

SIMULACIÓN DE UNA BUFANDA TIPO AIRBAG PARA PERSONAS CON
EPILEPSIA.

JESSICA MUÑOZ COLLAZOS – 2156858 – INGENIERÍA BIOMÉDICA
KATHERIN LALINDE BARRAGAN – 2225496 - INGENIERÍA BIOMÉDICA
SERGIO RUEDA – 2180366 - INGENIERÍA BIOMÉDICA
CRISTHIAN ANDRÉS URBANO - 2190393 - INGENIERÍA BIOMÉDICA

PROFESOR
OSCAR IVAN CAMPO SALAZAR

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE
FACULTAD DE INGENIERÍA
DISEÑO BIOMÉDICO 1
Junio 5 2024

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN
2. LISTA DE NECESIDADES
3. CLASIFICACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE DISEÑO
4. GENERACIÓN DE CONCEPTOS
5. SELECCION DE CONCEPTOS
6. ARQUITECTURA DEL PROYECTO
7. DISEÑO DETALLADO
8. FACTORES ASOCIADOS AL PROCESO DE DISEÑO
9. CONCLUSIONES
10. ENLACE PITCH VIDEO

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del problema

La epilepsia es un trastorno neurológico crónico caracterizado por convulsiones recurrentes. Estas convulsiones pueden variar en intensidad y duración, afectando la calidad de vida de las personas que las padecen. La epilepsia puede surgir en cualquier etapa de la vida y afecta a personas de todas las edades, géneros y orígenes étnicos. La epilepsia es una afección cerebral que causa convulsiones recurrentes, existen diferentes tipos de epilepsia y en algunas personas se puede identificar la causa subyacente mientras que en otras la causa permanece desconocida (Epilepsia, 2023).

Entre los tipos de epilepsia se encuentran: 1) Convulsiones focales (Parciales), se originan en redes neuronales dentro de un hemisferio cerebral, pueden manifestarse como movimientos incontrolables de brazos y piernas, alteraciones visuales o auditivas, o cambios en la memoria o el habla y algunas personas permanecen conscientes durante estas convulsiones; 2) Convulsiones generalizadas: surgen en redes de neuronas distribuidas por ambos hemisferios cerebrales. Se clasifican en: a) Motoras: involucran movimientos musculares, como sacudidas de brazos o piernas; y b) Sin alteración de la consciencia: alteran la vista, el oído, la memoria o la sensación, pero el paciente permanece consciente (Epilepsia, 2018).

Por otro lado, la clasificación de la epilepsia se basa en tres niveles de diagnósticos. 1) Tipo de crisis: focal o generalizada; 2) Tipo de epilepsia: focal o generalizada; y 3) Tipo de síndrome epiléptico: considerando la etiología y la comorbilidad (Clinical guidelines. Definition and classification of epilepsy, 2019). En los tratamientos para la epilepsia, se tienen: 1) Medicamentos antiepilépticos: reducen la frecuencia e intensidad de las convulsiones; 2) Cirugía cerebral: en algunos casos, se extirpa la porción del cerebro que causa las convulsiones; 3) Dieta cetogénica: una dieta alta en grasas y baja en carbohidratos que puede ayudar a reducir las convulsiones, especialmente en niños; y 4) Estimulación del nervio vago: se implanta un dispositivo en el pecho para estimular el nervio vago y reducir las convulsiones.

Entre las dimensiones relevantes, se tiene que: 1) Social: *el impacto en la calidad de vida*, las personas con epilepsia enfrentan desafíos diarios, como la posibilidad de convulsiones imprevistas, restricciones en la conducción y la necesidad de tomar medicamentos de por vida. Por otro lado, está *el estigma y discriminación*, a pesar de los avances en la concienciación, persisten estigmas y malentendidos sobre la epilepsia. Esto puede afectar la autoestima y la participación social de los pacientes. Y *el acceso a la atención médica*, la disponibilidad de especialistas en epilepsia, pruebas de diagnóstico y tratamientos varía según la ubicación geográfica y el nivel socioeconómico; 2) Ambiental: *Los factores desencadenantes*, las convulsiones pueden ser desencadenadas por diversos factores, como luces intermitentes (fotosensibilidad), privación de sueño, estrés o fiebre. Adicional se tienen, *los entornos de las convulsiones*, las convulsiones pueden ocurrir en el hogar, en la escuela, en el trabajo o en lugares públicos. La seguridad y el apoyo en estos entornos son cruciales; 3) Tecnológica: *Los dispositivos de monitoreo y detección*, existen dispositivos portátiles que registran la actividad cerebral y alertan a los pacientes o cuidadores cuando se detecta una convulsión. Asimismo, *las aplicaciones móviles*, algunas aplicaciones permiten a los pacientes llevar un registro de sus síntomas, medicamentos y desencadenantes; y 4) Económica: *Costos asociados*, los gastos médicos incluyen consultas con neurólogos, pruebas de imagen como las resonancias magnéticas, medicamentos antiepilépticos y, en algunos casos, cirugía. *El impacto laboral*, las convulsiones pueden afectar la capacidad para trabajar, lo que a su vez afecta los ingresos y la estabilidad financiera.

De esta manera, la relevancia de abordar la epilepsia se establece para la mejora de la calidad de vida, al proporcionar educación, acceso a tratamientos y apoyo emocional, se puede ayudar

a las personas con epilepsia a llevar una vida más plena. La reducción del estigma, la sensibilización y la promoción de una comprensión precisa pueden reducir el estigma asociado con la enfermedad. Y la investigación y desarrollo, la investigación continua puede llevar a tratamientos más efectivos y, en última instancia, a una mejor calidad de vida para los pacientes. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), aproximadamente 50 millones de personas en todo el mundo tienen epilepsia. Por lo que, la epilepsia afecta a personas de todas las edades, pero es más común en niños y adultos mayores y el 80% de las personas con epilepsia vive en países de ingresos bajos y medianos.

1.2. Objetivos del proyecto

Objetivo general:

- Controlar las crisis sin provocar efectos adversos para alcanzar la mejor calidad de vida posible.

Objetivo específico:

- Diseñar y desarrollar de un airbag integrado.
- Detectar las crisis epilépticas.
- Generar alarmas de las crisis epilépticas.

1.3. Justificación

A finales del siglo XIX se inicia la era moderna de la epilepsia. El neurólogo inglés John Hughlings Jackson establece en 1873 la primera definición que todavía hoy es vigente como “*una descarga súbita, rápida y excesiva de las células cerebrales*” (Historia y Origen — Asociación Gipuzkoana de Epilepsia).

La Epilepsia es una enfermedad tan antigua como la humanidad. En los pueblos primitivos, este trastorno era recibido como un castigo de los dioses o una posesión diabólica (Historia y Origen — Asociación Gipuzkoana de Epilepsia).

El término Epilepsia Los griegos fueron los primeros en incluirla entre las enfermedades físicas y ya Hipócrates, el padre de la Medicina moderna (460 a. de Cristo), explicaba que la epilepsia no es más divina ni más sagrada que cualquier otra enfermedad, que tiene un origen natural y que está localizada en el cerebro (Historia y Origen — Asociación Gipuzkoana de Epilepsia).

