

**PLANTEAMIENTO DE UN DISPOSITIVO PORTÁTIL PARA MEDICIÓN DE
PRESIÓN ARTERIAL POR MEDIO DE MÉTODOS NO INVASIVOS**

INGENIERIA BIOMÉDICA

Valentina Arias (2200083)
Diego Fernando Coba (2201077)
Juan Esteban Giraldo (2195314)
Santiago Rivera (2206464)
María Alejandra Valencia Mejía (2201086)

Docente: Oscar Iván Campo Salazar

**Universidad Autónoma de Occidente
Facultad de Ingeniería
Diseño Biomédico I
2024- Cali**

1. Introducción

1.1. Descripción del problema

La hipertensión arterial es una condición médica común que afecta a millones de personas en todo el mundo. Según cifras de la Organización Panamericana de la Salud (OPS): “Cada año ocurren 1.6 millones de muertes por enfermedades cardiovasculares de las cuales alrededor de medio millón son personas menores de 70 años, lo cual se considera una muerte prematura y evitable” (OPS, 2024). Así, teniendo en cuenta que este tipo de afecciones no presenta síntomas evidentes hasta que se producen complicaciones severas es de esperar que, con el fin de prevenir futuros incidentes, tales como enfermedades cardiovasculares graves como infartos de miocardio, accidentes cerebrovasculares, insuficiencia cardíaca, todas las instituciones prestadoras de servicio de salud deben contar con equipos biomédicos que permitan la monitorización de los signos vitales propiamente cardíacos.

En el mercado actual hay muchos equipos biomédicos que permiten la monitorización continua de las condiciones cardiovasculares, como pueden ser electrocardiógrafos, monitores Holter, ecocardiograma, etc. A pesar del gran beneficio que implica estos dispositivos en la salud de los pacientes, es de esperar que no se realicen chequeos continuos a menos que se presente una situación de gravedad, lo cual ocurre principalmente por la poca disposición de transportarse a la institución de salud. Es por ello por lo que se cuenta con dispositivos portátiles y de baja complejidad que no requieren de la presencia de un profesional de la salud para su correcta manipulación. Algunos de ellos pueden ser pulsioxímetros o tensiómetros digitales, donde para este último cuenta con una presencia en el mercado con valores entre \$48.000 y \$120.000 COP, Según el Ministerio de Trabajo para el presente año 2024, el salario mínimo se encuentra en \$1'600.000 (*Ministerio del Trabajo, 2024*), lo cual no supone un gran gasto al momento de adquirir estos dispositivos.

Actualmente, la prevención de enfermedades es uno de los aspectos más descuidados en la gestión de la salud de los pacientes. Muchas personas no realizan un monitoreo adecuado de su estado de salud, lo que puede llevar a la detección tardía de condiciones crónicas como la hipertensión. La falta de seguimiento continuo y preciso de la presión arterial, especialmente durante actividades físicas extremas y cotidianas, incrementa significativamente el riesgo de complicaciones cardiovasculares, que podrían haberse evitado con una supervisión adecuada. Según la secretaria de Salud de Bogotá se pierden 569.044 citas médicas por inasistencia al año, lo cual representa el 8,7% de las citas totales. Esto le cuesta al Distrito aproximadamente \$21.900 millones de pesos colombianos (Redacción El Espectador Bogotá, 2018).

En respuesta a esta problemática, surge la necesidad de desarrollar un tensiómetro digital que permita la monitorización continua de la presión arterial durante distintas actividades. Este dispositivo no solo facilitará la detección temprana de alteraciones en la presión arterial, sino que también permitirá un seguimiento más cercano y personalizado por parte de los profesionales de la salud. Al integrar la capacidad de enviar los registros de presión arterial a un servidor de la EPS a la cual se encuentre afiliado el usuario y a una aplicación móvil, se garantiza que los datos sean accesibles tanto para el paciente como para los médicos, mejorando la toma de decisiones clínicas y promoviendo una mayor participación del paciente en el cuidado de su propia salud.

1.2. Objetivos del proyecto

1.2.1. Objetivo General:

Diseñar un tensiómetro digital que permita la monitorización continua y precisa de la presión arterial durante actividades físicas extremas y actividades cotidianas del hogar, con la capacidad de enviar registros en tiempo real a un servidor de una EPS y a una aplicación móvil, garantizando la accesibilidad y confiabilidad de la información para el seguimiento médico.

1.2.2. Objetivos Específicos:

1. Integrar sensores avanzados que permitan la medición precisa de la presión arterial durante actividades físicas extremas y cotidianas, garantizando la exactitud y la resistencia a condiciones de movimiento.
2. Diseñar un sistema que permita el envío en tiempo real de los datos de presión arterial a un servidor central de la EPS y a una aplicación móvil, asegurando la integridad y seguridad de la información.
3. Desarrollar una aplicación para dispositivos móviles que reciba, almacene y visualice los datos de presión arterial del usuario, facilitando el acceso a la información tanto para el paciente como para los profesionales de salud.
4. Diseñar un sistema de gestión de energía eficiente que permita una monitorización continua sin interrupciones, maximizando la duración de la batería del tensiómetro digital.

1.3. Justificación

Este proyecto nace de la necesidad de desarrollar un dispositivo portátil para medir la presión arterial. Aunque actualmente existen diferentes dispositivos en el mercado que cumplen esta función, la mayoría de ellos tienen un enfoque estético y funcionan como complemento o extensión de los teléfonos móviles. Por ejemplo, varias marcas han comenzado a producir bandas o relojes para medir variables como el tiempo de sueño, la saturación de oxígeno y las calorías quemadas según la actividad física realizada. Aunque estos datos se almacenan y se monitorean en una aplicación correspondiente al dispositivo, e

Como se mencionó anteriormente, todas estas facilidades para medición de variables vienen incluidas como una “característica adicional” y no como función principal. Es bajo esta necesidad que nace la idea del equipo que se pretende implementar, ya que está completamente enfocado en este caso, en la medición no invasiva de la presión arterial, además de contemplar distintas variables que otros dispositivos similares. Tal es el caso de las alarmas en caso de percibir arritmias y la implementación de una nube que trabaje en conjunto con los servidores médicos de la entidad prestadora de servicios de salud a la que el usuario esté vinculado, de tal manera que la aplicación desarrollada para el monitoreo de las mediciones, cumpla una función más allá de informativa, sino que sirva también como un registro constante, actualizado y que brinde información sobre la condición del usuario tanto al paciente como a su médico de cabecera y no solamente métricas.

Otra de las razones por las que el proyecto tiene un propósito real, es que la gran mayoría de personas que padecen alguna cardiopatía, son adultos a partir de los 50 años (OPS, 2018), personas cuyo conocimiento y manejo de la tecnología suele ser reducido e incluso nulo; por lo tanto, es necesario que el dispositivo sea intuitivo y de fácil manejo, pues la población de mayor interés debe poder tener la facilidad de entender cómo realizar las mediciones, los valores que indica el equipo y posibles señales de alerta.

De acuerdo a este análisis poblacional y de necesidades es que se quiere llevar a cabo la implementación de este proyecto, ya que se piensa que puede llegar a ser muy benéfico para los pacientes de cardiopatías en todos los rangos de edades (especialmente adultos mayores), obteniendo un dispositivo que ofrezca seguridad, fiabilidad, comodidad, portabilidad y fácil lectura de datos, además de estar ligado directamente a entidades de salud, lo que puede llevar a prevenir muertes o complicaciones en caso de sufrir infartos o arritmias graves.

