



# **DISPOSITIVO DE COMUNICACIÓN INTERACTIVO PARA NIÑOS CON PARÁLISIS CEREBRAL**

Ana Sofía Arias Barona – 2205482  
Juan Esteban Aristizábal García – 2205159  
Karoll Liseth Hernández Salazar – 2205511  
Dayana Montes Díaz – 2205206

Programa:  
Ingeniería Biomédica

Profesor:  
Oscar Ivan Campo Salazar

Diseño Biomédico 1  
Facultad de ingeniería

Universidad Autónoma de Occidente  
Santiago de Cali  
Junio 5 del 2024

## **CONTENIDO**

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>A. Descripción del problema</b>	<b>3</b>
<b>B. Objetivos del proyecto</b>	<b>3</b>
<b>C. Justificación</b>	<b>3</b>
<b>D. Antecedentes</b>	<b>6</b>
<b>II. LISTA DE NECESIDADES</b>	<b>3</b>
<b>III. CLASIFICACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE DISEÑO</b>	<b>5</b>
<b>IV. GENERACIÓN DE CONCEPTOS</b>	<b>5</b>
<b>V. SELECCIÓN DE CONCEPTOS</b>	<b>5</b>
<b>VI. ARQUITECTURA DEL PRODUCTO</b>	<b>5</b>
<b>VII. DISEÑO DETALLADO</b>	<b>6</b>
<b>VIII. FACTORES ASOCIADOS AL DISEÑO</b>	<b>6</b>
<b>A. Factores de riesgo</b>	<b>6</b>
<b>B. Factores económicos</b>	<b>6</b>
<b>C. Factores ambientales</b>	<b>6</b>
<b>D. Factores sociales</b>	<b>6</b>
<b>IX. CONCLUSIONES</b>	<b>6</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>6</b>

## **I. INTRODUCCIÓN**

El diseño de dispositivos biomédicos es uno de los grandes retos a los que se enfrentan los ingenieros biomédicos, ya que este proceso parte del conocimiento del paciente y su entorno, para pensar cuál es el más adecuado para satisfacer sus necesidades mediante el diseño más óptimo y seguro posible que se adapte a sus condiciones, mejore su salud o sus condiciones de vida. De ahí la importancia de llevar a cabo un proceso estructurado de investigación y diseño.

En este proyecto se lleva a cabo un proceso de diseño que abarca desde la identificación de la necesidades del cliente hasta una etapa final de prototipado digital, en donde se desarrolla la propuesta de un dispositivo de comunicación interactiva para los niños con parálisis cerebral, buscando suplir las necesidades más imperativas de esta población.

### **A. Descripción del problema**

A continuación, se presenta el contexto de la problemática que se va a abordar, destacando su importancia tanto en la generación de mejoras para los pacientes que enfrentan este trastorno de parálisis cerebral, como en los objetivos del proyecto. Este busca mejorar un aspecto crucial de la vida: la comunicación.

La parálisis cerebral, es un trastorno que genera una afección principalmente en el movimiento, equilibrio y por último postura de la persona que lo esté padeciendo, debido a que este tipo de trastornos, afecta la corteza motora del cerebro (Medline, n.d); todo esto puede desencadenar varios problemas en distintos ámbitos, por ejemplo en el caso de la dimensión social, pueden existir casos de discriminación, o a su vez una necesidad de ayuda por parte de la familia; en el ambito ambiental, se pueden encontrar problemas como lo son una estructura no adecuada para el paciente que tenga este tipo de trastornos, además de un sistema de transporte ineficiente, que debido a los problemas presentados, no tenga la posibilidad de transportar a el paciente de un lado a otro; por otro lado, otros dos aspectos, que se pueden tratar a la hora de hablar de este tipo de temas, es el ambito tecnológico y económico; en el caso del primero, se puede ver reflejado una dificultad, en la parte en que se necesiten adaptaciones o algún cambio en la estructura, que le permita el uso a el niño con parálisis cerebral, por otro lado en el ambito económico, se presenta una complicación, debido a un gasto extra, ya sea en gastos médicos o en pérdida de ingresos, debido a que algunos padres no tienen con

quien dejar a sus hijos y deben quedarse, produciendo así una disminución, en la cantidad de ingresos que podrían obtener.

Una vez determinado, que es la parálisis cerebral, y como esta puede afectar en un amplio rango de aspectos, se va a pasar a hablar un poco acerca de la cantidad de personas, específicamente niños, con este trastorno, de manera tal que se brinde porcentaje, además de un estudio o análisis de cómo la aplicación de soluciones a este tipo de problemas, puede contribuir a una mejora en la calidad de vida.

La parálisis cerebral, presenta datos que pueden variar dependiendo la zona de donde se esté analizando este trastorno, pero hay algo que si se mantiene fijo y es que esta alteración, es la primera causa de las afecciones de discapacidad infantil; En países, como lo es Francia, dos de cada mil niños, pueden presentar este tipo de afectaciones, similar al caso de países occidentales, siendo este de 2,5 por cada mil niños; Por otro lado, en el caso de Colombia, las estadísticas especifican que de 1 a 2 casos por cada mil niños nacidos (Cubillos y Perea, 2020).

Como se pudo comprender en el párrafo anterior, a pesar de que la mayoría de personas no presentan este tipo de alteración, aun así sigue existiendo una parte de la población que si tienen este trastorno, de manera que es necesario la creación de un dispositivo, modalidad, etc, que cumpla la función de mejorar en algún aspecto de la vida de un niño con parálisis cerebral.

Los niños con parálisis cerebral, presentan un amplio número de desafíos, ya sea desde la parte de comprensión o cognitiva, como la audición, movimiento, etc. Uno de los principales desafíos a los que se enfrentan los niños que padecen parálisis cerebral es la dificultad que tienen para realizar un movimiento controlado, es por esto, que movimientos finos que requieren de una alta precisión como hablar, suponen un gran reto para ellos. De acuerdo a lo expuesto anteriormente, el desarrollo de dispositivos que permitan brindar una asistencia para la comunicación de estos niños, son cruciales para que estos puedan tener una mayor autonomía.

## **B. Objetivos del proyecto**

### **1) Objetivo general:**

Desarrollar un dispositivo de comunicación asequible y eficiente, que le permita a los niños con parálisis cerebral, expresar sus necesidades y sentimientos de una manera fácil y cómoda.

### **2) Objetivos específicos:**

- Realizar un estudio bibliográfico sobre las tecnologías de comunicación para personas con parálisis cerebral, ya existentes en la actualidad.
- Diseñar una interfaz de usuario intuitiva y de fácil uso, que le permita al paciente, llevar a cabo la búsqueda y selección de opciones.
- Ejecutar un análisis de mercado, de manera tal que permita adquirir recursos más económicos, pero aun así que posibilite cumplir la función requerida.
- Diseñar y construir la parte física del dispositivo, en la cual están incluidos los 3 botones (Derecha, izquierda y OK), además de la tablet y los demás accesorios, que le permitan al usuario, un fácil uso.

### **C. Justificación**

De acuerdo al boletín poblacional: Personas con Discapacidad-PCD del año 2020, los niños y niñas en Colombia que presentan una discapacidad atendida, poseen principalmente un trastorno mental y del comportamiento o una enfermedad que afecte el sistema nervioso, teniendo esta última un 14,5% de esta población. Enfermedades que afectan el sistema nervioso, traen consigo dificultades para lograr un movimiento controlado, uno de estos casos es la parálisis cerebral, que son un grupo de trastornos que comprometen el cerebro y dificultan el movimiento, aprendizaje, audición, visión y pensamiento (Medline, n.d) (Cubillos y Perea, 2020).

La parálisis cerebral como se mencionó anteriormente, llega a afectar el movimiento de las personas que la padecen, esta es una enfermedad permanente y de nacimiento, por lo que desde niños estas personas deben aprender a convivir con este trastorno, teniendo varias dificultades para trasladarse o incluso para hablar. La comunicación es lo que permite a no sólo las personas sino también a animales a entenderse entre sí, normalmente las personas que tienen capacidad de hablar, usan este medio para comunicarse, de lo contrario, también hay otros medios para este propósito, como por ejemplo, posturas o gestos. Sin embargo, las personas con parálisis cerebral, se les dificulta comunicarse por estos medios por su falta de coordinación y control en

sus movimientos, es por esto que se deben buscar estrategias que les permitan expresarse ante las demás personas.

Retomando lo anteriormente mencionado, y teniendo en cuenta que la parálisis cerebral es un trastorno de nacimiento al cual los niños deben adaptarse hasta la edad adulta, el siguiente documento tiene como objetivo diseñar un dispositivo que permita en base a un software y una interfaz gráfica que puede ser controlada de forma remota, expresar diferentes emociones o necesidades que tenga el niño en ese momento, para así lograr que el niño pueda ganar más autonomía y sentirse más cómodo a la hora de expresar lo que siente a sus cuidadores.