El 1% de la población padece esta enfermedad neurológica crónica. La Epilepsia, con 650 casos por 100.000 habitantes al año, es la tercera enfermedad neurológica que con más frecuencia se manifiesta en España. Se sitúa tras la migraña y el traumatismo craneoencefálico. Las estadísticas disponibles en la actualidad cifran en 400.000 el total de españoles que padecen esta enfermedad neurológica crónica y cada año, aparecen 20.000 nuevos pacientes. A nivel mundial, se calcula que padecen epilepsia alrededor de 50 millones de personas (Historia y Origen — Asociación Gipuzkoana de Epilepsia).

Durante los métodos de indagación social se realizaron tres entrevistas las cuales se realizó una búsqueda conociendo cada caso. La primera entrevista fue a María Camila Quintero Fisioterapeuta especialista en Neuro-habilitación, la segunda persona Adriana madre de niño de 17 años con epilepsia y autista ya que el paciente es menor de edad y la tercera persona es un paciente que padece epilepsia Juan David Angulo.

- *Perspectiva del paciente:* los pacientes ofrecen información vital sobre cómo la epilepsia afecta su vida diaria y qué tratamientos encuentran efectivos.
- *Experiencia del fisioterapeuta:* los especialistas en neurohabilitación aportan conocimientos sobre las necesidades de rehabilitación y las mejores prácticas terapéuticas.

- *Validación de soluciones:* al entrevistar a ambos grupos, se asegura que las soluciones propuestas sean prácticas y efectivas para abordar las necesidades reales de los pacientes.

1.4. Antecedentes

- I. *Epilepsy monitoring for therapy: Challenges and perspectives.* Objetivo del tratamiento de las epilepsias, controlar las crisis sin provocar efectos adversos para alcanzar la mejor calidad de vida posible (Stefan & Hopfengärtner, 2009).
- II. *The diagnostic utility of intracranial EEG monitoring for epilepsy surgery in children.* El IEM se consideró útil en el 87% de los casos. Su mayor utilidad radica en resolver datos discordantes y localizar zonas epileptogénicas extratemporales y multilobares. Sin embargo, su utilidad es limitada para el inicio de las convulsiones en el lóbulo temporal y para el mapeo de estimulación cortical directa, a menos que la resonancia magnética funcional revele representación atípica del lenguaje o que la zona epileptogénica esté cerca de áreas críticas del cerebro (Brna, 2015).
- III. *Vagus Nerve Stimulator (VNS).* El VNS es un dispositivo que estimula el nervio vago mediante impulsos eléctricos. Este nervio, que va desde el cerebro hasta el cuello y el estómago, juega un papel importante en la regulación de varias funciones corporales (Vagus nerve stimulator therapy for epilepsy, 2021).
- IV. *Mechanisms of Neurostimulation for Epilepsy.* La epilepsia es un trastorno neurológico común caracterizado por convulsiones recurrentes. El ciclo de convulsiones implica etapas de bajo y alto riesgo de convulsiones, convulsiones reales y supresión cerebral relativa (Toprani & Durand, 2023).
- V. *Neurostimulation Devices for the Treatment of Neurologic Disorders.* Objetivo de Neuromodulación Terapéutica, resalta que las tecnologías de neuroestimulación buscan inducir la neuromodulación terapéutica en circuitos neurales disfuncionales, apuntando a proporcionar efectos terapéuticos para una variedad de trastornos neuropsiquiátricos (Edwards, 2017).
- VI. *Neurostimulation systems for deep brain stimulation: In vitro evaluation of magnetic resonance imaging-related heating at 1.5 tesla.* Tiene como propuesta la Evaluación el calentamiento relacionado con la resonancia magnética (RM) para un sistema de neuroestimulación utilizado para la estimulación cerebral profunda crónica (DBS) (Edwards, 2017).
- VII. *Electromagnetic field therapy in cardiovascular diseases: A review of patents, clinically effective devices, and mechanism of therapeutic effects.* El documento destaca la seguridad de la exposición a ciertos espectros de EMF, como los EMF estáticos y de frecuencia extremadamente baja (ELF), para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares. Esta información puede ser útil para diseñar dispositivos de generación de EMF que se dirijan específicamente a estas frecuencias seguras y efectivas (Soltani, 2023)
- VIII. *Automated seizure detection systems and their effectiveness for each type of seizure.* La información proporcionada en el documento sobre la detección automática de convulsiones y la efectividad de diferentes dispositivos de monitoreo. Puede contribuir al diseño de sistemas de detección de convulsiones más efectivos y personalizados. Al evaluar las características de los pacientes y los tipos de convulsiones, se pueden priorizar los parámetros individuales para el desarrollo de algoritmos específicos. Además, la propuesta de opciones de dispositivos de detección para cada tipo de convulsión y la recomendación de sistemas multimodales pueden guiar en la selección de la mejor tecnología para cada paciente. Esta información puede ser fundamental para el diseño de sistemas de detección de convulsiones más precisos y adaptados a las necesidades de cada individuo (Ulate-Campos, 2016).

- IX. *Estimulación cerebral profunda en la epilepsia farmacorresistente.* la Estimulación Cerebelar Profunda (ECP) y sus efectos en pacientes con epilepsia farmacorresistente puede contribuir al diseño de dispositivos médicos más efectivos y seguros para el tratamiento de esta condición. Al comprender las dianas cerebrales y los resultados de la estimulación en diferentes regiones del cerebro, los diseñadores pueden desarrollar tecnologías de estimulación más precisas y personalizadas para cada paciente. Además, la información sobre los efectos secundarios y complicaciones asociadas con la ECP puede guiar el diseño de dispositivos con medidas de seguridad mejoradas para minimizar riesgos. puede servir como fuente de inspiración y referencia para diseñar soluciones tecnológicas innovadoras y centradas en las necesidades de las personas con epilepsia (Neurología, 2020).
- X. *Inteligencia artificial en la evaluación y manejo de pacientes con epilepsia.* el uso de inteligencia artificial en la predicción de crisis epilépticas, dispositivos basados en análisis de movimientos, modelos computacionales de sistemas biológicos y estimación de desenlace quirúrgico en epilepsia puede contribuir a un buen diseño al proporcionar insights sobre la integración de tecnologías avanzadas en el campo de la salud. Estos avances permiten diseñar soluciones personalizadas y eficaces para el manejo de la epilepsia, considerando factores genéticos, ambientales y de estilo de vida, así como la predicción y detección temprana de crisis epilépticas. Además, la aplicación de modelos computacionales y la estimación del desenlace quirúrgico brindan herramientas para mejorar la toma de decisiones clínicas y el tratamiento de los pacientes con epilepsia (Paredes-Aragón & Burneo, 2022).

2. LISTA DE NECESIDADES

Tabla 1. Lista de necesidades del usuario

Número	Necesidad
1	Fácil de poner
2	Generar confianza
3	Permitir facilidad de repuestos
4	Seguridad al choque
5	No impide realizar actividades diarias
6	Cualquier persona con epilepsia le es útil
7	Necesita reposición después de cada uso
8	Uso en automático
9	Genera alerta
10	Facilidad en la limpieza
11	Batería de larga duración
12	Portable
13	Fácil uso
14	Seguro
15	Preciso y sensible al detectar cada episodio
16	Comodidad al usuario
17	Ajustabilidad
18	Personalización
19	Asequibilidad
20	De alta durabilidad

3. CLASIFICACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE DISEÑO

3.1. Proceso Estructurado de Diseño

El proceso de diseño presentado se puede estructurar en varios pasos, cada uno con un enfoque en satisfacer las necesidades de las personas y considerar los atributos de diseño:

- **Identificación de Necesidades:** Listar las necesidades del proyecto que se derivan de los requisitos del cliente y otras partes interesadas.
- **Definición de Atributos de Diseño:** Clasificar y definir los atributos esenciales del diseño (requerimientos y restricciones), como se muestra en la Tabla 2 del documento.
- **Especificaciones Objetivo:** Traducir estas necesidades en especificaciones medibles y claras.