1.4. Antecedentes

Los antecedentes sobre el diseño de un monitor de presión arterial portátil revelan un enfoque innovador en la integración de tecnologías avanzadas y materiales biocompatibles para mejorar la monitorización de la presión arterial de manera no invasiva. Se ha observado que la combinación de sustratos flexibles, transductores sensibles y materiales biocompatibles en el proceso de fabricación de estos sensores portátiles mejora significativamente su flexibilidad, portabilidad y comodidad para el paciente durante la monitorización continua. Estas características son fundamentales para garantizar la efectividad y la aceptación de estos dispositivos en entornos clínicos y para el monitoreo a largo plazo de la presión arterial (Duc Tri Phan et al., 2022).

Además, se ha destacado la importancia de la precisión, exactitud y confiabilidad clínica de los sensores portátiles en el monitoreo de la presión arterial. Para lograr estos estándares, se están explorando enfoques basados en aprendizaje automático y tecnologías avanzadas que permitan mejorar el rendimiento de estos dispositivos. La integración de elementos como sensores de presión de alta sensibilidad, tecnologías de procesamiento de señales y algoritmos de análisis de datos puede contribuir significativamente a la mejora de la calidad de las mediciones y, por ende, a una monitorización más precisa y confiable de la presión arterial (Smith et al., 1985).

En el diseño de un monitor de presión arterial portátil, se han identificado varios aspectos clave a considerar. Entre ellos se encuentran la flexibilidad del dispositivo para adaptarse a los movimientos del cuerpo, el bajo costo de fabricación para su adopción generalizada en entornos sanitarios, la alta sensibilidad para una monitorización precisa de los cambios en la presión arterial, la integración de elementos microfluídicos para mejorar su funcionalidad, y el uso de materiales biocompatibles que garanticen la seguridad y la comodidad del paciente durante la monitorización a largo plazo. Estos elementos son fundamentales para asegurar la efectividad y la aceptación de los monitores de presión arterial portátiles en la práctica clínica y para mejorar la experiencia del paciente durante el proceso de monitoreo (Ion et al., 2021).

En resumen, los avances en el diseño de monitores de presión arterial portátiles están abriendo nuevas posibilidades en la monitorización no invasiva de la presión arterial, con un enfoque en la innovación tecnológica, la mejora de la atención al paciente y la facilitación de la toma de decisiones clínicas. Estos desarrollos prometen impulsar la evolución de la tecnología sanitaria vestible y la monitorización remota de pacientes, beneficiando tanto a los profesionales de la salud como a los pacientes en su búsqueda de una atención médica más eficaz y personalizada (Quan et al., 2012).

2. Lista de Necesidades

Para el presente taller “Métodos de Indagación Social”, se realizaron múltiples entrevistas dirigidas a personas con o que en algún momento de su vida hayan presentado afectaciones relacionadas con la presión arterial. Se incluyen enfermedades que desarrollan hipertensión o hipotensión. La hipertensión arterial se define como aquella condición médica en la cual la persona experimenta un aumento inesperado de la presión arterial, mientras que la hipotensión se caracteriza por una caída de la presión arterial.

Estas enfermedades suelen estar ligadas a condiciones genéticas, donde algunas personas se pueden disponer a desarrollar alguna de estas por antecedentes familiares. Además, están relacionadas con la alimentación, ya que el aumento excesivo de peso corporal puede conducir a obstrucciones en los vasos sanguíneos.

Por tanto, para desarrollar la actividad se seleccionaron 3 personas que padecen de este tipo de enfermedades, a las que se les solicitó el consentimiento para recolectar información personal relacionada con el uso, afectaciones y beneficios de usar equipos de medición de presión arterial automatizados.

Entrevistados:

1. Señor Diego Mejía de 51 años con padecimiento de presión arterial alta o hipertensión.
2. Señora María Elena (edad no especificada) con problemas de hipertensión hereditarios.
3. Señora Luz Mery Villa (edad no especificada) con problemas de presión reciente.

Para lo cual, a cada una de las personas mencionadas se le realizaron las siguientes preguntas a modo de charla informativa:

- A) ¿Cómo crees tú que sería más cómodo tomar la presión de acuerdo con sus experiencias anteriores?
- B) ¿Qué tipo de productos o dispositivos usas o han usado en ti para tomar la presión?
- C) ¿Qué opinión tienes sobre la calidad de los dispositivos que existen actualmente?
- D) ¿Tú sientes que las personas encargadas de los procedimientos de toma arterial están suficientemente calificadas?
- E) ¿Qué tipo de ropa sueles usar en tu día a día?
- F) ¿Tú realizas actividad física? ¿Con qué frecuencia?
- G) ¿Qué técnicas de relajación conoces o has implementado que ayuden en la regulación de tu presión arterial?
- H) Cuando usted usa un dispositivo de presión arterial ¿La información que le proporciona es clara para usted?
- I) ¿Tú prefieres productos que sean innovadores y revolucionarios o aquellos que sean más confiables y probados?
- J) ¿Como calificas tus habilidades para el manejo de equipos de asistencia electrónicos?

K) ¿Qué características físicas, Tecnológicas o estéticas consideras más importantes al momento de elegir un nuevo producto médico?

A continuación, se observa la lista de necesidades obtenida del proceso de indagación social:

Tabla 1. Necesidades del usuario.

<i>Número</i>	<i>Necesidad</i>	<i>Importancia</i>
<i>1</i>	El dispositivo es ligero.	5
<i>2</i>	El dispositivo puede ser usado por una persona capacitada o permite la capacitación. previa para su uso autónomo.	4
<i>3</i>	El dispositivo es confiable.	5
<i>4</i>	Es un dispositivo de tipo analógico y digital.	5
<i>5</i>	El dispositivo es similar en aspecto a los dispositivos actuales.	4
<i>6</i>	El dispositivo brinda información clara, precisa y confiable al usuario.	4
<i>7</i>	El dispositivo es de tipo wearable.	2
<i>8</i>	Es un dispositivo cómodo para el uso diario.	3
<i>9</i>	El dispositivo permite que el paciente realice actividad física.	2
<i>10</i>	Es un dispositivo que brinda información sobre el tiempo de ejercitación.	2
<i>11</i>	El dispositivo permite realizar actividades de meditación.	1
<i>12</i>	Es un dispositivo que permite relajación al usuario.	1
<i>13</i>	El dispositivo cuenta con manual para la comprensión de las variables que detecta.	4
<i>14</i>	El dispositivo cuenta con pruebas de usuario.	3
<i>15</i>	El dispositivo cuenta con tecnología innovadora.	3
<i>16</i>	El dispositivo es intuitivo.	5
<i>17</i>	El dispositivo es certificado.	5
<i>18</i>	El dispositivo es portable y cómodo.	5
<i>19</i>	Es un dispositivo de uso práctico con fácil lectura de sus datos.	5

3. Clasificación de los atributos de diseño

Tabla 2. Especificaciones del producto

<i>Número Métrica</i>	<i>Número Necesidad</i>	<i>Métrica</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor Objeto</i>
<i>1</i>	1,5,7,18	Medidas del dispositivo	Cm	10 x 8 x 11(Tipo brazalete)
<i>2</i>	1,5	Peso del dispositivo	gr	216
<i>3</i>	3,5	Confiabilidad del dispositivo	%	± 5%
<i>4</i>	3,4,14	Precisión en la toma de datos	%	± 3mmHg
<i>5</i>	4	Velocidad de procesamiento para los datos digitales	Bps	5000
<i>6</i>	6,7,10	Tiempo de uso del dispositivo	Horas	12 h
<i>7</i>	1,8,12,15	Satisfacción del usuario	Suj	Sí

8	7,8,9,11	Ergonomía del dispositivo	Suj	Sí
9	4,19	Resolución del dispositivo	Px	240
10	2,13,16,19	Manual instructivo para el uso del dispositivo	Si/No	Sí
11	11,12,15	Alarmas de alteraciones	Si/No	Sí
12	15,16	Adopción del usuario	Suj	Aceptable

4. Generación de conceptos

Para iniciar el proceso de generación de conceptos, se seleccionó la descomposición por funcionalidad de nuestro dispositivo a desarrollar, esto teniendo en cuenta las necesidades establecidas en la matriz QFD en donde se identificó la prioridad de poder llevar a cabo una monitorización continua de la presión arterial durante actividades cotidianas del hogar, de ejercicio moderado de tal forma que tenga un diseño que facilite o no impida la libre movilidad del usuario. Por eso, se decidió realizar la descomposición funcional donde se considerarán las posibilidades actividades y rutinas del usuario durante la manipulación del dispositivo.

