

# **Informe Final Diseño Biomédico 1**

## **Desfibrilador.**

Nicolas Alvarez Arango, Maria Camila Argoty Diaz, Sergio Machado Cortes,  
Nathalia Ramirez Sanchez, Valeria Vivas Villabon.

[nicolas.alvarez\\_a@uao.edu.co](mailto:nicolas.alvarez_a@uao.edu.co)  
[maria.argoty@uao.edu.co](mailto:maria.argoty@uao.edu.co)  
[sergio.machado@uao.edu.co](mailto:sergio.machado@uao.edu.co)  
[nathalia.ramirez\\_san@uao.edu.co](mailto:nathalia.ramirez_san@uao.edu.co)  
[valeria.vivas@uao.edu.co](mailto:valeria.vivas@uao.edu.co)

*Facultad de Ingeniería, Departamento de ingeniería.  
Ingeniería Biomédica.  
Universidad Autónoma de Occidente  
Cali, Colombia.*

## I. Introducción.

### Descripción del problema:

Los desfibriladores actuales presentan una serie de desafíos en su diseño y funcionalidad que afectan su usabilidad y efectividad, especialmente en situaciones de emergencia. Los botones de carga y descarga en las paletas del desfibrilador a menudo están mal posicionados, lo que puede dificultar su uso, especialmente para personas con manos pequeñas. Además, hay variabilidad en los diseños de diferentes fabricantes, lo que puede generar confusión y errores bajo presión. Esto puede representar un riesgo significativo para los pacientes que necesitan una intervención rápida y precisa.

### Objetivo General:

Desarrollar un desfibrilador con paletas ajustables y una interfaz de usuario intuitiva, que mejore la ergonomía y la accesibilidad para usuarios con diferentes tamaños de manos, reduciendo así los errores y mejorando la efectividad en situaciones de emergencia.

### Objetivos específicos:

- Diseñar paletas de desfibrilador ajustables: Crear un mecanismo que permita ajustar el tamaño y la posición de las paletas para acomodar diferentes tamaños de manos.
- Optimizar la posición de los botones de carga y descarga: Reubicar estos botones en las paletas para mejorar la accesibilidad y reducir el riesgo de errores durante su uso.
- Desarrollar una interfaz de usuario intuitiva: Implementar una interfaz clara y fácil de usar que guíe a los usuarios a través del proceso de desfibrilación de manera eficiente.
- Realizar encuestas de usabilidad: Evaluar el diseño del desfibrilador con usuarios de diferentes perfiles (personal de salud, estudiantes de medicina y personas comunes) para asegurarse de que cumple con los requisitos de accesibilidad y facilidad de uso.
- Asegurar el diseño del dispositivo: Garantizar que el desfibrilador funcione de manera confiable en diversas condiciones ambientales y situaciones de emergencia.

### Justificación:

La justificación de este proyecto radica en la necesidad de mejorar la usabilidad y la seguridad de los desfibriladores, dispositivos críticos en la atención médica de emergencia. La posición inadecuada de los botones y la falta de adaptación a diferentes tamaños de manos pueden causar demoras o errores en situaciones de paro cardíaco, disminuyendo las tasas de supervivencia. Al desarrollar un desfibrilador con paletas ajustables y una interfaz intuitiva, se espera no solo mejorar la experiencia del usuario, sino también incrementar la efectividad y la seguridad del tratamiento. Este proyecto tiene el potencial de salvar vidas al facilitar una respuesta más rápida y precisa en emergencias cardíacas.

### Antecedentes:

Los desfibriladores han transformado la atención médica de emergencia y han sido fundamentales en la reanimación cardiopulmonar y el tratamiento de arritmias cardíacas críticas. Desde su invención en la década de 1940, estos dispositivos han experimentado una evolución notable, pasando de ser

equipos voluminosos y complicados a dispositivos portátiles y de fácil uso. A lo largo del tiempo, la tecnología de desfibrilación ha avanzado significativamente, gracias a esto se puede contar con dispositivos más sofisticados y eficientes. Esta evolución tecnológica no solo ha mejorado la eficiencia y seguridad de los desfibriladores, sino que también ha aumentado considerablemente las tasas de supervivencia en casos de paro cardíaco súbito.

En el campo de investigación y mercadeo se puede encontrar una variedad de estos dispositivos pero en este caso mencionaremos los que más fueron de nuestro interés

- **El desfibrilador automático implantable:** Los desfibriladores automáticos implantables (DAI) han evolucionado desde el tratamiento de último recurso hasta la terapia estándar de oro para pacientes con alto riesgo de taquiarritmias ventriculares. Los pacientes de alto riesgo incluyen aquellos que han sobrevivido a arritmias potencialmente mortales y personas con enfermedades cardíacas que están en riesgo de sufrir tales arritmias, pero que no presentan síntomas. Además de tratar las taquiarritmias ventriculares, los nuevos desfibriladores proporcionan estimulación bicameral con todas las funciones y podrían tratar arritmias auriculares e insuficiencia cardíaca congestiva mediante estimulación biventricular.[1]

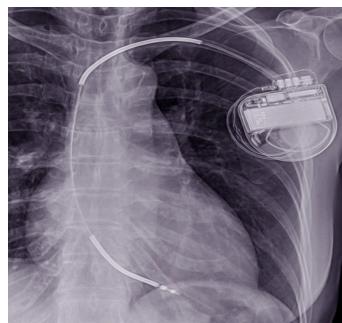


Figura 1, Desfibrilador automático implantable. Tomada de:  
<https://cirugiacardiovascularsevilla.com/dai-desfibrilador-automatico-implantable/>

- **Desfibrilador cardioversor implantable extravascular:** Este dispositivo emplea un cable (un alambre delgado) detrás del esternón, para eliminar efectivamente arritmias ventriculares agudas y crónicas que podrían ser mortales. Los desfibriladores cardioversores implantables salvan vidas gracias a su capacidad de detectar con precisión y detener las arritmias ventriculares en pacientes de alto riesgo. Los resultados se presentaron durante el Congreso de la Sociedad Europea de Cardiología y simultáneamente se publicó en *The New England Journal of Medicine* (Revista de Medicina de Nueva Inglaterra). [2]



Figura 2, Desfibrilador cardioversor implantable extravascular. Tomada de:  
[https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=AZURirw\\_tY](https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=AZURirw_tY)

- **Desfibrilador externo automático (DEA):** Los desfibriladores externos automáticos (DEA) son los equipos instalados en espacios cardioprotegidos, tienen la función de aplicar descargas de forma automática sin ninguna intervención por parte de la persona rescatista, excepto la colocación de los parches electrodos y realizar las compresiones torácicas. El desfibrilador DEA es capaz de analizar el ritmo del corazón y realizar una descarga sólo en caso de ser necesario.[3]



Figura 3, Desfibrilador externo automático (DEA). Tomada de:

[https://neosalus.com/blog/que-tipos-de-desfibriladores-existen/#:~:text=Los%20tipos%20de%20desfibriladores%20son%3A&text=Desfibriladores%20externos%20semi%2Dautom%C3%A1ticos%20DESA,Desfibriladores%20externos%20manuales%20\(desfibrilador%20hospitalario\)](https://neosalus.com/blog/que-tipos-de-desfibriladores-existen/#:~:text=Los%20tipos%20de%20desfibriladores%20son%3A&text=Desfibriladores%20externos%20semi%2Dautom%C3%A1ticos%20DESA,Desfibriladores%20externos%20manuales%20(desfibrilador%20hospitalario))

