunta N°12	93
Cuadro N° 25	Pregunta N°13	94
Cuadro N° 26	Pregunta N°14	95
Cuadro N° 27	Pregunta N°15	96
Cuadro N° 28	Encuesta de 14 preguntas realizadas a los 2 docentes	97
Cuadro N° 29	Pregunta N°1	98
Cuadro N° 30	Pregunta N°2	99
Cuadro N° 31	Pregunta N°3	100
Cuadro N° 32	Pregunta N°4	101
Cuadro N° 33	Pregunta N°5	102
Cuadro N° 34	Pregunta N°6	103
Cuadro N° 35	Pregunta N°7	104
Cuadro N° 36	Pregunta N°8	105
Cuadro N° 37	Pregunta N°9	106
Cuadro N° 38	Pregunta N°10	107
Cuadro N° 39	Pregunta N°11	108
Cuadro N° 40	Pregunta N°12	109
Cuadro N° 41	Pregunta N°13	110
Cuadro N° 42	Pregunta N°14	111

ÍNDICE DE FIGURAS

	Descripción	Página
Figura N° 1	Circulación sanguínea del corazón... ..	22
Figura N° 2	Potenciales de acción en diversas zonas del corazón para generar una onda ECG.....	23
Figura N° 3	Bradicardia	24
Figura N° 4	Taquicardia.....	24
Figura N° 5	Fibrilación Auricular.....	25
Figura N° 6	Aleteo auricular	26
Figura N° 7	Taquicardia ventricular.....	26
Figura N° 8	Fibrilación ventricular	27
Figura N° 9	Paso de la corriente a través del tórax y el corazón... ..	29
Figura N° 10	Efecto de la desfibrilación sobre el ritmo cardiaco	30
Figura N° 11	Diagrama en secciones de un desfibrilador básico.....	32
Figura N° 12	Diagrama en secciones de los circuitos de suministro de energía	33
Figura N° 13	Esquema simplificado de un desfibrilador en modo cardioversión....	34
Figura N° 14	Onda monofásica amortiguada sinusoidal.....	35
Figura N° 15	Onda monofásica truncada exponencial.....	36
Figura N° 16	Onda bifásica exponencial truncada... ..	36
Figura N° 17	Onda bifásica exponencial rectilínea... ..	37
Figura N° 18	Onda de corriente controlada.....	37
Figura N° 19	Onda exponencial bifásica muestreada... ..	38
Figura N° 20	Fases del voltaje inicial y final con la duración del tiempo	39
Figura N° 21	Pruebas aplicables a dispositivos médicos.....	41
Figura N° 22	Tipos de corriente de fuga en equipos médicos	42
Figura N° 23	Analizador de desfibrilador - Fluke 6000D.....	45
Figura N° 24	Equipo de seguridad eléctrica – Dale LT544D lite.....	46

Figura N° 25	Organigrama y gestión de proyecto	51
Figura N° 26	Contenido en bloques del manual operación/servicio	57
Figura N° 27	Localización de partes importantes e informativas del Menú ...	59
Figura N° 28	Foto del menú de la pantalla	59
Figura N° 29	Partes del analizador de seguridad eléctrica	60
Figura N° 30	Todos los componentes internos del equipo después de la actividad de limpieza para empezar la revisión	65
Figura N° 31	Diagrama de bloques de interconexión del sistema	68
Figura N° 32	Proceso del moldeo del acrílico en secciones.....	70
Figura N° 33	Montaje de las tarjetas internas	71
Figura N° 34	Puntos de medición de los voltajes del prototipo... ..	71
Figura N° 35	Panel de interruptores del prototipo... ..	72
Figura N° 36	Finalización del prototipo	74
Figura N° 37	Forma de onda de 270J con carga resistiva de 50 ohmios.....	77
Figura N° 38.	Demostración ante docentes y estudiantes en UDELAS	80

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Descripción	Página
Gráfica N° 1	Porcentajes de precisión del equipo vs el analizador de Desfibrilador	76
Gráfica N° 2	Pregunta N°1	82
Gráfica N° 3	Pregunta N°2.....	83
Gráfica N° 4	Pregunta N°3.....	84
Gráfica N° 5	Pregunta N°4.....	85
Gráfica N° 6	Pregunta N°5	86
Gráfica N° 7	Pregunta N°6.....	87
Gráfica N° 8	Pregunta N°7	88
Gráfica N° 9	Pregunta N°8.....	89
Gráfica N° 10	Pregunta N°9	90
Gráfica N° 11	Pregunta N°10.....	91
Gráfica N° 12	Pregunta N°11	92
Gráfica N° 13	Pregunta N°12	93
Gráfica N° 14	Pregunta N°13	94
Gráfica N° 15	Pregunta N°14	95
Gráfica N° 16	Pregunta N°15	96
Gráfica N° 17	Pregunta N°1	98
Gráfica N° 18	Pregunta N°2.....	99
Gráfica N° 19	Pregunta N°3	100
Gráfica N° 20	Pregunta N°4	101
Gráfica N° 21	Pregunta N°5	102
Gráfica N° 22	Pregunta N°6.....	103
Gráfica N° 23	Pregunta N°7	104
Gráfica N° 24	Pregunta N°8	105
Gráfica N° 25	Pregunta N°9	106
Gráfica N° 26	Pregunta N°10.....	107

Gráfica N° 27	Pregunta N°11	108
Gráfica N° 28	Pregunta N°12	109
Gráfica N° 29	Pregunta N°13.....	110
Gráfica N° 30	Pregunta N°14 – Valorización final de docentes	111
Gráfica N° 31	Porcentajes de aprobación de los estudiantes encuestados	112
Gráfica N° 32	Porcentajes de aprobación de los docentes encuestados.....	113
Gráfica N° 33	Valorización del equipo por el profesional biomédico	114