Posteriormente se realizó el diseño de caja negra para la cual se tuvieron en cuenta características como:

- Alimentación o energía eléctrica para el funcionamiento de los componentes que requieran una alimentación de voltaje y corriente.
- Señales de inicialización del dispositivo, una interfaz de usuario que permita la interacción paciente-equipo.
- Señal de presión la cual será la variable fisiológica por captar.

Obteniendo las siguientes salidas de funcionamiento del dispositivo

- Energía lumínica y sonora que acompañado de información visual alertara al usuario de inicio/Fin de operación del dispositivo, alertas de fallas o recomendaciones de uso.
- Visualización de los resultados obtenidos en un servidor de internet de las cosas que le permitirá tanto al usuario como a personal médico acceder a una base de datos con la información de monitoreo de la presión arterial
- Finalmente, se tendrá la visualización en pantalla de la presión arterial del paciente en tiempo real

Caja Negra

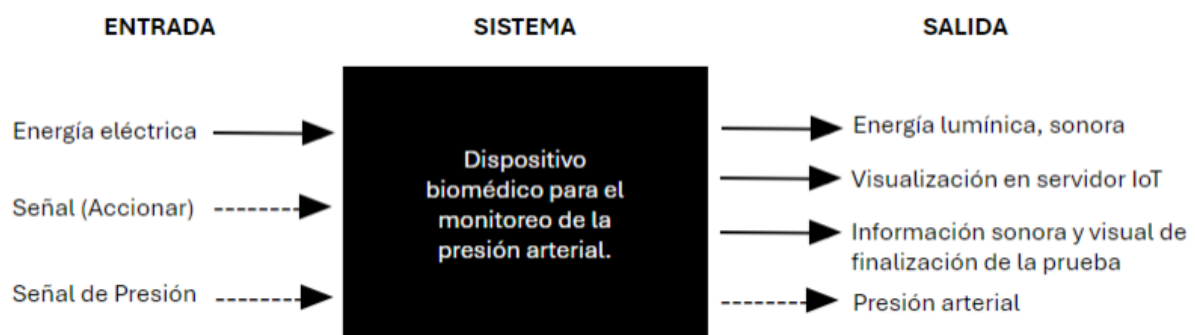


Figura 1. Caja Negra. Fuente: Elaboración propia.

Caja Transparente

El siguiente paso consiste en identificar la caja transparente donde se ubican las diferentes acciones o pasos para lograr una correlación entre la salida y la entrada del dispositivo. Para ello, se consideró una etapa de procesamiento de la señal de la presión no invasiva, además de la alimentación del sistema, captación, adecuación y filtrado de la señal, siendo esto lo más eficiente posible para el usuario; todo esto teniendo en cuenta una conexión wi-fi del dispositivo, para ello se identificaron las funciones que debe realizar el dispositivo para cumplir con lo mencionado como se observa en la figura 2 de caja transparente.

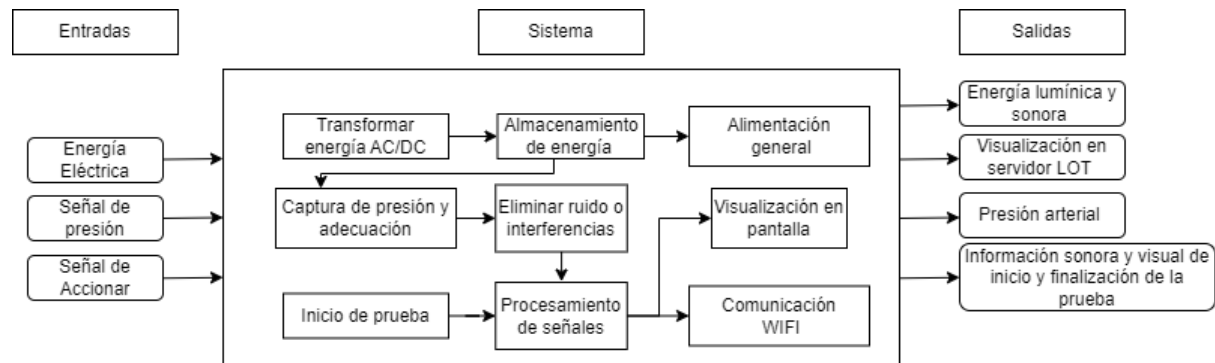


Figura 2. Caja Transparente. Fuente: Elaboración propia.

5. Selección de conceptos

- Estrategia de búsqueda

Tabla 3. Conceptos.

Alimentación del dispositivo	Almacenamiento de energía interna	Eliminar ruido e interferencias	Visualización en pantalla	Procesamiento de la señal	Cálculo de la presión	Conexión inalámbrica
Batería recargable por contacto	Baterías de litio-fosfato de hierro	Filtro Pasivo	Pantalla LCD	Microprocesador	Método auscultatorio	Microprocesador con Wi-Fi integrado
Batería recargable por cable	Batería de ion de litio	Filtro analógico/Adecuación de señal por AMPOP	APP celular	Puertos de conexión hacia /Computador	Método auscultatorio diferencial	Módulo Wi-Fi externo
Baterías externas	Batería de níquel-metal hidruro	Filtro digital	App web	FPGAs	Plestismo oscilométrico	Módulo Bluetooth













Después de obtener la búsqueda de conceptos se realizó la tabla de combinación de conceptos. Este proceso consta de la generación de soluciones posibles, concretas y lógicas partiendo de las subfunciones obtenidas a partir de los conceptos generados en el punto anterior para luego asociar forzosamente estas soluciones y estimular creativamente combinaciones que permitan solucionar el problema y la necesidad inicial. Se realiza una evaluación de las opciones que se pueden combinar para diseñar un dispositivo acorde a ellas.

Tabla 4. Árbol de clasificación de conceptos.

Tabla de Conceptos Actualizada							
Clasificación	Alimentación del dispositivo	Almacenamiento de energía interna	Eliminar ruido e interferencias	Visualización en pantalla	Procesamiento de la señal	Cálculo de la presión	Conexión inalámbrica
1	Batería recargable por contacto	Baterías de litio-fosfato de hierro	Filtro digital	APP celular	Microprocesador	Plestismo oscilométrico	Microprocesador con Wi-Fi integrado
2	Batería recargable por cable	Batería de ion de litio	Filtro analógico/Adecuación de señal por AMPOP	Pantalla LCD	Puertos de conexión hacia /Computador	Método auscultatorio diferencial	Módulo Wi-Fi externo
3	Baterías externas	N/A	Filtro Pasivo	App web	Microprocesador	Método auscultatorio	Modulo Bluetooth
4	Batería recargable por cable	Batería de níquel-metal hidruro	Filtro digital	Pantalla LCD	FPGAs	Plestismo oscilométrico	Módulo Wi-Fi externo
5	Baterías externas	N/A	Filtro digital	APP celular	Puertos de conexión hacia /Computador	Método auscultatorio diferencial	Módulo Bluetooth
6	Batería recargable por contacto	Batería de níquel-metal hidruro	Filtro analógico/Adecuación de señal por AMPOP	Pantalla LCD	FPGAs	Plestismo oscilométrico	Módulo Wi-Fi externo

Al obtener el árbol de clasificación de conceptos, el paso siguiente es la realización de la matriz de selección de conceptos, la cual se emplea con el objetivo de crear y desarrollar le mejor concepto, para ello se califican los 6 conceptos creados en la tabla anterior (+, - , 0), esto a partir de 7 criterios de selección: portabilidad, wearable, precisión de medición, tiempo de uso, durabilidad, fácil lectura de medición y facilidad de uso.