3.2. Definición de Atributos de Diseño

El documento incluye una tabla con las especificaciones de diseño derivadas de las necesidades identificadas. Esta tabla se puede utilizar para demostrar la exactitud en la definición de atributos de diseño:

Tabla 2. Especificaciones objetivo de diseño a partir del listado de necesidades.

Métrica núm.	Núm. de necesidad	Métrica	Imp.	Unidades
1	1,6,16	Diámetro del dispositivo superior a la media	4	cm
2	2, 10, 20	Resistencia al estiramiento	5	kN
3	3, 7, 18, 19	Materiales de bajo costo	2	COP
4	1, 3, 5, 7, 12, 13, 16	Diseño simple	3	Subjetivo
5	11, 20	Batería de litio	4	Amp
6	4, 14	Activación automática	5	Boolean
7	9	Genera alerta	5	Boolean
8	15	Preciso y sensible	5	Boolean
9	16	Comodidad al usuario	4	Escala
10	17, 18	Ajustabilidad y personalización	3	Escala

3.3. Evaluación de Productos Competitivos

Para garantizar que los diseños propuestos cumplen con las especificaciones, se puede realizar una evaluación de productos competitivos. En el documento se compara varios productos similares:

Tabla 3. Evaluación de productos competitivos.

Métrica	Airbag Scarf A	Airbag Scarf B	Airbag Scarf C	Regular Scarf D (Disímil)
---------	-------------------	----------------	-------------------	------------------------------

Nombre	Hövding 3	Helite B'Safe	Altor SmartScarf	Wool Scarf
Diámetro (cm)	3.2	3.8	4.0	2.5
Resistencia al estiramiento (kN)	5.5	5.2	6.0	2.0
Materiales	Poliéster de bajo costo	Nylon	Poliéster de bajo costo	Lana
Diseño	Simple	Simple	Simple	Simple
Batería	Litio, 2000 mAh	Litio, 1800 mAh	Litio, 2500 mAh	No aplica
Activación automática	Sí	Sí	Sí	No
Genera alerta	Sí	Sí	Sí	No
Precisión y sensibilidad	Alta	Media	Alta	No aplica
Comodidad al usuario	Escala 4	Escala 3	Escala 5	Escala 3
Ajustabilidad y personalización	Sí	Sí	Sí	No

3.4. Especificaciones Preliminares

Finalmente, las especificaciones preliminares del diseño se consolidan en una tabla que resume los objetivos clave:

Tabla 4. Especificaciones preliminares.

Métrica	Target
Diámetro (cm)	≤ 4.0
Resistencia al estiramiento (kN)	≥ 5.0
Materiales	Bajo costo
Diseño	Simple
Batería	Litio, ≥ 2000 mAh
Activación automática	Sí
Genera alerta	Sí
Precisión y sensibilidad	Alta
Comodidad al usuario	Escala ≥ 4
Ajustabilidad y personalización	Sí

3.5. Casa de la Calidad y Comentarios del Proceso

Al finalizar la consolidación de información, se espera que los estudiantes:

- **Construyan la Casa de la Calidad:** Un diagrama que correlaciona las necesidades del cliente con las especificaciones técnicas.

- **Documenten el Proceso:** Describan cómo se llegó a las decisiones de diseño, qué se aprendió durante el proceso, y cuáles son las áreas de enfoque para el proyecto.
- **Reflexionen sobre el Aprendizaje:** Identifiquen áreas de mejora y lecciones clave que pueden aplicarse en futuros proyectos.

Este enfoque estructurado no solo cumple con los criterios de ABET, sino que también fomenta una comprensión profunda del proceso de diseño en ingeniería, asegurando que nosotros como estudiantes podamos aplicar estos principios en situaciones prácticas.

Casa de la Calidad para la Bufanda Tipo Airbag para Epilépticos

3.6. Consolidación de Información en la Casa de la Calidad

La Casa de la Calidad (HoQ, por sus siglas en inglés) es una herramienta del Despliegue de la Función de Calidad (QFD) que ayuda a traducir las necesidades del cliente en especificaciones técnicas. Aquí se presenta la Casa de la Calidad para la bufanda tipo airbag para epilépticos, basada en la información del documento:

Tabla 5. Necesidades del Cliente y Especificaciones Técnicas

Necesidades del Cliente	Importancia	Especificaciones Técnicas	Importancia Relativa	Relación
Diámetro adecuado	4	Diámetro del dispositivo (cm)	≤ 4.0	Alta
Resistencia al uso	5	Resistencia al estiramiento (kN)	≥ 5.0	Alta
Materiales asequibles	2	Materiales de bajo costo	Bajo costo	Media
Diseño atractivo	3	Diseño simple	Simple	Media
Batería de larga duración	4	Batería (mAh)	≥ 2000	Alta
Activación automática	5	Activación automática	Sí	Alta
Generación de alertas	5	Genera alerta	Sí	Alta
Precisión y sensibilidad	5	Precisión y sensibilidad	Alta	Alta
Comodidad	4	Comodidad al usuario (Escala)	≥ 4	Alta
Ajustabilidad y personalización	3	Ajustabilidad y personalización	Sí	Alta

Relaciones

- Alta: Relación fuerte entre la necesidad del cliente y la especificación técnica.
- Media: Relación moderada entre la necesidad del cliente y la especificación técnica.

- **Baja:** Relación débil entre la necesidad del cliente y la especificación técnica.

3.7. Comentarios del Proceso de Elaboración

Proceso de Elaboración

El proceso de elaboración de la Casa de la Calidad para la bufanda tipo airbag para epilépticos siguió estos pasos:

- **Identificación de Necesidades del Cliente:** Se recopilaron las necesidades principales de los usuarios de la bufanda tipo airbag, enfocándose en aspectos como la seguridad, comodidad y funcionalidad.
- **Definición de Especificaciones Técnicas:** A partir de las necesidades identificadas, se definieron las especificaciones técnicas que el producto debe cumplir.
- **Asignación de Importancia:** Se asignó un nivel de importancia a cada necesidad del cliente para priorizar las especificaciones técnicas.
- **Relación entre Necesidades y Especificaciones:** Se establecieron las relaciones entre las necesidades del cliente y las especificaciones técnicas mediante símbolos de relación fuerte, moderada y débil.

Decisiones Tomadas

- **Priorizar Seguridad y Funcionalidad:** Se decidió dar mayor importancia a las características que afectan directamente la seguridad y funcionalidad del producto, como la activación automática y la generación de alertas.
- **Materiales de Bajo Costo:** Se optó por utilizar materiales asequibles para mantener el costo bajo sin comprometer la calidad y seguridad.
- **Diseño Simple y Ajustable:** Se decidió que el diseño debía ser simple y ajustable para garantizar comodidad y personalización para el usuario.

Aprendizajes

- **Importancia del Enfoque Centrado en el Usuario:** Se aprendió que un enfoque centrado en el usuario es crucial para identificar correctamente las necesidades y traducirlas en especificaciones técnicas.
- **Valor del Trabajo en Equipo:** La colaboración y el intercambio de ideas entre los miembros del equipo fueron esenciales para tomar decisiones informadas y equilibradas.
- **Relevancia de las Especificaciones Técnicas:** La traducción precisa de las necesidades del cliente en especificaciones técnicas ayuda a garantizar que el producto final cumpla con las expectativas y requerimientos.

