



# **REPORTE PROYECTO FINAL: SKY – Sistema Integral para la Mejora de la Calidad de Sueño: Personalización de Ambientes Relajantes y Monitoreo Nocturno.**

Daniel Dorado Muñoz – 2221777, Ingeniería Biomédica

Oscar Esteban Jerez – 2205734, Ingeniería Biomédica

Cielo Sofía García Mera – 2205011, Ingeniería Biomédica

Andrés Felipe Verhelst – 2205096, Ingeniería Biomédica

Juan Manuel Campos – 2205127, Ingeniería Biomédica

Profesor:

PhD. Oscar Iván Campo Salazar

Diseño Biomédico 1

Facultad de Ingeniería

Universidad Autónoma de Occidente

Santiago de Cali

Junio 5 del 2024

<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>4</b>
A. Descripción del problema:.....	4
B. Objetivos del proyecto:.....	6
C. Justificación:.....	6
D. Antecedentes:.....	7
<b>II. LISTA DE NECESIDADES.....</b>	<b>10</b>
<b>III. CLASIFICACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE DISEÑO .....</b>	<b>17</b>
<b>IV. GENERACIÓN DE CONCEPTOS.....</b>	<b>21</b>
<b>V. selección DE CONCEPTOS .....</b>	<b>27</b>
<b>VI. ARQUITECTURA DEL PRODUCTO.....</b>	<b>33</b>
<b>VII.DISEÑO DETALLADO .....</b>	<b>40</b>
<b>VIII. FACTORES ASOCIADOS AL PROCESO DE DISEÑO.....</b>	<b>51</b>
A. Factores de riesgo: .....	51
B. Factores económicos: .....	53
C. Factores ambientales: .....	55
D. Factores sociales: .....	55
<b>IX. CONCLUSIONES.....</b>	<b>58</b>
<b>X. REFERENCIAS.....</b>	<b>60</b>
<b>XI. ANEXOS .....</b>	<b>61</b>
1. Entrevista e identificación de necesidades. ....	61
2. Miro: Clasificación de los conceptos y combinaciones seleccionadas. ....	61
3. Matriz de selección y Evaluación de conceptos. ....	61
4. Exploración sistemática.....	61
5. Matriz QFD. ....	61

## **ABSTRACT**

This report provides a detailed insight into the design process of the final project SKY, an integral system designed to enhance sleep quality by offering customizable settings, ambient modes, and monitoring of the user's sleep and health. It addresses the issue of poor sleep quality, highlighting its impact on health and daily activities. Through a structured design process, the problem description, objectives, justification, as well as concept generation and selection, product architecture, detailed design, and associated factors are defined. This report offers a comprehensive view of the SKY device and its design process, emphasizing its contribution to addressing challenges associated with poor sleep quality in individuals.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **A. Descripción del problema:**

La calidad de sueño es un factor crítico para la salud de las personas. Claudia Vergara, entrevistada para el Tiempo (2024), menciona que no duerme bien desde 2006 por una trágica situación con su amiga, que sufría una enfermedad mental. Desde ese momento su sueño no volvió a ser el mismo. En general Claudia lograba dormir cinco horas, en ocasiones, dormía seis, y menciona que su sueño no siempre es reparador. El insomnio que presenta le pasa factura diariamente, ya que tiene días en los que se encuentra muy cansada, se encuentra de mal genio y su capacidad mental no es la misma. Ella es tan solo una de las tantas personas que tienen problemas de sueño en el mundo.

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la falta de sueño afecta al 40% de la población mundial. Este llega a ser un problema de salud pública y, como menciona Cepeda Torres, Médico especialista en psiquiatría general, “El no dormir es incompatible con la vida. Si uno no duerme, muere, así de sencillo”. Según el médico, el sueño tiene funciones que van desde la parte fisiológica del cuerpo hasta aspectos psicológicos. Expertos afirman que no dormir bien también afecta el ánimo, las emociones, sistema inmune y sistema cardiovascular. Un ejemplo de ello, según Torres, entrevista para el Tiempo (2024), las personas que tienen apnea del sueño también sufren de hipertensión y obesidad.

Otras problemáticas asociadas dentro de los factores sociales y tecnológicos son en base a los hábitos individuales de las personas, en donde, la costumbre de comer a altas horas de la noche, el consumo de alcohol y cigarros, ver el celular en la noche por largas horas afecta la calidad de sueño y causa trastornos del sueño como: insomnio, apnea del sueño, síndrome de las piernas inquietas y narcolepsia. Muchos de los pacientes que sufren este tipo de trastornos ni siquiera saben que pueden consultar a un médico por no poder dormir bien, ni tampoco saben que existen especialistas y dispositivos que ayudan a mejorar la calidad de sueño. En el ámbito ambiental, el ruido constante de tráfico, vecinos o cualquier otra fuente puede interrumpir el sueño. La exposición a la luz, especialmente a luz emitida por dispositivos electrónicos, afecta

de manera negativa la calidad de sueño.

A continuación, se presenta una tabla del estudio transversal sobre hábitos de sueño de la revista Española de Salud pública (2023), en donde se observa los hábitos de algunos sujetos en comparación con un grupo de buena y mala calidad de sueño.

Características		Global (n=286)	Buena calidad (n=127)	Mala calidad (n=148)	p
Edad media (DE)		22,2 (7,3)	21,6 (6,8)	22,8 (7,8)	0,163
IMC (DE)		23,6 (4,5)	23,6 (4,6)	23,7 (4,4)	0,797
Sexo	Hombre	162 (56,6%)	83 (65,4%)	71 (48%)	0,004
	Mujer	124 (43,4%)	44 (34,6%)	77 (52%)	
Deporte dos-tres veces semana	Sí	154 (53,8%)	85 (66,9%)	65 (43,9%)	<0,001
	No	132 (46,2%)	42 (33,1%)	83 (56,1%)	
Consumo de Tabaco	Sí	87 (30,4%)	27 (21,3%)	57 (38,5%)	0,002
	No	199 (69,6%)	100 (78,7%)	91 (61,5%)	
Consumo Alcohol una vez semana	Sí	99 (34,6%)	44 (34,6%)	54 (36,5%)	0,751
	No	187 (65,4%)	83 (65,4%)	94 (63,5%)	
Consumo Alcohol una vez día	Sí	8 (2,8%)	4 (3,1%)	4 (2,7%)	>0,999
	No	278 (97,2%)	123 (96,9%)	144 (97,3%)	
Hábitos tóxicos (Fumar y/o alcohol diario)	Sí	51 (17,8%)	15 (11,8%)	34 (23%)	0,016
	No	235 (82,2%)	112 (88,2%)	114 (77%)	
Ordenador	Sí	276 (96,5%)	122 (96,1%)	143 (96,6%)	>0,999
	No	10 (3,5%)	5 (3,9%)	5 (3,4%)	
Mediana Horas al día (RIC)		3 (5)	3 (5)	3 (5)	0,612
Mediana Horas a la semana (RIC)		15 (30,3)	14 (28,5)	19 (33,3)	0,198
Ordenador en dormitorio	Sí	165 (57,7%)	72 (56,7%)	88 (59,5%)	0,643
	No	121 (42,3%)	55 (43,3%)	60 (40,5%)	
Tableta	Sí	122 (42,7%)	58 (45,7%)	59 (39,9%)	0,332
	No	164 (57,3%)	69 (54,3%)	89 (60,1%)	
Mediana Horas al día (RIC)		0 (1)	0 (1)	0 (3)	0,395
Mediana Horas a la semana (RIC)		0 (4)	0 (1)	1 (4,5)	0,376
Videoconsola	Sí	183 (64%)	88 (69,3%)	90 (60,8%)	0,142
	No	103 (36%)	39 (30,7%)	58 (39,2%)	
Mediana Horas al día (RIC)		1 (2)	0,5 (2)	1 (3)	0,807
Mediana Horas a la semana (RIC)		3 (10)	1 (2)	4 (10)	0,595
Móvil	Sí	285 (99,7%)	126 (46%)	148 (54%)	0,462
	No	1 (0,3%)	1 (100%)	0	
Mediana Horas al día (RIC)		6 (7)	5 (5)	6 (6)	0,003
Mediana Horas a la semana (RIC)		42 (49)	35 (35)	42 (42)	0,003
Uso móvil antes de acostarse	Sí	268 (93,7%)	116 (91,3%)	144 (97,3%)	0,030
	No	18 (6,3%)	11 (8,7%)	4 (2,7%)	
Uso móvil acostado y sin luz	Sí	215 (75,2%)	86 (67,7%)	123 (83,1%)	0,003
	No	71 (24,8%)	41 (32,3%)	25 (16,9%)	
Utilizas móvil si te despiertas	Sí	82 (28,7%)	25 (19,7%)	52 (35,1%)	0,004
	No	204 (71,3%)	102 (80,3%)	96 (64,9%)	

**Figura 1.** Tabla de características de sujetos con buena y mala calidad de sueño. *Tomado de:* Estudio transversal sobre hábitos de sueño de la revista Española de Salud pública (2023).

De esta tabla se puede mencionar que, de un total de 306 alumnos, participaron en el estudio 286 estudiantes (93,5%), quienes reportaron pasar una media de 7,5 horas al día en la cama. La mayoría de los encuestados practicaban deporte dos o tres veces a la semana (53,8%), mientras que el 30,4% consumían tabaco y el 34,6% consumían alcohol semanalmente. En relación con el uso de dispositivos, la gran mayoría tenía ordenador (96,5%) y teléfono móvil (99,7%), seguidos de la videoconsola (64%) y tableta (42,7%). Se destacó que el teléfono móvil era el dispositivo más utilizado, con una frecuencia de cuarenta y dos horas a la semana. Además, el 93,7% lo utilizaban antes de acostarse, el 75,2% una vez acostados y sin luz, y el 28,7% lo usaban si se despertaban en mitad de la noche. Entre los factores asociados a padecer trastornos del sueño se identificaron: el sexo, el hábito de hacer deporte, el consumo de tabaco y el uso del móvil antes de acostarse, acostados y sin luz, así como durante la noche.

#### **B. Objetivos del proyecto:**

##### ***Objetivo general:***

Diseñar un dispositivo integral que mejore la calidad del sueño de los usuarios en un 20%, medido mediante la Escala de Calidad del Sueño de Pittsburgh.

##### ***Objetivos específicos:***

- Realizar un estudio mediante entrevistas a distintos perfiles para recolectar información veraz acerca de la calidad de sueño.
- Identificar las necesidades reales que debe suplir un dispositivo que mejore la calidad de sueño.
- Definir el conjunto de atributos que debe tener el dispositivo.
- Realizar combinaciones de conceptos con diferentes elementos.
- Diseñar modelos a mano alzada y 3D para identificar un posible diseño final.

#### **C. Justificación:**

Según la Organización Mundial de la Salud, la falta de sueño afecta al 40% de la población mundial. Estudios indican que la mala calidad del sueño se debe a diversos hábitos individuales, como la falta de ejercicio físico, el consumo de cigarrillos y alcohol de manera frecuente, comer a altas horas de la noche, jugar videojuegos y usar el celular durante períodos prolongados, especialmente antes de acostarse. Además, el uso de aparatos electrónicos antes de dormir y al despertarse contribuye significativamente a la mala calidad del sueño. Esta deficiencia en el descanso tiene un impacto negativo en el rendimiento cognitivo y la productividad de las personas, afectando su desempeño diario y su salud en general.

El dispositivo SKY, surge como solución innovadora para mejorar la calidad de sueño. Este ofrece ajustes personalizables que permiten a los usuarios adaptar el dispositivo a necesidades específicas, enfrentando los problemas relacionados con el ambiente de dormir, como la luz y el ruido. Los modos de ambiente relajante incluyen varios sonidos suaves y luces tenues que crean un ambiente óptimo para el descanso. El monitoreo del sueño mediante los sensores de la manilla y del dispositivo, permite rastrear patrones de sueño, identificando trastornos y proporcionando rutinas personalizadas para mejorar la calidad de sueño. Este seguimiento no solo ayuda a los usuarios a comprender sobre sus hábitos de sueño, sino que también ofrece datos relevantes a profesionales de la salud, en caso de intervenciones o tratamientos más específicos.

#### **D. Antecedentes:**

- *Sleep Monitoring System (Patente):*

El sistema de monitoreo del sueño, como se describe en la patente "Sleep Monitoring System", captura una variedad de datos enfocados en la calidad del sueño. Estos datos incluyen la frecuencia cardíaca, la variabilidad de la frecuencia, la respiración, el tiempo despierto, el tiempo dormido, las interrupciones del sueño y la temperatura corporal. Algunos sistemas también están diseñados para monitorizar los niveles de ruido y luz en el entorno de sueño. Esta información se utiliza para optimizar los patrones de sueño del usuario, buscando mejorar aspectos como el sistema de "siestas cortas", que permite tomar siestas sin afectar

negativamente el estado de la persona al despertar. El sistema también puede generar alertas y alarmas para despertar al usuario en momentos específicos sin interrumpir su ciclo de sueño, proporcionando un resumen de la sesión de sueño. Además, el sistema de monitoreo incorpora sensores en el entorno de sueño, los cuales pueden estar integrados en el colchón, debajo del colchón o cerca de la cama, permitiendo recopilar datos que ayudan a optimizar los patrones de sueño mencionados.

- *A Sleep system for obtaining sleep information (Patente):*

El sistema de sueño descrito en la patente "A Sleep System for Obtaining Sleep Information" incorpora tecnologías avanzadas para mejorar la calidad del sueño. Detecta movimientos del usuario durante el sueño para identificar dificultades y adaptar el entorno de descanso. Un sensor de temperatura monitorea las condiciones térmicas que podrían influir en el sueño. Además, una base de datos identifica trastornos del sueño como insomnio, apnea y narcolepsia. El sistema se comunica de forma inalámbrica con dispositivos inteligentes para un seguimiento continuo de los registros nocturnos. También incluye un micrófono para detectar ruidos que pueden interrumpir el descanso, como ronquidos o ruidos externos, facilitando la identificación y mitigación de estos factores.

- *Dispositivo Oura Ring:*

El Oura Ring, es un dispositivo comercial que ofrece monitoreo continuo de indicadores de sueño mediante sensores de alta frecuencia que registran la temperatura corporal minuto a minuto, permitiendo detectar cambios mínimos y proporcionando un análisis detallado del comportamiento nocturno. El dispositivo también realiza una medición integral de señales biométricas clave, como el ritmo cardíaco en reposo, la temperatura corporal y la variabilidad del ritmo cardíaco, ofreciendo una visión completa de la salud general del usuario. Construido con materiales duraderos como titanio y recubrimiento de carbono similar al diamante, el Oura Ring garantiza resistencia y durabilidad. Complementando estas funciones, una aplicación móvil proporciona datos detallados sobre la calidad del sueño y la actividad diaria, permitiendo a los usuarios tomar decisiones informadas sobre su bienestar y enfatizando la importancia de



un sueño de calidad como parte de un estilo de vida saludable.

- *Dispositivo Dodow Sleep:*

El dispositivo Dodow Sleep incorpora varias funciones avanzadas para mejorar la calidad del sueño. Una de sus características principales es el ajuste del brillo de la proyección de luz, que se expande y contrae en sincronía con la inhalación y exhalación del usuario, ayudando a regular la respiración. El manual también recomienda concentrar la atención en la parte inferior del abdomen al dormir, lo que disminuye el suministro de sangre al cerebro y reduce la actividad cerebral. El Dodow Sleep cuenta con un sistema de apagado automático, permitiendo que el usuario se duerma sin preocuparse por apagar el dispositivo. Además, ofrece actividades que distraen la mente de pensamientos estimulantes, facilitando la relajación.

- *SmartBand 4:*

La SmartBand 4 es una pulsera que ofrece un seguimiento preciso de la actividad física del usuario, incluyendo pasos, distancia y calorías. Destaca por su capacidad para realizar un análisis detallado de los patrones de sueño, identificando fases como el sueño ligero y profundo, lo cual proporciona información valiosa para mejorar la calidad del sueño. Además, realiza un monitoreo constante del ritmo cardíaco durante el sueño, brindando datos en tiempo real sobre la actividad cardíaca durante la noche y contribuyendo a evaluar la salud cardiovascular. No solo registra datos, sino que también utiliza algoritmos adaptativos y predictivos para ofrecer recomendaciones personalizadas destinadas a mejorar la rutina de sueño de los usuarios, lo que lo convierte en un dispositivo integral para el cuidado de la salud.