#### **D. Antecedentes**

Hoy en día, existen varios dispositivos que buscan la comunicación para personas que presenten una dificultad en el diálogo, entre estas se encuentran pacientes con parálisis cerebral. En base a lo dicho anteriormente, se presentarán una serie de dispositivos, ya creados anteriormente, los cuales nos brindarán un panorama un poco más centrado de qué tecnologías se usan y que se podría mejorar o implementar en el dispositivo que se requiere plantear:

- **Dispositivo TOBII:** Es un dispositivo creado por la compañía TOBII Dinavox Global, con la intención de permitir al usuario, manejar una computadora por medio de los ojos; De manera tal que personas las cuales presentan una dificultad motriz o de habla, puedan comunicarse y a su vez realizar otras actividades por este medio (Fundación ian, n.d).
- **Brain Polyphony:** Desarrolla un sistema de comunicación alternativa para personas con parálisis cerebral, haciendo uso de la sonificación de señales cerebrales para transmitir emociones; este sistema, que no requiere control motor, traduce la actividad cerebral en sonidos audibles, permitiendo a los pacientes comunicarse de manera innovadora (Suarez y Madagarriaga, 2020).
- **Attainment Talker 6:** Es un comunicador de fácil uso, que permite grabar audios, con una capacidad para seis mensajes de 10 segundos cada uno. Cada mensaje se activa tocando una gran área activa de 50,8 mm, además tiene una funda de plástico transparente que permite la protección de los pictogramas. También presenta dos modos de uso, siendo el

primero, de manera tal que el paciente pueda agarrar el dispositivo con ambas manos y activar con el pulgar las opciones, o la segunda manera que es ubicarlo en una mesa gracias a sus patas antideslizantes (Tecno Accesible, n.d). Todas estas especificaciones, se pueden ver mucho mejor en la imagen que hay a continuación:



Figura 1 Attainment Talker 6

- **Ican Talk:** El dispositivo de comunicación Start2learn iCan Talk, está diseñado con el objetivo de ayudar a niños con necesidades especiales a expresar sus necesidades, deseos y sentimientos de manera sencilla; Tiene incorporado una voz femenina cálida y amigable, además de un diseño colorido, que fomenta la comunicación no verbal. Tiene botones asignados a necesidades y emociones específicas y utiliza un sistema de semáforo para indicar niveles de ansiedad, permitiendo a los niños expresar su estado emocional (Star2learn, n.d).

## II. LISTA DE NECESIDADES

Identificar las necesidades del cliente es uno de los pasos más importantes para realizar un buen proceso de diseño ya que fundamenta el propósito por el cual se realizará el dispositivo, además de asegurar que el producto final sea relevante, útil y exitoso.

Para poder realizar este procesos de identificación es importante establecer un método de indagación correcto que nos facilite la comunicación con el cliente y se adecue a la problemática que se abordará. Por lo anterior, para este proyecto se aplica el método de investigación individual, en el cual se realizan entrevistas y cuestionarios por participación remota, dirigidas principalmente a profesionales de la salud que hayan trabajado con pacientes del caso de estudio o tengan conocimiento cercano del tema. Para poder llevar a cabo este proceso se plantean preguntas como: ¿Cuáles son las necesidades más comunes que se observan en niños con parálisis cerebral?, ¿Cuáles son los desafíos principales como familiares o personal médico a cargo de niños con esta

patología?, ¿Qué tipo de ayudas técnicas o terapias reciben los niños en relación a la comunicación? entre otras preguntas que nos permitieran conocer las necesidades principales. A continuación se presenta el cuestionario y la entrevista realizada: [Indagación: Parálisis Cerebral Infantil \(google.com\)](#) y [Entrevista a Camila - Hecho con Clipchamp 1708394169224.mp4](#)

Al tener los resultados de la indagación, se utilizan las declaraciones del cliente para identificar la necesidad correcta, en donde se observa que la necesidad más frecuente tiende a ser relacionado con la alimentación y la movilidad, además de que se resalta el uso de medios audiovisuales, arte o música como herramienta dentro de los procesos de rehabilitación o apoyo, permitiendo que los niños se sientan más interesados en la actividad o proceso. Con esto en mente se establecen los atributos que debe tener el dispositivo para cubrir las necesidades y se clasifican según su naturaleza, lo cual se puede observar en la siguiente tabla.

	Declaración del cliente	Necesidad correcta	Atributos	Clasificación
1	La limitación de las tecnologías actuales es que son costosas	El cliente necesita tecnología económica	El dispositivo es económico	Objetivo
			El dispositivo es de fácil mantenimiento	Objetivo
2	Que tenga algo audiovisual para llamar la atención del niño	El usuario necesita que el dispositivo incorpore elementos audiovisuales	El dispositivo cuenta con componentes audiovisuales	Medio
			El dispositivo es interactivo	Objetivo
3	Que el niño pueda reconocer fácilmente los objetos que componen el dispositivo	El usuario necesita herramientas intuitivas	El dispositivo tiene una estética atractiva al usuario	Medio
			El dispositivo es intuitivo	Objetivo
			El dispositivo tiene una interfaz visual clara	Medio
4	Que los demás puedan entender lo que el niño quiere expresar fácilmente	El usuario necesita que los demás comprendan su mensaje de manera efectiva	Permite una comunicación eficaz	Función
5	Que el niño lo pueda usar él solo (autonomía)	El usuario necesita autonomía para usar el dispositivo	El dispositivo es de fácil uso para el niño	Objetivo
			El dispositivo es seguro	Objetivo
			El dispositivo está adaptado a la capacidad cognitiva del niño	Objetivo
			El dispositivo está adaptado a la capacidad motora del niño	Objetivo
6	Que el niño lo pueda llevar dentro y fuera de su hogar	El usuario necesita un dispositivo sea fácil de transportar	El dispositivo es ergonómico	Objetivo
			El dispositivo es ligero	Objetivo
			El dispositivo es pequeño	Objetivo
			El dispositivo es portable	Objetivo
			Funciona sin conectarse a la red eléctrica	Restricción
7	Que no sean sólo dos opciones, sino varias cosas	El usuario necesita una amplia gama de opciones para comunicar	Permite expresar una variedad de emociones	Función
8	Que pueda soportar el uso diario	El usuario necesita que el dispositivo sea duradero	El dispositivo es resistente	Objetivo
			El dispositivo es modular	Objetivo
9	Que pueda servir como alarma para saber cuando el niño está en una situación de estrés	El usuario necesita un dispositivo que pueda alertar sobre situaciones de tensión del niño	El dispositivo cuenta con un sistema de alarma	Medio

Tabla 1 Objetivos identificados



A partir de los objetivos identificados anteriormente se procede a realizar el proceso de agrupación y jerarquización, dando paso a la creación del siguiente árbol de objetivos.

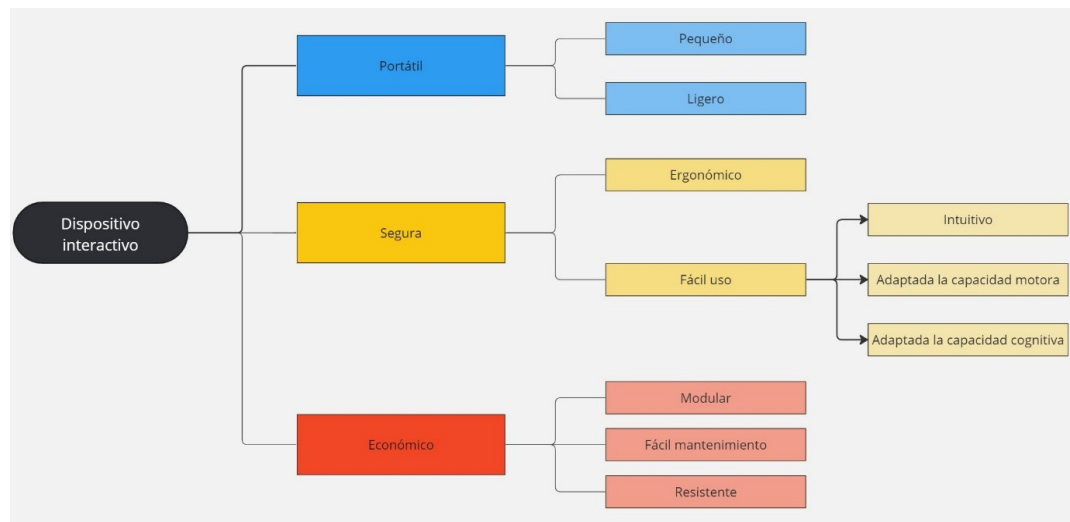


Figura 2 Árbol de objetivos

Con esto en mente, se realiza la ponderación de los objetivos del tercer nivel por medio de la siguiente tabla de comparación por pares, para identificar el valor o importancia relativa de un objetivo con respecto a los otros y ordenarlos como corresponde. Cabe resaltar que al hacer este proceso el objetivo “pequeño” tuvo una calificación final de 0, por lo que se hizo una normalización sumando 1 a todas las calificaciones finales.

	Pequeño	Ligero	Ergonómico	Fácil uso	Modular	Fácil mantenimiento	Resistente	Calificación	Calificación grupal
Pequeño		0	0	0	0	0	0	1	4
Ligero	1		0	0	1	0	0	3	
Ergonómico	1	1		0	1	1	1	5	12
Fácil uso	1	1	1		1	1	1	7	
Modular	1	0	0	0		0	0	2	11
Fácil mantenimiento	1	1	0	0	1		0	4	
Resistente	1	1	0	0	1	1		5	
Total								27	

Tabla 2 Ponderación de objetivos

Finalmente, con los resultados de la comparación por pares se realiza el árbol de objetivos ponderado, en donde se muestra la ponderación de cada objetivo respecto a los del mismo nivel (casilla izquierda) y respecto al total (casilla derecha).

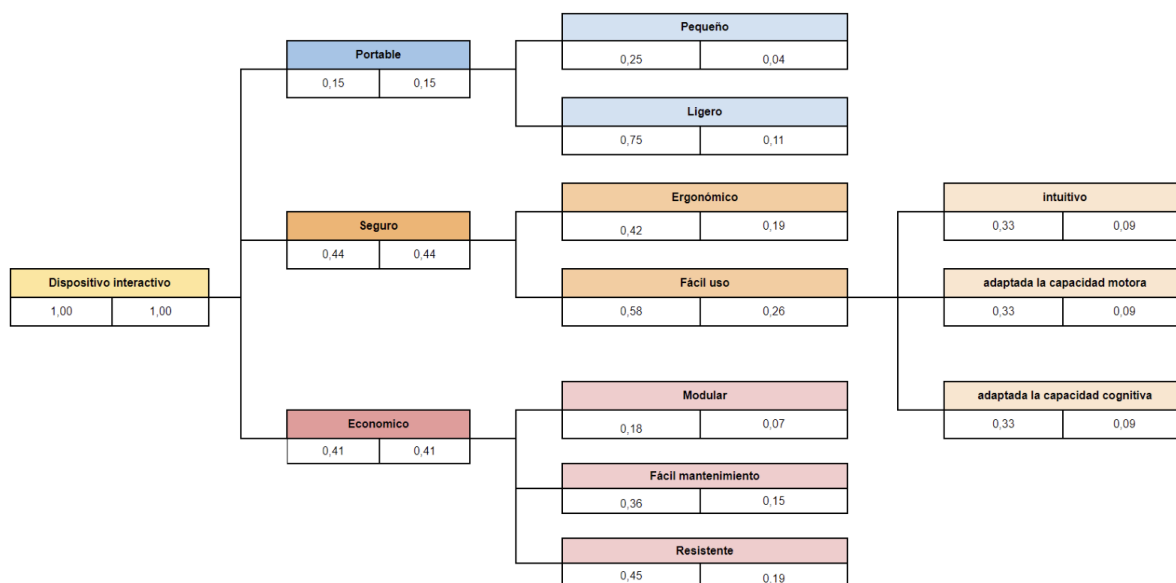


Figura 3 Árbol de objetivos ponderados

Esta ponderación de objetivos nos permite identificar cuales son los más relevantes y prioritarios a tratar durante el proceso de diseño.