- **Desfibrilador externo semiautomático (DESA):** Los desfibriladores externos semiautomáticos DESA son dispositivos electro-médicos capaces de revertir una parada cardíaca al igual que los desfibriladores DEA, estos desfibriladores son de uso público y privado. Se trata de dispositivos semiautomáticos que advierten en el momento de la descarga e indican a la persona rescatista que debe separarse del paciente y pulsar el botón de descarga que activará la desfibrilación.[3]



Figura 4, Desfibrilador externo semiautomático (DESA). Tomada de:

[https://neosalus.com/blog/que-tipos-de-desfibriladores-existen/#:~:text=Los%20tipos%20de%20desfibriladores%20son%3A&text=Desfibriladores%20externos%20semi%2Dautom%C3%A1ticos%20DESA,Desfibriladores%20externos%20manuales%20\(desfibrilador%20hospitalario\)](https://neosalus.com/blog/que-tipos-de-desfibriladores-existen/#:~:text=Los%20tipos%20de%20desfibriladores%20son%3A&text=Desfibriladores%20externos%20semi%2Dautom%C3%A1ticos%20DESA,Desfibriladores%20externos%20manuales%20(desfibrilador%20hospitalario))

- **Desfibrilador externo chaleco portátil:** Los desfibriladores chaleco son equipos de cardioprotección externos, los cuales no requieren de ninguna acción por parte de ninguna persona para administrar una descarga eléctrica al corazón, estos equipos desfibrilador portátiles son automáticos y personales. Estos desfibriladores externos mediante los parches electrodos ajustados en contacto con el cuerpo de la persona, monitorean el corazón analizando el ritmo cardíaco, y en el caso necesario suministrar una descarga eléctrica, estos desfibriladores son aptos para su uso en personas con riesgo de sufrir un paro cardíaco súbito.[4]



Figura 5, Desfibrilador externo chaleco portátil. Tomada de:  
<https://www.elhospital.com/es/noticias/chaleco-desfibrilador-externo-lifevest>

- **Desfibrilador manual hospitalario:** Los desfibriladores externos manuales tienen un uso indicado para personal sanitario cualificado debido a que sus funciones son mucho más complejas. Según la normativa europea sólo pueden utilizarlo personal sanitario entrenado. Los desfibriladores manuales hospitalarios también se utilizan en operaciones de corazón, disponen de palas para su rápida y fácil colocación a corazón abierto. La descarga eléctrica se realiza de forma manual directamente al corazón.[5]



Figura 6, Desfibrilador manual hospitalario.  
Tomada de: <https://neosalus.com/blog/que-tipos-de-desfibriladores-existen/>

## II. Lista de necesidades.

En este apartado, se aborda el proceso de identificación y análisis de las necesidades del cliente. Se presenta un listado de las necesidades expresadas por los clientes, detallando cada una de ellas para ofrecer una comprensión completa de sus requerimientos y expectativas. Además, se describen minuciosamente los procesos de indagación llevados a cabo para recopilar estas necesidades, destacando las metodologías empleadas y las fuentes de información utilizadas. A través de un análisis riguroso, se examinan en profundidad las necesidades identificadas, evaluando su relevancia, prioridad y viabilidad para orientar el proceso de diseño e ingeniería hacia soluciones efectivas y satisfactorias. Este apartado sirve como punto de partida fundamental para el desarrollo de soluciones que se alineen estrechamente con las demandas y preferencias del cliente, garantizando así la satisfacción y el éxito del producto final.

La tabla 1 contiene las necesidades expresadas por diferentes usuarios que fueron entrevistados a través del semestre, estas entrevistas se realizaron de manera presencial como de manera virtual a personal de la salud, estudiantes de medicina como de ingeniería biomédica y personas del común. El método de indagación que mayor afinidad tuvo con el proyecto fue la indagación cualitativa y primaria ya que se tuvo un mayor acercamiento con cada uno de los usuarios mediante entrevistas no estructuradas lo que permite que se expresaran libremente y así mismo se fueran generando ideas durante el camino.

Necesidades Manifestadas	Necesidades Reales	Necesidades Percibidas	Necesidades Culturales	Necesidades debidas a un uso no previsto
En las paletas del Desfibrilador, los botones de carga y descarga generalmente están en una mala posición.	Mejoramiento en el diseño y ubicación de los botones de carga y descarga en las paletas del Desfibrilador.	Existen diferentes fabricadores de Desfibriladores por lo tanto la ubicación de las partes de este, el uso y diseño puede variar mucho de un modelo a otro, lo que implica que el personal de salud tenga conocimiento de cada modelo, lo que en situaciones bajo presión y estrés, se puedan llegar a cometer errores.		Debido a un mal diseño de las paletas y botones de carga y descarga, se puede llegar a realizar un mal manejo del Desfibrilador, lo que conlleva un riesgo potencial para el paciente que necesita de este para salvar su vida.
Para el personal de salud que tiene las manos de un tamaño grande o promedio es fácil la utilización de las paletas del Desfibrilador, pero en el caso contrario cuando el tamaño de las manos es pequeño es complicado alcanzar los botones de las paletas.	Mejoramiento en el diseño y tamaño de las paletas de una Desfibrilador, para facilitar su uso logrando abarcar un diseño que reúna los requisitos necesarios para los diferentes tamaños de manos del personal de salud.	Las personas con manos pequeñas pueden sentir que los desfibriladores no son accesibles para ellos, lo que puede disuadirlos de aprender a usarlos o de intervenir en una emergencia.		En caso de emergencia, un niño puede necesitar usar un desfibrilador. Las paletas estándar pueden ser demasiado grandes para las manos de un niño, lo que dificulta su uso.
Necesito un desfibrilador que sea fácil de usar en situaciones de emergencia	El desfibrilador debe ser diseñado con una interfaz intuitiva y procedimientos simples para garantizar que incluso personas sin experiencia médica puedan utilizarlo	El desfibrilador debe tener instrucciones claras y una interfaz fácil de entender, lo que puede reducir el estrés durante una emergencia médica.	los dispositivos médicos que incorporen colores y símbolos universalmente reconocidos para facilitar la comprensión y el uso, independientemente	El desfibrilador debe ser capaz de funcionar en condiciones ambientales extremas, como temperaturas extremas, polvo o humedad.

	eficazmente en situaciones de emergencia.		nte de la alfabetización o el idioma.	
El desfibrilador es demasiado pesado para personas con poca fuerza.	El desfibrilador debe ser diseñado con materiales ligeros y ergonómicos para facilitar su manipulación por personas con poca fuerza, garantizando así su uso efectivo en situaciones de emergencia.	El desfibrilador debe tener un diseño compacto y fácil de transportar, lo que contribuiría a una mayor accesibilidad y disponibilidad del dispositivo en diferentes entornos.		Se deben contemplar medidas de seguridad adicionales en el diseño del desfibrilador para prevenir accidentes, como protecciones contra descargas eléctricas accidentales..
Es fundamental que el desfibrilador cuente con tecnología de análisis automático para determinar si es necesario aplicar una descarga eléctrica.	Es fundamental que el desfibrilador cuente con tecnología de análisis automático para determinar si es necesario aplicar una descarga eléctrica.	El desfibrilador debe contar con una función de análisis automático para brindar confianza al usuario, asegurando que el dispositivo tome decisiones precisas y rápidas en momentos de emergencia, lo que puede aumentar la efectividad del tratamiento y la seguridad del paciente.	Es importante considerar la adaptación cultural en el diseño de la tecnología de análisis automático del desfibrilador, incluyendo interfaces multilingües y símbolos universales que faciliten su comprensión y uso por personas de diferentes culturas, promoviendo así una atención médica más inclusiva y efectiva.	Se deben implementar medidas de redundancia y pruebas rigurosas en la tecnología de análisis automático del desfibrilador para garantizar su fiabilidad y precisión en diversas condiciones, así como proporcionar capacitación adecuada al personal para manejar posibles escenarios inesperados donde la tecnología pueda no funcionar correctamente.