## II. LISTA DE NECESIDADES

Para comprender las necesidades y expectativas de los usuarios, se implementó un enfoque metódico que abarco dos etapas.

- 1) **Recopilación de Información a través de entrevista:** Se realizaron entrevistas a 9 usuarios y un especialista para obtener una visión completa de sus experiencias con la calidad del sueño y sus expectativas para un dispositivo que les ayude a mejorar su descanso. Durante las entrevistas, se presentó especial atención a captar lo que los usuarios deseaban expresar como necesidad.
- 2) **Traducción de las necesidades del usuario a especificaciones de diseño:** A partir de las declaraciones de los usuarios, se estableció una “Necesidad Correcta” para cada una. Esta traducción precisa es la base para el proceso de diseño. Para cada necesidad correcta, se definieron atributos que el dispositivo SKY debería poseer, estos atributos se analizaron y clasificaron para establecer una priorización de objetivos.

Para ver el Excel con todos los resultados de las entrevistas, consulte el Anexo 1:

No.	Nombre del entrevistado	Declaración del paciente	Necesidad correcta (nueva)
1	Juan Manuel	"Escucho música relajante en YouTube, como música católica instrumental o música para dormir. Programo para que se apague después de un tiempo."	1. El usuario necesita escuchar sonidos relajantes para conciliar el sueño que se detengan automáticamente.
	Jose Velasquez	"si he utilizado anteriormente musica, por lo que me parece que si seria funcional la tecnologia."	
2	Juan Manuel	"El uso de IA puede ser bueno. Estaria atento a las sugerencias que debería seguir, pero no lo descarto."	2. El usuario necesita asistencia para establecer sus rutinas personalizadas y obtener consejos a la hora de dormir.
	Luis Suarez	"Me parece importante ya que la inteligencia artificial se usa mucho en la actualidad"	
	Ana Maria	"No tengo una rutina especifica, pero me gustaria "	
	Juan Camilo Roldán	"Interesante tener una IA que te guía, debido a que se pueden adaptar mejor a las características de cada persona"	
3	Juan Manuel	"Me gustaria que el dispositivo contara con funciones de monitoreo del sueño"	3. El usuario necesita obtener información acerca de su calidad de sueño.
4	Carol Daniela	"Me gustaria una aplicacion en el celular con la que pueda ver información importante de mi sueño, pero que mi información esté protegida"	4. El usuario necesita un espacio virtual en donde pueda acceder de manera confidencial a información sobre su sueño.

**Figura 2.** Tabla declaración y necesidad correcta. *Tomado de:* Elaboración propia.

La Fig.2 muestra una tabla que representa solo una parte de las declaraciones de los usuarios y sus necesidades correctas. Cada fila de la tabla corresponde a un usuario y presenta su número de entrevista, nombre, declaración original y la necesidad correcta derivada de su expresión.

A partir de las necesidades correctas, se procede a definir los atributos que son una característica específica del dispositivo permitiéndole cumplir con una necesidad correcta del usuario. Para definir los atributos, se consideró lo siguiente.

- **Objetivos:** Son objetivos específicos y medibles que el dispositivo debe cumplir para satisfacer la necesidad.
- **Restricciones:** Son las limitaciones técnicas, físicas y de usabilidad que podrían afectar el diseño del dispositivo.
- **Medios:** Son los recursos tecnológicos y las funcionalidades que podrían utilizarse para lograr los objetivos.
- **Funcionamiento:** Las formas en que el dispositivo interactúa con el usuario para satisfacer las necesidades.

Declaración del paciente	Necesidad correcta (nueva)	Atributos	Clasificación
"Escucho música relajante en YouTube, como música católica instrumental o música para dormir. Programo para que se apague después de un tiempo."	1. El usuario necesita escuchar sonidos relajantes para conciliar el sueño que se detengan automáticamente.	El dispositivo tiene altavoces integrados	Medio
"si he utilizado anteriormente musica, por lo que me parece que si seria funcional la tecnologia."		El dispositivo permite reproducir sonidos relajantes	Función
"El uso de IA puede ser bueno. Estaría atento a las sugerencias que debería seguir, pero no lo descarto."		El dispositivo es relajante	Objetivo
"Me parece importante ya que la inteligencia artificial se usa mucho en la actualidad"	2. El usuario necesita asistencia para establecer sus rutinas personalizadas y obtener consejos a la hora de dormir.	El dispositivo se apaga automáticamente	Función
"No tengo una rutina específica, pero me gustaría "		El dispositivo permite establecer una rutina personalizada para antes de dormir	Función
"Interesante tener una IA que te guía, debido a que se pueden adaptar mejor a las características de cada persona"		El dispositivo cuenta con asistente personalizado	Medio
"Me gustaría que el dispositivo contara con funciones de monitoreo del sueño"	3. El usuario necesita obtener información acerca de su calidad de sueño.	El dispositivo permite seguimiento diario del sueño	Función
		El dispositivo es preciso en sus mediciones	Objetivo
		El dispositivo cuenta con accesorios para monitoreo del sueño y signos vitales	Medio
	4. El usuario necesita un espacio virtual en donde pueda acceder de manera confidencial a información sobre su sueño.	El dispositivo es seguro con la privacidad de datos	Objetivo
		El dispositivo sube a la nube los datos monitoreados por el accesorio	Funciones
		El dispositivo es confiable	Objetivo
"Me gustaría una aplicación en el celular con la que pueda ver información importante de mi sueño, pero que mi información esté protegida"		El dispositivo cuenta con una aplicación móvil	Medio
		El dispositivo permite la sincronización automática	Función

**Figura 3.** Tabla de atributos. *Tomado de:* Elaboración propia.

La Fig.3 muestra una tabla con algunos de los atributos para cada necesidad correcta y su clasificación.

En función de los atributos y su clasificación, se procede a seleccionar los objetivos descritos por los atributos, lo que implica un proceso de jerarquización con la visión global del dispositivo en diseño. La selección de objetivos sienta una base para la creación del árbol de objetivos, el cual nos va a permitir visualizar de manera estructurada la relación entre los objetivos identificados.

Jerarquización de objetivos:

### Dispositivo de calidad de sueño.

#### 1. Confiable.

1.1 El dispositivo debe ser preciso.

1.2 El dispositivo debe ser seguro.

1.2.1 El dispositivo debe tener privacidad de datos.

1.2.2 El dispositivo debe ser eléctricamente seguro.

1.3 El dispositivo debe ser efectivo.

### 2. *Atractivo al usuario.*

2.1 El dispositivo debe ser durable.

2.1.1 El dispositivo debe ser resistente al agua y polvo.

2.2 El dispositivo debe ser personalizable.

2.2.1 El dispositivo debe ser relajante.

2.3 El dispositivo debe ser asequible.

2.3.1 El dispositivo debe ser económico.

2.4 El dispositivo debe ser practico.

2.4.1 El dispositivo debe ser pequeño.

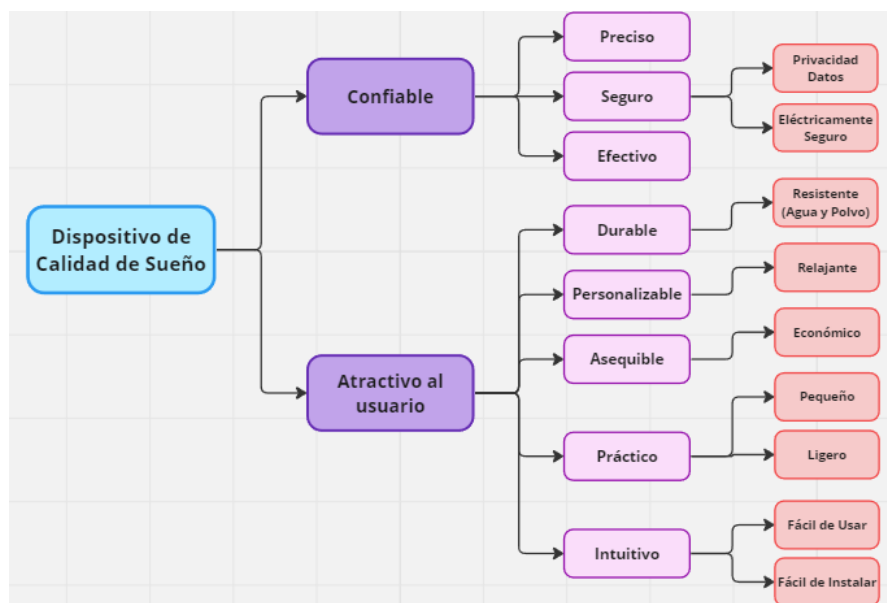
2.4.2 El dispositivo debe ser Ligero.

2.5 El dispositivo debe ser intuitivo.

2.5.1 El dispositivo debe ser fácil de usar.

2.5.2 El dispositivo debe ser fácil de instalar.

En función de la jerarquización se construyó el árbol de objetivos que se presenta a continuación como Fig.4:



**Figura 4.** Árbol de objetivos. *Tomado de:* Elaboración propia.

Para priorizar los objetivos, se realizó la tabla de comparación con pares, utilizada para identificar el valor o importancia relativa de un objetivo con respecto a los otros y ordenarlos como corresponde. A continuación, se presenta la tabla de comparación con pares Fig.5 (La tabla que se realizó también se encuentra dentro del Excel).

		OBJETIVOS												Porcentaje Global	Porcentaje Objetivo	Porcentaje Grupo
		CONFIABLE			ATRACTIVO AL USUARIO					Calificación	Normalización					
		Preciso	Seguro	Efectivo	Durable	Personalizable	Asequible	Práctico	Intuitivo							
CONFIABLE	Preciso		0	0	1	1	1	1	1	5	6	16,67%	28,57%	58,33%		
	Seguro	1		1	1	1	1	1	1	7	8	22,22%	38,10%			
	Efectivo	1	0		1	1	1	1	1	6	7	19,44%	33,33%			
ATRACTIVO AL USUARIO	Durable	0	0	0		0	1	1	0	2	3	8,33%	20,00%	41,67%		
	Personalizable	0	0	0	1		0	1	1	3	4	11,11%	26,67%			
	Asequible	0	0	0	0	1		1	0	2	3	8,33%	20,00%			
	Práctico	0	0	0	0	0	0		0	0	1	2,78%	6,67%			
	Intuitivo	0	0	0	1	0	1	1		3	4	11,11%	26,67%			
										28	36	100.00%				

**Figura 5.** Tabla de comparación con pares. *Tomado de:* Elaboración propia.

Como se ha mencionado anteriormente, en la tabla se llevó a cabo la comparación de los objetivos, indicando con un “1” a aquellos objetivos que eran considerados más importantes con respecto a los demás objetivos. Este proceso de comparación se ejecutó para cada objetivo, al final se realizó la suma de los valores de cada objetivo por fila, determinando así la calificación del objetivo en términos de priorización. Para normalizar esta calificación y proceder con la ponderación, se sumó 1 a cada resultado. A partir de esto, se calcularon los porcentajes o ponderaciones correspondientes a cada objetivo. A continuación, se presenta el árbol de objetivos con sus respectivas ponderaciones en la Fig. 6.

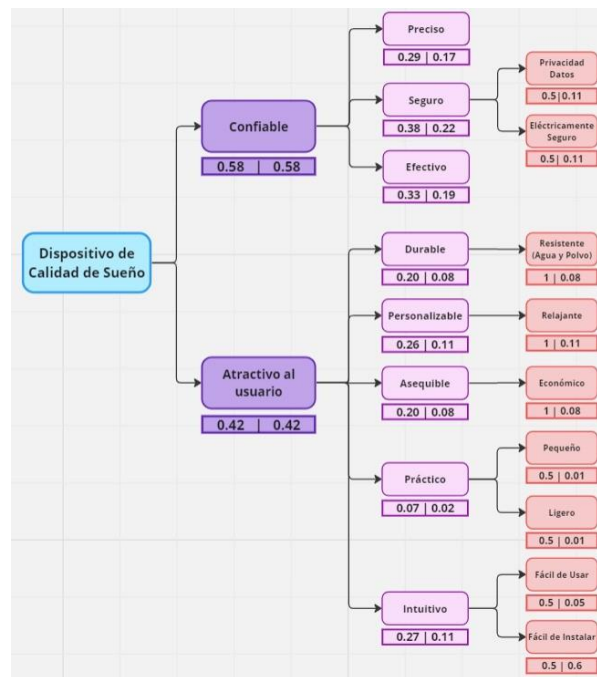


Figura 6. Árbol de objetivos con sus respectivas ponderaciones. Tomado de: Elaboración propia.

La tabla de las necesidades (Fig. 7.) se compone de 20 elementos que se pueden agrupar en las siguientes categorías:

- **Funciones Básicas:** Reproducir sonidos relajantes, apagarse automáticamente, realizar un seguimiento diario del sueño, subir a la nube los datos monitoreados por el accesorio, contar con una aplicación móvil, permitir la sincronización automática, elegir distintas modalidades de relajación para el usuario a la hora de dormir, ser personalizable, tener funciones de respiración y meditación integradas, permitir ajustar la iluminación, ser pequeño, ser fácil de instalar, contar con un sistema de alarma.
- **Características Físicas:** Ser resistente al agua y al polvo, ser intuitivo, ser asequible y ser duradero.
- **Funciones Adicionales:** Gestionar notificaciones y conectarse por Bluetooth con otros dispositivos.

NECESIDAD		
Núm.		Necesidad (REQUERIMIENTO)
1	El dispositivo	Permite reproducir sonidos relajantes
2	El dispositivo	se apaga automáticamente
3	El dispositivo	permite seguimiento diario del sueño
4	El dispositivo	Cuenta con accesorios para monitoreo del sueño y signos vitales
5	El dispositivo	Sube a la nube los datos monitoreados por el accesorio
6	El dispositivo	Cuenta con una aplicación móvil
7	El dispositivo	Permite la sincronización automática
8	El dispositivo	Permite elegir distintas modalidades de relajación para el usuario a la hora de dormir
9	El dispositivo	Es personalizable
10	El dispositivo	Tiene funciones de respiración y meditación integradas
11	El dispositivo	Permite ajustar la iluminación
12	El dispositivo	Es pequeño
13	El dispositivo	Es fácil de instalar
14	El dispositivo	Cuenta con un sistema de alarma.
15	El dispositivo	Es resistente al agua y al polvo.
16	El dispositivo	Es intuitivo
17	El dispositivo	Es asequible
18	El dispositivo	Es durable
19	El dispositivo	Tiene gestión de notificaciones
20	El dispositivo	Se puede conectar por Bluetooth con otros dispositivos.