### III. CLASIFICACIÓN DE LOS ATRIBUTOS DE DISEÑO

Una vez definidas las necesidades y atributos de diseño que se desean abordar para garantizar un dispositivo adecuado, se procede a analizar cada uno de estos atributos junto a las necesidades identificadas, con el fin de saber la relación que existe entre cada uno de ellos; adicionalmente, se van a clasificar los atributos de acuerdo a su peso o relevancia, obteniendo de este modo, un mejor orden de prioridad, por último analizará la dificultad o facilidad que supondría integrar estos atributos al diseño final. Para lograr esto se va a emplear la herramienta conocida como “The house of quality” o “QFD”, esta herramienta es como un tipo de mapa conceptual que tiene como fin organizar los diferentes atributos de diseño para establecer su nivel de importancia dentro del dispositivo que se quiere desarrollar.

Una ilustración del QFD empleado, puede ser observada en la figura 4, en donde se tiene una imagen similar a una casa, con partes como el techo, cuerpo y un par de laterales. A la hora de usar esta herramienta, se deben tener en claro tanto las necesidades de los usuarios o clientes, como los atributos de diseño que se deseen emplear, de este modo, una lista con las necesidades se pondrá como columna en la parte izquierda del diagrama representada por el color verde, los atributos de diseño por otro lado irán ubicados a modo de fila justo debajo de las correlaciones entre atributos. La parte lateral

derecha, señalada con el color naranja, es en dónde irá la evaluación competitiva del cliente, es decir, se seleccionará algunos dispositivos que puedan brindar una competencia en el mercado en contra del que estamos desarrollando, para analizar cómo se tendría que adaptar el dispositivo al mercado. Por último, la parte baja, indicada por medio de los colores azul y rojo, será lo que se busca alcanzar con el QFD, determinar cuales son los atributos de diseño a los que se debe prestar mayor atención para priorizar en el diseño final.

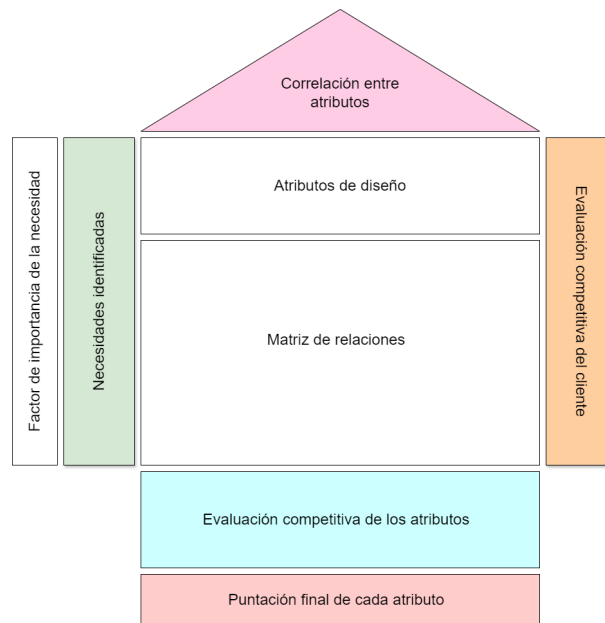


Figura 4 Diagrama QFD

Teniendo en claro lo anteriormente mencionado, se procede a explicar cómo se llenó este diagrama de acuerdo a los datos ingresados y la evaluación realizada por el equipo de trabajo. Como primera medida, se deben determinar las métricas que se van a utilizar para evaluar que las necesidades sean satisfechas de forma efectiva, las métricas de cada necesidad pueden observarse en la figura 5, en donde, es posible visualizar que hubo casos en donde una sola métrica podía usarse para medir varias necesidades, como en el caso de las necesidades 2, 4 y 7, que se pueden evaluar de acuerdo a la cantidad de elementos audiovisuales. Esta misma tabla puede visualizarse mejor en el siguiente enlace: [Especificaciones](#), dentro del apartado de especificaciones.

NECESIDADES		
Núm.	Necesidad	
1	El dispositivo	Es asequible
2	El dispositivo	incorpora elementos audiovisuales
3	El dispositivo	es intuitivo
4	El dispositivo	permite que los demás comprendan el mensaje del usuario de manera efectiva
5	El dispositivo	puede ser usado sin ayuda de terceros
6	El dispositivo	es fácil de transportar
7	El dispositivo	permite comunicar una amplia gama de emociones/expresiones
8	El dispositivo	es durable
9	El dispositivo	cuenta con un sistema de alarma para indicar situaciones de estrés

MÉTRICAS				
Núm. métrica	Núm. necesidad	Métrica	Unidad	Valor objetivo
1	1	Precio del dispositivo en el mercado	COP	< 10000000
2	2,4,7	Cantidad de elementos audiovisuales	Cantidad de elementos	> 2
3	2	Intensidad de las salidas de audio	dB	80
4	2	Resolución de las salidas visuales	Píxeles	> 722p
5	2	Cantidad de colores	bits x píxel	> 8
6	3,5	Tiempo de aprendizaje	horas	24
7	3,5	Tasa de errores	%	< 5
8	4,7	Porcentaje de respuestas correctas en pruebas de comprensión	%	> 80%
9	6	Dimensiones físicas del dispositivo	cm	<30x20x20
10	6	Peso del dispositivo	kg	< 1
11	6	Número de piezas desarmables	Cantidad de piezas	> 2
12	7	Número total de expresiones que puede comunicar	Cantidad de ondas detectadas	> 2
13	8	Resistencia a caídas	m	1.5
14	8	Resistencia al calor	Celsius	50
15	8	Resistencia a humedad	%	>80%
16	9	Volumen máximo de la alarma	dB	65 - 70
17	9	Duración de la alarma	Minutos	5

Figura 5 Tablas de especificaciones

Una vez definidas las métricas para evaluar las características que se deben cumplir en los atributos de diseño para alcanzar las necesidades propuestas por los clientes, se procede a evaluar cómo estos atributos están relacionados a cada una de las necesidades, para esto se utiliza la siguiente simbología de acuerdo al nivel de relación entre cada atributo y necesidad:

$\theta$  = Relación fuerte, O = Relación moderada,  $\Delta$  = Relación débil

Esta información irá registrada en la matriz de relaciones de la figura 4, y en caso tal de que una necesidad no tenga nada que ver con un atributo, se dejará la casilla vacía.

Otra simbología de relaciones, se puede establecer en la parte superior del diagrama QFD, en el apartado “Correlaciones entre atributos”, en la figura 1. Para llenar esta parte, se usaron 4 símbolos de acuerdo a como un atributo afectaba al otro, ya sea de forma positiva (si aumenta uno, aumenta el otro) o de forma negativa (si aumenta uno, disminuye el otro), al igual que el anterior apartado, en el caso de que no haya relación entre dos atributos, se dejará el espacio vacío. Los 4 símbolos empleados son:

++ = Correlación positiva fuerte, + = Correlación positiva

-- = Correlación negativa fuerte, - = Correlación negativa

Los últimos símbolos que serán utilizados, son los que se ubican justo entre las correlaciones entre atributos y los atributos de diseño, en donde, se buscará indicar si dicho atributo de diseño se debe alcanzar por debajo o por encima del objetivo propuesto

en la métrica, o si en su defecto, debe ser exactamente igual a la métrica establecida. La simbología empleada para esta parte es la siguiente:

▼ = El objetivo es minimizar, ▲ = El objetivo es maximizar

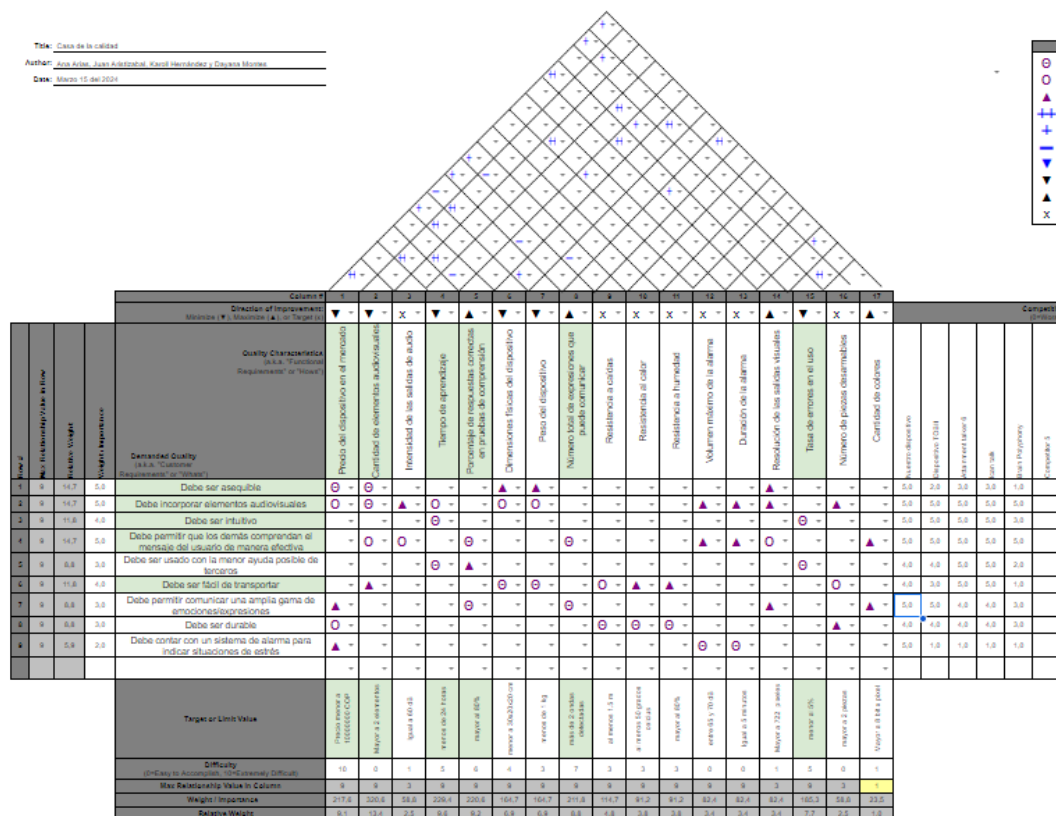
X = El objetivo es acertar al valor esperado