El dispositivo debe tener una duración de batería suficiente para realizar múltiples descargas sin necesidad de recargar.	El desfibrilador debe estar equipado con una batería de larga duración que permite realizar múltiples descargas sin necesidad de recargar, asegurando así la disponibilidad del dispositivo durante emergencias prolongadas y garantizando su eficacia en el tratamiento de paros cardíacos repentinos	desfibrilador debe contar con una batería de alta capacidad para realizar un número suficiente de descargas sin interrupciones, lo que brinda confianza al usuario en la disponibilidad y funcionamiento continuo del dispositivo en situaciones críticas	es relevante considerar la importancia de una batería fiable y duradera en el desfibrilador, ya que esto puede influir en la confianza y aceptación del dispositivo por parte de diferentes comunidades, promoviendo así su uso efectivo y beneficioso en diversos entornos	Se deben tener en cuenta medidas preventivas para garantizar un correcto funcionamiento de la batería del desfibrilador, como seguir las indicaciones de almacenamiento, reemplazarla según las fechas recomendadas por el fabricante y reciclar adecuadamente las baterías usadas para evitar riesgos ambientales
---	--	---	---	--

Tabla 1. Listado de necesidades. Elaboración propia.

Para la tabla 2, se le agregó el valor objetivo con la finalidad de conocer la importancia que cada necesidad tenía y de esta manera centrar el producto a lo que el usuario necesita, se utilizó una escala de 1 a 5 donde 1 es el valor de menos importancia y 5 el valor con más importancia de acuerdo a las necesidades

Número	Necesidad	Valor Objetivo
1	Los botones de descarga deben estar en un lugar accesible	3
2	Los botones de descarga deben ser ergonómicos.	3
3	El tamaño de las paletas es adaptable para diferentes tamaños de manos.	5
4	El dispositivo es ergonómico.	4
5	El dispositivo tiene un manejo cómodo.	3
6	El dispositivo es claro y sencillo.	4
7	Instrucciones de manejo claras y concisas	2
8	El dispositivo es resistente.	5
9	El dispositivo es liviano.	2

10	El dispositivo es portable.	5
11	El dispositivo es compatible con accesorios adicionales.	4
12	El desfibrilador debe estar equipado con una batería de larga duración que permite realizar múltiples descargas sin necesidad de recargar	5
13	Es fundamental que el desfibrilador cuente con tecnología de análisis automático para determinar si es necesario aplicar una descarga eléctrica.	3
14	El desfibrilador debe ser diseñado con una interfaz intuitiva y procedimientos simples para garantizar que incluso personas sin experiencia médica puedan utilizarlo eficazmente en situaciones de emergencia.	5

Tabla 2. Listado de necesidades con ponderación. Elaboración propia.

### III. Clasificación de los atributos de diseño.

La clasificación de atributos es un proceso esencial para estructurar y priorizar las características y propiedades del producto en desarrollo. La clasificación de atributos de diseño implica identificar y categorizar los diversos aspectos del producto, tales como funcionalidad, ergonomía, costo, y sostenibilidad, entre otros. Este análisis permite establecer una jerarquía de atributos que guiará el proceso de diseño, asegurando que las características más importantes y críticas sean priorizadas. Al clasificar estos atributos, se facilita una toma de decisiones más informada y estratégica, optimizando el diseño final para satisfacer tanto las necesidades del usuario como los objetivos del proyecto.

Gracias a la indagación social que se realizó y a entender más a fondo las necesidades expresadas por los usuarios se logró obtener una lista de atributos como la siguiente:

1. Los botones de descarga deben estar en un lugar accesible para el usuario.
2. Los botones de descarga deben ser intuitivos.
3. Los botones de descarga deben ser ergonómicos.
4. El tamaño de las paletas debe ser adaptable para diferentes tamaños de manos.
5. El dispositivo debe ser ergonómico.
6. El dispositivo debe tener un manejo cómodo.
7. Interfaz intuitiva.
8. El dispositivo debe ser claro y sencillo.
9. Instrucciones de manejo claras y concisas.
10. El dispositivo debe ser resistente.
11. El dispositivo debe ser de un material que sea durable.
12. El dispositivo debe ser compacto.
13. El dispositivo debe ser liviano.
14. El dispositivo debe tener una pantalla legible.
15. El dispositivo debe seguir las normas de seguridad eléctrica.
16. El dispositivo debe tener alarmas audibles y visibles.
17. El dispositivo debe contar con funciones de autodiagnóstico.
18. El dispositivo debe contar con funciones de autocalibración.

19. El dispositivo debe ser seguro.
20. El dispositivo debe ser compatible con accesorios adicionales.
21. Debe ser atractivo al usuario.
22. Debe ser resistente a caídas.
23. El dispositivo debe ser económico.
24. El dispositivo es portátil.
25. El dispositivo es portable.

La siguiente tabla muestra el uso de métricas con unidades, número de necesidad y un valor objetivo ponderado que es crucial para garantizar la eficacia y seguridad del producto final. Estas métricas no solo permiten una evaluación cuantitativa del progreso del proyecto, sino que también establecen estándares claros para el desempeño del equipo. Con la ponderación del valor objetivo en una escala del 1 al 5, se proporciona una herramienta flexible pero precisa para priorizar aspectos clave del desarrollo, desde la precisión de la descarga hasta la portabilidad y la duración de la batería. En un campo donde la precisión y la confiabilidad son vitales, estas métricas proporcionan un marco sólido para guiar el proceso de diseño, asegurando que cumpla con los más altos estándares de calidad y rendimiento.

Número de métrica	Número de necesidad	Métrica	Valor objetivo	Unidad
1	1,2	Tamaño de botones de descarga	3	mm
2	3	Tamaño de paletas de descarga	5	mm
3	1, 2, 3, 4, 5,10	Tamaño del dispositivo	5	mm
4	6,7,14	Funcionamiento claro y sencillo	4	subj.
5	8	Resistencia	4	kN
6	4,9,10	Peso	4	Kg
7	12	Compatibilidad de accesorios	3	Lista
8	5, 13	Corrientes de descarga	4	A
9	4	Costo de fabricación	4	COP\$
10	13	Tecnología para autoanálisis	2	Lista
11	12	Carga de batería	5	C
12	6,13	Tiempo de descarga	5	min
13	12, 13	Protocolo de seguridad eléctrica	5	lista
14	8	Durabilidad	4	Años
15	13	velocidad de descarga	5	ms

El diagrama de atributos presentado a continuación es una herramienta esencial en el ámbito de la gestión de la calidad, especialmente en la producción y diseño de productos. Este diagrama proporciona una representación visual clara de los atributos específicos de un producto o servicio, lo que permite identificar y categorizar las características críticas para la satisfacción del cliente y el cumplimiento de los estándares de calidad. Desde la manufactura de dispositivos médicos hasta la producción de bienes de consumo, el diagrama de atributos facilita la comprensión y comunicación de los requisitos esenciales del producto, ya sea relacionados con la seguridad, durabilidad, funcionalidad u otros aspectos clave. Al analizar detalladamente cada atributo y su impacto en la calidad global del producto, las organizaciones pueden optimizar sus procesos y asegurar que sus productos cumplan con las expectativas y necesidades del mercado.[6]