Tabla 5. Matriz selección de conceptos.

Conceptos						
	1	2	3	4	5	6
Criterios de selección						
Portabilidad	+	-	-	+	-	+
Wearable	0	-	-	0	-	0
Precisión de la medición	+	-	-	+	-	+
Tiempo de uso	+	+	+	+	+	+
Durabilidad	+	-	0	-	0	-
Fácil lectura de medición	+	0	+	0	+	0
Facilidad de uso	+	+	0	+	0	+
Suma +	6	2	2	4	2	4
Suma 0	1	1	2	2	2	2
Suma -	0	4	3	1	3	1
Evaluación neta	6	-2	-1	3	-1	3
Lugar						
¿Continuar?						

Partiendo de la matriz de selección de conceptos se puede realizar una evaluación para determinar cuáles son los conceptos de más alta calificación y realizar la unión de los más altos, esto con el fin de obtener una única calificación optima y establecer la mejor opción de desarrollo de concepto. A continuación, se observa la evaluación realizada:

Tabla 6. Evaluación de conceptos.

Criterios de selección	Peso	CONCEPTO							
		1		4		6		1+6	
		Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada
Portabilidad	10,0%	5	0,5	5	0,5	5	0,5	5	0,5
Wearable	15,0%	2	0,3	3	0,45	3	0,45	3	0,45
Precisión de la medición	25,0%	4	1	5	1,25	5	1,25	5	1,25
Tiempo de uso	12,5%	5	0,625	4	0,5	5	0,625	5	0,625
Durabilidad	15,0%	5	0,75	1	0,15	2	0,3	4	0,6
Fácil lectura de medición	10,0%	4	0,4	2	0,2	3	0,3	4	0,4
Facilidad de uso	12,5%	5	0,625	4	0,5	4	0,5	5	0,625
Total	100,0%		4,2		3,55		3,925		4,45
Lugar									
Continuar?									

El concepto 1 y 6, siendo el primero de menor ponderación que el sexto, presentan características similares, lo que dota al dispositivo de cualidades comparables. Sin embargo, al realizar la comparación, la unificación de ambos conceptos representa una mejor ponderación, ya que se complementan entre sí. Este enfoque detallado puede utilizarse en las etapas finales de selección para garantizar un mejor desarrollo de concepto y facilitar la selección final.

A su vez, fue posible identificar que el concepto 1 cuenta con características que puedan dar solución a las necesidades planteadas a lo largo del curso, lo cual permite contar con una segunda opción de posibilidad de diseño final.

6. Arquitectura de producto

Arquitectura Integral: Bajo la necesidad del usuario de usar un dispositivo portable que no interfiera en sus actividades diarias como deporte, aseo, etc. Es necesario crear un artefacto pequeño que cumpla con la necesidad expresada por el usuario, para ello se debe realizar un diseño con distintas partes funcionales con tareas específicas en un dispositivo de pequeñas dimensiones con todos los componentes necesarios. Así no solo se responde a la necesidad del usuario, se reducen costos de manufactura y se asegura un desempeño mucho mejor del producto final.

A continuación, se conoce el diseño del producto:

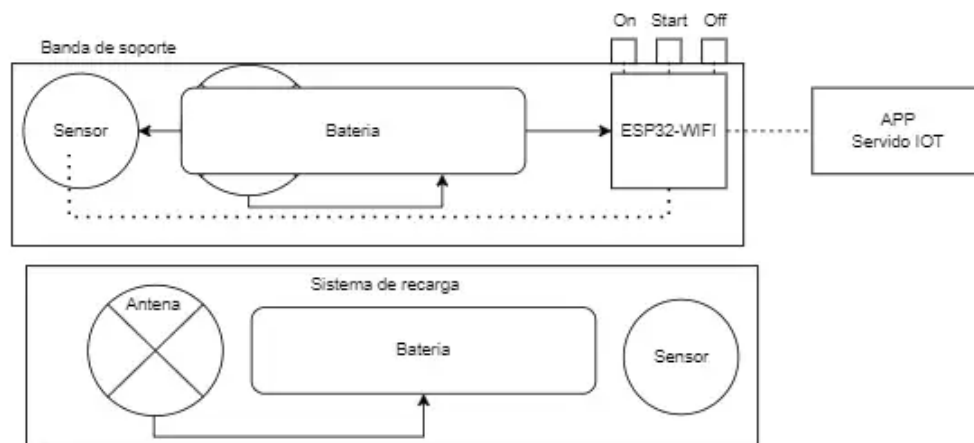


Figura 3. Layout del producto. Fuente: Elaboración propia.

Para poder conocer el funcionamiento del producto, se realiza el diagrama de relaciones funcionales:

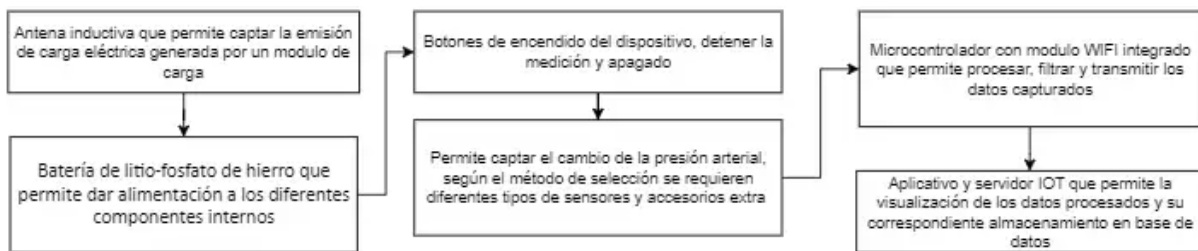


Figura 4. Diagrama de relaciones funcionales. Fuente: Elaboración propia.

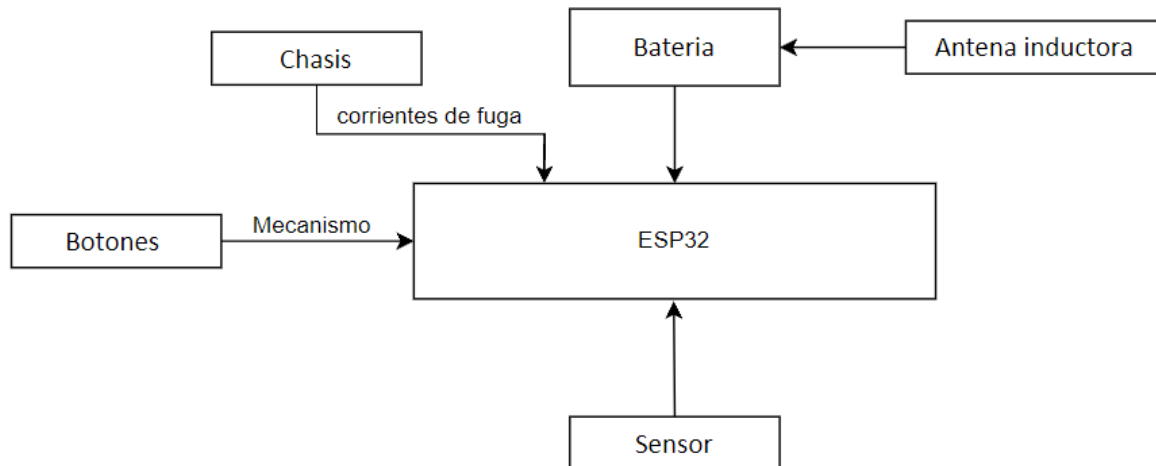


Figura 5. Diagrama de relaciones incidentales. Fuente: Elaboración propia.