**Figura 6.** Tabla Necesidades de los Usuarios. *Tomado de:* Elaboración propia.



### III. CLASIFICACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE DISEÑO

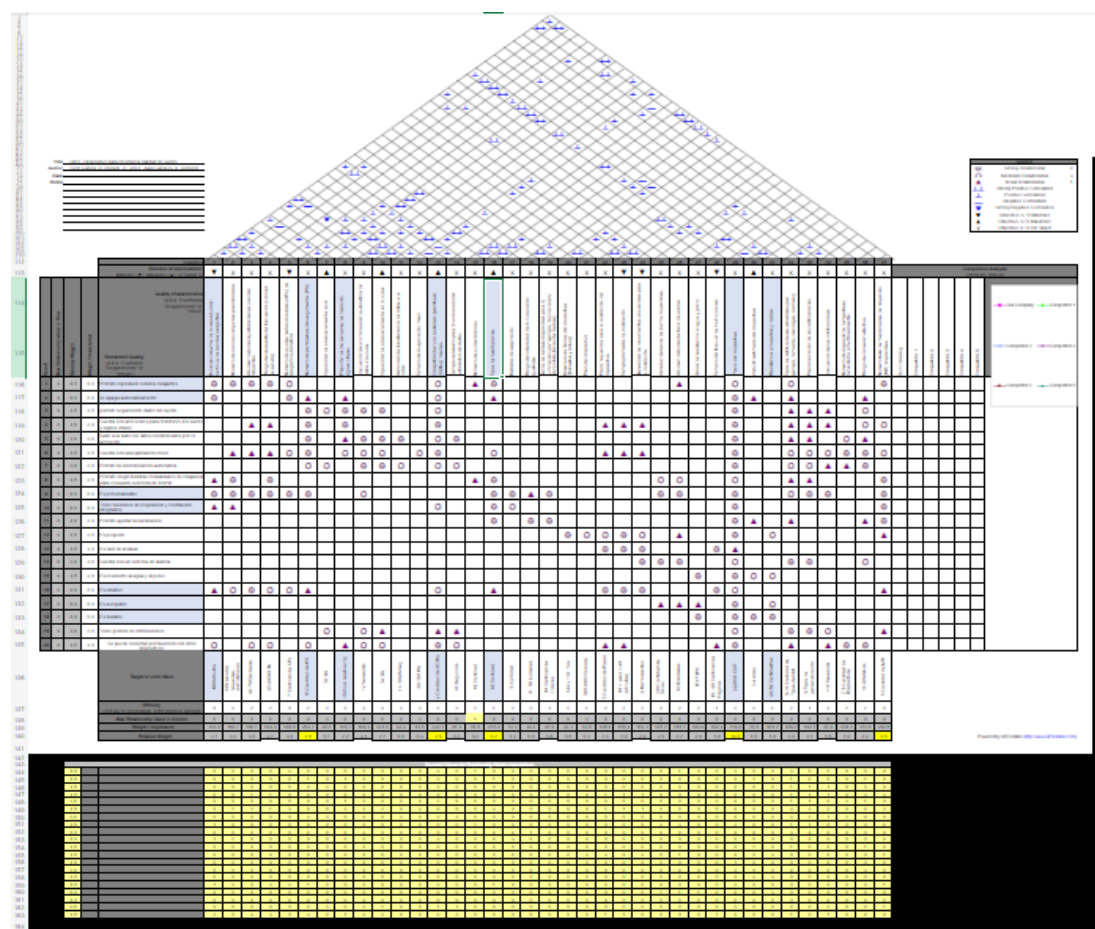
A continuación, se realiza el análisis de los atributos que se requieren para satisfacer las necesidades que evidenciaron las personas entrevistadas. A partir de estos atributos se generan las métricas las cuales serán un indicador para medir el cumplimiento de estos atributos.

Métricas				
Núm. Métrica	Núm. Necesidad	Métrica	Unidades	Valor Objetivo
1	1, 9	Duración máxima de la reproducción continua de sonidos relajantes	Minutos	180
2	1	Número de sonidos relajantes preinstalados	Cantidad	100
3	1	Volumen máximo ajustable de los sonidos relajantes	Decibales	40-70
4	1	Rango de respuesta de frecuencia (calidad de sonido)	Hz	20-20000
5	2, 8, 9	Número de ajustes personalizables (APs) de apagado automático	Cantidad de APs	7
6	1, 4	Número de parámetros de seguimiento (PS)	Cantidad de PS	15
7	3, 4, 5	Capacidad de almacenamiento local	Gb	32
8	1, 4	Precisión de los sensores de medición signos vitales	Error relativo (%)	<5
9	5, 7	Frecuencia de sincronización automática de datos a la nube	Veces/día	12
10	1, 5	Capacidad de almacenamiento en la nube	Gb	64
11	1, 5	Velocidad de transferencia de datos a la nube	Mb/seg	1 a 10
12	6	Tamaño de la aplicación móvil	Mb	20-100
13	6	Compatibilidad con sistemas operativos (SOMs) móviles	Cantidad de SOMs	2
14	5, 7	Tiempo necesario para la sincronización automática de datos	Segundos	45
15	8, 9, 10	Número total de modalidades de relajación (MR) disponibles	Cantidad de MR	5
16	8, 9, 10	Número de ruidos blancos	Cantidad	10
17	8, 9, 10	Tipos de meditaciones	Cantidad	10
18	8, 9, 10	Métodos de respiración	Cantidad	5
19	11	Rango de intensidad de la iluminación ajustable	Lumenes	0 - 80
20	9, 11	Gama de colores disponibles para la iluminación (por ejemplo, blanco cálido, blanco frío)	Cantidad de Colores	10
21	12	Dimensiones físicas del dispositivo (Diámetro y Altura)	mm	144 x 133
22	13	Peso del dispositivo	Gramos	300-1000
23	13	Pasos requeridos para la instalación del dispositivo	Cantidad de Pasos	5
24	13	Tiempo promedio de instalación	(Minutos)	10 < pero < 40
25	13	Necesidad de herramientas adicionales para la instalación	Si/No	Si
26	9, 14	Variedad de tonos de alarma disponibles	Cantidad de Tonos	>30
27	14	Volumen máximo del tono de alarma	Decibales	80
28	15, 18	Grado de resistencia al agua y polvo	IPX	IPX7
29	16	Tamaño del Manual de Instrucciones	Cantidad de Páginas	15 - 20
30	17	Precio del dispositivo	COP	220000
31	18	Vida útil estimada del dispositivo	Años	3-4
32	18	Resistencia a impactos y caídas	Centímetros	40-50
33	19	Tipos de notificaciones admitidas (por ejemplo, llamadas, mensajes, alarmas)	Cantidad de Tipos de Not.	5-10
34	9, 19	Personalización de las notificaciones	Si/No	Si
35	19	Frecuencia de las notificaciones	Veces/día	>10
36	20	Número de dispositivos compatibles conectados simultáneamente	Cantidad de Dispositivos	7-8
37	20	Rango de conexión efectivo	Metros	10-30

**Figura 7.** Tabla Atributos De Diseño. *Tomado de:* Elaboración propia.

Con el fin de encontrar caminos para suplir las necesidades evidenciadas, se utilizó la herramienta conocida como “matriz QFD”, con la cual es posible comparar los requerimientos de los posibles usuarios y los requerimientos funcionales del dispositivo, es decir los “que debe hacer” y los “como lo hará” para que todo se lleve a cabo de la mejor manera. Con esta matriz también se puede ponderar y darle valor de importancia a cada característica con respecto a las demás y también evidenciar qué tan difícil puede resultar el cumplimiento de la métrica requerida para esta solución

o capacidad del dispositivo.



**Figura 8.** Tabla Matriz QFD. *Tomado de:* Elaboración propia.

Después de aplicar la herramienta, se concluye de manera objetiva lo siguiente:

- **En la Parte Izquierda de la Casa**

En este lado se enumeran las necesidades identificadas, cada una evaluada con una calificación de 1.0 a 5.0 según su importancia en el proceso de diseño. Las necesidades con mayor puntuación son las siguientes:

- **Reproducción de sonidos relajantes:** Calificada con 5.0 debido a su alta demanda por los usuarios y su eficacia para conciliar el sueño.
- **Apagado automático:** También con 5.0, es esencial que el dispositivo

se apague si el usuario se queda dormido, dado su uso durante la noche.

- **Personalización:** Recibió un 5.0 porque el dispositivo permite ajustar sonidos, apagado automático y parámetros de seguimiento según las preferencias del usuario.
- **Funciones de respiración y meditación:** Calificada con 5.0 por su eficacia en inducir el sueño y adaptarse a rutinas preexistentes.
- **Intuitivo:** Obtuvo un 5.0 por la necesidad de un ajuste fácil del volumen y compatibilidad con varios sistemas operativos, cruciales para una experiencia de usuario satisfactoria.
- **Asequible:** Con un 5.0, refleja la importancia de mantener un equilibrio entre precio accesible y características clave.
- **Durable:** También con 5.0, destaca la resistencia al agua y polvo, y la capacidad de soportar caídas, asegurando una vida útil prolongada.

- **En la Parte Superior de la Casa**

Aquí se colocan las métricas que responden a las necesidades identificadas. Las correlaciones métricas ayudan a determinar las características técnicas más importantes. Concluimos que:

- Es necesario incluir diversas características útiles para el usuario, pero manteniendo el dispositivo asequible.
- El manual debe ser claro y conciso para garantizar que sea intuitivo y la instalación debe ser sencilla.
- Sensores con bajo margen de error y pruebas exhaustivas son cruciales para mediciones confiables.

- Debemos ofrecer múltiples modalidades de relajación, permitiendo al usuario personalizar su experiencia de sueño.

#### **En la Parte Inferior de la Casa**

En este análisis, se destacan tres casillas cruciales que proporcionan información clave: la relación máxima de cada métrica, su peso o importancia, y un peso relativo que muestra la importancia relativa entre las métricas. La relación máxima representa el valor más alto en cada columna, mientras que la importancia absoluta de cada métrica se calcula sumando la ponderación de su relación con cada necesidad. Por último, la importancia relativa se determina comparando la importancia absoluta de cada métrica con la suma total de todas las métricas evaluadas.

Las métricas con mayor peso relativo y urgencia son:

- Precio del Dispositivo: 13.5%
- Número de modalidades de relajación (MR): 5.5%
- Tipos de meditaciones: 5.2%
- Número de parámetros de seguimiento (PS): 4.8%
- Compatibilidad con sistemas operativos (SOS) móviles: 4.6%

Este análisis numérico orienta nuestras prioridades, subrayando la importancia de aspectos como el precio y las modalidades de relajación en el desarrollo del producto. Nos permite optimizar recursos y enfocarnos en áreas que ofrecen mayor valor a los usuarios.

#### IV. GENERACIÓN DE CONCEPTOS

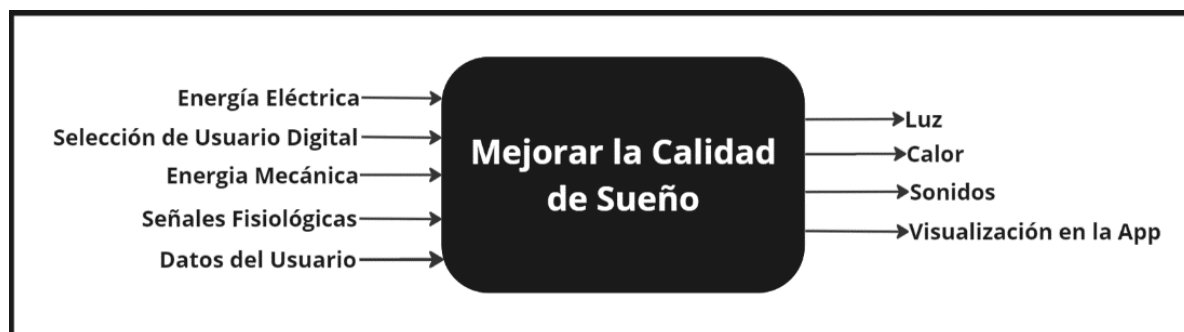
Para la Etapa de generación de Conceptos, se optó por una estrategia de descomposición que se alinea adecuadamente con las características del dispositivo. En este caso, se seleccionó la estrategia de descomposición funcional por varias razones. En primer lugar, esta metodología permite definir de manera clara y precisa los requisitos para cada función del dispositivo, lo que resulta fundamental para comprender cómo se cumplirán las expectativas del usuario y qué funciones son necesarias para mejorar la calidad del sueño. Además, el enfoque orientado a funciones proporciona una visión global del funcionamiento del dispositivo, lo que facilita la realización de un análisis funcional completo y detallado. Esto permite trabajar con múltiples módulos simultáneamente y optimizar el desarrollo del dispositivo. En consecuencia, para llevar a cabo la descomposición funcional, se comenzó por definir las funciones principales del dispositivo.

- ***Reproducción Sonidos Relajantes:*** Facilita el desarrollo de una biblioteca de sonidos y la funcionalidad para reproducirlos, mejorando la experiencia de relajación y sueño.
- ***Controlar Iluminación:*** Permite trabajar en el sistema de control de luces, contribuyendo a la regulación del ciclo de sueño.
- ***Reproducción Ejercicios de Meditación/Respiración:*** Se enfoca en integrar guías y programas para meditación y ejercicios de respiración.
- ***Permitir Conexión Bluetooth - Conexión App Celular:*** Desarrolla la interactividad con la aplicación móvil para una experiencia de usuario personalizada.
- ***Realizar sincronización en la Nube:*** Asegura que los datos del usuario se almacenen y se sincronicen de forma segura para un acceso y análisis continuo.

- **Implementar Apagado Automático:** Integra la funcionalidad de apagado después de un tiempo determinado para ahorrar energía.
- **Selección de Modalidades - Rutina Personalizada - Asistente IA:** Permite personalizar las rutinas de sueño y despertar asistidas por un inteligente algoritmo de IA que se adapta a las necesidades del usuario.
- **Permite seguimiento del Sueño:** Facilita el desarrollo de sensores y software para monitorizar el sueño, proporcionando datos valiosos para el mejoramiento continuo de la calidad del sueño.

Ya una vez definidas las funciones principales, se procedió a la realización de los diagramas de caja negra y caja gris.

- **Diagrama de Caja Negra.**



**Figura 9.** Caja Negra. Tomado de: Elaboración propia.

- **Diagrama de Caja Gris.**

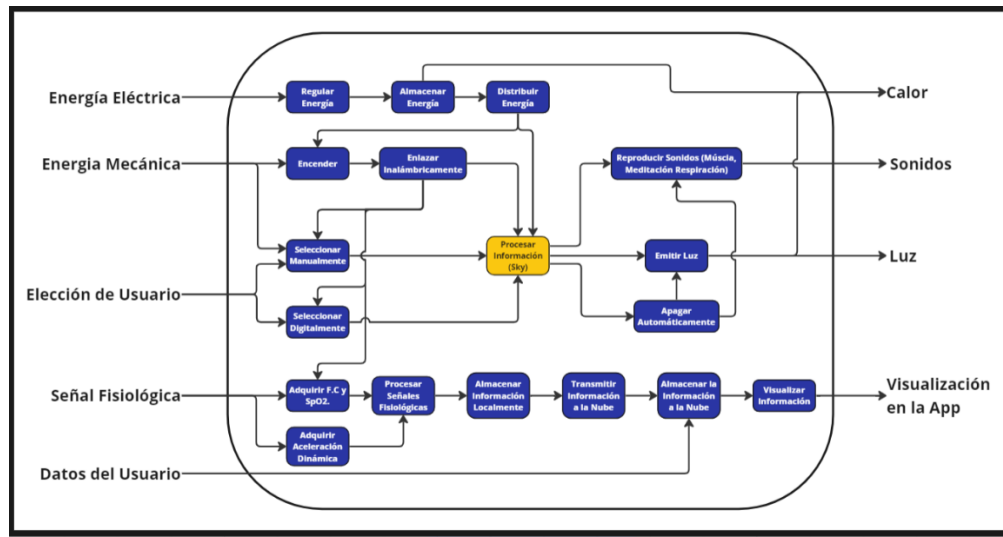


Figura 10. Caja Gris. Tomado de: Elaboración propia.

El diagrama de caja gris concuerda con las expectativas para el dispositivo, reflejando funciones esenciales como reproducción de sonidos, apagado automático, seguimiento del sueño, monitoreo de signos vitales y sincronización con la nube. La elección del usuario y la App indican personalización y accesibilidad, aspectos fundamentales del diseño intuitivo. Aunque no detalla la durabilidad y resistencia, estos se asumen como parte de las especificaciones técnicas del producto.