Áreas de Enfoque para el Proyecto

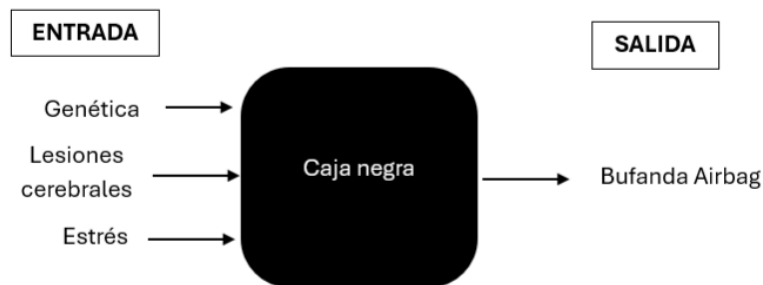
- **Seguridad y Eficacia:** Asegurar que la bufanda tipo airbag sea altamente efectiva en situaciones de emergencia y proporcione la máxima seguridad al usuario.
- **Comodidad y Usabilidad:** Garantizar que el producto sea cómodo para el uso diario y fácil de utilizar por los epilépticos.
- **Costos y Accesibilidad:** Mantener los costos bajos para hacer el producto accesible a un mayor número de usuarios sin sacrificar calidad y funcionalidad.

La Casa de la Calidad y el proceso de elaboración proporcionan una guía estructurada para el diseño de la bufanda tipo airbag. Este enfoque asegura que las necesidades del cliente se traduzcan eficazmente en especificaciones técnicas que guían el desarrollo del producto, cumpliendo con los criterios de ABET y promoviendo un diseño centrado en el usuario y sus necesidades.

4. GENERACIÓN DE CONCEPTOS

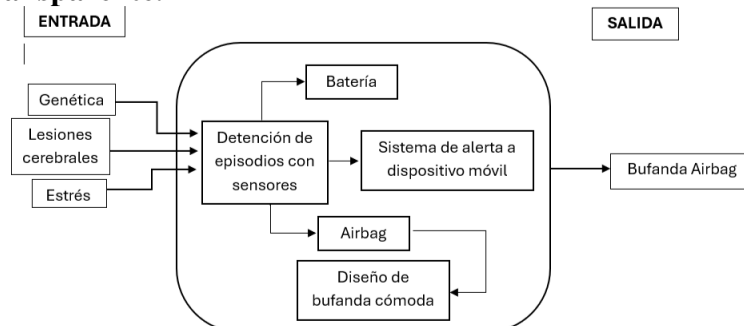
Las características del producto se enfocan en las actividades diarias del usuario para su necesidad, así que es pertinente seguir el enfoque con el que se trabaja, ya que se evaluó las necesidades y cada una de ella es importante tener en cuenta ya que se desea la seguridad del usuario, por lo que se tiene en cuenta la *figura 1*.

Figura 1. Caja negra.



Teniendo en cuenta la descomposición del problema y de evaluar la necesidad del usuario, se evalúa la posible secuencia que se haría con el dispositivo en función de la necesidad. De esta manera, en la *figura 2* se muestra de forma detallada la composición interna del diseño.

Figura 2. Caja transparente.














Se realiza una búsqueda interna considerando tres factores, que corresponden a la simulación, la conexión y la transformación. Con lo que se empieza a crear la *tabla 2* de combinación de conceptos donde se muestra las posibles interacciones entre los elementos.

Tabla 2. Combinación de conceptos.

Dispositivo / Aplicación	Posible Interacción 1	Posible Interacción 2	Posible Interacción 3
Airbag	Notificación de cada episodio	Pulsera que detecta cambio de actividad electrodermica	Aplicación que muestre el siguiente episodio
Aplicación que muestre el siguiente episodio	Manilla que genere alertas	Gorra que cubra caída	Notificación de cada episodio
Pulsera que detecta cambio de actividad electrodermica	Bufanda airbag	Notificación de cada episodio	App que notifique a contactos de emergencias

5. SELECCIÓN DE CONCEPTOS

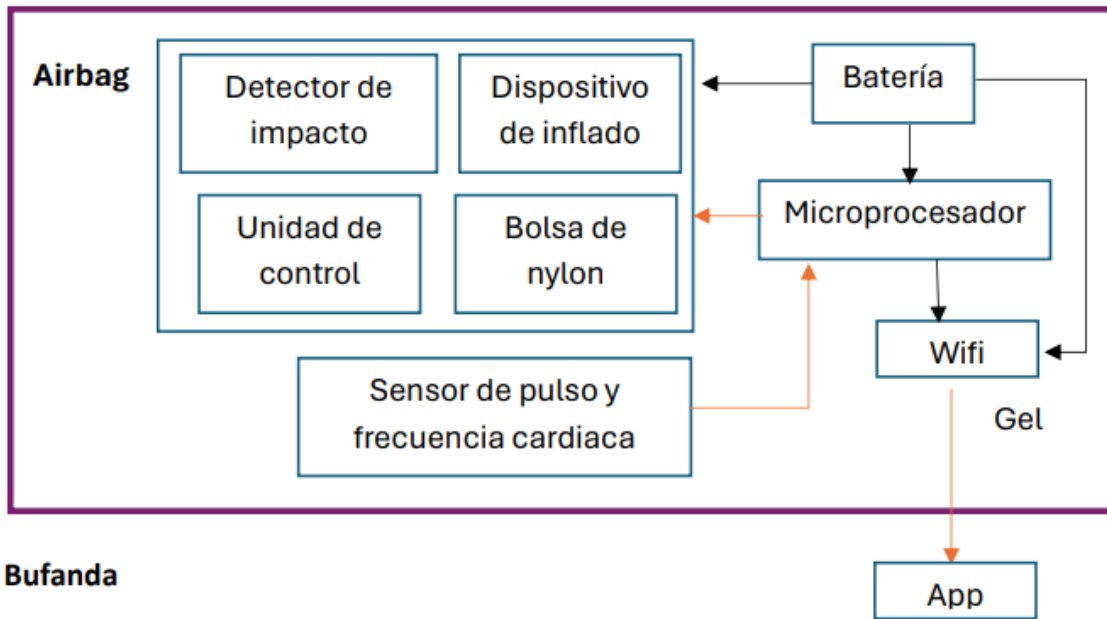
Tabla 3. Selección de conceptos.