Esto es crucial para entender las expectativas y requisitos del cliente, así como para identificar áreas de mejora en los procesos de producción y diseño. El diagrama de atributos facilita la comunicación entre los equipos de trabajo y las partes interesadas, lo que contribuye a una colaboración más efectiva y a la resolución ágil de problemas. En última instancia, esta herramienta permite a las empresas mantener una ventaja competitiva al ofrecer productos y servicios que satisfagan las necesidades y expectativas de los clientes de manera consistente.[6]

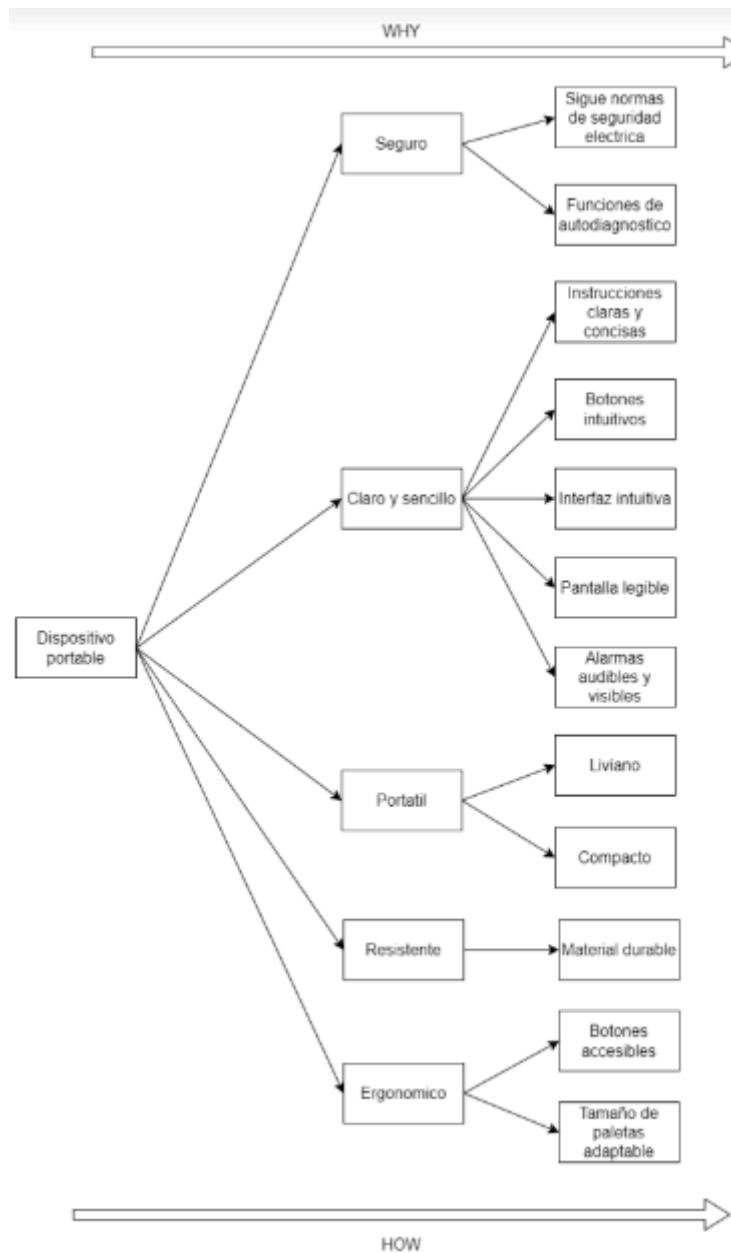


Figura 7. Diagrama de atributos. Elaboración propia

#### IV. Generación de conceptos.

En el presente apartado, se abordará la Generación de Conceptos con el objetivo de descomponer funcionalmente el dispositivo en estudio. Este proceso incluirá una exploración detallada de posibles soluciones y la presentación de los conceptos que se desarrollarán a lo largo del proyecto. Para ello, se utilizarán diversas herramientas de análisis y representación. Estas metodologías permitirán una comprensión integral de las funciones del dispositivo, facilitando la identificación y evaluación de alternativas viables para su diseño y optimización. Mediante la estrategia de descomposición basada en necesidades relevantes, se obtuvo el siguiente resultado:

**Caja negra:**

La caja negra es una herramienta fundamental en la descomposición funcional de un dispositivo, ya que permite representar el sistema sin necesidad de detallar su funcionamiento interno. En este enfoque, se consideran únicamente las entradas y salidas del sistema, lo que facilita la identificación de sus funciones principales y la relación entre ellas. Utilizar la caja negra en la generación de conceptos nos permite simplificar la complejidad del dispositivo, enfocándonos en los resultados esperados a partir de ciertas entradas específicas. Esta representación abstracta es esencial para la exploración inicial de soluciones, ya que proporciona una visión clara y concisa de cómo debe comportarse el sistema en su conjunto.[7]



Figura 8, Caja negra. Elaboración propia.

### Caja gris:

La caja transparente es una herramienta crucial en el análisis funcional de un dispositivo, que permite desglosar y comprender su estructura interna y las interacciones entre sus componentes. A diferencia de la caja negra, la caja transparente no solo considera las entradas y salidas del sistema, sino también los procesos y mecanismos internos que ocurren entre ellas. Esta representación detallada es vital para identificar y evaluar cada función específica del dispositivo, permitiendo una comprensión profunda de su funcionamiento. Emplear la caja transparente en la generación de conceptos facilita la detección de posibles mejoras y la optimización del diseño, proporcionando una base sólida para el desarrollo y la innovación tecnológica.[8]

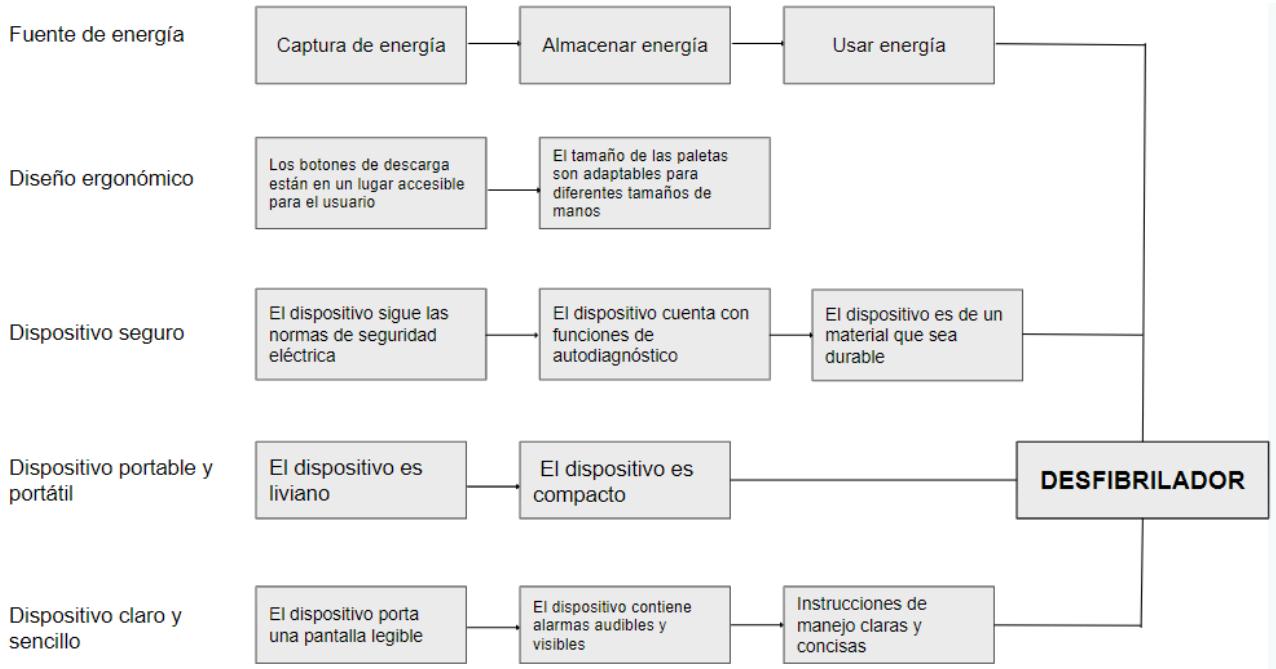


Figura 9. Caja gris. Elaboración Propia.