- *Árbol de funciones o descomposición por subsistemas:*

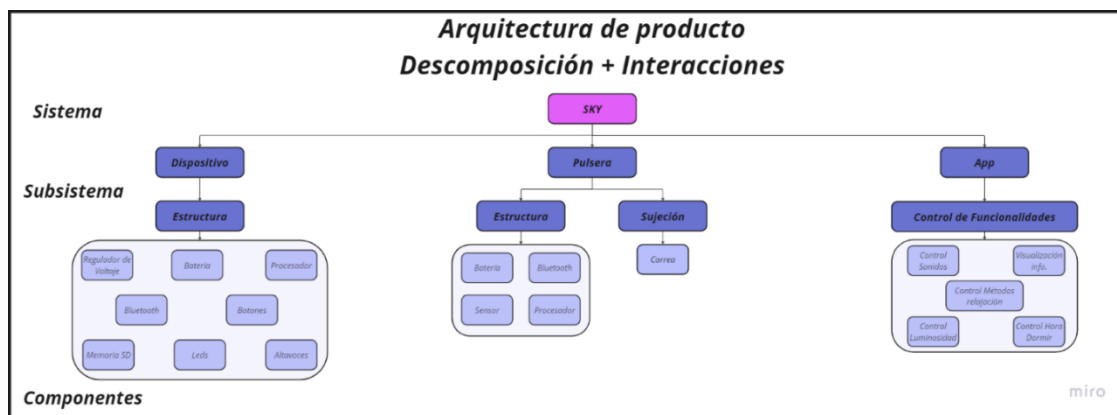


Figura 11. Descomposición por subsistemas. Tomado de: Elaboración propia

- *Análisis Morfológico:*

Componente	Regular Energía	Almacenar Energía	Distribuir Energía	Encender	Enlazar Inalámbicamente	Seleccionar Manualmente	Seleccionar Digitalmente	Adquirir F.C y SpO2.
Concepto 1	Regulador de voltaje conmutado	Batería recargable (Ion de Litio)	Cables de cobre	Botón físico	Wifi	Botón	App Móvil	Sensores Implantables
Concepto 2	Diodo Zener	Batería en estado sólido	PCB	Switch	Bluetooth	Táctil	Página Web	Monitor de Signos
Concepto 3	Regulador de voltaje lineal	Condensador	Pista de oro	Sensor de Proximidad	NFC	Swich	Programa de PC	Dispositivos Portátiles

**Figura 12.** Tabla de conceptos. *Tomado de:* Elaboración propia.

Adquirir Aceleración Dinámica	Procesar Señales Fisiológicas	Almacenar Información Localmente	Transmitir Información a la Nube	Almacenar la Información a la Nube	Visualizar Información	Procesar Información (Sky)	Reproducir Sonidos (Música, Meditación Respiración)	Emitir Luz	Apagar Automáticamente
ADXL345	Raspberry Pi 4	MicroSD	Http	One Drive	App Celular	Raspberry Pi 4	Altavoz	Lámparas LED's	Temporizador
MPU-6050	Arduino Mega 2560	Disco Duro	WebSockets	Google Drive	Computador	Arduino Mega 2560	Buzzer	Bombilla Incandescente	Contador de eventos
BMA180	ESP32	Memoria USB	APIs de Servicios en la Nube	Amazon Drive	Reloj	ESP32	Transductores de Vibración	Fuego	Detectador de sueño

**Figura 13.** Tabla de conceptos Parte 2. *Tomado de:* Elaboración propia.

Los componentes seleccionados son clave para la funcionalidad, estética y confort del dispositivo, determinando una experiencia de usuario óptima. Los sensores de precisión son esenciales para una personalización avanzada sin comprometer la comodidad, mientras que los elementos estéticos se fusionan sin esfuerzo con el diseño, mejorando la apariencia y el tacto. Además, una aplicación móvil ágil y receptiva sirve de interfaz principal, reflejando la eficiencia del procesamiento interno. En esencia, la elección de los componentes es fundamental para asegurar que el dispositivo no solo sea efectivo, sino también satisfactorio en su uso diario.

Para garantizar que los componentes seleccionados operan de manera compatible y sinérgica, se deben revisar las especificaciones técnicas y realizar pruebas de integración. La colaboración con proveedores y el uso de simulaciones también son fundamentales para garantizar la interacción entre componentes.

En cuanto a la durabilidad se va a ver muy influenciada por la calidad y resistencia de los componentes elegidos, y la capacidad de estos de soportar diferentes ambientes y uso diario del dispositivo. Por otro lado, la eficacia del dispositivo se va a ver influenciada por la sinergia de los componentes, ya que componentes incompatibles pueden provocar fallas y afectar la eficacia del dispositivo.

En la construcción de la caja gris se definieron 18 funciones, y que para cada una se postularon 3 medios distintos, es posible hallar un valor para el número de combinaciones posibles, siendo estas 387489 posibilidades. Dichas posibilidades pueden verse a continuación en la Figura 13, donde se presenta el diagrama de la exploración sistemática realizada.





**Figura 14.** Exploración sistemática. *Tomado de:* Elaboración propia

Tras completar la exploración sistemática, se realizó una discusión donde identificaron tres opciones destacadas como ramas de interés, que presentan conceptos viables para desarrollar el dispositivo. Estas opciones se muestran detalladamente en las Figuras 14 a 16.



**Figura 15.** Primera opción de rama. *Tomado de:* Elaboración propia



**Figura 16.** Segunda opción de rama. *Tomado de:* Elaboración propia



**Figura 17.** Tercera opción de rama. *Tomado de:* Elaboración propia

Para determinar la rama de clasificación de conceptos más efectivo para el diseño del dispositivo se deben explorar específicamente las características y tecnologías que promuevan la accesibilidad abordaría aspectos de diseño inclusivo y facilidad de uso, asegurando que el dispositivo pueda ser usado por un amplio espectro de usuarios. La elección de medios debe contemplar la seguridad física del dispositivo en un ambiente de dormitorio, así que debe contar con materiales no tóxicos y con capacidad de disipar el calor en caso de sobrecalentamiento, además debe ser segura en cuestión de protección de datos, y el proceso de transferencia de datos. También la capacidad de procesamiento es indispensable, se debe primar la capacidad del dispositivo de ejecutar múltiples tareas (Reproducción, sensado, iluminación) de manera simultánea.

Algunas posibles limitaciones entre medios podrían incluir la interferencia electromagnética entre los sensores de signos vitales y los dispositivos de transmisión inalámbrica. Para mitigar estas interacciones, es fundamental realizar un análisis exhaustivo de compatibilidad y estrategias como el uso de materiales de blindaje para reducir la interferencia electromagnética, además, es importante mantener un monitoreo continuo.

## V. SELECCIÓN DE CONCEPTOS

Para la selección de concepto del dispositivo, se utilizó matrices de selección que permiten comparar diferentes opciones basándose en los criterios específicos que debe tener el dispositivo. Este proceso se realiza de la siguiente manera:

### Elección de conceptos utilizando matriz de selección.

La herramienta de matriz de selección permite comparar múltiples opciones frente a diversos criterios relevantes. Para nuestro dispositivo en diseño se inicia estableciendo los criterios que se consideran importantes para la selección de los conceptos, tales como:

- Precisión en las mediciones
- Seguridad del paciente
- Privacidad en el manejo de datos personales
- Velocidad de procesamiento
- Eficiencia energética
- Asequibilidad económica
- Facilidad de manufactura
- Manejo intuitivo de interfaz

Además, en la matriz de selección se presentan los conceptos u opciones a evaluar, enumerados del 1 al 5, cada uno con diferentes opciones para realizar cada función que el dispositivo ofrece al usuario.

La herramienta permite ver cual concepto cumple mejor con los criterios establecidos, realizando así una elección objetiva y fundamentada, asegurando que la decisión final sea justificada y se alinee con los objetivos y prioridades del dispositivo. A continuación, en la Fig. 18 se presenta la matriz de conceptos realizada para el dispositivo en diseño.

Conceptos					
Criterios de Selección	1	2	3	4	5
Precisión en las Mediciones	+	+	+	+	-
Seguridad del paciente	+	0	+	0	0
Privacidad en el Manejo de Datos Personales	-	0	0	0	-
Velocidad de Procesamiento	-	+	-	+	-
Eficiencia Energética	0	+	+	+	0
Asequible económicamente	+	-	0	-	0
Facilidad de manufactura	0	-	+	+	-
Manejo intuitivo de interfaz	-	+	+	+	0
Suma +	3	4	5	5	0
Suma 0	2	2	2	2	4
Suma -	3	2	1	1	4
Evaluación neta	0	2	4	4	-4
Lugar					
¿Continuar?					

**Figura 18.** Matriz de selección de conceptos. *Tomado de:* Elaboración propia

Tras la evaluación inicial, se procedió a combinar y mejorar los conceptos seleccionados, analizando los resultados de la matriz de selección para identificar combinaciones potenciales que optimizarían las funciones del dispositivo, y evaluando nuevamente estos conceptos combinados para asegurar que cumplieran con los criterios establecidos. Esta etapa de combinación de conceptos se realizó de la siguiente manera:

### Proceso de combinación y mejora de conceptos

Tras evaluar cada criterio de selección, se verificó que la evaluación neta fuera coherente con cada uno de los conceptos propuestos y, a partir de ahí, se consideró qué conceptos podrían combinarse para mejorar y optimizar algunas funciones del dispositivo en diseño. Estos conceptos combinados se añaden a la matriz de evaluación, para ser clasificados y evaluados junto con los conceptos ganadores de la matriz de selección. En nuestro caso nos dimos cuenta de que los conceptos 2, 3 y 4 se pueden combinar para descartar otras clasificaciones de “mejor que” respecto a los otros conceptos, esto da lugar a dos nuevos conceptos (2+3) y (3+4). A continuación, en la Fig. 2, 3 y 4 se presentan los conceptos seleccionados para la matriz de evaluación y en las Fig. 19 las combinaciones realizadas.

## CONCEPTO 2

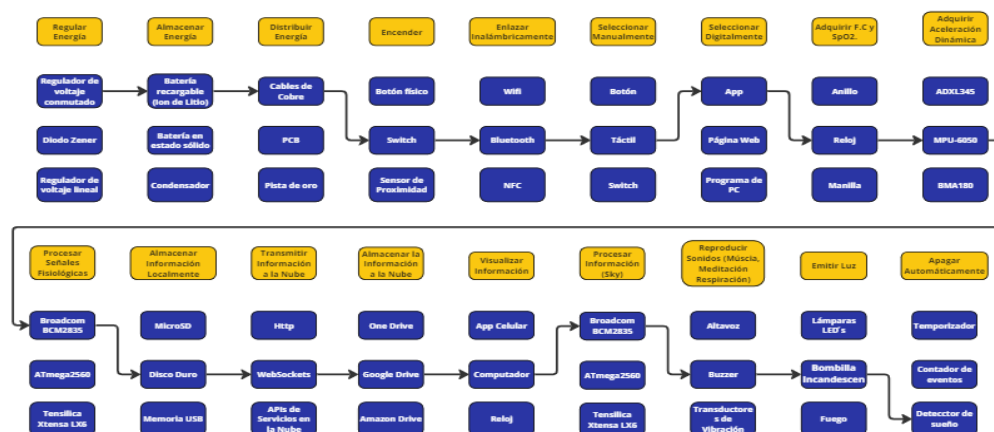


Figura 19. Concepto 2. Tomado de: Elaboración propia

## CONCEPTO 3

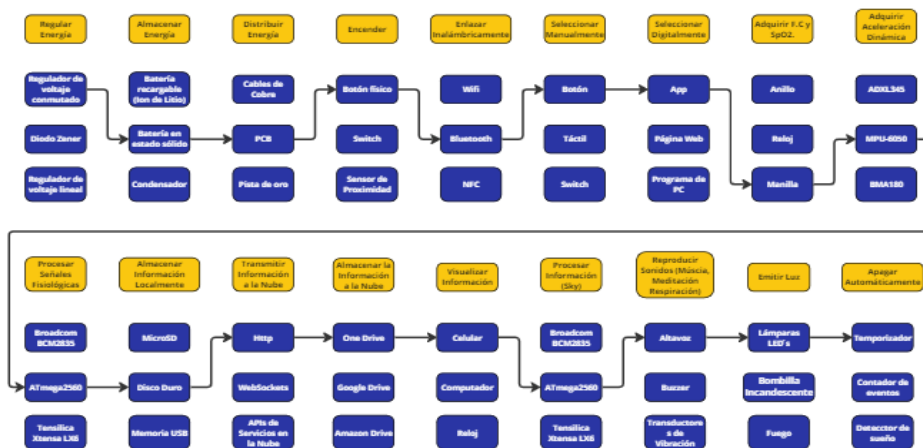


Figura 20. Concepto 3. Tomado de: Elaboración propia

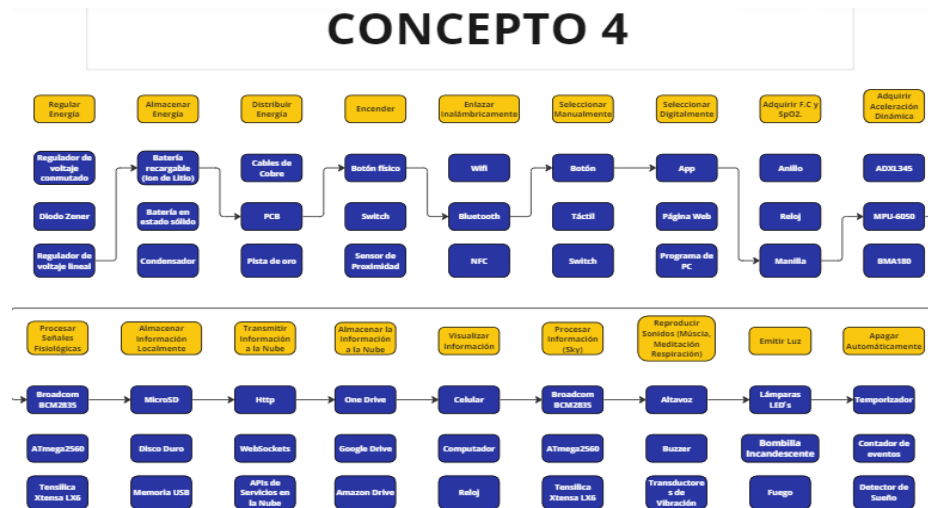


Figura 21. Concepto 4. Tomado de: Elaboración propia

## COMBINACIONES



Figura 22. Combinaciones de conceptos (2+3) y (3+4). Tomado de: Elaboración propia

A partir de estos conceptos seleccionados, se procede a realizar la matriz de evaluación. En esta etapa, inicialmente se asigna un peso a cada criterio de selección para determinar su importancia relativa en el proceso de decisión. Este peso permite identificar qué criterios tienen mayor relevancia al decidir en la evaluación de cada concepto. Luego, se inicia el proceso de evaluación de cada concepto en función de los criterios establecidos y sus respectivos pesos. El objetivo es identificar el concepto que mejor se ajusta a los criterios de selección definidos. A continuación, en la Fig. 23 se presenta la matriz de evaluación de conceptos.



incorporaban la utilización del sensor MPU-6050 para la captura de señales, junto con dispositivos de medición como manillas o relojes inteligentes, obtuvieron las calificaciones más altas. Como resultado, 4 de los 5 conceptos seleccionados recibieron una valoración positiva.

Los criterios de calificación, como la velocidad de procesamiento, resultaron ser determinantes debido a que un microprocesador más rápido garantiza una mayor precisión al analizar y digitalizar las señales, ya sean mediciones que vienen del accesorio o del dispositivo que controla la aplicación móvil. En este proceso, se optó por los conceptos que incorporaban el microprocesador Broadcom BCM2835, que cuenta con una velocidad de reloj de 250MHz, en lugar de competidores como el ATmega2560, que tiene una velocidad de reloj de 16MHz.

Para evaluar los criterios de seguridad y eficiencia energética, se consideraron diversas opciones de baterías y fuentes de alimentación, como las baterías de litio, las baterías de estado sólido y los condensadores. Las baterías de litio son asequibles y de fácil uso, pero pueden representar un riesgo para el usuario en caso de complicaciones eléctricas, ya que el riesgo de incendio es considerable. Por otro lado, las baterías de estado sólido ofrecen una mayor seguridad al minimizar el riesgo de incendio y descargas no deseadas, lo que protege tanto al dispositivo como al usuario. Las baterías de estado sólido casi no se comercializan, por lo que consideramos el uso de las de litio.

Tras analizar los resultados, se concluyó que sería ventajoso fusionar los conceptos 2 y 3, ya que se complementaban de manera significativa. Esta fusión permitiría cubrir las áreas en las que uno era débil y el otro destacaba. Además, se decidió implementar tanto los conceptos 3 como 4 debido a su empate en la selección. Esta decisión facilitará la creación de un concepto más completo al combinarlos, aprovechando las fortalezas individuales de cada uno para obtener un concepto más óptimo.