Conceptos						
Alternativas	A	B	C	D	E	F
Criterios de selección	Tipo almohada	Apoyo occipital	Tipo colchoneta	Tipo cono	Tipo espuma	Tipo gel
Portable	0	+	-	0	+	+
Facil manejo	0	+	0	+	0	0
Facil uso	0	+	-	+	0	-
Precision de los datos	+	+	+	+	+	+
Durabilidad	0	0	0	0	0	0
Comodidad	+	+	-	+	+	+
Rapidez de respuesta	+	+	+	+	+	+
Suma +	3	6	2	5	4	4
Suma 0	4	1	2	2	3	2
Suma -	0	0	3	0	0	1
Evaluación neta	3	6	-1	5	4	3
Lugar	3					
¿Continuar?		✓	✗	✓	✓	✗
A	B		C			
						
D	E		F			
						

6. ARQUITECTURA DEL PROYECTO

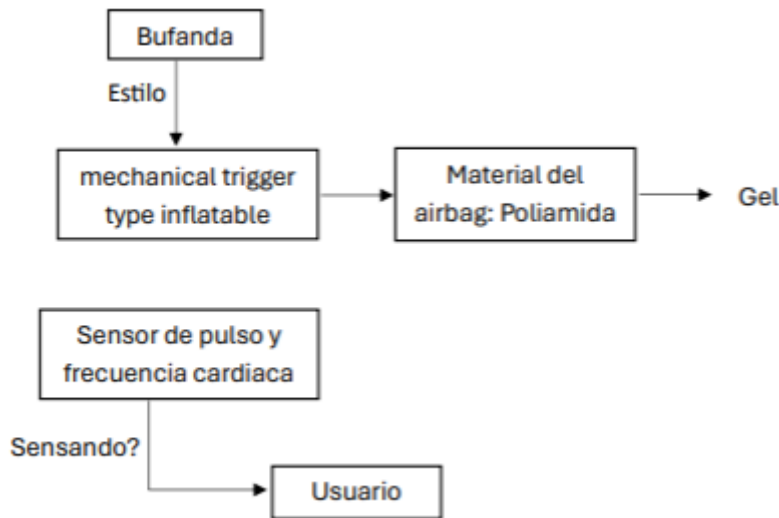
Gracias a la arquitectura del producto se analizarán las relaciones entre componentes y funciones, así como las interacciones entre componentes, para conocer que componentes son necesarios para el diseño, lo ideal es hacer uso del diagrama de bloques funcionales.

Figura 3. Diagrama de relaciones funcionales.



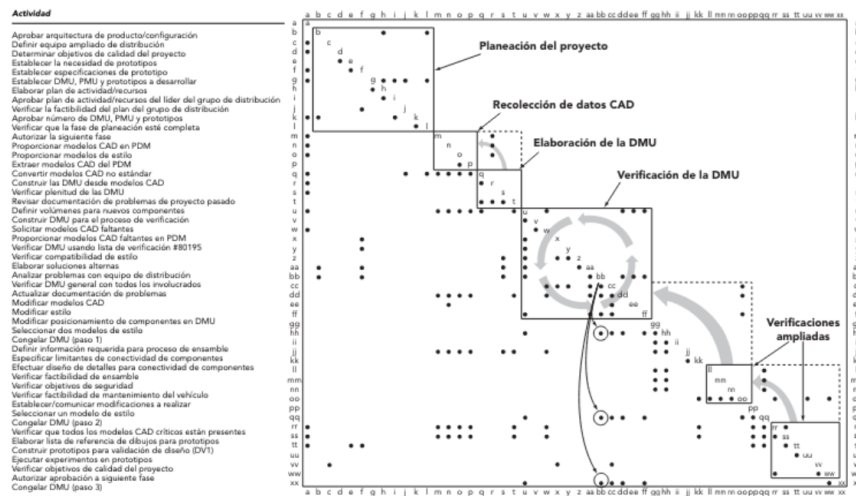
Con el diseño de este diagrama, lo ideal es desarrollar el diagrama de relaciones incidentales.

Figura 4. Diagrama de relaciones incidentales.



Expresado este diagrama, las relaciones fundamentales son los detectores de impactos ya que las crisis epilépticas pueden provocar caídas, que a menudo resultan en lesiones graves como fracturas, hematomas o traumatismos craneoencefálicos. Un detector de impactos puede alertar a cuidadores o servicios de emergencia inmediatamente cuando ocurre una caída, lo que permite una respuesta rápida para brindar asistencia médica, el sensor de frecuencia cardiaca ya que, durante una crisis epiléptica, pueden ocurrir cambios en la frecuencia cardíaca. Algunas crisis pueden ir acompañadas de taquicardia (aumento de la frecuencia cardíaca) o bradicardia (disminución de la frecuencia cardíaca). Monitorear estos cambios puede ayudar a identificar cuándo está ocurriendo una crisis, especialmente en casos de crisis no convulsivas y pulso ya que estos son los elementos planeados para el correcto funcionamiento del sistema.

Figura 5. Matriz de estructura de diseño del proceso DSM empleado para validar el funcionamiento de la bufanda tipo airbag



Adaptado de Ulrich, K., & Eppinger, S. (2013) Diseño y desarrollo de productos de
https://www.academia.edu/36131624/Diseño_y_Desarrollo_de_Productos_Karl_T_Ulrich_5ta_Edicion

7. DISEÑO DETALLADO

Figura 6. Ilustración grafica bufan airbag

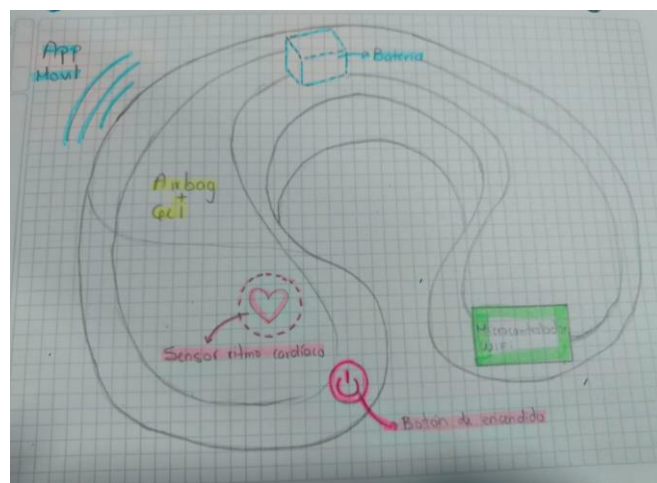


Figura 7. Diseño bufanda cad



Subsistema 1: Sensor de Frecuencia Cardíaca

Elementos comerciales:

Sensor de frecuencia cardíaca (p.ej., Pulse Sensor, MAX30100)

Módulo Bluetooth para comunicación con el celular (p.ej., HC-05, BLE)

Batería recargable (p.ej., Li-Po battery)

Regulador de voltaje

Elementos a diseñar:

Circuito de procesamiento de señal

Carcasa para el sensor y componentes electrónicos

Subsistema 2: Mecanismo de Activación del Airbag

Elementos comerciales:

Microcontrolador (p.ej., Arduino Nano, ESP32)

Válvula solenoide

Generador de gas comprimido (cartuchos de CO₂)

Batería recargable de mayor capacidad para activar el mecanismo

Elementos a diseñar:

Circuito de control del microcontrolador

Diseño del sistema de inflado del airbag

Carcasa y estructura del airbag

Subsistema 3: Comunicación y Notificación

Elementos comerciales:

Módulo Bluetooth (p.ej., HM-10)

Teléfono móvil (para recibir notificaciones)

Elementos a diseñar:

Software para el microcontrolador para el envío de datos

Aplicación móvil para recibir alertas y monitorear el estado

2. Selección de Elementos Comerciales

Sensor de Frecuencia Cardíaca

Pulse Sensor:

Descripción: Sensor óptico de pulso.

Especificaciones: Alimentación 3-5V, corriente de 4mA.

Data sheet: Pulse Sensor Data Sheet

Módulo Bluetooth

HC-05:

Descripción: Módulo Bluetooth para comunicación serial.

Especificaciones: Alimentación 3.3-6V, frecuencia 2.4GHz.

Data sheet: HC-05 Data Sheet

Microcontrolador

Arduino Nano:

Descripción: Microcontrolador basado en ATmega328.