7. Diseño detallado

El hardware empleado es de electrónica pequeña, diseñado para ser utilizado en un dispositivo similar a un reloj digital. Se ha utilizado una ESP32-C3 Mini, la cual se encarga del procesamiento y del envío de señales a los servidores. Para la carga del dispositivo, se emplea un sistema de carga inalámbrica, utilizando un módulo receptor universal de cargador inalámbrico estándar y una batería recargable específica para relojes.

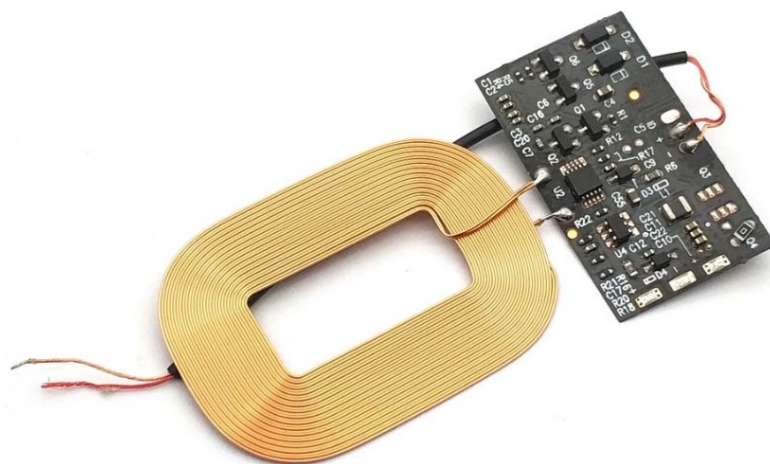


Figura 6. Módulo de recepción. Fuente: AliExpress

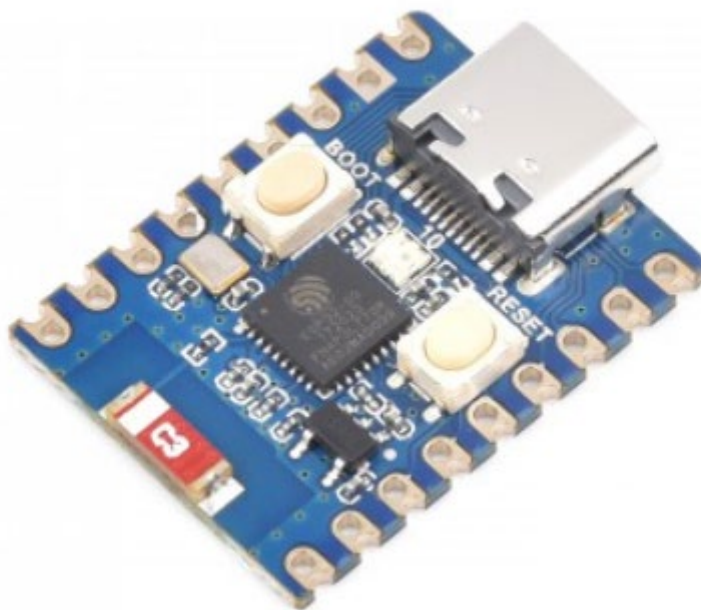


Figura 7. Módulo de recepción. Fuente: waveshare



Figura 8. Batería. Fuente: AliExpress

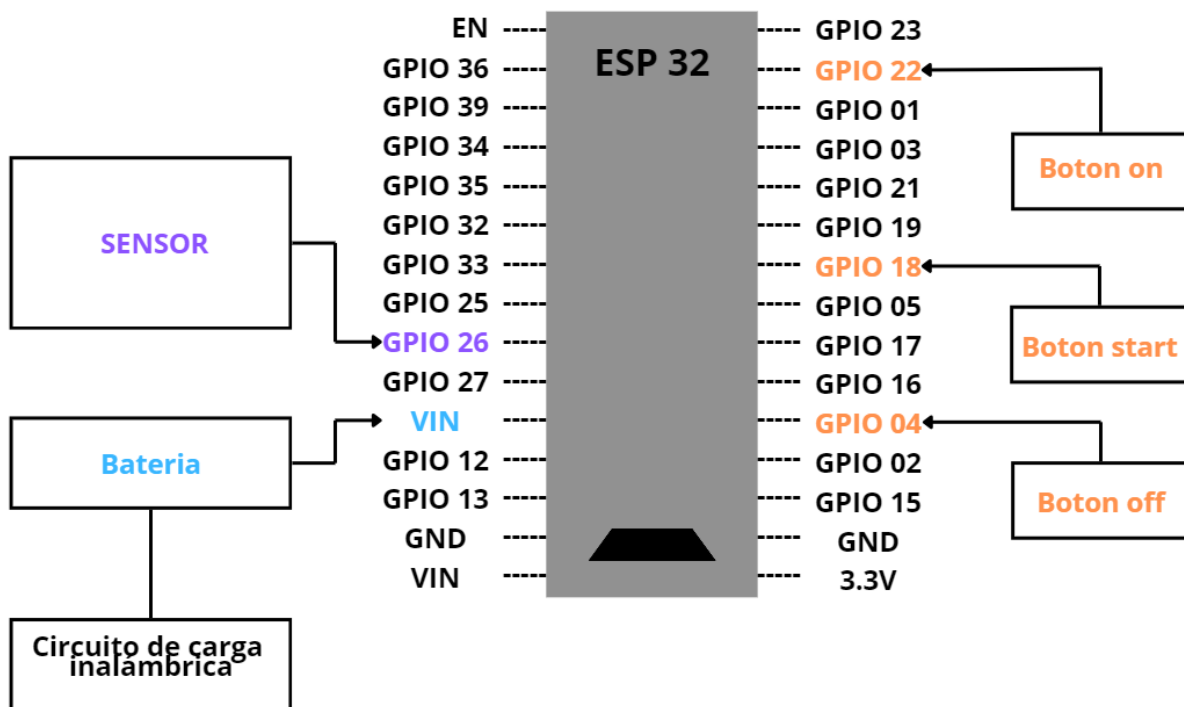


Figura 9. Esquemático del dispositivo. Fuente: AliExpress

El diseño detallado del producto, evidenciado en las figuras adjuntas, muestra un prototipo avanzado con varias características destacadas. Todo el chasis del dispositivo se diseñó en función de su electrónica, asegurando una integración perfecta entre los componentes electrónicos y la estructura física del dispositivo.

Este dispositivo cuenta con tres botones ubicados en el lateral, los cuales permiten un manejo intuitivo y fácil. Estos botones están diseñados para facilitar la interacción del usuario con el dispositivo, permitiendo el encendido, apagado y ajustes de configuración necesarios para su funcionamiento óptimo.

En la parte inferior del dispositivo, se encuentra un sensor especializado, encargado de medir la presión sanguínea. Este sensor ha sido diseñado para proporcionar mediciones precisas y confiables, esenciales para monitorear la salud cardiovascular del usuario. La ubicación estratégica del sensor en la parte inferior asegura un contacto adecuado con la piel, optimizando la precisión de las lecturas.

El prototipo también destaca por su construcción robusta y su acabado de alta calidad. Los materiales utilizados, presumiblemente de metal como el acero o el aluminio, no solo aseguran la durabilidad del dispositivo, sino que también contribuyen a un diseño estético y profesional. Los tres botones en el lateral, además de su funcionalidad, añaden un elemento de diseño que es tanto ergonómico como visualmente atractivo.