Para evaluar los conceptos y llevar a cabo su combinación, se utilizaron los criterios de selección como referencia, asignándoles un peso porcentual relativo al total. Este enfoque permitió destacar la combinación que mejor cumplía con los requerimientos y criterios de selección. Se lograron valores estables y altos, sin variaciones ni puntos débiles, garantizando así una selección sólida y consistente.

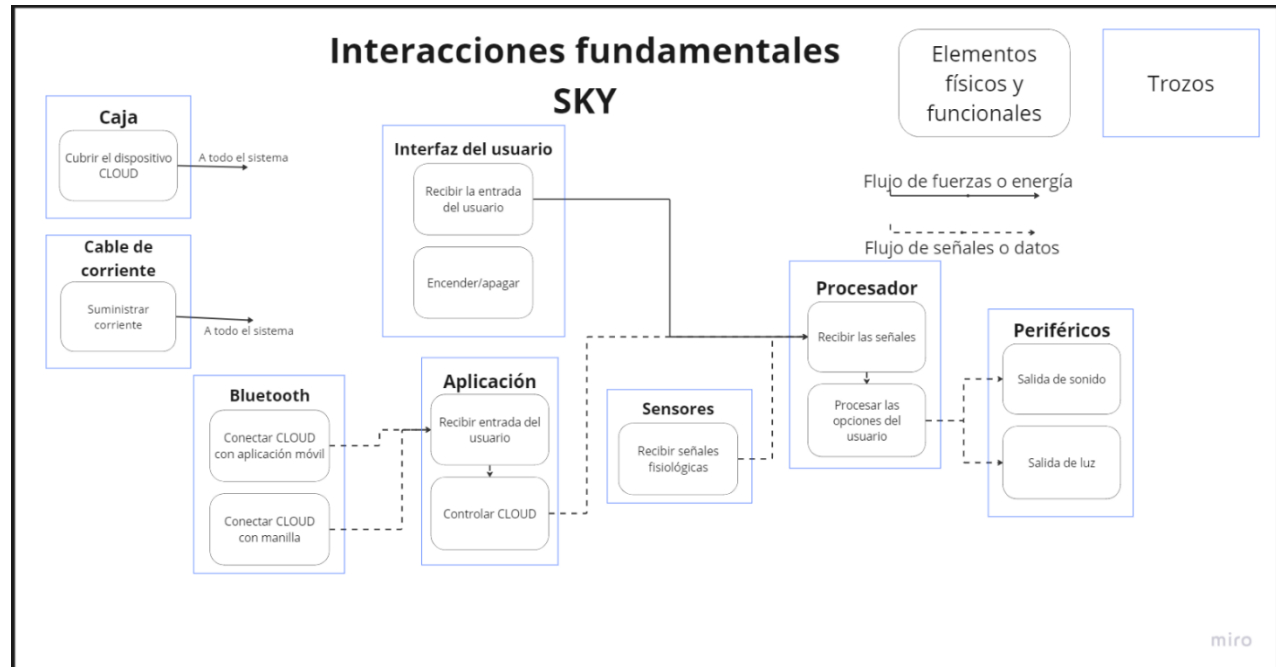
Durante este proceso, se logra una evaluación cuantitativa y objetiva al considerar las funciones que el dispositivo debe cumplir. Esto estimuló el debate entre nosotros como equipo,



aportando ideas basadas en la investigación realizada. Como resultado, se llegó a una decisión adecuada: La combinación de los conceptos 3 y 4. A continuación, se presenta la Fig. 24 en donde se observa el concepto ganador.

## VI. ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

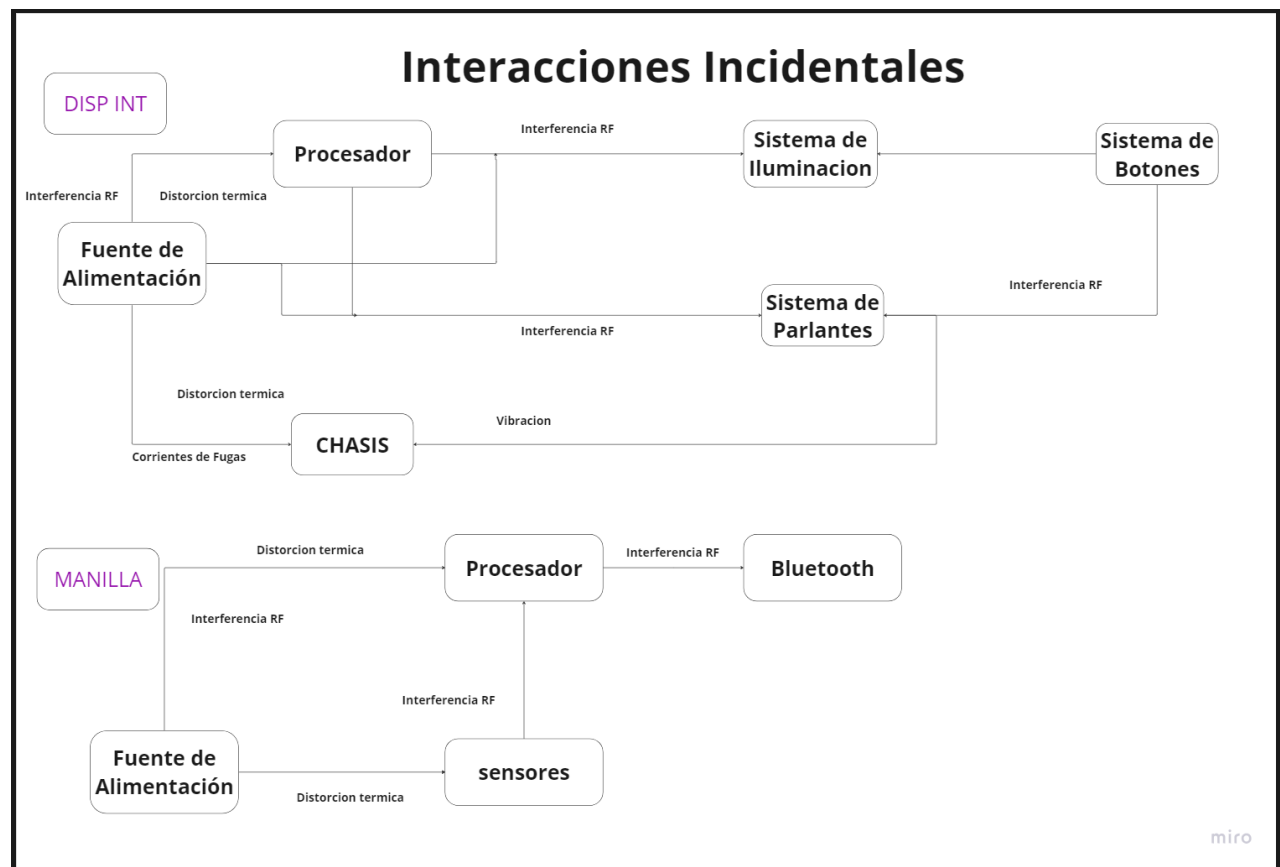
Para acercarse al diseño del prototipo y poder esbozar una idea sobre el dispositivo final, se recurre a la creación de diferentes diagrama de relaciones, ya sean funcionales, los cuales corresponden a la manera en que se relaciona cada elemento del dispositivo con otra, ya sea por transmisión de información, corriente o por almacenamiento de partes (Como lo es la estructura principal con todos los elementos del dispositivo) o los incidentales, que son aquellos sucesos que generan una relación no requerida en un principio, como el intercambio de calor entre dos componentes o la vibración que puede emitir el altavoz y que puede afectar de una u otra manera al dispositivo en general.



**Figura 25.** Interacciones fundamentales. Tomado de: Elaboración propia

Como se puede observar, en el flujo de interacciones en el dispositivo SKY, se destaca cómo

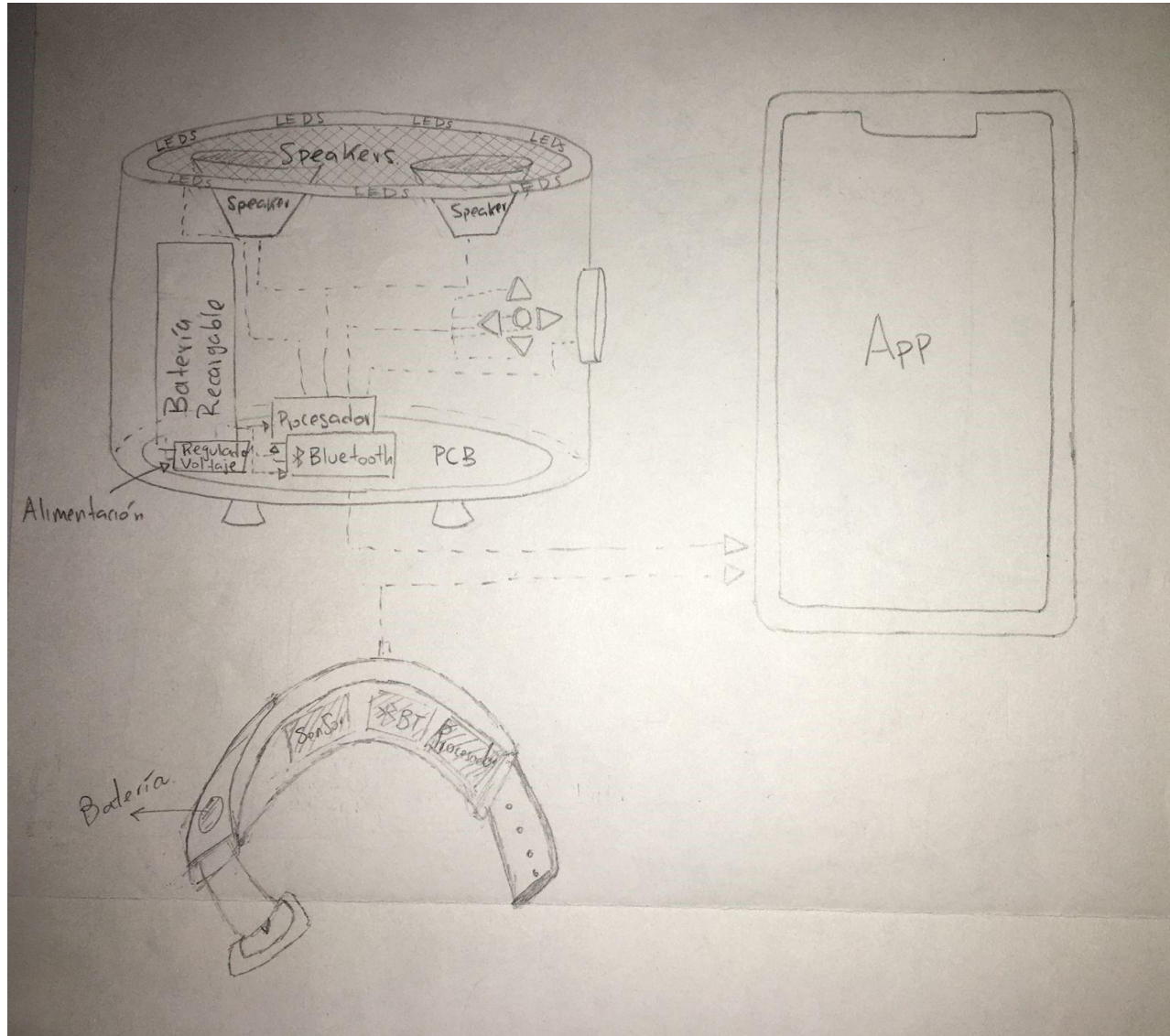
la energía y los datos se mueven a través de sus componentes. La caja protege el interior, el cable de corriente proporciona energía, y el módulo Bluetooth facilita la conexión con otros dispositivos. La interfaz permite a los usuarios operar el dispositivo, la aplicación procesa las entradas de los usuarios, los sensores capturan datos fisiológicos, y el procesador analiza toda esta información. Finalmente, los periféricos realizan acciones como emitir sonido o luz basándose en las instrucciones procesadas.



**Figura 26.** Interacciones incidentales. Tomado de: Elaboración propia

Como principal actor del dispositivo se puede encontrar el procesador de que de una u otra manera tiene interacciones incidentales con la gran mayoría de los elementos del dispositivo. La fuente de alimentación crea interferencias RF al procesador además de una distorsión térmica por el aumento de temperatura, la cual intenta disipar. El sistema de parlantes al momento de reproducir diferentes sonidos genera vibraciones que, al disiparse por la carcasa del dispositivo, genera que

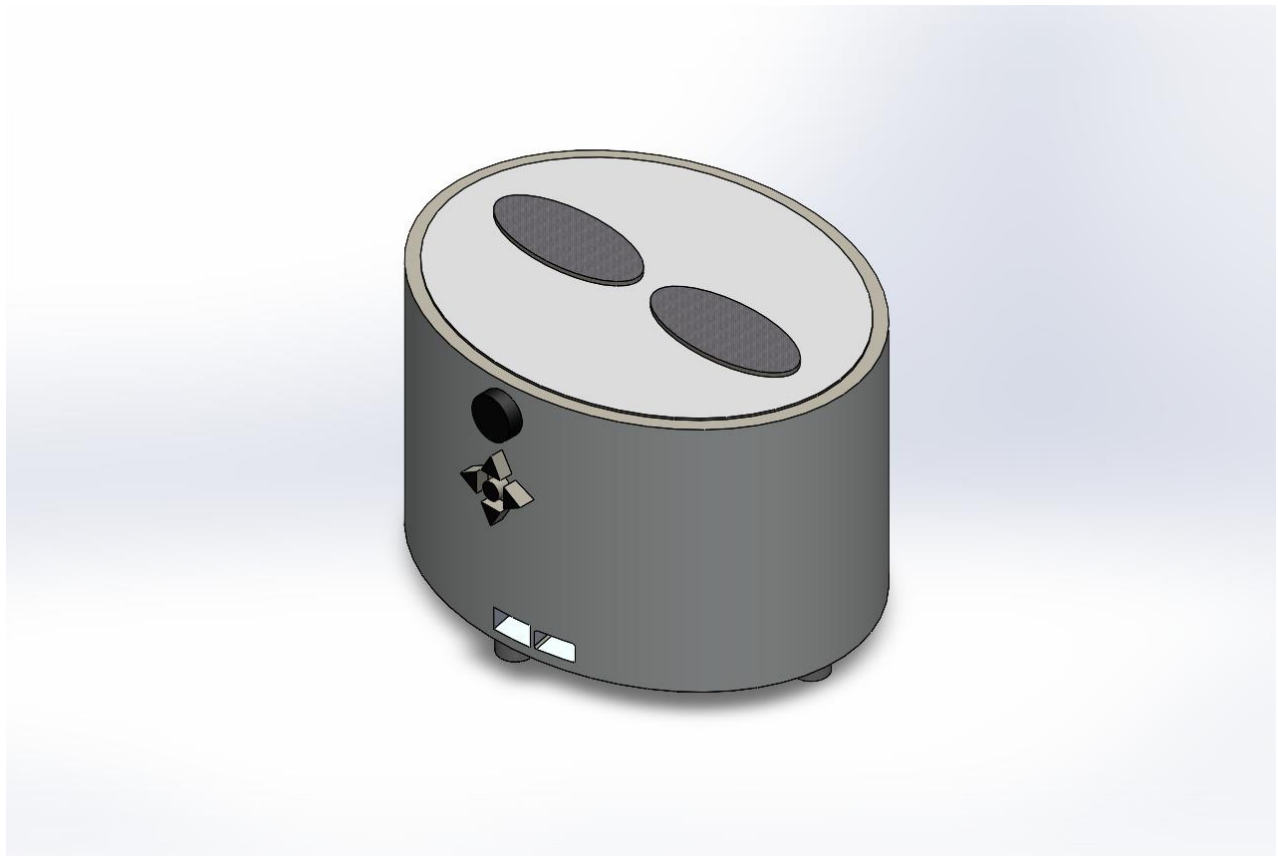
todos los elementos estén en contacto con estas ondas. La fuente de alimentación también deja como consecuencia las posibles corrientes de fuga que, si no se realiza un buen sistema de aislamiento, pueden ser un peligro potencial para el usuario. Con respecto a la manilla, lo que predomina son las interferencias RF y la distorsión térmica debido a la cantidad de elementos en un espacio limitado como lo es una pulsera de signos vitales.