Una vez explicada la simbología empleada, se explicará la puntuación numérica empleada en los dos últimos apartados, estos serían: La evaluación competitiva del cliente y la evaluación competitiva de los atributos.

En la evaluación se eligieron 3 dispositivos similares al dispositivo que se quiere diseñar, estos se pueden encontrar en el apartado “antecedentes” de este documento y son: Dispositivo TOBII, attainment talker 6 y Ican talk; por otro lado, se eligió un dispositivo disímil que cumple una función similar pero por otro medio, siendo este medio señales neurológicas, este dispositivo es el Brain Polyphony. Una vez definidos los dispositivos de la competencia, se procede a evaluar si son mejores o peores que el dispositivo a desarrollar, usando una escala del 0 al 5, en donde 0 representa el peor y el 5 representa el mejor.

Por último, se evaluará la facilidad de implementar de forma efectiva cada uno de los atributos de diseño, usando una escala del 0 al 10, siendo 0 fácil de cumplir y siendo 10 extremadamente difícil de cumplir.

Habiendo explicado todo lo anterior, el diagrama QFD completo puede observarse en la figura 6, cuya vista más detallada puede observarse en el siguiente enlace: [QFD](#)



Finalmente, con el diagrama QFD terminado, se pudo obtener un puntaje final en cada atributo de diseño, en donde los puntajes más altos fueron de 320,6 y 229,4 que corresponden a los atributos cantidad de elementos audiovisuales y tiempo de aprendizaje respectivamente; Esto quiere decir que a la hora de desarrollar el diseño final, es preferible dejar estos dos parámetros lo más intacto posibles. Por otro lado, el puntaje más bajo fue de 23,5 lo que corresponde a la cantidad de colores, esto quiere decir que es posible variar este parámetro sin que suponga un gran impacto en el diseño final, otros atributos que tampoco influyen mucho en el diseño final son intensidad de las salidas de audio y número de piezas desarmables, ambos con un puntaje final de 58,8. En conclusión, el diagrama QFD es una herramienta muy útil para evaluar de forma efectiva los atributos de diseño de acuerdo a las necesidades establecidas por los clientes, clasificando dichos atributos de acuerdo a su prioridad dentro del diseño final.

Para iniciar el proceso de generación de conceptos se llevaba a cabo una descomposición del problema permita dividir el problema en subproblemas más

sencillos para poderlos abordar fácilmente. La estrategia de descomposición implementada fue "Descomposición por funciones", al ser la más acorde y práctica para la problemática y solución planteada ya que identifica y comprende las funciones principales que el dispositivo debe realizar para transformar entradas en las salidas.

Con esto en mente e identificando que las funciones clave incluirían: mostrar opciones en la pantalla, permitir la selección de opciones a partir de un movimiento del usuario, y activar la salida de audio para comunicar el mensaje, se desarrolla la descomposición por medio de herramientas como la caja negra y la caja gris que se presentarán a continuación.

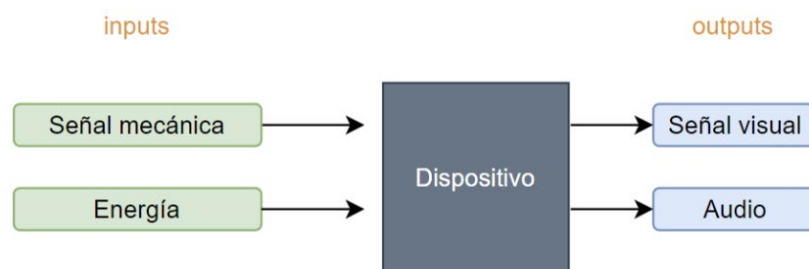


Figura 7 Caja negra

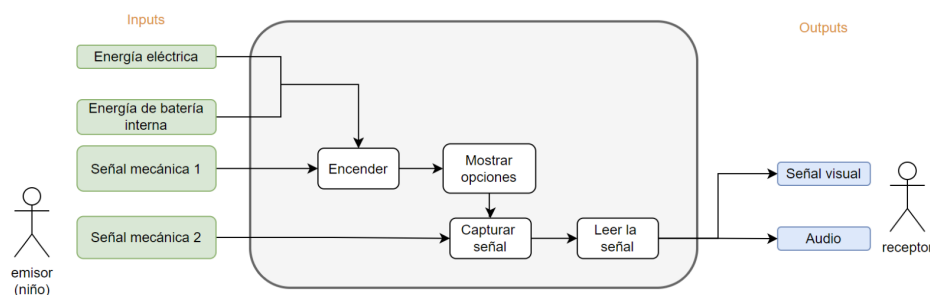


Figura 8 Caja gris

A partir de este proceso de descomposición, se construye el árbol de funciones en donde se especifican las funciones desde la generalidad hasta las más específicas de cada proceso funcional del sistema.

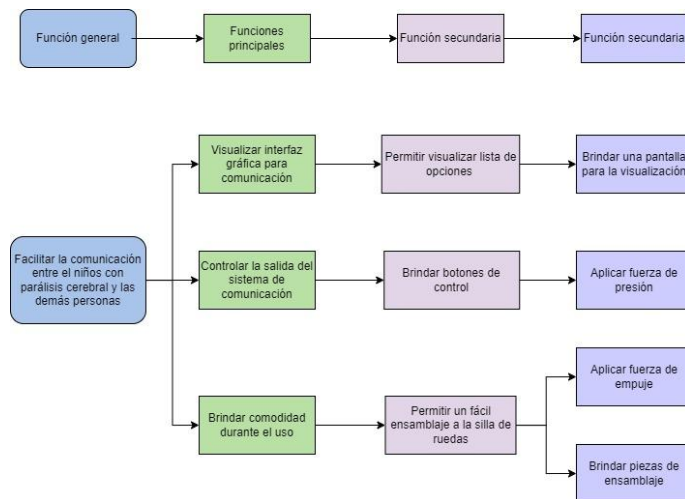


Figura 9 Árbol de funciones

Finalizando esta fase, se realiza un análisis morfológico donde se especifican todos aquellos medios posibles que pueden suplir las funciones del dispositivo, como se presenta en la siguiente tabla.

Función	Conceptos		
Encender			
Presentar opciones			
Capturar señal			
Leer señal			

Tabla 3 Análisis morfológico

## V. SELECCIÓN DE CONCEPTOS

A partir del análisis morfológico realizado en la fase anterior se crean 81 combinaciones de conceptos posibles, sin embargo, a partir de consideraciones prácticas y de usabilidad, asegurando un producto efectivo y funcional, se decide no tener en cuenta combinaciones que tengan:

- Sensor de proximidad, ya que por algún movimiento involuntario del niño podría apagar el dispositivo.
- Reconocimiento por voz, ya que implicaría que el dispositivo debe estar en un estado de suspensión constantemente.



- Leer señal por medio de wi-fi, ya que el dispositivo no podría ser usado en lugares sin conexión.
- Mostrar las opciones por audio, ya que dificultará su uso en lugar con mucho ruido.

Por lo que finalmente quedan 12 combinaciones posibles, las cuales se muestran a continuación.