## V. Selección de conceptos.

En este apartado se abordará la elaboración de una tabla de selección de conceptos para el diseño de un desfibrilador, una herramienta fundamental para la toma de decisiones en el desarrollo de este equipo médico crucial. La tabla de selección de conceptos permitirá evaluar y comparar sistemáticamente diversas soluciones de diseño, asegurando que el desfibrilador cumpla con los requisitos técnicos, funcionales y de seguridad. A través de criterios como el diseño ergonómico, costo, viabilidad de fabricación y que el dispositivo sea seguro, portable y fácil de usar, esta tabla facilitará la identificación de la mejor opción de diseño. Este proceso no solo optimiza el desarrollo del desfibrilador, sino que también garantiza su eficacia y seguridad en situaciones de emergencia médica.

	Conceptos						
	A	B	C	D	E	F	G
Criterios de selección							
Fuente de energía	+	-	+	+	-	+	+
Diseño ergonómico	0	0	+	+	+	0	+
Dispositivo seguro	0	0	+	+	+	0	+
Dispositivo portable y portátil	0	+	-	-	0	+	0
Dispositivo claro y sencillo	0	-	+	+	0	-	+
Suma +	1	1	4	4	2	2	4
Suma 0	4	2	0	0	2	2	1
Suma -	0	2	1	1	1	1	0
Evaluación neta	1	-1	3	3	1	1	4
Lugar	1						
¿Continuar?							

Figura 10, Selección de conceptos. Elaboración Propia.

Los conceptos que fueron evaluados en la figura 10 se presentan a continuación

FUENTE DE ENERGIA	DISEÑO ERGONOMICO	DISPOSITIVO SEGURO	DISP. PORTABLE Y PORTATIL	DISP. CLARO Y SENCILLO
alimentado por energía solar ●	Desfibrilador con mango ajustable	autoverificación automática ●	estilo mochila	interfaz de usuario intuitiva
alimentado por energía cinética	Desfibrilador ligero ●	diseño a prueba de manipulaciones	portátil ●	Desfibrilador con guía de voz
alimentado por celdas de combustible de hidrógeno	Desfibrilador con soporte integrado	botón de parada de emergencia	montado en bicicleta	Desfibrilador con ayudas visuales ●
FUENTE DE ENERGIA	DISEÑO ERGONOMICO	DISPOSITIVO SEGURO	DISP. PORTABLE Y PORTATIL	DISP. CLARO Y SENCILLO
alimentado por energía solar	Desfibrilador con mango ajustable	autoverificación automática	estilo mochila ●	interfaz de usuario intuitiva
alimentado por energía cinética ●	Desfibrilador ligero	diseño a prueba de manipulaciones ●	portátil	Desfibrilador con guía de voz ●
alimentado por celdas de combustible de hidrógeno	Desfibrilador con soporte integrado ●	botón de parada de emergencia	montado en bicicleta	Desfibrilador con ayudas visuales
FUENTE DE ENERGIA	DISEÑO ERGONOMICO	DISPOSITIVO SEGURO	DISP. PORTABLE Y PORTATIL	DISP. CLARO Y SENCILLO
alimentado por energía solar	Desfibrilador con mango ajustable ●	autoverificación automática	estilo mochila	interfaz de usuario intuitiva ●
alimentado por energía cinética	Desfibrilador ligero	diseño a prueba de manipulaciones	portátil	Desfibrilador con guía de voz
alimentado por celdas de combustible de hidrógeno ●	Desfibrilador con soporte integrado	botón de parada de emergencia ●	montado en bicicleta ●	Desfibrilador con ayudas visuales
FUENTE DE ENERGIA	DISEÑO ERGONOMICO	DISPOSITIVO SEGURO	DISP. PORTABLE Y PORTATIL	DISP. CLARO Y SENCILLO
alimentado por energía solar ●	Desfibrilador con mango ajustable ●	autoverificación automática	estilo mochila ●	interfaz de usuario intuitiva ●
alimentado por energía cinética	Desfibrilador ligero	diseño a prueba de manipulaciones	portátil	Desfibrilador con guía de voz
alimentado por celdas de combustible de hidrógeno	Desfibrilador con soporte integrado	botón de parada de emergencia ●	montado en bicicleta	Desfibrilador con ayudas visuales

FUENTE DE ENERGIA	DISEÑO ERGONOMICO	DISPOSITIVO SEGURO	DISP. PORTABLE Y PORTATIL	DISP. CLARO Y SENCILLO
alimentado por energía solar	Desfibrilador con mango ajustable ●	autoverificación automática	estilo mochila	interfaz de usuario intuitiva
alimentado por energía cinética ●	Desfibrilador ligero	diseño a prueba de manipulaciones	portátil ●	Desfibrilador con guía de voz ●
alimentado por celdas de combustible de hidrógeno ●	Desfibrilador con soporte integrado	botón de parada de emergencia	montado en bicicleta	Desfibrilador con ayudas visuales ●

FUENTE DE ENERGIA	DISEÑO ERGONOMICO	DISPOSITIVO SEGURO	DISP. PORTABLE Y PORTATIL	DISP. CLARO Y SENCILLO
alimentado por energía solar	Desfibrilador con mango ajustable	autoverificación automática	estilo mochila ●	interfaz de usuario intuitiva
alimentado por energía cinética	Desfibrilador ligero	diseño a prueba de manipulaciones ●	portátil	Desfibrilador con guía de voz
alimentado por celdas de combustible de hidrógeno ●	Desfibrilador con soporte integrado	botón de parada de emergencia	montado en bicicleta	Desfibrilador con ayudas visuales

FUENTE DE ENERGIA	DISEÑO ERGONOMICO	DISPOSITIVO SEGURO	DISP. PORTABLE Y PORTATIL	DISP. CLARO Y SENCILLO
alimentado por energía solar	Desfibrilador con mango ajustable ●	autoverificación automática	estilo mochila ●	interfaz de usuario intuitiva ●
alimentado por energía cinética	Desfibrilador ligero	diseño a prueba de manipulaciones	portátil	Desfibrilador con guía de voz
alimentado por celdas de combustible de hidrógeno ●	Desfibrilador con soporte integrado	botón de parada de emergencia	montado en bicicleta	Desfibrilador con ayudas visuales

Figura 11, Combinación de conceptos. Elaboración Propia.