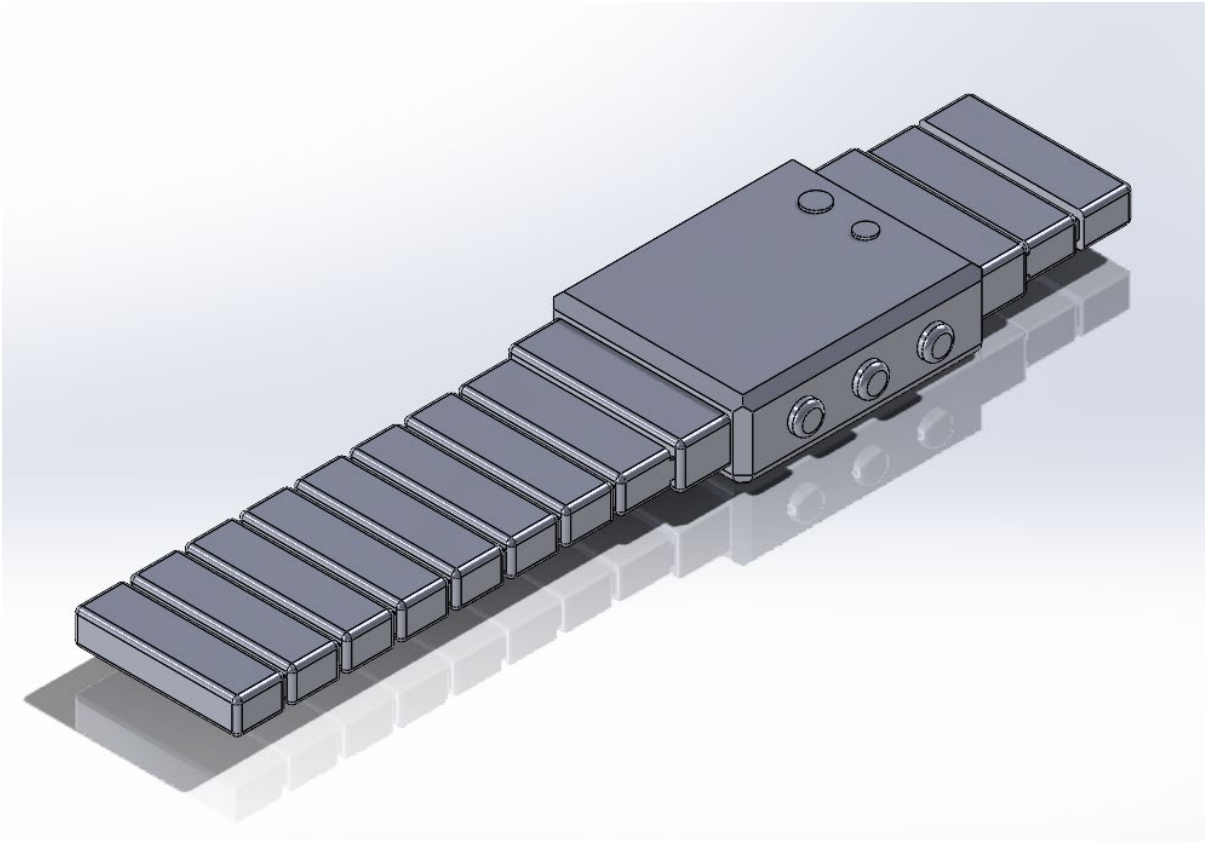


Figura 10. Diseño detallado, vista isométrica. Fuente: Elaboración propia.

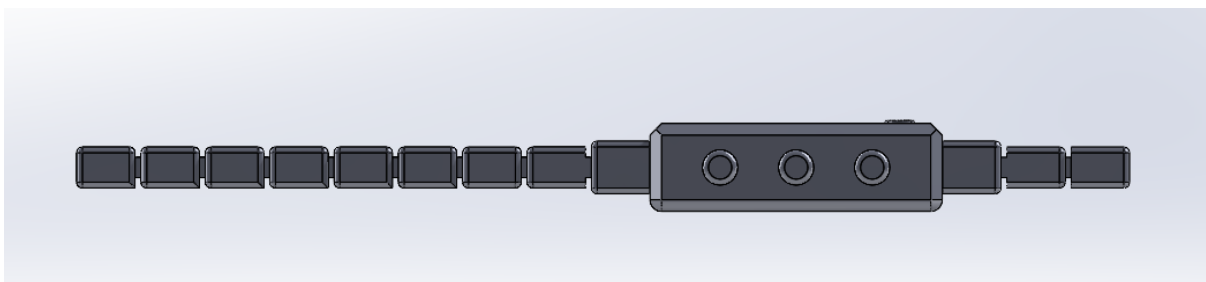


Figura 11. Diseño detallado, vista lateral. Fuente: Elaboración propia.

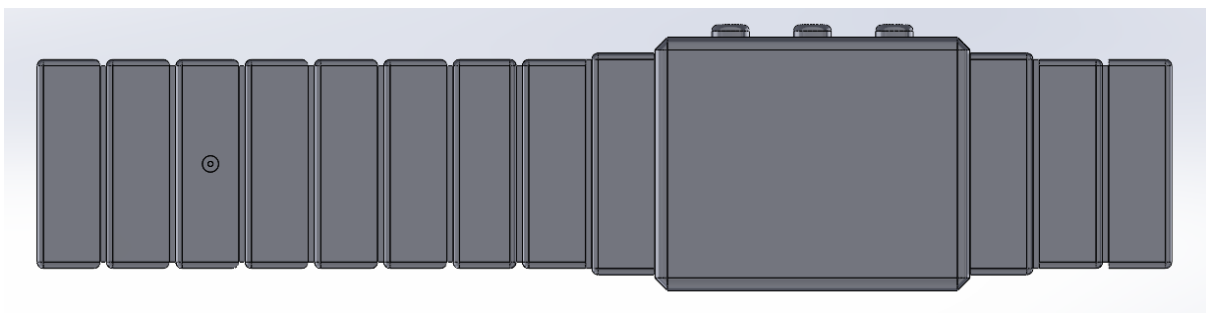


Figura 12. Diseño detallado, vista inferior. Fuente: Elaboración propia.