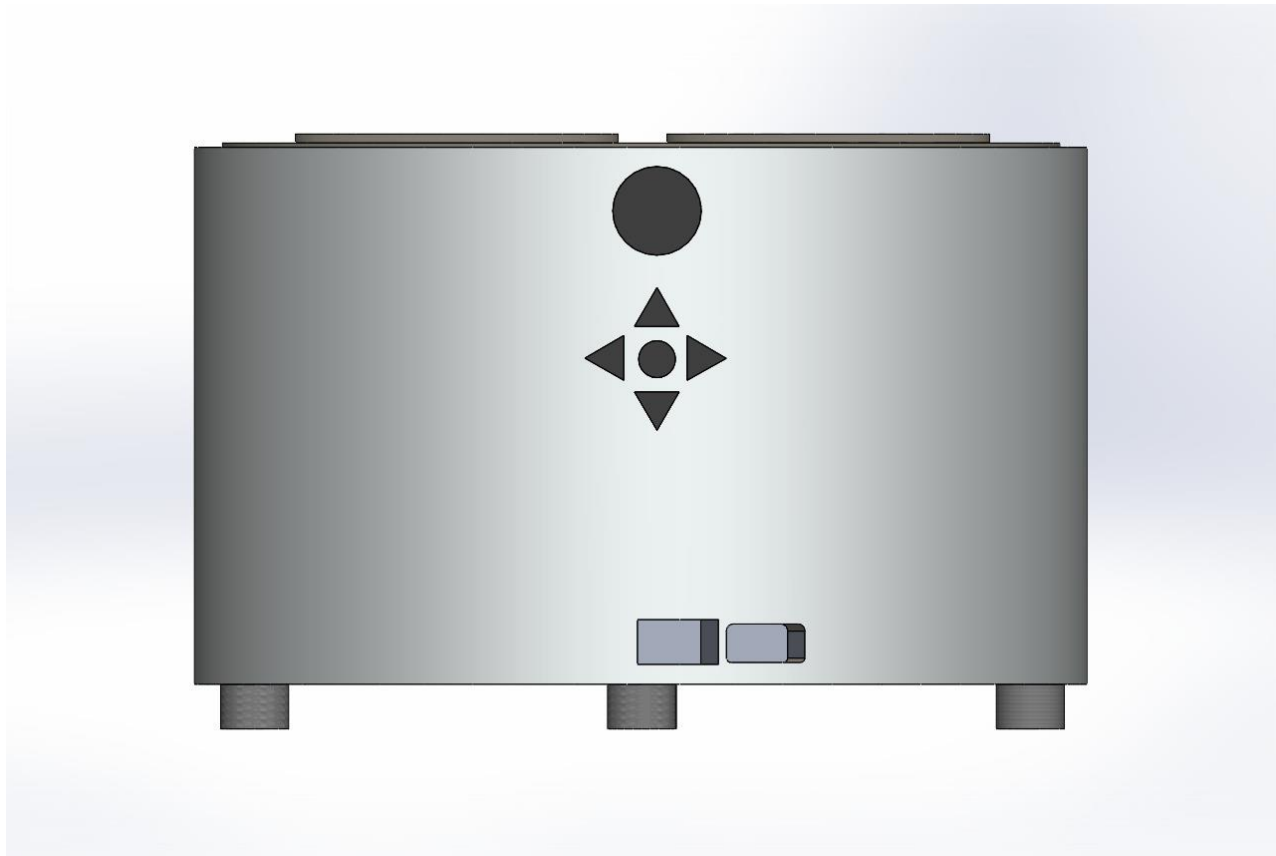
**Figura 27.** Boceto a mano alzada. Tomado de: Elaboración propia

El primer boceto del concepto seleccionado da una representación visual del dispositivo tanto por dentro como en su parte exterior. En la parte exterior se puede ver la carcasa, algunos

botones de comandos, dos parlantes, luces leds y aditamentos para la conexión a la electricidad. En la parte interna se puede evidenciar un montaje de regulador de voltaje, batería recargable, módulo bluetooth y procesador, conectados por medio de un circuito impreso atornillado o ajustado dentro de la carcasa para una mayor seguridad en el dispositivo. También es posible ver la manilla que está integrada al dispositivo, con la cual es posible monitorear el sueño por parte del paciente. Además de la aplicación móvil con la que se puede controlar el dispositivo y también conocer los datos recopilados por la manilla con sensores.

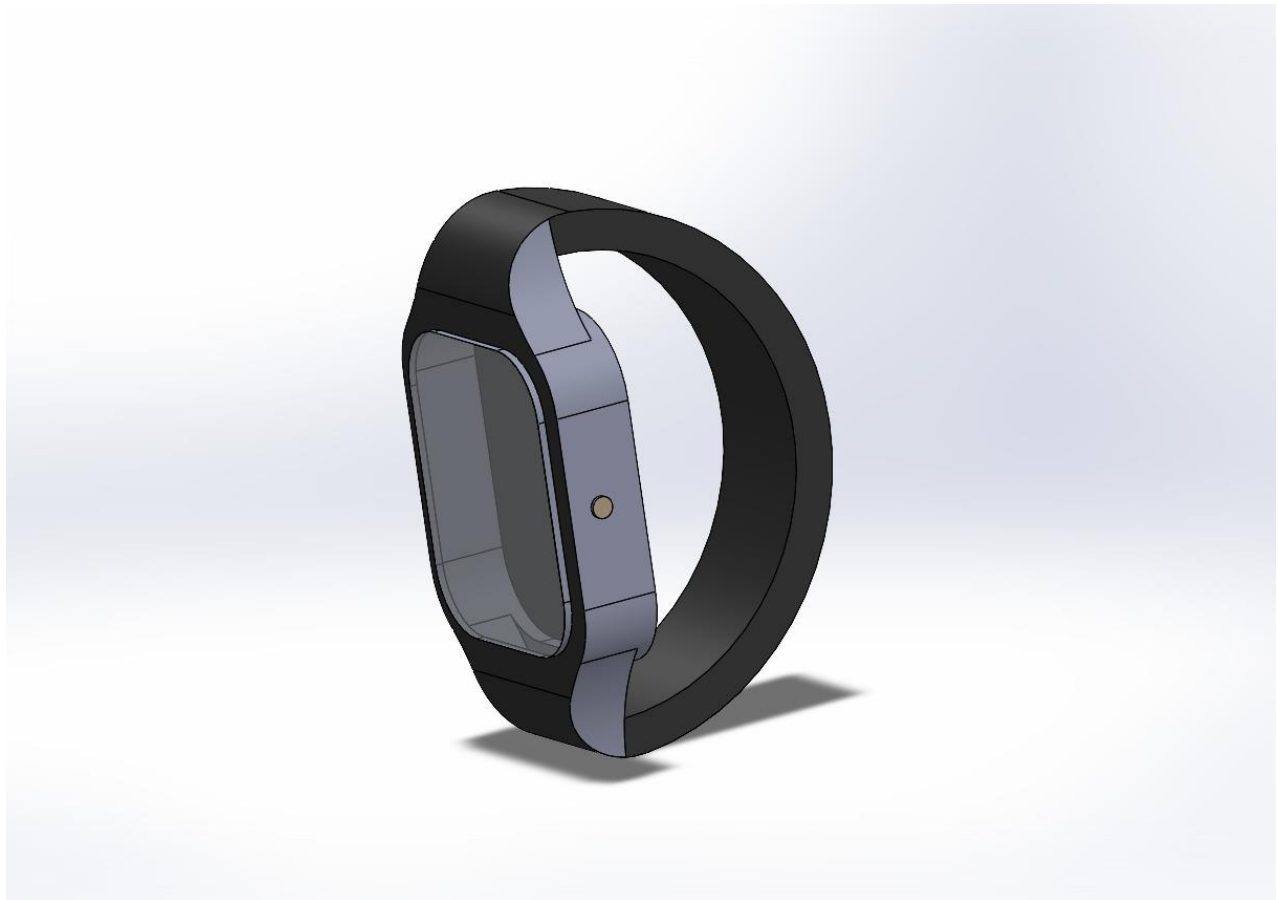


**Figura 28.** Diseño en 3D del dispositivo. Tomado de: Elaboración propia



**Figura 29.** Diseño en 3D del dispositivo. Tomado de: Elaboración propia

Luego de la realización del primer boceto, se pasó a un modelado en 3D utilizando la herramienta de diseño “SolidWorks”, siendo este el mismo diseño planteado en el boceto a mano alzada, pero desde la vista en 3D se puede generar una mayor perspectiva del dispositivo.



**Figura 30.** Diseño en 3D de la manilla. Tomado de: Elaboración propia

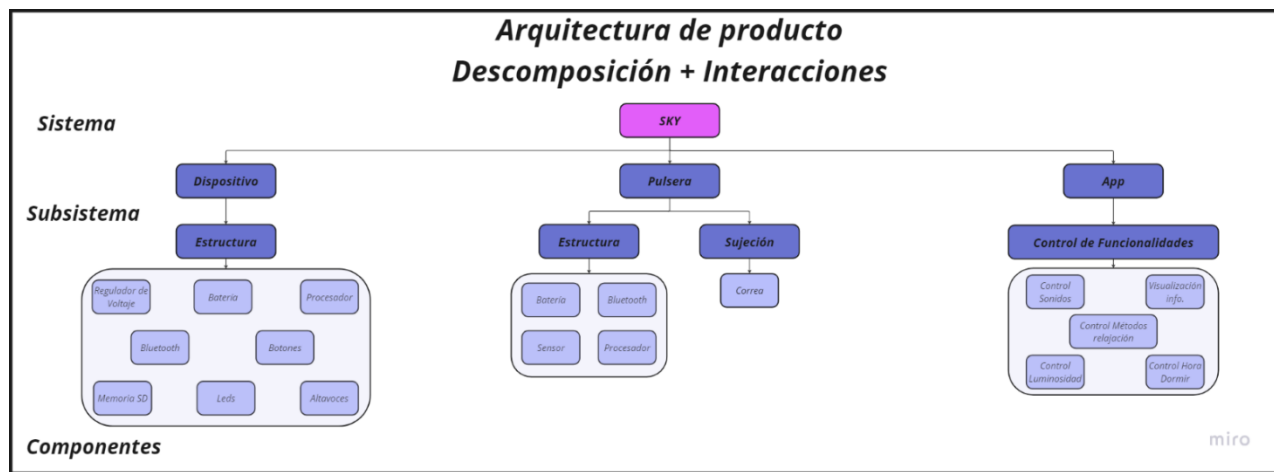


**Figura 31.** Diseño de la interfaz de la aplicación. Tomado de: Elaboración propia

Diseño conceptual de la interfaz gráfica con el cual se puede evidenciar una aproximación al diseño final que tendrá esta. Se da una idea de las capacidades que tendrá el dispositivo total como conjunto, tales como: ajuste de hora, música y sonidos relajantes, control de iluminación e inicio rápido de meditación.

## VII. DISEÑO DETALLADO

Durante el proceso de diseño, existe una etapa conocida como “Arquitectura de diseño”, el cual tiene como objetivo principal dividir el dispositivo en subsistemas y posteriormente descomponer estos subsistemas en elementos individuales. Con esto se puede identificar cuáles de estos elementos se pueden conseguir comercialmente y para cuales se requiere un diseño específico y detallado debido a su naturaleza no comercial.



**Figura 32.** Descomposición sistema, subsistemas, componentes. Tomado de: Elaboración propia

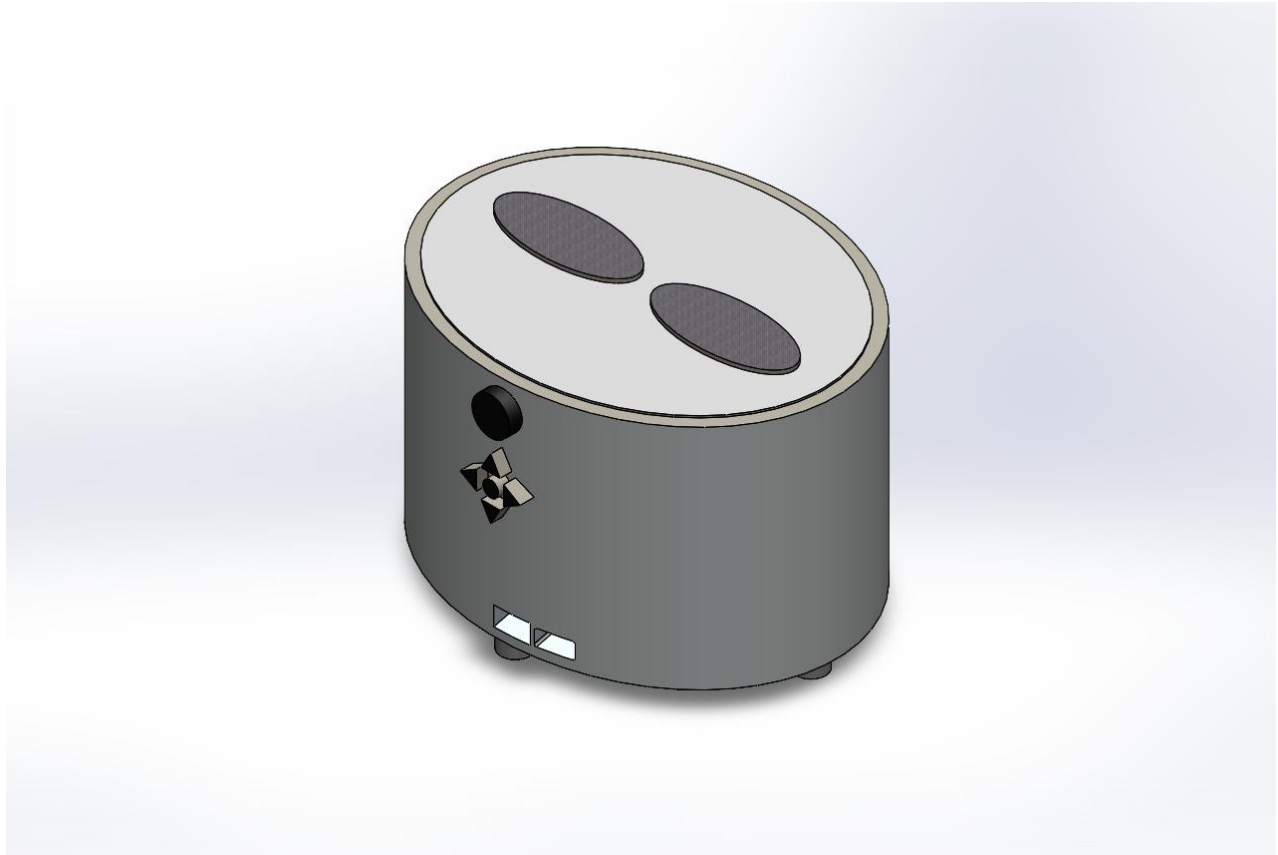
Los sistemas y subsistemas identificados del dispositivo son:

- **Dispositivo (Cloud)**
  - Estructura
- **Pulsera**
  - Estructura
  - Sujeción
- **App**
  - Control de funcionalidades



En la descomposición en elementos, se pueden identificar cada uno de los integrantes de los respectivos módulos. Por medio de este proceso se puede identificar los elementos que requieren diseño detallado o los que se pueden conseguir en el mercado.