FUENTE DE ENERGIA	DISEÑO ERGONOMICO	DISPOSITIVO SEGURO	DISP. PORTABLE Y PORTATIL	DISP. CLARO Y SENCILLO
alimentado por energía solar	Desfibrilador con mango ajustable ●	autoverificación automática	estilo mochila	interfaz de usuario intuitiva
alimentado por energía cinética ●	Desfibrilador ligero	diseño a prueba de manipulaciones	portátil ●	Desfibrilador con guía de voz ●
alimentado por celdas de combustible de hidrógeno ●	Desfibrilador con soporte integrado	botón de parada de emergencia	montado en bicicleta	Desfibrilador con ayudas visuales ●

FUENTE DE ENERGIA	DISEÑO ERGONOMICO	DISPOSITIVO SEGURO	DISP. PORTABLE Y PORTATIL	DISP. CLARO Y SENCILLO
alimentado por energía solar	Desfibrilador con mango ajustable	autoverificación automática	estilo mochila ●	interfaz de usuario intuitiva
alimentado por energía cinética	Desfibrilador ligero	diseño a prueba de manipulaciones ●	portátil	Desfibrilador con guía de voz
alimentado por celdas de combustible de hidrógeno ●	Desfibrilador con soporte integrado	botón de parada de emergencia	montado en bicicleta	Desfibrilador con ayudas visuales

FUENTE DE ENERGIA	DISEÑO ERGONOMICO	DISPOSITIVO SEGURO	DISP. PORTABLE Y PORTATIL	DISP. CLARO Y SENCILLO
alimentado por energía solar ●	Desfibrilador con mango ajustable ●	autoverificación automática	estilo mochila ●	interfaz de usuario intuitiva ●
alimentado por energía cinética	Desfibrilador ligero	diseño a prueba de manipulaciones	portátil	Desfibrilador con guía de voz
alimentado por celdas de combustible de hidrógeno ●	Desfibrilador con soporte integrado	botón de parada de emergencia	montado en bicicleta	Desfibrilador con ayudas visuales

Figura 12, Combinación de conceptos. Elaboración Propia.

Con la evaluación de conceptos no solo se busca avanzar en el proceso de diseño y desarrollo de productos, sino también analizar y comparar diversas ideas y enfoques para determinar cuál es la más adecuada para cumplir con los objetivos del proyecto. Para este proceso es importante la utilización de los criterios anteriormente mencionados. A través de métodos como el análisis de costo-beneficio, matrices de decisión, y pruebas de concepto, se puede identificar la opción que ofrece el mejor equilibrio entre rendimiento y practicidad. La evaluación de conceptos no solo ayuda a minimizar riesgos y optimizar recursos, sino que también garantiza que el producto final sea innovador, eficiente y adecuado para los usuarios.

Criterios de selección	Peso	CONCEPTO								Evaluaci ón ponderad a	Calificaci ón	Evaluaci ón ponderad a	Calificaci ón				
		A		B		C		D									
		Calificación	Evaluación ponderada														
Fuente de energía	18,0%	0	0	0	0	1	0,18	0	0	0	0	1	0,18				
Diseño ergonómico	12,0%	1	0,12	-1	-0,12	0	0	-1	-0,12	0	0	-1	-0,12				
Dispositivo seguro	30,0%	0	0	1	0,3	1	0,3	1	0,3	0	0	0	0				
Dispositivo portable y portátil	15,0%	1	0,15	1	0,15	-1	-0,15	1	0,15	1	0,15	1	0,15				
Dispositivo claro y sencillo	25,0%	1	0,25	0	0	1	0,25	1	0,25	1	0,25	1	0,25				
	0,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	0,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
	0,0%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0				
Total	100,0%	0,52		0,33		0,58		0,58		0,4	0,46		0,58				
Lugar																	
Continuar?																	

Figura 13, Evaluación de conceptos. Elaboración Propia.

Como resultado de la evaluación de matriz concepto vs criterios de selección las opciones que mejor puntuación tuvieron y que pasaron a la siguiente fase de diseño fueron:

- Opción A : 0,52
- Opción C : 0,58
- Opción D : 0,58
- Opción G : 0,58

## VI. Arquitectura del producto.

En esta etapa crucial del proceso de diseño, se lleva a cabo un análisis de las relaciones entre los componentes y las funciones del proyecto. Se estudian las interacciones tanto fundamentales como incidentales entre los diversos elementos, buscando comprender cómo cada uno contribuye al funcionamiento global del sistema. Para facilitar esta comprensión, se emplea la herramienta del diagrama de bloques funcionales, que permite visualizar de manera clara y estructurada las funciones principales y secundarias del proyecto, así como las relaciones entre ellas. Posteriormente, estos bloques funcionales se agrupan en bloques físicos, lo que facilita la organización y el diseño modular del sistema. Este enfoque modular no solo simplifica el proceso de diseño y fabricación, sino que también facilita la identificación y solución de posibles problemas durante el desarrollo del proyecto.

La figura 12 hace referencia al diagrama de bloques del dispositivo, este diagrama de bloques sigue una secuencia que corresponde a la funcionalidad de éste y se dividió en sistemas para que sea más fácil de comprender.



Figura 14. Elaboración Propia.

A continuación se muestra el layout del nuestro equipo, la distribución en planta o layout es la forma de colocar y organizar los recursos disponibles, ya sean equipos, materiales o mano de obra. Planificar correctamente esta distribución garantiza que el espacio disponible se utilice al máximo de su capacidad, así como una fabricación eficiente y lo más económica posible.

De este modo también se minimizan costes en el movimiento de materiales y se puede buscar la forma de ubicar operaciones de valor añadido que redunden en un beneficio extra. Un layout bien diseñado puede ser la diferencia entre una empresa rentable o no. [8]

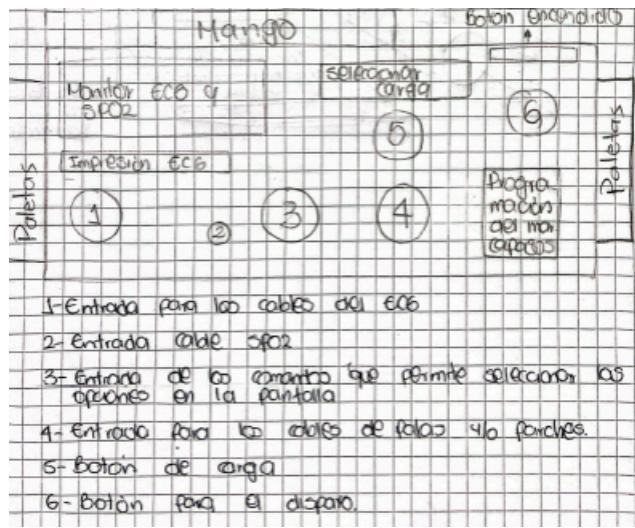


Figura 15, Arquitectura inicial. Elaboración Propia.

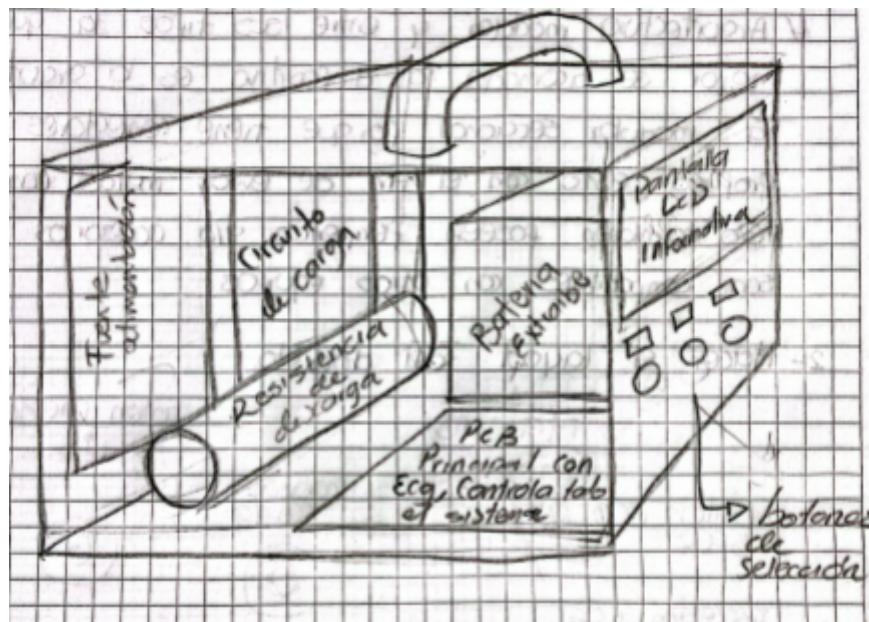


Figura 16, Arquitectura final. Elaboración Propia.