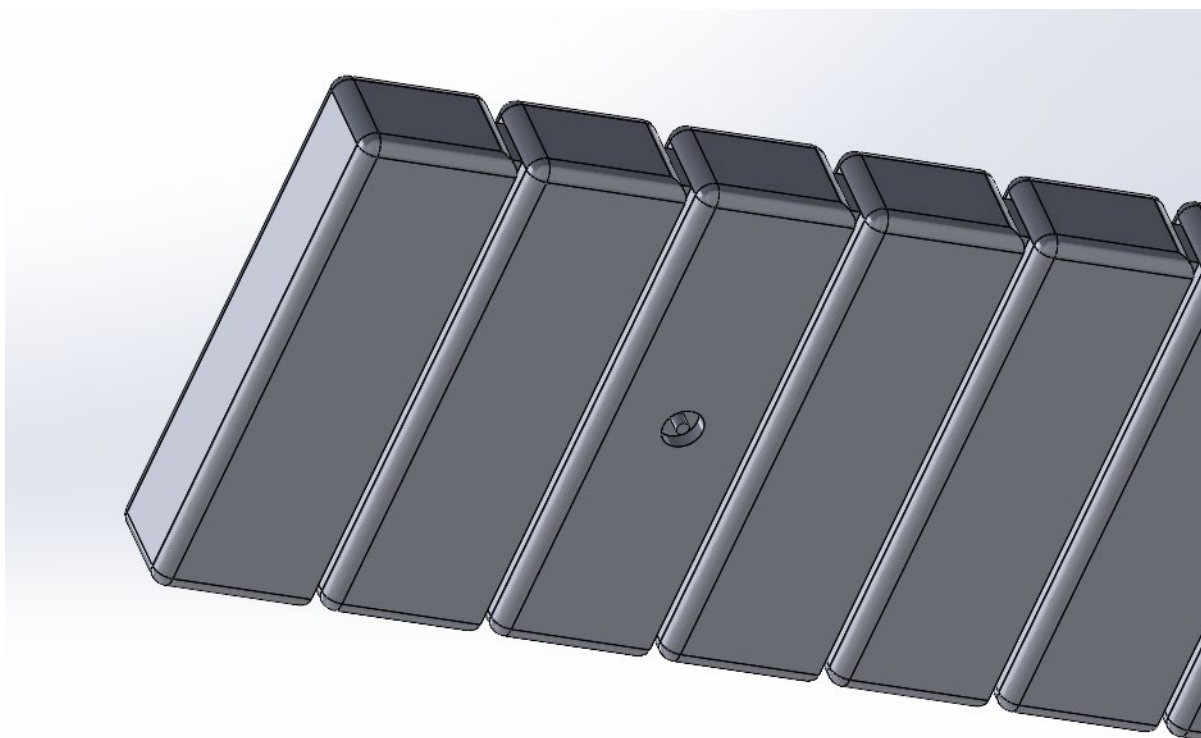


Figura 13. Diseño detallado de ubicación del sensor, vista isométrica. Fuente: Elaboración propia.

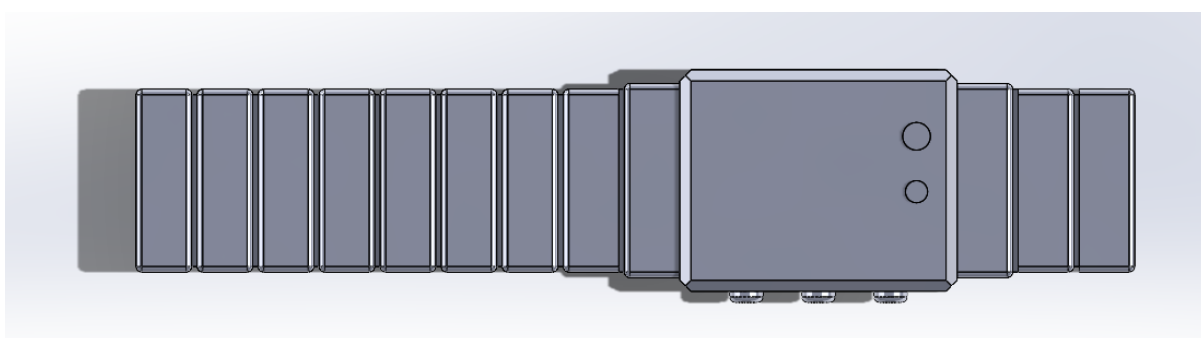


Figura 14. Diseño detallado, vista superior. Fuente: Elaboración propia.

8. Factores asociados al proceso de diseño

8.1. Factores de Riesgo

Como uno de los factores de riesgo se tiene la posibilidad de mediciones incorrectas en la presión arterial del usuario, lo que haría que se ponga en riesgo la vida del usuario, ya que podría generar alertas innecesarias o incorrectas, lo que haría que los servicios de salud vinculados a la nube respondan de manera inadecuada ante una emergencia falsa, lo que a su vez desencadenaría una pérdida de credibilidad frente a las alertas generadas y dado el caso de que realmente haya una verdadera emergencia, puede que los servicios de salud no respondan con la misma efectividad con que lo harían ante una alerta que ellos consideren real. Otro de los factores de riesgo para tener en cuenta es la falta de instructivos y capacitación para la lectura de las mediciones y el uso del dispositivo, lo que podría llevar a que el paciente se mueva demasiado al momento de la medición y esto altere los valores de presión arterial o que el usuario lea de manera incorrecta los resultados obtenidos y esto haga que ignore arritmias o posibles riesgos de infartos, etc.

La posición y ubicación del dispositivo son claves para su buen funcionamiento, ya que, en caso de ubicarlo de manera errónea, puede que ni siquiera se realice la medición o se realice mal, poniendo en peligro la vida del paciente ya que no se puede confiar en las medidas obtenidas. También debe tenerse en cuenta el peligro latente de las interferencias electromagnéticas, de manera que el funcionamiento del dispositivo no vaya a verse afectado por causa de otros dispositivos que estén en la misma área del tensiómetro, causando errores en las mediciones e incluso daños directos en el hardware del equipo.

Por último, un factor de riesgo clave es la falta de validación clínica, en caso de no contar con esta, el dispositivo no podría comercializarse ya que, directamente sería peligroso lanzar al mercado un equipo que no cumpla con los estándares de medición actuales que otros equipos o dispositivos sí cumplen, por lo tanto, es necesario validar la confiabilidad y la precisión del equipo usando otros métodos validados como referencia.

8.2. Factores Económicos

Como factores económicos es necesario mencionar en primer lugar el costo de fabricación, ya que se busca desarrollar un dispositivo de la más alta calidad pero que a su vez, sea accesible para el público al que va dirigido, por lo tanto, se deben escoger rigurosamente los materiales y los componentes usados para la fabricación del dispositivo, de manera en que no se pierda calidad al priorizar precio, sino buscar un balance calidad-costos.

Los costos de mantenimiento deben ser tenidos en cuenta debido a que es necesario que constantemente se realicen actualizaciones de software y un mantenimiento periódico para asegurar un buen funcionamiento del equipo. Los costos de comercialización y distribución son otros de los factores económicos más relevantes, pues la promoción, distribución y venta del dispositivo en el mercado, implican gastos, además de la generación de una red de distribución y la capacitación de profesionales de la salud.

Por último, se deben tener en cuenta como factores económicos, los costos de validación clínica y de cumplimiento normativo, pues el equipo debe ser sometido a estudios clínicos y validaciones para asegurar la confiabilidad y precisión del equipo, lo que puede ser costoso en términos de tiempo y recursos. Por otro lado, el costo de cumplimiento normativo conlleva altos costos de inversión en pruebas y documentación (como la certificación CE o la aprobación de la FDA)

8.3. Factores Ambientales

Los dispositivos portátiles para la medición de presión arterial mediante métodos no invasivos están sujetos a diversos factores ambientales que afectan su precisión y confiabilidad. En primer lugar, el entorno de uso desempeña un papel crucial. Ruidos, vibraciones o cambios bruscos de temperatura pueden influir en las mediciones. Además, la iluminación ambiental afecta la visibilidad de la pantalla del dispositivo. Otro aspecto importante es la humedad y la exposición al agua, que pueden afectar la integridad del dispositivo.

Durante el almacenamiento y el transporte, los dispositivos pueden estar expuestos a golpes, vibraciones o cambios de temperatura, lo que también puede afectar su calibración y funcionamiento. Por último, debemos considerar las interferencias electromagnéticas tanto internas como externas, ya que afectan la calidad de las señales y, por lo tanto, las mediciones. También debe tenerse en cuenta el impacto ambiental que conllevaría la producción a gran escala de este dispositivo, lo que generaría estudios para poder desarrollar métodos de fabricación con un bajo impacto ambiental y de esta manera, contribuir no solamente a mejorar

la calidad de medio ambiente y la utilización de los recursos disponibles, sino también al cumplimiento de los ODS actuales.