#### *Estructura (Diseño detallado)*



**Figura 33.** Diseño en 3D dispositivo. Tomado de: Elaboración propia

- *Regulador de voltaje (Comercial)*
  - Por medio de la tienda online Vistrónica se puede adquirir un regulador de voltaje con las características necesarias para los requerimientos del dispositivo.  
REGULADOR DE VOLTAJE AC A DC XL-007: Es un módulo de potencia tipo fuente de alimentación de conmutación aislada de nivel industrial que se puede usar en la conversión de energía de AC o DC, ayudando a proteger el

dispositivo. Enciende cualquier circuito de 5V, siendo de tamaño pequeño y rendimiento estable. ([AC-DC Power Module 5V 700mA](#))

## Características

	85 a 265 VAC 50/60 Hz
Voltaje de entrada:	100 a 370 VDC
Voltaje de salida:	5 VDC
Corriente de salida:	700 mA
Corriente pico:	800 mA
Potencia:	3.5 W
Temperatura de funcionamiento:	-20° C a 60° C
Humedad relativa:	40-90%
Eficiencia:	80%
Dimensiones:	30x20x18 mm

**Figura 34.** Características de REGULADOR DE VOLTAJE AC A DC XL-007. Tomado de: Vistrónica

- *Batería (Comercial)*
  - Batería recargable Li – Ion tipo 9V como fuente de alimentación portátil diseñada para dispositivos electrónicos que requieren tensión de 9 voltios. Mediante la selección de conceptos se llegó a la conclusión que la mejor opción era una batería de iones de litio debido a que estas proporcionan una alta densidad de energía y una larga vida útil. El ser recargable la hace más económica además de respetuosa con el medio ambiente.

## Características

*Tipo de Bateria:* Ion de litio recargable

*Tensión:* 9 Vcc

*Capacidad:* 400 mAh

*Tecnología:* Ion de litio

*Ciclos de Recarga:* 300 a 500 ciclos completos

*Terminal o conector:* Tipo broche

*Aplicaciones:* Dispositivos electrónicos portátiles, juguetes, instrumentos musicales, etc.

**Figura 35.** Características de Batería recargable Li – Ion tipo 9V. Tomado de: Vistrónica

- *Procesador (Comercial)*
  - La opción elegida en este caso fue el procesador que posea la tarjeta (Computador) Raspberry pi 2, el broadcom bcm2836, el cual cuenta con la capacidad suficiente de ejecutar el programable determinado para el funcionamiento del dispositivo. Disponible en Colombia en la tienda online Ferretrónica.

### Especificaciones Técnicas:

- Computadora de Placa Única alimentada por un Procesador Quad Core ARMv7 Broadcom BCM2836 funcionando a 900MHz
- 1GB de RAM
- GPIO extendido de 40 pines
- 4 puertos USB
- Salida de audio estéreo de 4 polos y puerto de video compuesto
- HDMI de tamaño completo
- Puerto para cámara CSI para conectar la cámara Raspberry Pi
- Puerto de pantalla DSI para conectar la pantalla táctil Raspberry Pi
- Puerto para tarjeta Micro SD para cargar tu sistema operativo y almacenar datos
- Fuente de alimentación Micro USB

**Figura 36.** Características de Raspberry pi 2. Tomado de: Ferretrónica

- *Módulo Bluetooth (Comercial)*

- El módulo bluetooth es adquirido por medio de la tienda online Tecnopura. Se trata de un HC-05 con pines, modulo maestro – esclavo, lo que quiere decir que además de recibir conexiones desde un PC también es capaz de generar conexiones hacia otros dispositivos bluetooth. Permitiendo conectar dos módulos de bluetooth y transmitiendo así datos entre dos microcontroladores.

## Especificaciones técnicas

- Referencia: HC05
- Pines: 6 (STATE, RXD, TXD, GND, VCC, EN)
- Versión bluetooth: 2.0 +EDR
- Frecuencia: 2.4Ghz
- Potencia: Clase 2
- Puerto de comunicación: UART/USB
- Voltaje de operación 3.3V

**Figura 37.** Características de Módulo bluetooth HC-05. Tomado de: Vistrónica

- *Botones (Comercial)*
  - Para los botones se optó por pulsadores (En este caso verde pero pueden ser adquiridos en el color de su preferencia) los cuales son ampliamente utilizados en circuitos de control. Indica la posición en la que se encuentra el pulsador, ya sea modo ON o en modo OFF. Adquirido en Vistronica.

## Características

Temperatura Ambiente:	-25°C ~+ 85°C
Humedad Relativa:	(40°C) ≤ 80%
Valores Nominales:	DC12V 50MA
Resistencia de Contacto:	≤ 100MΩ
Resistencia de Aislamiento:	≥ 100MΩDC250V/1MIN

**Figura 38.** Características de Botones. Tomado de: Vistrónica

- *Memoria SD (Comercial)*
  - Micro SD marca SanDisk de 32GB con el fin de grabar los datos monitoreados por la pulsera y el sensor de signos vitales además de los patrones de sueño analizados.

### *Características*

*Capacidad: 32 GB*

*Velocidad de transmisión: Clase 10*

*Velocidad de escritura: 10 MBPS*

*Velocidad de lectura: 80 MBPS*

*Temperatura de trabajo: -25° C a 85° C*

*Clasificación: UHS-1*

**Figura 39.** Características de MicroSD. Tomado de: Vistrónica

- *Leds (Comercial)*
  - Anillo led programable para la ambientación para las rutinas de sueño y los ejercicios que serán utilizados para conciliar el sueño por parte del usuario. Deben ser leds con una capacidad de brillo para iluminar una habitación, pero se debe tener en cuenta que la luz emitida debe ser tenue para no interferir con el sueño del usuario.

## Características

<i>Voltaje de alimentación:</i>	<i>4 a 7 V (sugerido a 5 V)</i>
<i>Consumo de corriente:</i>	<i>18 mA</i>
	<i>Diámetro exterior: 50 mm</i>
<i>Dimensiones:</i>	<i>Diámetro interno: 36 mm</i>
	<i>Espesor: 3.2 mm</i>
<i>Peso:</i>	<i>3.3g</i>
	<i>V+: alimentación positiva</i>
	<i>GND: Masa o tierra</i>
<i>Pines de conexión:</i>	<i>D1: entrada de la señal del controlador</i>
	<i>Do: salida de la señal del controlador</i>

**Figura 40.** Características de Leds. Tomado de: Vistrónica

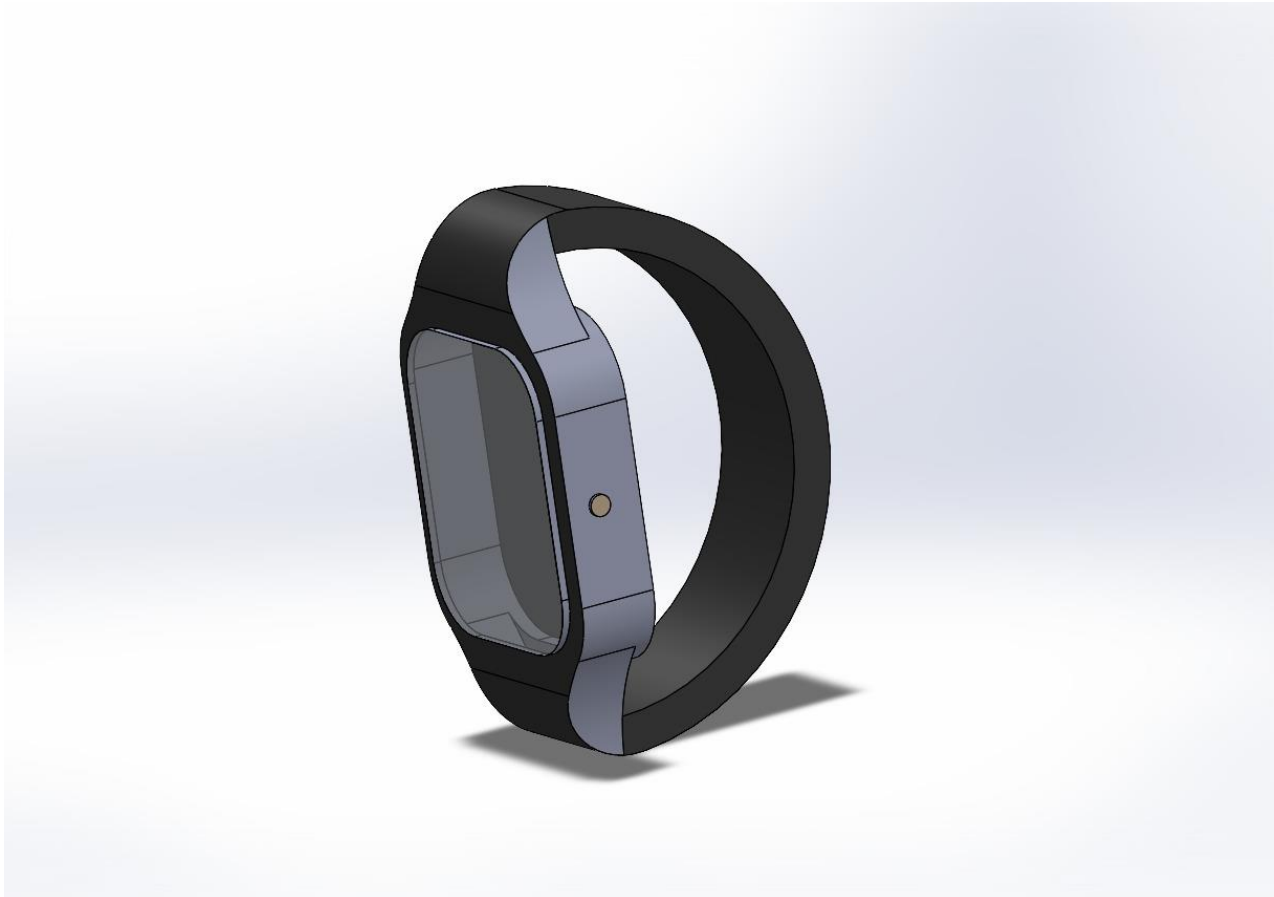
- *Altavoces (Comercial)*
  - Parlante rectangular multipropósito para reproducir los sonidos que el usuario elija (PARLANTE RECTANGULAR 2W 8 OHM).

<i>Tamaño</i>	<i>40*20 mm</i>
<i>Forma</i>	<i>Rectangular</i>
<i>Impedancia nominal</i>	<i>8 Ohm</i>
<i>Ruido</i>	<i>1 dB</i>
<i>Potencia nominal</i>	<i>2w</i>

**Figura 41.** Características de Altavoces. Tomado de: Vistrónica

- Pulsera – estructura y sujeción

- *Estructura (Diseño detallado)*



**Figura 42.** Diseño 3D manilla. Tomado de: Elaboración propia

- Batería (Comercial)
  - Batería recargable Li – Ion tipo 9V como fuente de alimentación portátil diseñada para dispositivos electrónicos que requieren tensión de 9 voltios. Mediante la selección de conceptos se llegó a la conclusión que la mejor opción era una batería de iones de litio debido a que estas proporcionan una alta densidad de energía y una larga vida útil. El ser recargable la hace más económica además de respetuosa con el medio ambiente.

## Características

<i>Tipo de Bateria:</i>	<i>Ion de litio recargable</i>
<i>Tensión:</i>	<i>9 Vcc</i>
<i>Capacidad:</i>	<i>400 mAh</i>
<i>Tecnología:</i>	<i>Ion de litio</i>
<i>Ciclos de Recarga:</i>	<i>300 a 500 ciclos completos</i>
<i>Terminal o conector:</i>	<i>Tipo broche</i>
<i>Aplicaciones:</i>	<i>Dispositivos electrónicos portátiles, juguetes, instrumentos musicales, etc.</i>

**Figura 43.** Características de Batería recargable Li – Ion tipo 9V. Tomado de: Vistrónica

- *Módulo Bluetooth (Comercial)*
  - El módulo bluetooth es adquirido por medio de la tienda online Tecnopura. Se trata de un HC-05 con pines, modulo maestro – esclavo, lo que quiere decir que además de recibir conexiones desde un PC también es capaz de generar conexiones hacia otros dispositivos bluetooth. Permitiendo conectar dos módulos de bluetooth y transmitiendo así datos entre dos microcontroladores.

## Especificaciones técnicas

- Referencia: HC05
- Pines: 6 (STATE, RXD, TXD, GND, VCC, EN)
- Versión bluetooth: 2.0 +EDR
- Frecuencia: 2.4Ghz
- Potencia: Clase 2
- Puerto de comunicación: UART/USB
- Voltaje de operación 3.3V

**Figura 44.** Características de Módulo bluetooth HC-05. Tomado de: Vistrónica

- *Procesador (Comercial)*
  - La opción elegida en este caso fue el procesador que posea la tarjeta (Computador) Raspberry pi 2, el broadcom bcm2836, el



cual cuenta con la capacidad suficiente de ejecutar el programable determinado para el funcionamiento del dispositivo. Disponible en Colombia en la tienda online Ferretrónica.

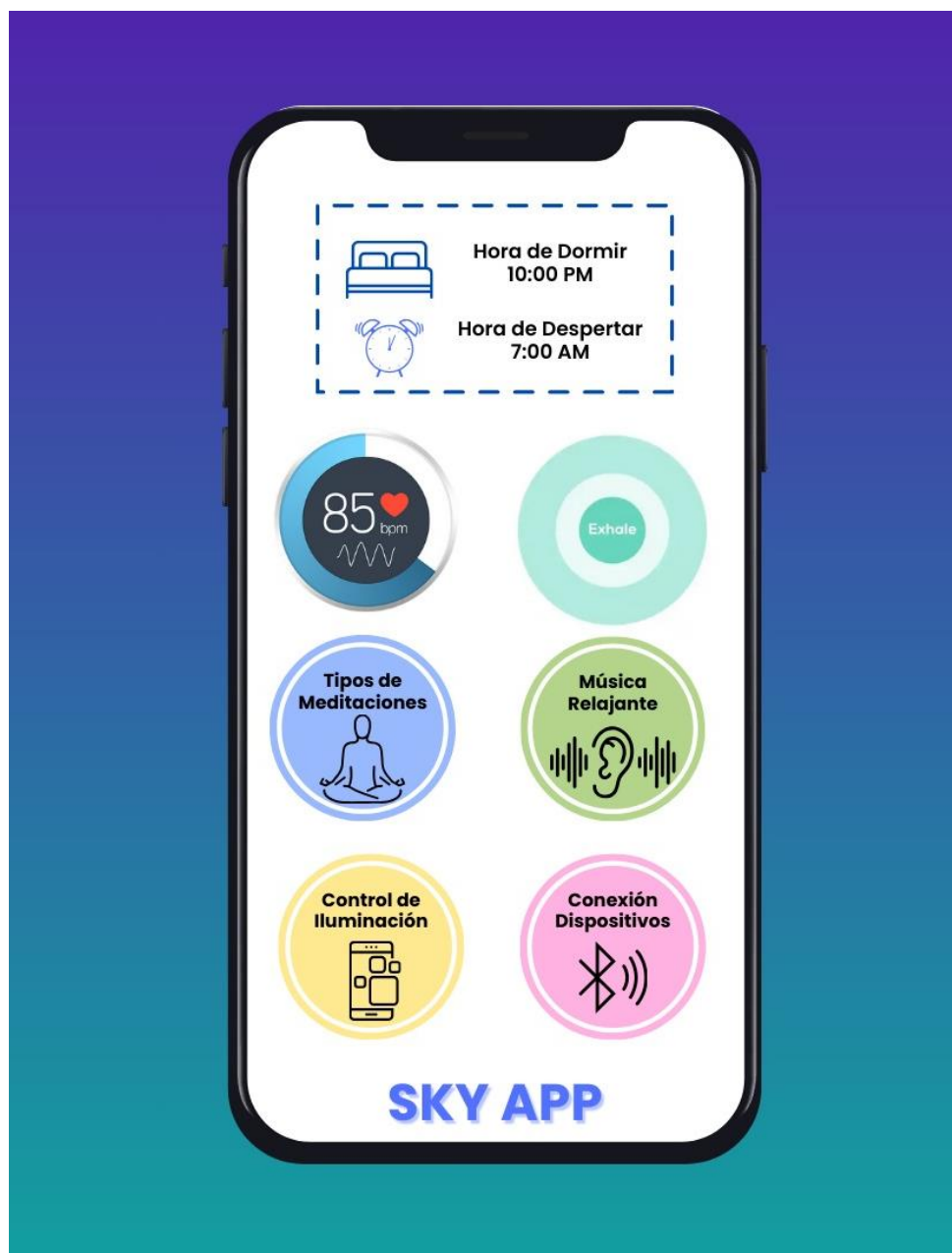
#### Especificaciones Técnicas:

- Computadora de Placa Única alimentada por un Procesador Quad Core ARMv7 Broadcom BCM2836 funcionando a 900MHz
- 1GB de RAM
- GPIO extendido de 40 pines
- 4 puertos USB
- Salida de audio estéreo de 4 polos y puerto de video compuesto
- HDMI de tamaño completo
- Puerto para cámara CSI para conectar la cámara Raspberry Pi
- Puerto de pantalla DSI para conectar la pantalla táctil Raspberry Pi
- Puerto para tarjeta Micro SD para cargar tu sistema operativo y almacenar datos
- Fuente de alimentación Micro USB

**Figura 45.** Características de Raspberry pi 2. Tomado de: Ferretrónica

#### – App – Control de funcionalidades

- *Interfaz gráfica (Diseño detallado)*



**Figura 46.** Diseño interfaz para la aplicación móvil. Tomado de: Elaboración propia

## VIII. FACTORES ASOCIADOS AL PROCESO DE DISEÑO

Durante todo el proceso de diseño de ingeniería, es esencial considerar una amplia gama de factores que pueden tener repercusiones significativas en varios aspectos, como la salud pública, la seguridad y el bienestar, así como en aspectos globales, culturales, sociales y económicos. Estos factores no solo pueden afectar a los usuarios directos del producto, sino también a la sociedad en su conjunto. Por lo tanto, es fundamental realizar un análisis detallado y exhaustivo de cada uno de estos elementos para garantizar que el producto final no solo cumpla con los requisitos técnicos y funcionales, sino también con las expectativas y necesidades de los usuarios, y que contribuya positivamente al entorno en el que se utilizará. A continuación, se presenta un análisis detallado de los factores más importantes a tener en cuenta en el proceso de diseño descrito en el presente documento.