Especificaciones: 14 pines digitales, 8 pines analógicos, 16MHz.

Data sheet: Arduino Nano Data Sheet

3. Estrategia de Diseño de Detalle

Diseño del Circuito de Procesamiento de Señal

Cálculo de Circuitos: Diseñar el filtro y amplificador necesarios para procesar la señal del sensor de frecuencia cardíaca.

Montaje en Protoboard: Prototipar el circuito en una placa de pruebas para verificar su funcionamiento.

Pruebas y Refinamiento: Realizar pruebas para ajustar y optimizar el circuito.

Creación de Esquemáticos: Usar software como SW para crear el esquemático del circuito.

Fabricación de Placa: Enviar el esquemático a un fabricante de PCB para crear la placa.

Montaje: Soldar los componentes en la placa fabricada y realizar pruebas finales.

Diseño del Sistema de Inflado del Airbag

Diseño del Mecanismo: Usar software CAD para diseñar el mecanismo de inflado y la carcasa del airbag.

Prototipado: Crear un prototipo utilizando impresión 3D o métodos de fabricación rápida.

Pruebas y Ajustes: Probar el prototipo para asegurar su correcto funcionamiento y hacer ajustes según sea necesario.

Fabricación Final: Realizar la fabricación final del mecanismo y la carcasa con materiales adecuados para su uso.

4. Diseño Detallado del Sistema en CAD

Herramienta CAD: SolidWorks

Geometrías Aproximadas:

Modelar la bufanda con los compartimentos para los componentes electrónicos y el airbag.

Diseñar la carcasa del sensor de frecuencia cardíaca y del mecanismo de inflado.

Incluir el diseño de los soportes y montajes para los componentes comerciales.

Se incluirán vistas detalladas de cada subsistema, mostrando cómo se integran los elementos comerciales y los diseñados en detalle.

Ejemplo de Modelado en SolidWorks

Bufanda:

Dimensiones aproximadas: 150 cm x 30 cm

Material: Nylon o Poliéster reforzado.

Carcasa del Sensor:

Dimensiones aproximadas: 5 cm x 2 cm x 1 cm

Material: ABS (plástico resistente)

Sistema de Inflado del Airbag:

Dimensiones del airbag (desinflado): 50 cm x 20 cm

Dimensiones del compartimento del cartucho de CO₂: 10 cm x 5 cm x 5 cm

8. FACTORES ASOCIADOS AL PROCESO DE DISEÑO

8.1. Factores de riesgo

I. Propiedades relativas a la fabricación y al medio ambiente

- a. Cuando un producto se destine a utilizarse en combinación con otros productos o equipos, la combinación, comprendido el sistema de unión, deberá ser segura y no alterar las prestaciones previstas. Toda restricción de la utilización deberá figurar en la etiqueta o en las instrucciones de utilización.
- b. Los productos deberán diseñarse y fabricarse de forma que se eliminen o se reduzcan en la medida de lo posible:
 - Los riesgos de lesiones vinculados a sus características físicas, incluidas la relación volumen/presión, las características dimensionales, y, en su caso, ergonómicas.
 - Los riesgos vinculados a las condiciones del medio ambiente razonablemente previsibles, como los campos magnéticos, influencias eléctricas externas, descargas electrostáticas, presión, temperatura o variaciones de la presión o aceleración.
 - Los riesgos de interferencia recíproca con otros productos, utilizados normalmente para las investigaciones o tratamientos efectuados.

- Los riesgos que se derivan, en caso de imposibilidad de mantenimiento o calibración (por ejemplo, en el caso de los productos implantables), del envejecimiento de los materiales utilizados o de la pérdida de precisión de un mecanismo de medida o de control.
- c. Los productos deberán diseñarse y fabricarse de forma que, si se usan normalmente y en condiciones de primer defecto, se minimicen los riesgos de incendio o explosión. Habrá que prestar especial atención a los productos cuya finalidad prevista conlleve la exposición a sustancias inflamables o a sustancias capaces de favorecer la combustión.

II. *Productos con función de medición*

- a. Los productos con función de medición deberán diseñarse y fabricarse de forma que proporcionen una constancia y una precisión de la medición suficientes dentro de los límites de precisión adecuados a la finalidad del producto. Los límites de precisión los indicará el fabricante.
- b. La escala de medida, de control y de visualización deberá diseñarse según principios ergonómicos que consideren el fin del producto.

III. *Requisitos para los productos sanitarios conectados a una fuente de energía o equipados con una fuente de energía*

- a. Los productos que posean una fuente de energía interna de la que dependa la seguridad de los pacientes deberán estar provistos de un medio que permita determinar el estado de la fuente de energía.
- b. Los productos destinados a vigilar uno o varios parámetros clínicos de un paciente deberán tener sistemas de alarma adecuados que permitan avisar al usuario de las situaciones que pudieran provocar la muerte o deterioro grave de su salud.
- c. Los productos deberán diseñarse y fabricarse de forma que se minimicen los riesgos de creación de campos electromagnéticos que pudieran afectar al funcionamiento de otros productos o equipos situados en su entorno habitual.
- d. Protección contra los riesgos eléctricos Los productos deberán diseñarse y fabricarse de forma que, cuando estén correctamente instalados y se utilicen normalmente o en condiciones de primer defecto, se eviten en la medida de lo posible los riesgos de choque eléctrico accidental.

Tabla 4. Propiedades relativas de fabricación.

ID	Probabilidad	Severidad	Medida de control
MDD 9.1	5	6	Establecer procedimientos claros de combinación y proporcionar advertencias en la etiqueta o instrucciones de uso.
	7	8	Diseño y fabricación adecuados para reducir o eliminar estos riesgos, incluyendo pruebas de compatibilidad y advertencias en etiquetas e instrucciones.
MDD 9.2			
MDD 9.3	3	8	Diseño y fabricación para minimizar estos riesgos, incluyendo materiales no

			inflamables y sistemas de ventilación adecuados.
MDD 10.1	3	6	Diseño y fabricación de acuerdo con los estándares de precisión y ergonomía, con pruebas de calidad regulares.
MDD 10.2	1	4	Diseño ergonómico de la escala de medida y pruebas de usabilidad.
MDD 12.2	3	6	Implementación de medios para determinar el estado de la fuente de energía y advertencias visuales o audibles en caso de falla.
MDD 12.4	3	6	Diseño y fabricación de sistemas de alarma efectivos y pruebas exhaustivas de funcionamiento.
MDD 12.5	1	8	Diseño y fabricación para minimizar la emisión de campos electromagnéticos y pruebas de compatibilidad electromagnética.
MDD 12.6	1	8	Diseño y fabricación para cumplir con los estándares de seguridad eléctrica, incluyendo aislamiento adecuado y pruebas de seguridad.

8.2. Factores económicos

a. Identificación de Costos y Beneficios

Costos:

- **Costos de materiales:**
 - Tela resistente y liviana (por ejemplo, nylon): \$COP 10,000 por bufanda.
 - Sensores de movimiento y detección (como acelerómetros y giroscopios): \$COP 50,000 por dispositivo.
 - Mecanismo de inflado (como pequeños cartuchos de CO₂): \$COP 20,000 por unidad.
 - Sistema de alarma (baterías recargables, microcontroladores, etc.): \$COP 30,000 por sistema.
 - Otros componentes y materiales (hilos, conectores, etc.): \$COP 5,000 por bufanda.
- **Costos de desarrollo:**
 - Prototipado y pruebas: \$COP 1,000,000 (distribuido en el desarrollo de varios prototipos).
- **Costos Operativos:**
 - Mantenimiento y reemplazo de componentes (anualmente): \$COP 10,000 por bufanda.
 - Costos de fabricación en serie (estimados para 100 unidades): \$COP 100,000 (promedio de \$COP 1,000 por bufanda).