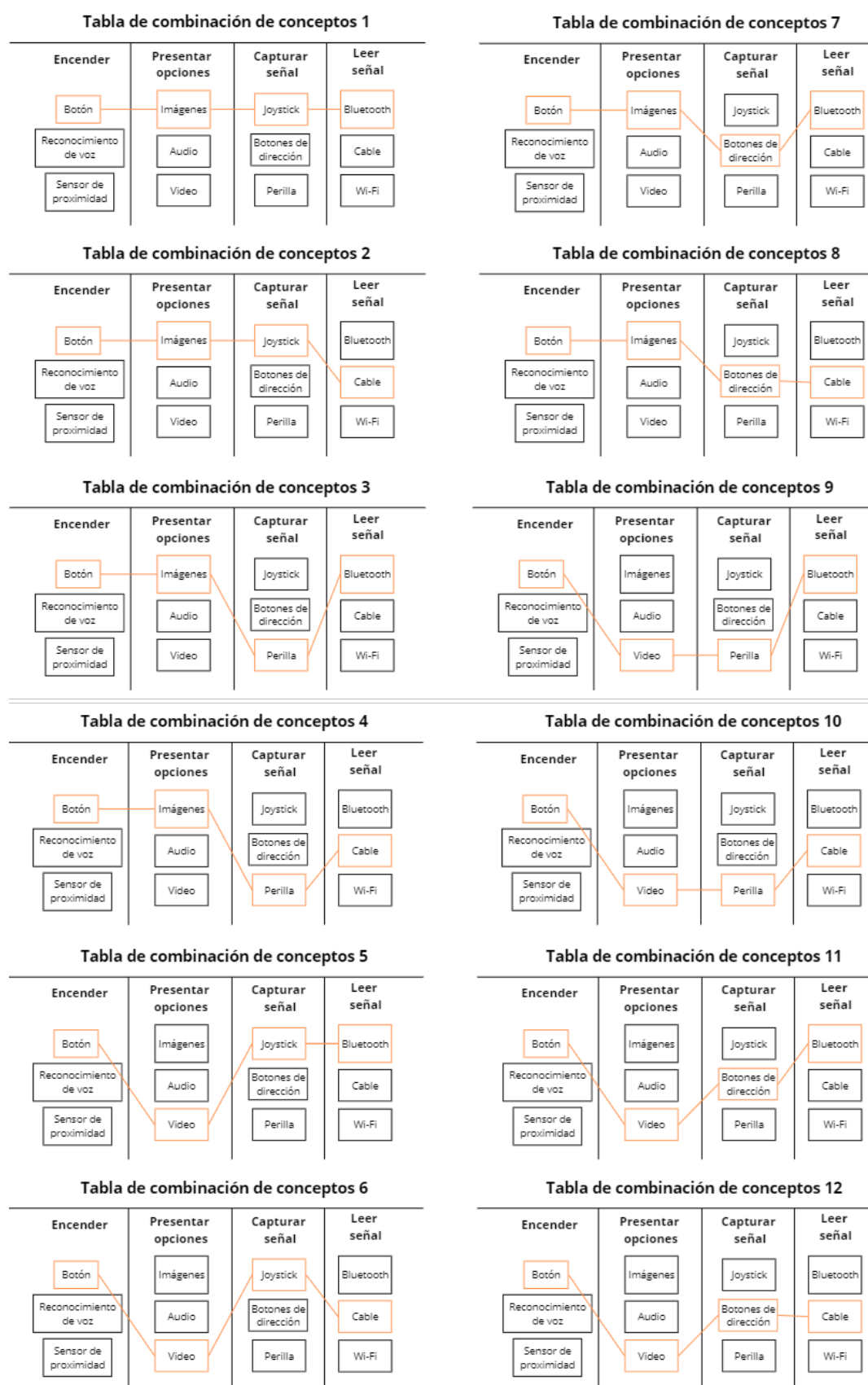


Figura 10 Combinaciones de conceptos

Con estas 12 combinaciones se realiza la tabla de selección de conceptos como se muestra a continuación, en la cual se evalúa cada combinación con respecto a los

criterios de selección propuestos a partir de las necesidades del cliente y los procesos de desarrollo, es así que se asigna una calificación teniendo en cuenta que se implementa la siguiente escala para la calificación: + para «mejor que», 0 para «igual que» y - para «peor que». Finalmente se suma la cantidad de veces que se repite el símbolo en cada columna y encuentra la diferencia entre la cantidad + y - para proporcionar la evaluación neta.

Criterios de selección	Conceptos											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Economico	0	+	0	+	0	0	+	+	-	0	0	+
Intuitivo	0	+	-	0	0	+	0	+	-	+	0	+
Facilidad de uso	0	0	-	-	0	0	+	+	-	-	+	+
Portabilidad	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-	+	-
Durabilidad	0	-	+	0	0	-	0	-	+	0	0	-
Facilidad de manufactura	0	0	0	+	-	0	0	+	0	0	0	0
Facil adquisición de insumos	-	0	0	0	-	0	0	+	0	0	0	+
Facilidad de comprensión	-	-	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+
Suma +	1	2	2	2	2	2	3	5	3	2	3	5
Suma 0	5	3	3	3	4	4	4	0	2	4	5	1
Suma -	2	3	3	3	2	2	1	3	3	2	0	2
Evaluación neta	-1	-1	-1	-1	0	0	2	2	0	0	3	3
Lugar												
¿Continuar?	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✗	✗	✓	✓

Tabla 4 Selección de conceptos

Como resultado de la tabla de selección se obtiene que las mejores combinaciones fueron las 11 y 12, seguidas de las 7 y 8. A partir de esto se realiza la tabla de evaluación de conceptos en donde se tiene en cuenta la combinación 11 y 12 como referencia, al ser las combinaciones de mejor puntaje en el proceso anterior.

A partir de esto se realiza un proceso de combinación y mejora entre las opciones más convenientes, ejecutando las siguientes combinaciones:

- 12+8 → Se considera que la combinación 12 podría implementar no solo video, sino también imágenes, lo cual es una característica de la combinación 8. Esto con el fin de disminuir la complejidad en el proceso de manufactura y diseño del software, pero que conservara su alto puntaje en la facilidad de comprensión.
- 7+8 De la opción número 8 se observa que obtuvo un puntaje negativo en el aspecto de portabilidad, debido al uso de cables para su comunicación de datos. Por ello, se decide combinar el uso de bluetooth que es una característica de la combinación 7, para que permita una mayor portabilidad.

A continuación se realiza la tabla de evaluación de conceptos con el fin de encontrar la mejor combinación de conceptos entre los mejores resultados de la tabla de selección de conceptos y las nuevas combinaciones propuestas. Esta tabla se caracteriza por incluir un peso a cada criterio de selección, lo cual depende de qué tanta influencia pueda llegar a tener en el proceso de diseño, es así que criterios como el aspecto económico, la facilidad de comprensión y facilidad de uso son aquellos con mayor impacto al ser parte de las necesidades básicas expresadas por el cliente. Finalmente se asigna una calificación de 1 a 5, siendo 5 la calificación más alta, es decir que se cumple satisfactoriamente con el criterio evaluado.





		CONCEPTO							
Criterios de selección	Peso	11		12		12+8		7+8	
		Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada
Economico	18,3%	3	0,549	5	0,915	5	0,915	3	0,549
Intuitivo	10,0%	3	0,3	5	0,5	5	0,5	5	0,5
Facilidad de uso	18,3%	5	0,915	5	0,915	5	0,915	5	0,915
Portabilidad	6,0%	5	0,3	1	0,06	1	0,06	4	0,24
Durabilidad	5,1%	3	0,153	1	0,051	1	0,051	1	0,051
Facilidad de manufactura	12,0%	3	0,36	3	0,36	4	0,48	5	0,6
Facil adquisición de insumos	12,0%	3	0,36	5	0,6	5	0,6	5	0,6
Facilidad de comprensión	18,3%	5	0,6	5	0,6	5	0,6	1	0,12
Total	100,0%		3,537		4,001		4,121		3,575
	Lugar								
	Continuar?		✗		✓		✓		✗

Tabla 5 Evaluación de conceptos

Finalmente se obtiene que el concepto más adecuado es el 12+8, siendo este un concepto que evolucionó de otros dos anteriores, con el fin de mejorar sus características y tener una alternativa mejor, lo cual puede verse reflejado en la calificación obtenida cumpliendo satisfactoriamente con la mayoría de los criterios de selección. De igual forma, se puede observar que uno de los puntos clave durante la evaluación fue la importancia de la ponderación por pesos de los criterios de selección, ya que esto influyó significativamente en el puntaje final de las combinaciones. Además, al mejorar una combinación existente con características adicionales, pudimos aumentar su puntaje ponderado y encontrar la mejor combinación para nuestro diseño conceptual.

Ya que se tiene la mejor combinación de conceptos definida, se procede a realizar un boceto del concepto para dejar en claro cada parte del sistema y su ubicación en el espacio.

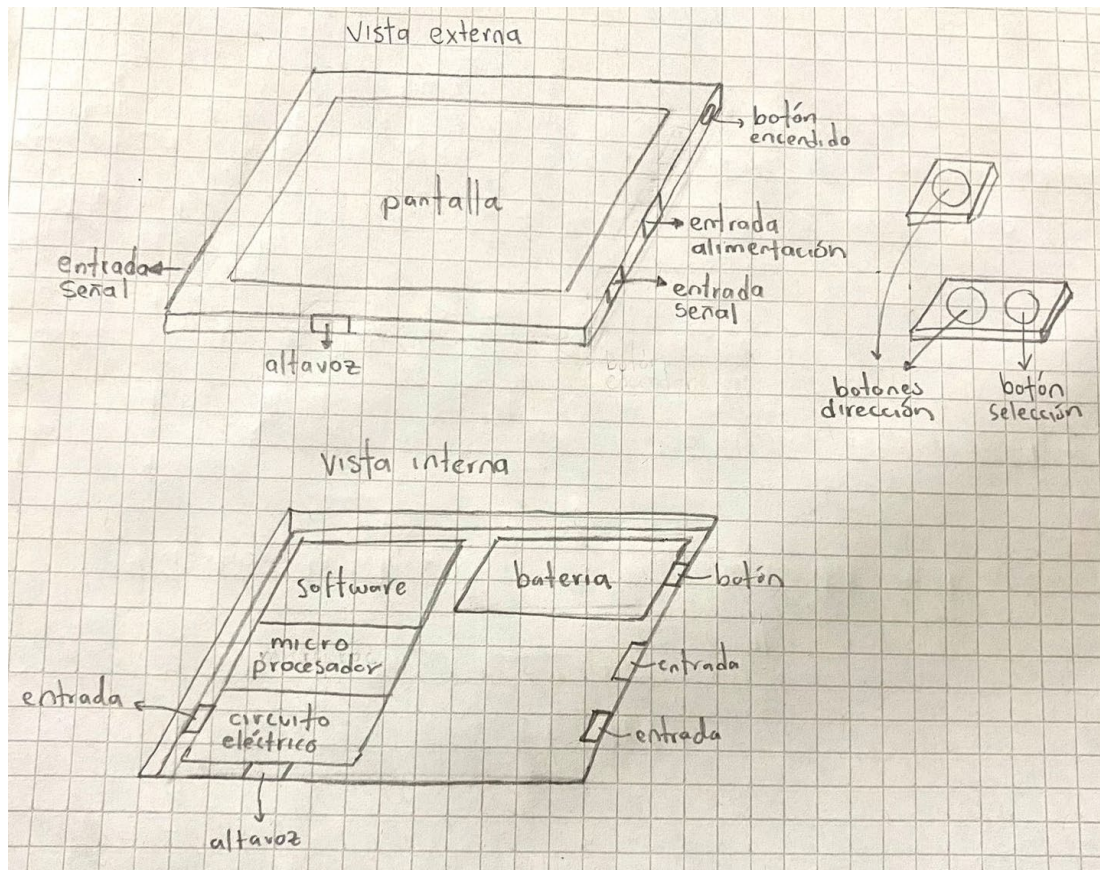


Figura 11. Boceto

En este boceto se plasma una pantalla con sus diferentes puntos de entrada y salidas características funcionales, al igual que los botones de control.