### A. Factores de riesgo:

Durante el proceso de diseño, es esencial identificar y abordar los posibles factores de riesgo que podrían surgir en diversas etapas del desarrollo del producto. Estos factores de riesgo pueden tener un impacto significativo en la seguridad, la eficacia y la aceptación del dispositivo por parte de los usuarios. Algunos de los factores de riesgo más importantes a considerar son:

#### *a. Seguridad Eléctrica:*

Es fundamental asegurar que el diseño del dispositivo cumpla con las normativas y estándares de seguridad eléctrica para prevenir descargas eléctricas y garantizar la protección del usuario contra posibles peligros eléctricos. Teniendo esto en cuenta, pueden resaltarse algunas de las normativas más importantes respecto a seguridad eléctrica, tales como:

- i) **IEC 62368-1:** Esta norma se aplica a equipos de tecnología de la información y equipos de tecnología audiovisual. Es esencial para garantizar la seguridad eléctrica en dispositivos que incorporen componentes

electrónicos, como los sistemas de control y monitoreo utilizados en dispositivos para mejorar la calidad del sueño.

- ii) **NTC 4552:** Esta norma colombiana establece los requisitos generales de seguridad para equipos electrónicos, incluyendo aspectos relacionados con la protección contra choques eléctricos, sobrecargas y otros peligros eléctricos.
- iii) **Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE:** Este reglamento establece los requisitos técnicos y de seguridad para la instalación, operación y mantenimiento de sistemas eléctricos en Colombia, incluyendo aspectos relacionados con la seguridad eléctrica en dispositivos y equipos electrónicos.

***b. Compatibilidad Electromagnética (EMC):***

Se deben realizar pruebas exhaustivas para garantizar que el dispositivo sea compatible electromagnéticamente y que no genere interferencias perjudiciales con otros equipos electrónicos, lo que podría afectar su funcionamiento o la seguridad del usuario.

***c. Seguridad de la Información.***

Dado que el sistema propuesto implicará el manejo de datos personales e información sobre la salud del usuario, es crucial implementar medidas de seguridad de la información sólidas. Estas medidas deben garantizar la privacidad del usuario y proteger su información contra accesos no autorizados o posibles brechas de seguridad.

***d. Seguridad de Materiales y Biocompatibilidad.***

Es fundamental asegurar que los materiales utilizados en la fabricación de los dispositivos del sistema sean seguros, no tóxicos y que no provoquen reacciones alérgicas o irritación al entrar en contacto con la piel del usuario. Además, aunque el dispositivo no esté diseñado para soportar grandes cargas, es crucial que los materiales sean lo suficientemente resistentes para minimizar cualquier daño en caso de accidentes o caídas.

**B. Factores económicos:**

En el proceso de diseño en ingeniería, es esencial considerar los aspectos económicos, ya que influyen significativamente en la viabilidad y el éxito del proyecto. Esto implica realizar cálculos detallados sobre los costos y beneficios asociados al proceso de diseño. Como se observa en la Figura 47.

ANÁLISIS ECONÓMICO	PRECIO
<b>Materiales (por unidad)</b>	
Regulador de Voltaje AC A DC XL-007	\$10.400
Batería recargable Li-Ion tipo 9V	\$40.000
Raspberry Pi 2 (Broadcom bcm2836)	\$225.000
PCB	\$20.000
Módulo Bluetooth HC-05	\$30.000
Botones	\$5.000
Memoria SD	\$60.000
Aplicación	\$50.000
MPU 6050	\$40.000
Parlantes	\$15.000
Manilla	\$30.000
Lámparas LED	\$10.000
Subtotal Materiales	<b>\$535.400</b>
<b>Costos de Producción (Mensual)</b>	
Mano de obra	\$1.300.000
Gastos operativos	\$200.000
<b>Costos de Desarrollo</b>	
Investigación y desarrollo ( <i>una vez</i> )	\$300.000
Pruebas y validaciones ( <i>a cada unidad</i> )	\$50.000
<b>Costos de Comercialización (Mensual)</b>	
Marketing y publicidad	\$250.000
Embalaje y distribución	\$200.000
<b>Ingresos y Beneficios</b>	
Precio de venta estimado (por unidad)	\$700.000
Volumen de ventas esperado (mensual)	500 unidades
Ingresos totales esperados (mensual)	\$350.000.000
<b>Análisis de Rentabilidad</b>	
Margen de ganancia	<b>\$51.900.000</b>

**Figura 47.** Tabla de Costos y Beneficios. Análisis Económico. Tomado de: Elaboración propia

Es esencial tener en cuenta los costos directos de los materiales involucrados, los gastos relacionados con la producción, desarrollo y comercialización, los ingresos proyectados y un análisis detallado de rentabilidad. Este enfoque integral nos proporcionará una comprensión completa y precisa del impacto económico de nuestro proyecto.

Es fundamental considerar que los costos de los materiales por unidad reflejados en la tabla no representan los costos reales, ya que la producción en masa implica economías de escala. Esta consideración es vital, ya que significa que los costos unitarios de los materiales disminuirán significativamente a medida que aumente el volumen de producción. Por tanto, es probable que los

costos de los materiales por unidad sean considerablemente más bajos en una escala de producción real, lo que impactará positivamente en la rentabilidad del proyecto y en el margen de ganancia esperado.

Esta optimización de costos debe tenerse en cuenta al realizar análisis financieros más precisos y al planificar estrategias de producción y comercialización. De hecho, una reducción en los costos de fabricación podría incluso resultar en una disminución del precio de venta, haciendo que el producto sea más atractivo para los usuarios potenciales. Además, la implementación de costos de producción optimizados podría ser una estrategia viable para mejorar la competitividad del producto en el mercado.

#### **C. Factores ambientales:**

En el proceso de diseño ejecutado, es crucial identificar y considerar los diversos factores ambientales que pueden influir en el desarrollo del producto. Estos factores pueden abarcar desde consideraciones relacionadas con la sostenibilidad y el impacto medioambiental hasta la adaptabilidad del producto a diferentes entornos y condiciones ambientales. Algunos de los aspectos clave a tener en cuenta son:

##### ***a. Sostenibilidad.***

Es crucial diseñar el producto de forma que reduzca al mínimo su impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta su disposición final. La elección de materiales es un factor clave en este proceso, considerando especialmente el uso de baterías de litio, que, aunque necesarias, pueden plantear riesgos ambientales significativos.

##### ***b. Eficiencia Energética:***

El diseño del producto debe enfocarse en maximizar la eficiencia energética durante su uso, reduciendo así su consumo de energía y su huella de carbono. Esto puede lograrse mediante la implementación de tecnologías de bajo consumo energético, la optimización de algoritmos y la gestión inteligente de la energía.

#### **D. Factores sociales:**

En el proceso de diseño ejecutado, es esencial identificar y comprender los diversos factores sociales que pueden influir en el desarrollo del producto, o, por otro lado, los factores sociales que el desarrollo del producto y su introducción en el mercado, podrían llegar a afectar. Estos factores abarcan una amplia gama de aspectos relacionados con las interacciones humanas, las necesidades y expectativas de los usuarios, así como el impacto del producto en la sociedad en su conjunto. Algunos de los aspectos clave a considerar son:

#### *a. Demografía del Usuario.*

Comprender a fondo el perfil demográfico de los futuros usuarios del producto es esencial, considerando aspectos como la edad, el género, el nivel educativo, el estatus socioeconómico y otros factores pertinentes. Esta comprensión profunda facilita el diseño de un producto que se ajuste de manera óptima a las necesidades y preferencias de su audiencia objetivo. Inicialmente, el producto está dirigido a personas de nivel económico medio o superior en Colombia que enfrenten dificultades para disfrutar de un sueño de calidad. No obstante, se planea expandir su alcance a nivel internacional, especialmente en países desarrollados, donde el estrés relacionado con el capitalismo y el consumismo extremo puede afectar significativamente la calidad del sueño de las personas.

#### *b. Accesibilidad e inclusión.*

El diseño del producto debe ser inclusivo y accesible para todos los usuarios, sin importar sus capacidades físicas, sensoriales o cognitivas. Esto implica considerar el diseño universal y la facilidad de uso, así como la inclusión de características que permitan a las personas con discapacidades utilizar el producto de manera efectiva. Para lograrlo, se ofrecen una amplia gama de modos de relajación, opciones de sonido, configuraciones de iluminación, colores y otras características personalizables. Esta diversidad no solo mejora la experiencia del usuario, sino que también garantiza que el producto sea inclusivo al permitir que cada usuario lo adapte según sus necesidades individuales, sin importar su capacidad o situación.



***c. Impacto Social.***

El dispositivo no solo busca satisfacer las necesidades individuales de los usuarios en términos de mejorar la calidad del sueño, sino que también tiene el potencial de generar un impacto social significativo. Al promover un mejor descanso y una calidad de sueño óptima, puede contribuir a la salud mental y física de las personas, lo que a su vez podría reducir los índices de estrés, ansiedad y otros problemas de salud relacionados con el sueño. Además, al mejorar el rendimiento cognitivo y la productividad diaria de los individuos, el dispositivo podría tener efectos positivos en el ámbito laboral y académico, impulsando la eficiencia y el bienestar de la comunidad en general.

## **IX. CONCLUSIONES**

La importancia de abordar la temática del diseño integral de un sistema biomédico destinado a mejorar la calidad del sueño no puede subestimarse en el contexto actual de la salud y el bienestar. Con un creciente reconocimiento de la importancia del sueño para la salud física y mental, así como para el rendimiento cognitivo y la calidad de vida en general, surge la necesidad de soluciones innovadoras que aborden los desafíos asociados con los trastornos del sueño y la mala calidad del descanso. Por lo tanto, el enfoque en este proyecto hacia la mejora de la calidad del sueño no solo es oportuno, sino también vital para abordar una preocupación de salud pública cada vez más relevante.

El proceso de diseño integral llevado a cabo en este proyecto se caracterizó por su meticulosidad y su adherencia a metodologías de ingeniería rigurosas. Desde la identificación de necesidades de los usuarios hasta la generación y selección de los mejores conceptos de diseño, cada etapa fue abordada con un enfoque sistemático y cuidadoso. Se emplearon herramientas y técnicas de ingeniería para garantizar que el diseño final del sistema integral cumpliera con los requisitos identificados, considerando tanto los atributos de diseño como las necesidades y expectativas de los usuarios. Esta aproximación metódica no solo aseguró la eficacia y la seguridad del producto, sino que también maximizó la probabilidad de éxito en su implementación y aceptación por parte de los usuarios.

El diseño final del sistema integral resultó exitoso al cumplir con las necesidades identificadas de los usuarios y los requisitos propuestos. Mediante un proceso iterativo y evolutivo, se logró desarrollar un dispositivo que no solo aborda eficazmente los problemas relacionados con la calidad del sueño, sino que también incorpora características de diseño que mejoran la experiencia del usuario y garantizan su accesibilidad. La generación y selección de los mejores conceptos de diseño se basaron en un análisis exhaustivo de los atributos de diseño y las preferencias de los usuarios, lo que permitió crear un producto final que se adapta de manera óptima a las necesidades del mercado.

El paso siguiente en el proceso será la materialización del dispositivo y la realización de pruebas de validación para garantizar su eficacia y seguridad. Estas pruebas son fundamentales para

verificar el rendimiento del dispositivo en condiciones reales y para identificar posibles áreas de mejora antes de la producción a gran escala. Con este enfoque, se espera que el producto final no solo cumpla con los estándares de calidad y seguridad, sino que también tenga un impacto positivo en la vida de los usuarios y en la sociedad en general.

En conclusión, el cumplimiento de los objetivos del curso de Diseño Biomédico 1 demuestra la capacidad del equipo para abordar una problemática desde cero y llevar a cabo todo el proceso de diseño de manera rigurosa y efectiva. Este proyecto no solo representa un logro académico significativo, sino también una contribución potencialmente valiosa al campo de la salud y el bienestar, demostrando el poder transformador de la ingeniería biomédica en la mejora de la calidad de vida de las personas.

## X. REFERENCIAS

[1] Almodóvar Fuentes S, Castellanos Otero E, Núñez Lara E, Arias Á, Tejera-Muñoz A. Estudio transversal sobre hábitos de sueño y nuevas tecnologías en estudiantes de ciclos formativos [Cross-sectional study on sleep habits and new technologies use in high school students.]. Rev Esp Salud Publica. 2023 Apr 3;97:e202304027. Spanish. PMID: 37009716; PMCID: PMC10540895.

[2] D. V. O. Álvarez, «La falta de sueño afecta al 40 por ciento de la población mundial: ¿por qué sucede? ¿Qué hacer al respecto?», El Tiempo, 7 de mayo de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.eltiempo.com/salud/la-falta-de-sueno-afecta-al-40-por-ciento-de-la-poblacion-mundial-por-que-sucede-que-hacer-al-respecto-3339488>

[3] Sleep Monitoring System. (n.d.). *Disponible en:* <https://patents.google.com/patent/US8784324>

[4] *Oura Ring. (n.d.). Disponible en: <https://www.manual.ar/oura/ring/manual>*

[5] *Dodow Sleep. (n.d.). Disponible en: <https://www.manual.ec/dodow/sleep-aid/manual>*

[6] *SmartBand* 4:  
[https://i01.appmifile.com/webfile/globalimg/Global\\_UG/Mi\\_Ecosystem/Mi\\_Smart\\_Band\\_4/es-ES\\_V1.pdf](https://i01.appmifile.com/webfile/globalimg/Global_UG/Mi_Ecosystem/Mi_Smart_Band_4/es-ES_V1.pdf)

## **XI. ANEXOS**

En esta sección se incluyen los documentos complementarios y diagramas detallados que respaldan el desarrollo del proyecto presentado. Los anexos proporcionan información adicional que puede ser relevante para comprender mejor el proceso de diseño y las decisiones tomadas durante su ejecución.

1. [Entrevista e identificación de necesidades.](#)
2. [Miro: Clasificación de los conceptos y combinaciones seleccionadas.](#)
3. [Matriz de selección y Evaluación de conceptos.](#)
4. [Exploración sistemática.](#)
5. [Matriz QFD.](#)