## VII. Diseño detallado.

Al tener un conocimiento de la arquitectura del producto, es posible la división de subsistemas en el dispositivo, gracias a ello se logra determinar 5 subsistemas, cada uno con sus correspondientes elementos, con base a ello se hace el mapa conceptual visualizado en la figura 15, de manera en que no solo se identifica lo anterior sino también se puede apreciar la clasificación por color de los elementos comerciales y los elementos necesarios diseñar en detalle.

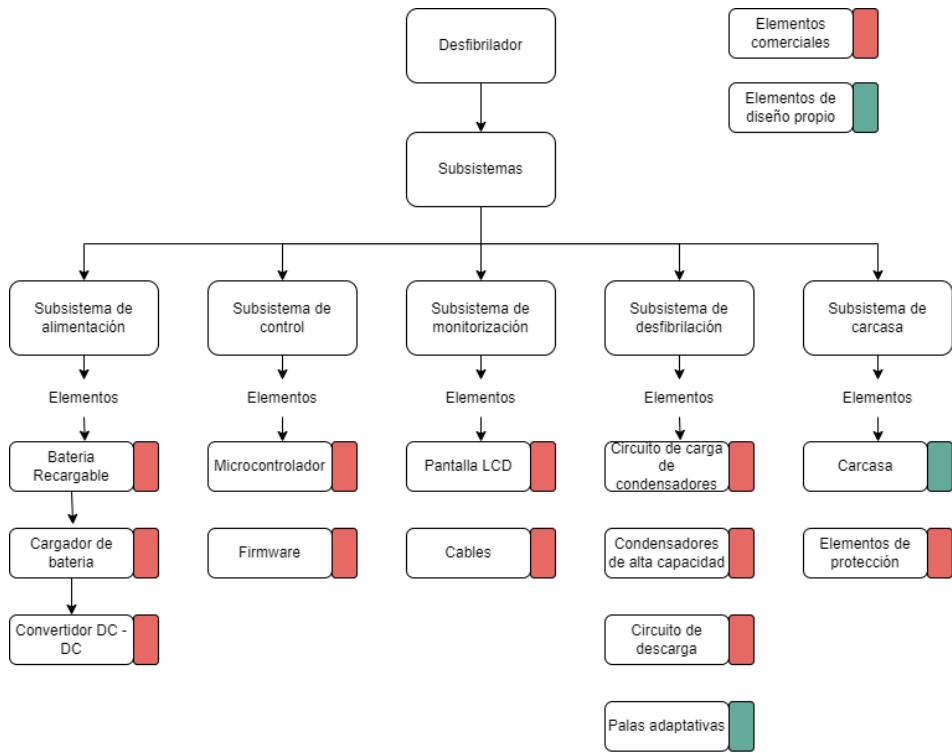


Figura 17, Subsistemas.

Con base a los elementos obtenidos, se procede a hacer una búsqueda y análisis de la información de los proveedores con los datos técnicos de cada elemento comercial, con ello se logra sacar la tabla observada en la Figura 16, donde se agrupa los elementos de cada subsistema, el modelo más usado en dispositivos similares, especificación técnica y el datasheet.

Subsistema	Elemento	Modelo/Descripción	Especificaciones	Data Sheet/Enlace
Alimentación	Batería	Panasonic NCR18650B	3.7V, 3400mAh	Panasonic NCR18650B Data Sheet
Alimentación	Cargador de Batería	TP4056 Lithium Battery Charger	Input: 5V, Output: 4.2V/1A	TP4056 Data Sheet
Alimentación	Convertidor de Corriente	Murata OKR-T/3-W12-C	Input: 4.5-14V, Output: 0.75-5.5V/3A	Murata OKR-T/3-W12-C Data Sheet
Control	Microcontrolador	STM32F407VG	32-bit, 168 MHz, 1MB Flash, 192 KB RAM	STM32F407VG Data Sheet
Monitorización	Pantalla LCD/Táctil	Newhaven Display NHD-4.3-4.3" TFT, 480x272, Resistive Touch		Newhaven Display Data Sheet
Desfibrilación	Condensadores de Alta Energía	Vishay 196 HVC	450V, 1000uF	Vishay 196 HVC Data Sheet

Figura 18, Elementos comerciales y sus especificaciones.

Con respecto a los elementos de diseño propio, se tiene en cuenta que son estructuras físicas sin complejidad electrónica, ya que se emplea un cambio en la adaptación del usuario, no se afecta el funcionamiento por lo que la metodología de creación del diseño del agarre de las palas de desfibrilación se compondría de una primera fase de estudio, donde se piensa cual sería la mejor en que se optimice el diseño y se haga versátil para adaptarlo a diferentes manos; posterior a la fase de estudio se empieza el análisis de materiales, donde se llega a la conclusión que se desea utilizar el mismo material del cual originalmente están hechas los agarres, pero variando su funcionamiento y movilidad, de manera que la siguiente fase de prototipado, se diseña el modelo de manera en que se tenga un prototipo digital del dispositivo, donde con el uso de medidas iguales se puede hacer una base y visualización del dispositivo, en el caso del agarre de la pala del desfibrilador, se determina que

un botón ubicado en uno de los lados de la pala, va a permitir un ajuste en el tamaño del agarre y con ello mejor comodidad y mejor precisión.

Con el diseño digital, se procede a conseguir los materiales para la fabricación de la modificación del dispositivo.

El diseño se procedió a hacer en el software solidworks donde se diseñó todo el modelo del desfibrilador, esto se puede apreciar en la Figura 17, Figura 18 y Figura 19.



Figura 19, Desfibrilador.

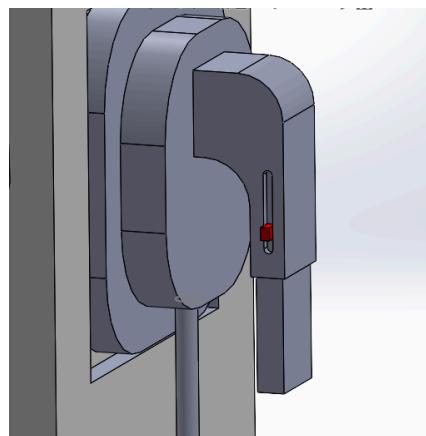


Figura 20, Agarre Desfibrilador.

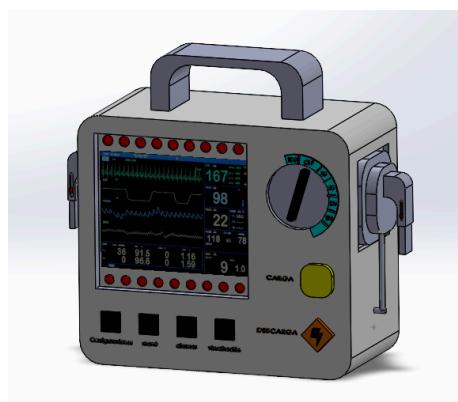


Figura 21, Desfibrilador total.