## VI. ARQUITECTURA DEL PRODUCTO

Una vez que se han definido los conceptos más importantes sobre el dispositivo, podemos pasar a definir que tipo de arquitectura tiene el producto, para posteriormente especificar las interacciones o relaciones, tanto fundamentales, como incidentales que puede presentar el dispositivo ideado.

El tipo de arquitectura que presenta el producto, es una arquitectura modular, específicamente mediante el enfoque de arquitectura por ranuras; debido a que cada una de las partes del dispositivo cumple una función específica, lo que implica que no son intercambiables y deben permanecer fijas para garantizar un rendimiento óptimo, como se puede ver en la imagen posterior, en donde cada dispositivo tiene su espacio predeterminado, debido a que se requiere su funcionalidad, en interacción, con los dispositivos que se encuentran en su entorno.

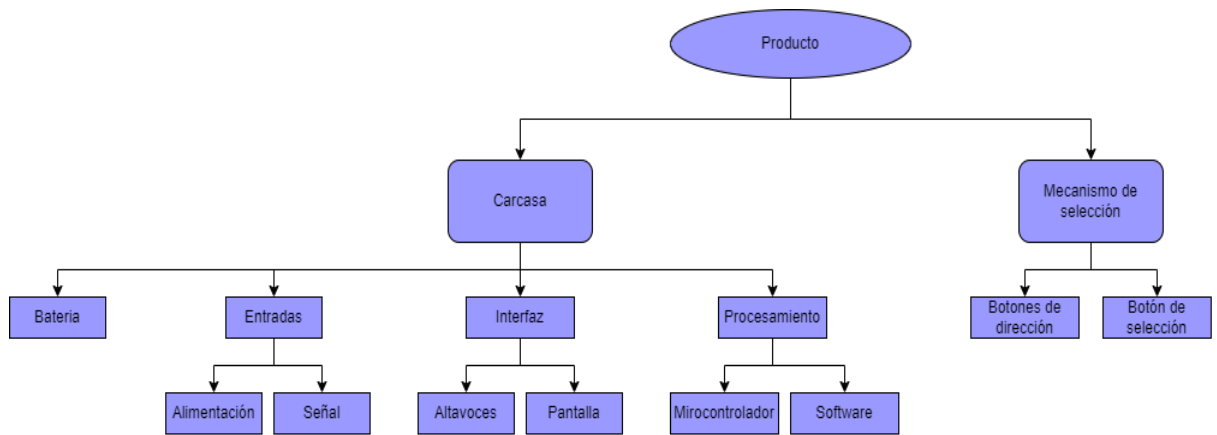


Figura 12

Ahora que se definió qué tipo de arquitectura tiene el dispositivo, se puede continuar con el proceso del estudio de las interacciones o relaciones, tanto fundamentales como incidentales, en donde se realizará un enfoque mucho mayor, no en el dispositivo general, sino en las interacciones entre las partes que componen el dispositivo.

En el diagrama de relaciones fundamentales, se realizaron varios cuadros, de manera tal que cada cuadro representa uno de los componentes del dispositivo y en su interior indicamos las funciones que cumple; además por medio de las líneas que se conectan entre ellas, se señala el flujo de señal, material o energía que hay entre los componentes, indicando así la relación entre un componente y otro dentro del sistema.

En el caso del control remoto, se puede observar que va a tener 2 funciones, tanto de encendido, como la selección de la opción requerida, por lo tanto la conexión que existe con el cable de comunicación es la línea punteada que significa el flujo de señal o datos, debido a que el niño al pulsar cualquiera de estos botones, va a generar información, que será enviado por el cable de comunicación. Por otro lado, podemos encontrar el bloque de cable de alimentación, en donde como se puede observar en la figura posterior, la línea ya no es punteada, esto es debido a que no se está enviando datos, sino que como es la alimentación, por este medio se está pasando energía; y así sucesivamente, se debe analizar el resto de bloques, teniendo en cuenta tanto sus funciones, como qué tipo de conexiones tiene.

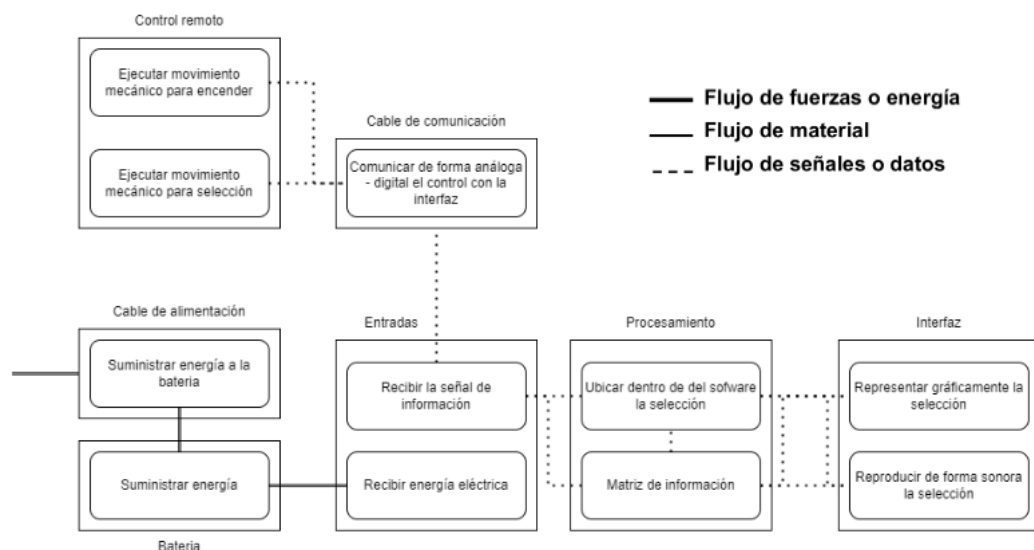


Figura 13

Ahora pasando a el segundo diagrama de bloques, siendo este el de relaciones incidentales, se va a enfocar es en el análisis de las posibles fallas que pueden ocurrir entre los componentes del equipo, de manera tal que permita brindar una posible solución ante ese problema de una manera previa a la creación del dispositivo. A continuación, se presentan algunos posibles problemas que podrían ocurrir, y cómo generar una solución ante ellos.

- **Posible quiebre a la hora de inclinarse:** Implementar una carcasa alrededor del display que conecte con la carcasa del dispositivo para disminuir su fragilidad ante quiebres. Además que cuente con un sistema giratorio que permite ajustar la pantalla a la altura y ángulo deseado para el niño sin que oponga resistencia y pueda partirse.
- **Visualización errónea de la opción seleccionada:** Realizar etapas de testeos del código, para lograr determinar que el dispositivo responda adecuadamente frente a las opciones seleccionadas por el usuario. Debe haber una etapa de validación y ajuste para que el error sea nulo.
- **Posible disminución en la resolución de imagen:** Realizar pruebas de calibración del código empleado, para garantizar una buena calidad de imagen. Verificar todas las correcciones.
- **No lectura de datos a la hora de pulsar:** Añadir una etapa de calibración posterior al sistema de encendido del dispositivo.
- **Posible falla en la fuente que impida una buena alimentación:** Agregar al manual de usuario una guía detallada del proceso de carga, dónde verificar el

porcentaje de carga, advertencias y cómo recargar a través del cable de alimentación.

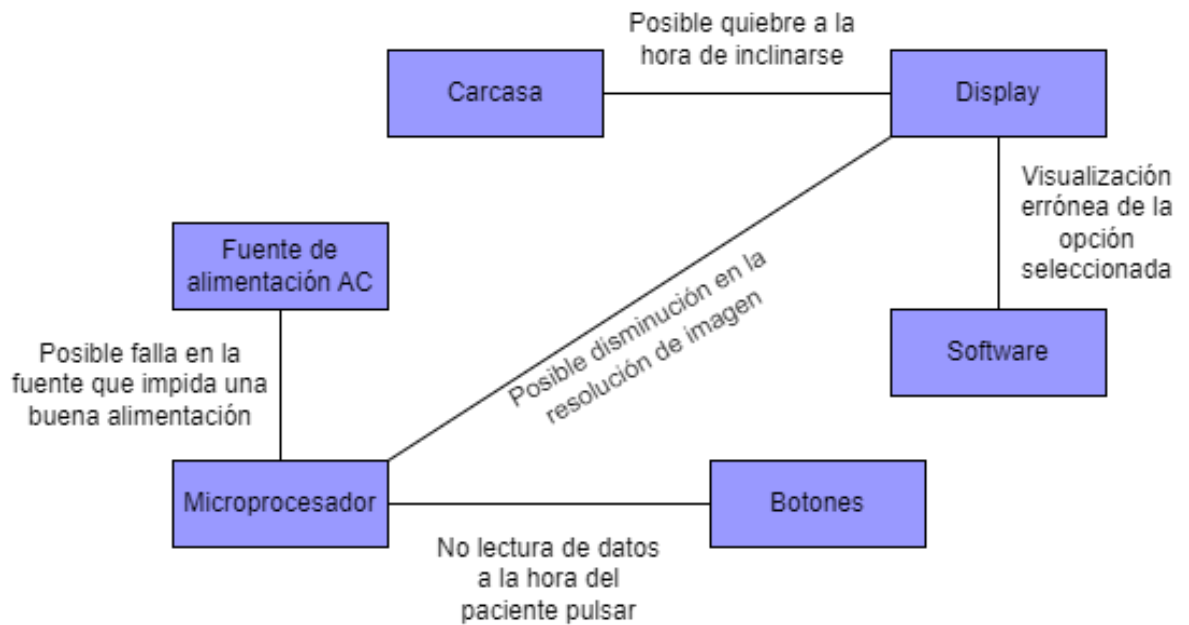


Figura 14

## VII. DISEÑO DETALLADO

A partir de lo expuesto en los apartados anteriores, se va a explicar a detalle los elementos principales que compondrán los diferentes subsistemas que se desean integrar al diseño final, un diagrama de estos subsistemas y elementos, se puede apreciar en la figura 15, a partir de esta misma figura, se procederá a detallar cada uno de los elementos.