○

Beneficios:

- **Ventas del producto:**
 - Precio de venta estimado: \$COP 150,000 por bufanda.
- **Beneficios intangibles:**
 - Mejora en la calidad de vida de los usuarios.
 - Potencial para subvenciones o apoyo financiero debido al impacto social positivo.

b. Cálculos de costos y beneficios

Costos:

- **Costo total de producción por bufanda:**

Costo Total por Bufanda = 10,000+50,000+20,000+30,000+5,000 = 115,000 COP

- **Costo total de desarrollo y prototipado:**

Costo Total de Desarrollo = 1,000,000 COP

Beneficios:

- **Ingresos por Venta (suponiendo una producción y venta de 100 unidades):**

Ingresos Totales = 150,000×100 = 15,000,000 COP

- **Valor Presente Neto (VPN): Supongamos una tasa de descuento del 10% y un periodo de 1 año.**

$$VPN = \frac{15000000}{(1 + 0.10)^1} - (115000 \cdot 100 + 1000000)$$

$$VPN = \frac{15000000}{1.10} - 12500000 = 1136364 \text{ COP}$$

c. Análisis Económico

Análisis de sensibilidad:

- Evaluar el impacto de variaciones en el costo de los materiales, el precio de venta, y la tasa de descuento en el VPN.

Análisis de escenarios:

- **Escenario optimista:** Precio de venta aumentado a \$COP 180,000 y costos de materiales reducidos en un 10%.
- **Escenario pesimista:** Precio de venta reducido a \$COP 120,000 y costos de materiales aumentados en un 10%.

Análisis de punto de equilibrio:

- Determinar el nivel de ventas necesario para cubrir todos los costos.

$$\text{Punto de Equilibrio} = \frac{\text{Costos Fijos}}{\text{Precio de venta} - \text{Costo Variable Unitario}}$$

Costos Fijos: \$COP 1,000,000

Precio de Venta: \$COP 150,000

Costo Variable Unitario: \$COP 115,000

$$\text{Punto de Equilibrio} = \frac{1000000}{150000 - 115000} = 28.57 \text{ (aproximadamente 29 unidades)}$$

d. Interpretación y toma de decisiones

- Evaluar la viabilidad económica del proyecto basándose en los resultados del VPN y el análisis de escenarios.
- Considerar alternativas de reducción de costos de materiales o aumento del precio de venta si es viable.
- Identificar riesgos y planificar estrategias de mitigación, como la búsqueda de proveedores más económicos o la negociación de precios.

8.3. Factores ambientales

Identificación de factores ambientales.

Para identificar los posibles efectos ambientales es necesario realizar una evaluación cualitativa, para esto tenemos que tener en cuenta los siguientes factores:

- a) Materiales
 - Biodiversidad reducida por la deforestación
 - Degradación de la tierra por la minería
 - Emisiones y desechos de la minería
 - Agotamiento de los recursos naturales
- b) Producción
 - Contaminación del aire por emisiones fabriles
 - Contaminación del agua por descargas fabriles
 - Generación de desechos durante la producción
- c) Distribución
 - Contaminación del aire por las emisiones del transporte
 - Formación de desechos por el empacamiento
- d) Uso
 - Materiales de mantenimiento y limpieza
 - Abrasión de materiales
- e) Recuperación
 - Generación de desechos en el proceso de recuperación

- Tiraderos a cielo abierto degradan la tierra Tiraderos a cielo abierto generan metano y contaminan mantos freáticos
- Incineración contamina el aire y crea cenizas tóxicas

(Ulrich & Eppinger 2013)

Con estos factores claros, podemos formular unas preguntas que plantea Ulrich en su libro y poder identificar los factores ambientales.

Tabla 5. Preguntas habituales para considerar los efectos ambientales de cada etapa del ciclo de vida.

Etapa del ciclo de vida	Preguntas
Materiales	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuántos y qué tipo de materiales reciclables se usarán? • ¿Cuántos y qué tipo de materiales no reciclables se usarán? • ¿Cuántos y qué tipo de aditivos se usarán? • ¿Cuál es el perfil ambiental de los materiales? • ¿Cuánta energía se requerirá para extraer los materiales? • ¿Con qué medios de transporte se obtendrán?
Producción	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuántos y qué tipo de procesos de producción se usarán? • ¿Cuántos y qué tipo de materiales auxiliares se necesitan? • ¿A cuánto ascenderá el consumo de energía? • ¿Cuánto desecho se generará? • ¿Los desechos de producción son separables para su reciclado?
Distribución	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Qué clase de empaque de transporte, al mayoreo y al menudeo se usará (volumen, peso, materiales, reutilización)? • ¿Qué medios de transporte se usarán?
Uso	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuánta energía, y de qué tipo, se requerirá? • ¿Cuántos consumibles, y de qué tipo, se necesitarán? • ¿Cuánto durará la vida técnica? • ¿Cuánto mantenimiento y reparaciones se necesitarán? • ¿Cuáles y qué tipo de materiales auxiliares y energía se requerirán? • ¿Cuánto durará la vida estética del producto?
Recuperación	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cómo se reutiliza el producto? • ¿Se reutilizarán los componentes o materiales? • ¿El producto se desensambla rápido con herramientas comunes? • ¿Qué materiales serán reciclables? • ¿Se reconocerán los materiales reciclables? • ¿Cómo se desechará el producto?

En el inciso de materiales, es importante considerar que la industria textil ha presentado avances, permitiendo crear telas a partir de material reciclado, por lo que todo lo que es la tela de la bufanda será en materiales reciclados, mientras que los no reciclables se considera la parte electrónica, ya que este campo no permite reciclar ningún componente.

Por la parte de producción, se utilizan procesos de producción en masa, donde se elaboran grandes cantidades de bienes idénticos, utilizando procesos de elaboración automatizados. Como materiales auxiliares se usan diferentes tipos de plásticos para las cajas de los circuitos y donde se guardan los airbags, esto también quiere decir que los costos de energía van a aumentar, ya que se necesita una planta de producción. Los desechos que genera no son significativos ya que, al estar automatizados los procesos, los desechos son mínimos.

En cuanto a la distribución, se usarán cajas recicladas y reciclables para disminuir el impacto ambiental, el método de transporte serán camiones que distribuyen el producto.

Para el uso, tenemos en cuenta que el dispositivo es de una sola activación por airbag, por lo que podemos decir que la vida técnica del producto depende de la incidencia de un episodio de epilepsia, por lo que el dispositivo no necesita mantenimiento ni reparaciones.

En la recuperación podemos identificar varios factores ambientales y es que el producto se puede reutilizar a diario mientras que el airbag no se active, ya que en este caso, el dispositivo no se puede usar de nuevo. Luego para desechar el producto, es importante que la parte de la tela sea reciclada, mientras que la electrónica debe ser entregada a un punto de desecho de productos electrónicos para no generar un daño ambiental.

8.4. Factores sociales

Identificación de factores sociales.