8.4. Factores Sociales

La adopción exitosa de dispositivos portátiles para la medición de la presión arterial no solo depende de su precisión técnica, sino también de una serie de factores sociales que influyen en su aceptación y uso. A continuación, se explicarán a detalle algunos de estos factores:

- **Acceso y Equidad:** La disponibilidad y el acceso a estos dispositivos varían según la ubicación geográfica y el nivel socioeconómico. En áreas rurales o en países en desarrollo, la falta de infraestructura y recursos puede limitar la distribución y el uso de estos dispositivos. Garantizar la equidad en el acceso es fundamental para evitar disparidades en la salud.
- **Educación y Concienciación:** La educación de los pacientes sobre la importancia de la medición regular de la presión arterial es crucial. Muchos pacientes pueden no estar al tanto de los riesgos asociados con la hipertensión o la necesidad de monitorearla. La concienciación pública a través de campañas de salud y educación puede aumentar la adherencia al monitoreo y fomentar la comprensión de los resultados.
- **Cultura y Creencias:** Las creencias culturales y las actitudes hacia la salud influyen en la aceptación de los dispositivos. Por ejemplo, algunas culturas pueden tener una mayor desconfianza hacia la tecnología médica o preferir métodos tradicionales. Comprender las perspectivas culturales es esencial para adaptar las estrategias de implementación y promoción.
- **Apoyo Social:** El apoyo de familiares, amigos o cuidadores es fundamental. La participación de la red social del paciente puede mejorar la adherencia al monitoreo. La retroalimentación positiva y el estímulo emocional pueden motivar al paciente a utilizar el dispositivo de manera constante.
- **Literacidad Digital:** La capacidad de usar y comprender tecnologías digitales es relevante. Algunos pacientes pueden sentirse intimidados por la interfaz de los dispositivos o tener dificultades para interpretar los resultados. Proporcionar capacitación y soporte técnico puede ayudar a superar estas barreras.
- **Normas Sociales y Estigma:** Las normas sociales en torno a la salud y la enfermedad pueden influir en la aceptación y uso de estos dispositivos. El estigma asociado al monitoreo de la presión arterial puede afectar la adherencia. Reducir el estigma a través de la educación y la normalización del uso de dispositivos portátiles es esencial.

9. Conclusiones

El proceso de diseño del dispositivo portátil para la medición de la presión arterial mediante métodos no invasivos ha integrado tecnología avanzada de manera efectiva. Mediante esta propuesta se ha explorado la posibilidad de permitir ofrecer mediciones precisas y confiables sin la necesidad de los métodos invasivos tradicionales. Este avance no solo mejora la precisión del monitoreo, sino que también incrementa la comodidad y la aceptación del dispositivo por parte de los usuarios.

Durante todo el proceso de diseño, se priorizó la usabilidad y la comodidad del usuario. Esto se reflejó en la creación de un dispositivo ligero y fácil de usar. La conectividad con dispositivos móviles garantiza una experiencia de usuario intuitiva y accesible, permitiendo a los usuarios monitorear su salud de manera sencilla y continua. Estos aspectos son cruciales para fomentar el uso regular y efectivo del dispositivo.

La arquitectura del producto fue diseñada de manera modular y escalable, permitiendo futuras mejoras y actualizaciones tanto en hardware como en software. Esta característica asegura que el dispositivo pueda evolucionar conforme avancen las tecnologías y cambien las necesidades del usuario, manteniéndose siempre relevante y útil a lo largo del tiempo.

La retroalimentación de los usuarios jugó un papel crucial en el proceso de diseño. Recoger opiniones y sugerencias permitió ajustes y mejoras constantes, asegurando que el producto final cumple con las expectativas y necesidades del mercado. Este enfoque centrado en el usuario es esencial para desarrollar un producto que no solo sea técnicamente avanzado, sino también altamente funcional y aceptado por el público.

Consideraciones de sostenibilidad y costo-eficiencia también fueron claves en el diseño del dispositivo. Se aseguraron componentes eficientes y una batería de larga duración para promover un uso sostenible. Además, se mantuvo un equilibrio entre costo y calidad para garantizar que el dispositivo sea asequible para una amplia gama de usuarios, sin comprometer su efectividad.

Finalmente, se logró un equilibrio entre el diseño estético y funcional. El dispositivo no solo es tecnológicamente avanzado, sino también atractivo y fácil de integrar en la vida cotidiana de los usuarios. Este equilibrio asegura que el dispositivo sea no solo un equipo médico útil, sino también un accesorio cómodo y moderno, fomentando su uso regular y continuo.

10. Referencias

Batería recargable li-po de polímero de litio 3,7, 300 V, 302530 mAh, para reloj Mp3, MP4, MP5, GPS, PDA, auriculares bluetooth, juguete eléctrico. (s.f.). aliexpress. <https://es.aliexpress.com/item/32983754223.html?src=google>

Duc Tri Phan, Tuong, T., Thanh Canh Huynh, Park, S., Choi, J., & Oh, J. (2022). Noninvasive, Wearable Multi Biosensors for Continuous, Long-term Monitoring of Blood Pressure via Internet of Things Applications. *Computers & Electrical Engineering*, 102, 108187–108187. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2022.108187>

ESP32-C3 Mini Development Board, Based on ESP32-C3FN4 Single-core Processor, 160MHz Running Frequency, 2.4GHz Wi-Fi & Bluetooth 5. (s.f.). Waveshare Electronics. <https://www.waveshare.com/esp32-c3-zero.htm>

Ion, M., Silviu Dinulescu, Bogdan Firtat, Savin, M., Ionescu, O. N., & Moldovan, C. (2021). Design and Fabrication of a New Wearable Pressure Sensor for Blood Pressure Monitoring. *Sensors*, 21(6), 2075–2075. <https://doi.org/10.3390/s21062075>

Ministerio de Trabajo. (2024). *En el 2024 el salario mínimo es de un millón 300 mil pesos y auxilio de transporte de 162 mil pesos - Ministerio del trabajo*. Mintrabajo.gov.co.

<https://www.mintrabajo.gov.co/comunicados/2023/enero/en-el-2024-el-salario-minimo-es-de-un-millon-300-mil-pesos-y-auxilio-de-transporte-de-162-mil-pesos>

Módulo receptor de cargador inalámbrico Universal estándar de carga inalámbrica placa de circuito de bobina de cobre puro carga para teléfonos celulares. (s.f.). AliExpress - Compra online de Electrónica, Moda, Casa y jardín, Deportes y ocio, Motor y seguridad, y más. - AliExpress - AliExpress. <https://es.aliexpress.com/i/33023215029.html>

Organización Panamericana de la Salud. (2018). *La Carga de Enfermedades Cardiovasculares*. Paho.org. <https://www.paho.org/es/enlace/carga-enfermedades-cardiovasculares>

Organización Panamericana de la Salud. (Mayo 31, 2024). *Hipertensión*. Paho.org. <https://www.paho.org/es/temas/hipertension>

Quan, X., Liu, J., Roxlo, T., Siddharth Siddharth, Leong, W., Muir, A., Cheong, S.-M., & Rao, A. (2021). Advances in Non-Invasive Blood Pressure Monitoring. *Sensors*, 21(13), 4273–4273. <https://doi.org/10.3390/s21134273>

Redacción El Espectador Bogotá. (2018, March 7). *Pacientes que incumplieron citas médicas le costaron a Bogotá \$21.900 millones en 2017*. ELESPECTADOR.COM; El Espectador. https://www.elespectador.com/bogota/pacientes-que-incumplieron-citas-medicas-le-costaron-a-bogota-21900-millones-en-2017-article-743081/#google_vignette

Smith, N. T., Wesseling, K. H., & de Wit, B. (1985). Evaluation of two prototype devices producing noninvasive, pulsatile, calibrated blood pressure measurement from a finger. *Journal of Clinical Monitoring*, 1(1), 17–29. <https://doi.org/10.1007/bf02832685>