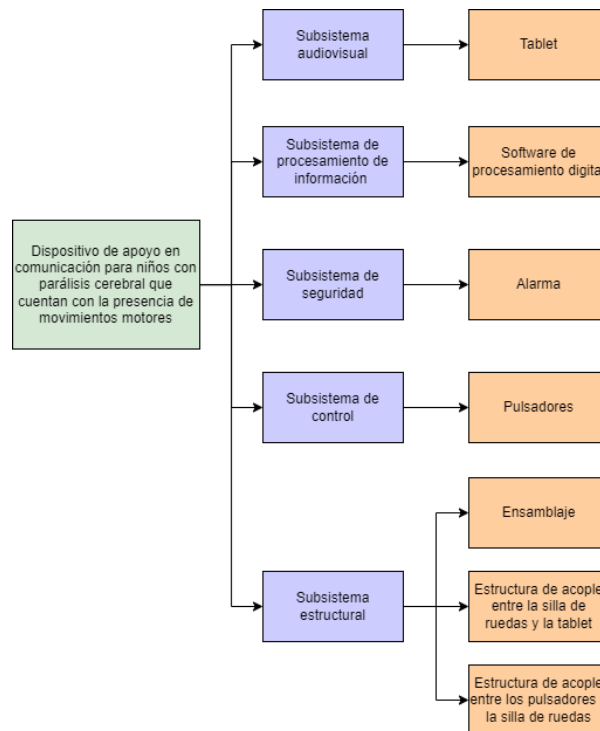


Figura 15 Diagrama de subsistemas y elementos

#### Elementos comerciales:

- **Tablet:** De acuerdo a los atributos de diseño, esta no puede ser muy grande y debe tener la capacidad de visualizar colores. Por ello se eligió la tablet android 11, que sirve tanto para lecturas como para videos, esta cuenta con las siguientes especificaciones técnicas (Amazon, n.d):

Capacidad memoria flash = 32 GB

Resolución máxima de pantalla = 1024x600 MP

Duración de batería = 6 horas

Tamaño de pantalla = 7 pulgadas

Tipo de pantalla = Táctil

RAM = 2 GB

- **Software de procesamiento digital:** Para el diseño que se plantea, se usará un software para el procesamiento de señales, se plantea usar Python, un lenguaje de programación bastante reconocido, y cuyo peso es de 25,47 MB (Uptodown Technologies SL, n.d).
- **Alarma:** De acuerdo a los atributos de diseño, la alarma que componen el subsistema de seguridad, deberá tener una duración igual a 5 minutos, y cuyo volumen máximo debe oscilar entre los 65 y 70 dB. Por esto se ha seleccionado el dispositivo de alarma 24 VDC 30 mm 75 dB panel

buzzer (Vz controles Industriales, n.d). Cuenta con las siguientes especificaciones técnicas:

Voltaje = 24 VCD

dB = 75 dB

Dimensiones = 30 mm

- **Pulsadores:** Los pulsadores que se desean emplear dentro del diseño final del dispositivo son 3 pulsadores que permitirán al usuario navegar a través de la tablet y seleccionar lo que desea comunicar en ese momento, se seleccionaron 3 botones circulares metálicos de 2 pines (Ferretrónica, n.d). Cuenta con las siguientes especificaciones técnicas:

Voltaje máximo de Funcionamiento = 250V

Corriente = ~ 5A

Temperatura de operación = -30 °C ~ 70 °C

Dimensiones = ~ 24mm x 15.7mm

Número de Pines = 2

#### **Elementos a diseñar en detalle:**

- **Ensamblaje:** Se busca que el dispositivo sea portable, fácil de transportar por los cuidadores del niño, para ello se propone desarrollar el dispositivo por piezas que puedan ser ensambladas entre ellas, para garantizar esto se harán modelos en 3D, prototipos de funcionamiento y análisis de riesgos, todo para evaluar la mejor opción de diseño posible para esta parte del subsistema estructural.
- **Estructura de acople entre la silla de ruedas y la tablet:** Se desea que la parte audiovisual de la tableta, pueda ser visualizada tanto para el niño como para sus cuidadores y otras personas, a su vez se quiere que vaya unido a la silla de ruedas, de modo que se pueda transportar al mismo tiempo que la silla. Para lograr esto se propone un plan de varios bocetos iniciales en donde se van a proponer diferentes sistemas de acoplamiento para garantizar la unión entre la tablet y la silla de ruedas, sin comprometer la movilidad de la silla; posteriormente se evaluará cada una de las alternativas y los elementos que los compongan, de acuerdo al precio y facilidad de uso por parte de los cuidadores que aplicarán el sistema. Una vez discutido todo lo anterior, se realizará un modelo en 3D y analizarán los factores de riesgos que se pueden presentar, todo esto para

desarrollar un prototipo que evalúe la efectividad del sistema, por último se añadirá la explicación del uso de este sistema en el manual del usuario.

- **Estructura de acople entre los pulsadores y la silla de ruedas:** Al igual que la tablet, los pulsadores necesitan acoplarse a la silla de ruedas, garantizando una adecuada conexión con la tableta y la alarma sin comprometer la poca movilidad del niño. Para lograr esto, se debe proponer un circuito de cableado que permita una conexión efectiva entre ambos sistemas eléctricos, reduciendo todos los posibles riesgos de daño al movilizar la silla de ruedas. Para esto se busca proponer un circuito que logre una correcta activación del software configurado en la tablet y un correcto control de la alarma, usando simulaciones en el software de automatización de diseño electrónico Proteus design suite. Una vez evaluado los circuitos, se plantean pruebas de funcionamiento entre las distintas partes que componen el circuito para al final integrarlo todo en uno solo. Finalmente, se crearán bocetos y modelos en 3D para acoplar los pulsadores a la silla de rueda, que a su vez permita una correcta transferencia de datos a través del sistema de cableado, realizando su respectivo análisis de riesgos para evaluar cuales se pueden minimizar antes de llegar a desarrollar el diseño final en físico.

Finalmente se presenta el diseño del sistema de manera detallada desarrollada por medio de la aplicación SolidWorks, acoplado directamente en el espacio de utilización. En el diseño se pueden observar 3 elementos acoplados a la silla de ruedas: una tablet, un control lateral derecho con dos botones y un control lateral izquierdo con 1 botón, tal y como propuso en el boceto realizado durante la fase de selección de concepto. La tablet estará sostenida por un trípode con movilidad, es decir, que la ubicación de la pantalla podrá ser ajustada por el cliente según lo necesite fácilmente, los controles estarán ubicados de forma segura y por medio de un mecanismo de inserción en los reposabrazos de la silla de ruedas permitiendo que el paciente tenga un fácil acceso y manejo de los elementos permitiendo a su vez graduar la cercanía de los mismos. Cabe resaltar que como se muestra en el boceto, el diseño digital presenta dos botones al lado derecho que corresponden al direccional derecho y al botón de selección, mientras que en el lado izquierdo solo se contará con el botón direccional izquierdo.



*Figura 16 Diseño digital del sistema*

En cuanto a la parte de software, se presenta ya implementado dentro de la tablet en donde se encuentra todos los procesos lógicos para captar la señal, interpretar y ejecutar visual y auditivamente la selección realizada, para finalmente observar en pantalla una amplia gama de elección entre acciones básicas, emociones entre otras, que le permitirá al paciente expresar fácilmente con los demás sus necesidades y sentimientos.



Figura 17 Interfaz de usuario

## VIII. FACTORES ASOCIADOS AL DISEÑO

A lo largo del diseño del dispositivo, se han tenido en cuenta un número elevado de aspectos de gran importancia que influyen en su desarrollo y funcionalidad. Estos factores no solo garantizan la seguridad y eficacia del dispositivo, sino que también aseguran que sea asequible, sostenible, y a su vez un gran impacto social. A continuación, se presentarán los principales factores asociados al diseño, divididos en un total de cuatro categorías, siendo estos:

### A. Factores de riesgo

A la hora de realizar un diseño, es de suma importancia, tener en cuenta los factores de riesgo, debido a que permiten identificar, y a su vez buscar la manera de mitigar estos posibles peligros, que se pueden generar a la hora de hacer uso del dispositivo. Algunos de los factores más importantes son:

- *Seguridad eléctrica:* El dispositivo, debe estar protegido con circuitos o elementos de protección, los cuales evitan sobrevoltajes o temas relacionados a este, que puedan generar un corto en el sistema eléctrico.
- *Durabilidad y resistencia:* Se evalúa si el material, con el cual se va a realizar el dispositivo, es duradero y resistente ante golpes o caídas.

- *Ergonomía*: Se analiza si el diseño, cumple su trabajo de una manera adecuada, de manera que le permita al niño estar cómodo y evite posturas, que puedan con el futuro empeorar la situación.