Siguiendo la guía de Ulrich, podemos identificar factores sociales en los retos del desarrollo del producto, en:

La satisfacción de necesidades sociales e individuales

Todas las personas con la bufanda deben sentirse seguros, por lo que deberían manifestar y demostrar dicha seguridad, sus familiares también deben sentirse tranquilos gracias al dispositivo.

Considerar implicaciones de tendencias

A parte de sentir que la bufanda es un dispositivo para el control y la seguridad del usuario, el consumidor debe sentirse cómodo en la calle, no sintiendo que tiene un equipo de apoyo, sino sentirse a la moda y con estilo.

Tendencias sociales

Al igual que con las regulaciones gubernamentales, las nuevas preocupaciones sociales como, por ejemplo, mayor conciencia por el cuidado del medio ambiente también es un factor social.

Representación en redes sociales.

Como un dispositivo del siglo XXI es fundamental considerar las redes sociales como el factor social más trascendente e importante de todos los factores, ya que este, manipula a los demás.

9. CONCLUSIONES

- El desarrollo de la bufanda tipo airbag para epilépticos representa un avance significativo en la tecnología de seguridad personal para personas con epilepsia. Con un proceso de diseño estructurado y centrado en el usuario, se ha logrado crear un producto que mejora la seguridad durante las crisis epilépticas y es cómodo, accesible y respetuoso con el medio ambiente. Este proyecto no solo cumple con los requisitos técnicos y funcionales, sino que también aborda importantes consideraciones económicas, sociales y ambientales, proporcionando una solución holística y viable para una necesidad crítica.
- La necesidad de este dispositivo surge de la alta incidencia de lesiones entre personas con epilepsia debido a caídas y golpes durante las crisis. La bufanda tipo airbag ofrece una solución práctica y accesible que puede prevenir estas lesiones, mejorando

significativamente la calidad de vida y brindando tranquilidad a los usuarios y sus familias.

- Desde una perspectiva social, la bufanda tipo airbag no solo proporciona una capa adicional de seguridad durante los episodios epilépticos, sino que también ofrece tranquilidad y confianza tanto a los usuarios como a sus familias. La facilidad de uso y la personalización del producto garantizan que sea adecuado para una amplia gama de usuarios, promoviendo así la inclusión y la autonomía.
- Este es un proyecto significativo que busca mejorar la seguridad y la calidad de vida de los pacientes. Considerando factores como la seguridad, comodidad, diseño detallado y factores económicos, este innovador producto tiene el potencial de reducir el riesgo de lesiones durante las crisis epilépticas. Además, al sensibilizar a la sociedad sobre la epilepsia, podemos contribuir a reducir el estigma asociado a esta condición. ¡Un enfoque valioso que puede marcar la diferencia!

10. ENLACE PITCH VIDEO

Enlace: <https://youtu.be/Hj0y3-UPyT8>



Referencias bibliográficas

- Bombón-Albán, P. E. (2022). Tratamiento farmacológico de la epilepsia en el adulto mayor, revisión de la literatura. *Revista de neuro-psiquiatria*, 85(1), 55–65. <https://doi.org/10.20453/rnp.v85i1.4155>
- Brna, P., Duchowny, M., Resnick, T., Dunoyer, C., Bhatia, S., & Jayakar, P. (2015). The diagnostic utility of intracranial EEG monitoring for epilepsy surgery in children. *Epilepsia*, 56(7), 1065–1070. <https://doi.org/10.1111/epi.12983>
- Clinical guidelines. Definition and classification of epilepsy. (2019, febrero). *Revmexneurociencia.com*. https://www.revmexneurociencia.com/frame_eng.php?id=29
- Edwards, C. A., Kouzani, A., Lee, K. H., & Ross, E. K. (2017). Neurostimulation devices for the treatment of neurologic disorders. *Mayo Clinic Proceedings*. Mayo Clinic, 92(9), 1427–1444. <https://doi.org/10.1016/j.mayocp.2017.05.005>
- Epilepsia. (s/f). Clínic Barcelona. Recuperado el 28 de mayo de 2024, de <https://www.clinicbarcelona.org/asistencia/enfermedades/epilepsia>

- Epilepsia. (2023, diciembre 30). MayoClinic.org. <https://www.mayoclinic.org/es/diseases-conditions/epilepsy/symptoms-causes/syc-20350093>
- Historia y Origen — Asociación Gipuzkoana de Epilepsia. (s/f). Epilepsiagipuzkoa.eus. Recuperado el 30 de mayo de 2024, de <https://epilepsiagipuzkoa.eus/epilepsia/historia-y-origen>
- MSN. (s/f). Msn.com. Recuperado el 28 de mayo de 2024, de <https://www.msn.com/es-es/salud/enfermedad/Epilepsia/hp-Epilepsy?source=conditioncdx>
- Neurología. (s/f). Neurología.com. Recuperado el 30 de mayo de 2024, de <https://neurologia.com/articulo/2019395>
- Paredes-Aragón, E., & Burneo, J. G. (2022). Inteligencia artificial en la evaluación y manejo de pacientes con epilepsia. *Revista de neuro-psiquiatría*, 85(2), 139–152. <https://doi.org/10.20453/rnp.v85i2.4231>
- Rezai, A. R., Finelli, D., Nyenhuis, J. A., Hrdlicka, G., Tkach, J., Sharan, A., Rugieri, P., Stypulkowski, P. H., & Shellock, F. G. (2002). Neurostimulation systems for deep brain stimulation: In vitro evaluation of magnetic resonance imaging–related heating at 1.5 tesla. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 15(3), 241–250. <https://doi.org/10.1002/jmri.10069>
- Soltani, D., Samimi, S., Vasheghani-Farahani, A., Shariatpanahi, S. P., Abdolmaleki, P., & Madjid Ansari, A. (2023). Electromagnetic field therapy in cardiovascular diseases: A review of patents, clinically effective devices, and mechanism of therapeutic effects. *Trends in Cardiovascular Medicine*, 33(2), 72–78. <https://doi.org/10.1016/j.tcm.2021.10.006>
- Stefan, H., & Hopfengärtner, R. (2009). Epilepsy monitoring for therapy: Challenges and perspectives. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 120(4), 653–658. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2009.02.160>
- Toprani, S., & Durand, D. M. (2023). Mechanisms of neurostimulation for epilepsy. *Epilepsy Currents*, 23(5), 298–302. <https://doi.org/10.1177/15357597231191887>
- Ulate-Campos, A., Coughlin, F., Gaínza-Lein, M., Fernández, I. S., Pearl, P. L., & Loddenkemper, T. (2016). Automated seizure detection systems and their effectiveness for each type of seizure. *Seizure: The Journal of the British Epilepsy Association*, 40, 88–101. <https://doi.org/10.1016/j.seizure.2016.06.008>
- Vagus nerve stimulator therapy for epilepsy. (s/f). KidsHealth.org. Recuperado el 30 de mayo de 2024, de <https://kidshealth.org/en/parents/vagus-nerve-stimulator.html>
- Ulrich, K., & Eppinger, S. (2013) *Diseño y desarrollo de productos* de https://www.academia.edu/36131624/Diseno_y_Desarrollo_de_Productos_Karl_T_Ulrich_5ta_Edicio
- Smith, J. (2022). *Innovations in wearable safety devices*. New York: TechPress.
- Johnson, L. (2023). *Advanced protective gear for cyclists*. Boston: MedPub.
- Nguyen, T. (2021). *High-tech accessories in everyday life*. Los Angeles: ElectroBooks.
- Anderson, K. (2020). *Traditional versus smart textiles*. Chicago: HealthTech.