El archivo se puede ver en el siguiente link: [\*\*Desfibrilador\*\*](#)

### VIII. Factores asociados al proceso de diseño.

### **Factores de riesgo:**

Para el desarrollo del diseño del Desfibrilador, se tuvieron en cuenta varios factores de riesgo que se pueden llegar a generar durante el uso del mismo, estos son de suma importancia para verificar la seguridad del paciente y del personal de salud. Se realizó una investigación de los riesgos más comunes presentados con los Desfibriladores y se seleccionaron los más relevantes y necesarios para realizar un buen diseño final.

- Descarga imprecisa.
- Tiempo de carga prolongado.
- Sincronía errónea con el trazo electrocardiográfico.
- Fallas en baterías.
- Error usuario.
- Seguridad eléctrica.
- Difícil de transportar.
- Peso elevado.
- Mediciones imprecisas.
- Descalibración.

### **Factores económicos:**

#### **Costos de desarrollo:**

- Investigación y desarrollo (I+D): Gastos asociados a la investigación de materiales, diseño y pruebas iniciales del desfibrilador con paletas ajustables. Aunque no se llevará a cabo la implementación, se debe considerar la inversión en software de diseño y herramientas de modelado.
- Prototipado virtual: Utilización de software de simulación y modelado 3D para crear y evaluar prototipos virtuales del desfibrilador. Esto incluye licencias de software y equipos informáticos necesarios.
- Validación del diseño: Realización de estudios y simulaciones para validar la funcionalidad y ergonomía del diseño propuesto, garantizando que cumpla con los requisitos establecidos.
- Producción de documentación técnica:

**Planos y especificaciones:** Creación de planos detallados y documentación técnica que describa el diseño del desfibrilador, incluyendo dimensiones, materiales y componentes necesarios.

**Manual de usuario y guía de uso:** Desarrollo de materiales educativos y guías de uso que expliquen cómo operar y mantener el desfibrilador, basados en el diseño propuesto.

Análisis de viabilidad económica:

**Estimación de costos de producción:** Realización de un análisis detallado de los costos potenciales de producción y ensamblaje del desfibrilador, considerando diferentes escenarios de manufactura.

**Proyección de costos y beneficios:** Evaluación del retorno de inversión (ROI) potencial, basado en proyecciones de mercado y costos estimados de producción y comercialización futura.

## **Factores sociales:**

Durante el proceso de diseño del Desfibrilador, se tuvieron en cuenta varios factores sociales para determinar los atributos y necesidades específicas que se verían reflejado en el diseño final.

Se realizó un estudio demográfico con la población a la cual sería dirigido el equipo biomédico, el nivel de conocimiento y experiencia en el manejo del Desfibrilador, el desarrollo cultural de la población, la infraestructura y nivel de atención de los hospitales, clínicas y centros de salud, nivel socioeconómico de la zona y las necesidades manifestadas, reales, percibidas, culturales y debidas a un uso no previsto, que presentaron de los usuarios.

## **IX. Conclusiones.**

El proyecto de diseño y modelado del desfibrilador con paletas ajustables y una interfaz de usuario intuitiva ha cumplido con los objetivos planteados, logrando desarrollar una solución innovadora que aborda las principales limitaciones de los desfibriladores actuales. Este diseño mejora significativamente la ergonomía y accesibilidad del dispositivo, facilitando su uso para personas con diferentes tamaños de manos y reduciendo el riesgo de errores durante su operación en situaciones de emergencia.

Aunque el alcance del proyecto se limita al diseño y modelado sin implementación, se ha realizado un análisis económico detallado que proyecta los costos y beneficios de una posible producción y comercialización futura del dispositivo. Este análisis proporciona una base sólida para futuras decisiones sobre la viabilidad económica del proyecto, demostrando que la inversión en el desarrollo de este desfibrilador podría resultar en importantes beneficios a largo plazo.

El nuevo diseño propuesto tiene el potencial de mejorar la efectividad y seguridad en la atención de emergencias cardíacas, permitiendo una intervención más rápida y precisa. Esto se traduciría en mejores resultados clínicos y una reducción en los errores médicos, contribuyendo así a la mejora de la salud pública en general. Además, el proyecto aporta al avance del conocimiento y desarrollo tecnológico en el ámbito de los dispositivos médicos, ofreciendo una solución que puede inspirar futuras investigaciones y desarrollos en este campo.

En resumen, el proyecto no solo cumple con sus objetivos técnicos, sino que también establece una base sólida para su futura implementación y comercialización, con el potencial de tener un impacto significativo en la atención médica de emergencias cardíacas.

## **X. Referencias bibliográficas.**

**Link de pitch de video de youtube:**  [Pitch Desfibrilador](#)

1. Hardman, S. M., & Tyson, G. L. (2000). A new type of defibrillator met safety and effectiveness goals in global clinical studies. *The Lancet*. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)04263-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)04263-X)
2. Red de noticias de Mayo Clinic. Un nuevo tipo de desfibrilador cumplió con los objetivos de seguridad y efectividad en estudios clínicos globales. *Red de noticias de Mayo Clinic*.

3. Neosalus. ¿Qué tipos de desfibriladores existen? *Neosalus*. Recuperado de <https://neosalus.com/blog/que-tipos-de-desfibriladores-existen/>
4. Neosalus. ¿Qué tipos de desfibriladores existen? *Neosalus*. Recuperado de [https://neosalus.com/blog/que-tipos-de-desfibriladores-existen/#:~:text=Desfibriladores%20externos%20semi%2Dautom%C3%A1ticos%20DESA,Desfibriladores%20externos%20manuales%20\(desfibrilador%20hospitalario\)](https://neosalus.com/blog/que-tipos-de-desfibriladores-existen/#:~:text=Desfibriladores%20externos%20semi%2Dautom%C3%A1ticos%20DESA,Desfibriladores%20externos%20manuales%20(desfibrilador%20hospitalario))
5. Neosalus. ¿Qué tipos de desfibriladores existen? *Neosalus*. Recuperado de [https://neosalus.com/blog/que-tipos-de-desfibriladores-existen/#:~:text=Desfibriladores%20externos%20semi%2Dautom%C3%A1ticos%20DESA,Desfibriladores%20externos%20manuales%20\(desfibrilador%20hospitalario\)](https://neosalus.com/blog/que-tipos-de-desfibriladores-existen/#:~:text=Desfibriladores%20externos%20semi%2Dautom%C3%A1ticos%20DESA,Desfibriladores%20externos%20manuales%20(desfibrilador%20hospitalario))
6. Los gráficos de control por atributos  
[https://3ciencias.com/wp-content/uploads/2012/06/2.-Graf\\_Atributos.pdf](https://3ciencias.com/wp-content/uploads/2012/06/2.-Graf_Atributos.pdf)
7. Prezi. Caja negra y caja transparente. *Prezi*. Recuperado de <https://prezi.com/4nqyfszujllc/caja-negra-y-caja-transparente/#:~:text=La%20caja%20negra%20logra%20eliminar,producci%C3%B3n%20de%20resultados%20m%C3%A1s%20diversificados>
8. Prezi. Caja negra y caja transparente. *Prezi*. Recuperado de <https://prezi.com/4nqyfszujllc/caja-negra-y-caja-transparente/#:~:text=La%20caja%20negra%20logra%20eliminar,producci%C3%B3n%20de%20resultados%20m%C3%A1s%20diversificados>
9. Altertecnia. Cómo crear un layout según tipo de producción. *Altertecnia*. Recuperado de <https://altertecnia.com/como-crear-un-layout-segun-tipo-de-produccion/#:~:text=La%20distribuci%C3%B3n%20en%20la%20planta%20o,y%20lo%20m%C3%A1s%20econ%C3%B3mica%20posible>