## **B. Factores económicos**

A la hora de realizar un diseño, es de suma importancia, tener en cuenta los factores económicos, debido a que permiten generar la solución con un menor valor posible, pero generando unos óptimos resultados, de manera que permite al usuario, una adquisición más fácil, debido a que no va a presentar un precio muy elevado. Algunos de los factores más importantes son:

- *Costos de producción*: Se debe estudiar, qué materiales y componentes, brindan la mejor relación entre calidad y precio
- *Precio de mercado*: Analizar el precio que tienen dispositivos similares en el mercado, de manera que permita establecer un precio competitivo en el mercado.
- *Mantenimiento y reparaciones*: Se debe tener en cuenta el costo adicional que se va a generar, debido a refacciones que se deban a hacer en un futuro, o al mismo mantenimiento del equipo.

## **C. Factores ambientales**

A la hora de realizar un diseño, es de suma importancia, tener en cuenta los factores ambientales, debido a que permitirán conocer si con la creación del dispositivo se afecta de manera reversible o no reversible al medio ambiente, además de cuál sería el impacto que tendría en una sociedad.

- *Impacto ambiental*: El diseño del producto, debe estar enfocado a la reducción en el uso de dispositivos corrosivos para el medio ambiente, de manera que se genere el menor impacto ambiental posible.
- *Vida útil del dispositivo*: El dispositivo, se deberá crear de manera que presente una mayor durabilidad, evitando así, la necesidad de comprar un nuevo dispositivo en un tiempo corto, aumentando la huella de carbono.
- *Gasto energético*: Como el dispositivo hará uso de baterías, y a su vez alimentación directa de la red, se debe tener doble precaución, en el caso de las pilas, se debe buscar que sean lo mas duraderas posibles, generando así minimizar el impacto ambiental; por otro lado en caso de

que el dispositivo esté conectado a la red, se debe buscar que toda la electricidad pase, y no haya deficiencias, como lo puede ser un incremento en el calor, debido a una mala conductividad.

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

A la hora de realizar un diseño, es de suma importancia, tener en cuenta los factores sociales, debido a que permite conocer y asegurarse de que el dispositivo sea aceptado y beneficie a la comunidad de manera significativa.

- *Impacto social: El dispositivo influye de una manera óptima a la sociedad, de manera que mejora la calidad de vida, resolviendo problemas específicos, en este caso la comunicación.*
- *Asequibilidad: El dispositivo tendrá un precio adecuado, de manera que permitirá que diferentes segmentos de la población, incluyendo los que tienen menores recursos, puedan adquirir el dispositivo.*

### **IX. CONCLUSIONES**

- El presente trabajo tiene como objeto principal diseñar un dispositivo de apoyo en comunicación para los niños que padecen el trastorno de parálisis cerebral y que cuenten con la presencia de movimientos motores. A la hora de diseñar este dispositivo, que al final se nombró como TalkBridge, se pudo evaluar el método de diseño empleado, el cual al final fue adecuado para la problemática a resolver, puesto que ya se conoce como podría desarrollarse este dispositivo, que tipos de riesgos posee y cómo controlarlos, además de tener en clara la problemática y el contexto en el que se aplica, lo que permite un diseño más centrado en el problema del paciente.
- Una de las ramas en la que se puede llegar a desarrollar el ingeniero biomédico, es el de diseño y desarrollo de dispositivos biomédicos, en donde se debe tener en claro que problemática se quiere resolver, qué necesidades tiene el o los usuarios, qué tipo de sistemas se emplearían, elementos, análisis de riesgos, etc. Al tener en claro la metodología de diseño a emplear, se tiene una estructura de una serie de pasos para poder llegar a la mejor solución de acuerdo a la condición del paciente y a las normativas existentes, puesto que algo que diferencia al

ingeniero biomédico de los demás ingenieros, es su conocimiento acerca del cuerpo humano, como el dispositivo puede generar riesgos al modificar el diseño y las leyes y normas que rigen el desarrollo del dispositivo médico.

## X. REFERENCIAS

1. Amazon. (n.d.). Dispositivo de comunicación para niños – iCan Talk Dispositivo de comunicación infantil portátil para niños con necesidades especiales – Dispositivo de sonido para comunicación no verbal. Amazon. <https://www.amazon.com/-/es/Start2learn-Dispositivo-comunicaci%C3%B3n-para-ni%C3%B1os/dp/B08L6PM18Y>
2. Attainment Talker 6. (n.d.). <https://www.tecnoaccesible.net/catalogo/attainment-talker-6>
3. Cubillos, J. C., & Perea, S. A. (n.d.). Boletines Poblacionales: Personas con Discapacidad -PCD1 Oficina de Promoción Social I-2020. boletines-poblacionales-personas-discapacidadI-2020. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/bol-etines-poblacionales-personas-discapacidadI-2020.pdf>
4. Enciclopedia Médica A.D.A.M. (2023). Parálisis cerebral. Medline Plus. [https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000716.htm#:~:text=La%20par%C3%A1lisis%20cerebral%20\(PC\)%20es,%2C%20at%C3%A1xica%2C%20hipot%C3%B3nica%20y%20mixta](https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/000716.htm#:~:text=La%20par%C3%A1lisis%20cerebral%20(PC)%20es,%2C%20at%C3%A1xica%2C%20hipot%C3%B3nica%20y%20mixta)
5. Suarez, A., Plata, W., & Madagarriaga, L. N. (2020). EFICACIA DE LAS AYUDAS TÉCNICAS PARA LA REHABILITACIÓN DE MARCHA EN NIÑOS CON PARÁLISIS CEREBRAL. REVISIÓN SISTEMÁTICA 2020-2021. <https://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/22349>
6. Fundación ian. (n.d.). Fundacion Ian. <https://www.fundacionian.com/tobii.html>
7. Universitat de Barcelona. (2015, 7 9). Brain Polyphony: neurociencia, tecnología, informática y creatividad al servicio de las personas con discapacidad. <https://web.ub.edu/es/web/actualitat/w/brain-polyphony-neuroscience-technology-computer-science-and-creativity-come-together-to-support-people-with-disabilities>
8. Amazon. (n.d.). Tablet Android de 7 pulgadas, tableta Android 11, 2+4 GB de RAM 32 GB ROM, procesador de cuatro núcleos, cámara dual, WiFi, conector para auriculares de 0.138 in, FM Bluetooth, expansión de 128 GB [https://www.amazon.com/-/es/pulgadas-procesador-auriculares-Bluetooth-expansión/dp/B0CQXL7VL1/ref=sr\\_1\\_6?adgrpid=149300110964&dib=eyJ2IjoiMSJ9.FRE4cz-3TQ6kH4T3c52FACZtx6192LX4KKtUBGw-fnkrTZ8M7vVtkA8O\\_rkv8flkqflzY70axLivkKiZXLa6DiYr0d2HhBMwYabyWees0fCdCkf7DNkU1h6wcOtXb5DR92OzXCMtbouRZiByR7xqRNICn\\_jjnBHD-thtxHV61n-cXRPZBK-DfTO6lN8M02MSKpCuvYIM6yDnFPU9igTXN9mGSkA2lOiTTP018V1bsIg.GhtfeLp8NkAHMnZsfw1Zv0CGjqFjl-R3wuahJR5mLH8&dib\\_tag=se&hvadid=673193622121&hvdev=c&hvlocphy=1003668&hvnetw=g&hvqmt=e&hvrnd=14154919027603829862&hvtargid=kwd-](https://www.amazon.com/-/es/pulgadas-procesador-auriculares-Bluetooth-expansión/dp/B0CQXL7VL1/ref=sr_1_6?adgrpid=149300110964&dib=eyJ2IjoiMSJ9.FRE4cz-3TQ6kH4T3c52FACZtx6192LX4KKtUBGw-fnkrTZ8M7vVtkA8O_rkv8flkqflzY70axLivkKiZXLa6DiYr0d2HhBMwYabyWees0fCdCkf7DNkU1h6wcOtXb5DR92OzXCMtbouRZiByR7xqRNICn_jjnBHD-thtxHV61n-cXRPZBK-DfTO6lN8M02MSKpCuvYIM6yDnFPU9igTXN9mGSkA2lOiTTP018V1bsIg.GhtfeLp8NkAHMnZsfw1Zv0CGjqFjl-R3wuahJR5mLH8&dib_tag=se&hvadid=673193622121&hvdev=c&hvlocphy=1003668&hvnetw=g&hvqmt=e&hvrnd=14154919027603829862&hvtargid=kwd-)



320431497795&hydadcr=7132\_13380174&keywords=tablet%2Bpequeña&qid=1717596526&sr=8-6&th=1

9. Uptodown Technologies SL. (s/f). Python. Uptodown. <https://python.uptodown.com/windows/descargar>
10. ALARMA 24VDC 30MM 75 DECIBELES PANEL BUZZER. (s/f). Vzcontroles.com. <https://vzcontroles.com/producto/alarma-24vdc-30mm-75-decibeles-panel-buzzer/>
11. Pulsador 2 Pines Normalmente Abierto Boton Rojo Redondo. (s/f). Ferretrónica. [https://ferretronica.com/products/pulsador-2-pines-normalmente-abierto-boton-rojo-redondo?variant=40603946942625&currency=COP&utm\\_medium=product\\_sync&utm\\_source=google&utm\\_content=sag\\_organic&utm\\_campaign=sag\\_organic&utm\\_campaign=gs-2021-10-19&utm\\_source=google&utm\\_medium=smart\\_campaign&gad\\_source=1&gclid=CjwKCAjwmYCzBhA6EiwAxFwfgBR4V6EHeyX5CKtlwlvv4TpDesqOoKo0K685xa2tSUUEyeaTK7iTWxoCn8EQAvD\\_BwE](https://ferretronica.com/products/pulsador-2-pines-normalmente-abierto-boton-rojo-redondo?variant=40603946942625&currency=COP&utm_medium=product_sync&utm_source=google&utm_content=sag_organic&utm_campaign=sag_organic&utm_campaign=gs-2021-10-19&utm_source=google&utm_medium=smart_campaign&gad_source=1&gclid=CjwKCAjwmYCzBhA6EiwAxFwfgBR4V6EHeyX5CKtlwlvv4TpDesqOoKo0K685xa2tSUUEyeaTK7iTWxoCn8EQAvD_BwE)