

INGENIERÍA BIOMÉDICA

Facultad: Ciencias e Ingeniería
Curso: Fundamentos de Biodiseño

ENTREGABLE 7

Metodología de diseño VDI - Parte 2

Integrantes:

Raí Walter Apesteguía
Anjali Ximena Calero
Santa Cruz
Amira Aguilar Cahuana
Indira Lucel Burga Ríos
Rodrigo Benites Navarro
Maria Fernandes Cáceres
Inga

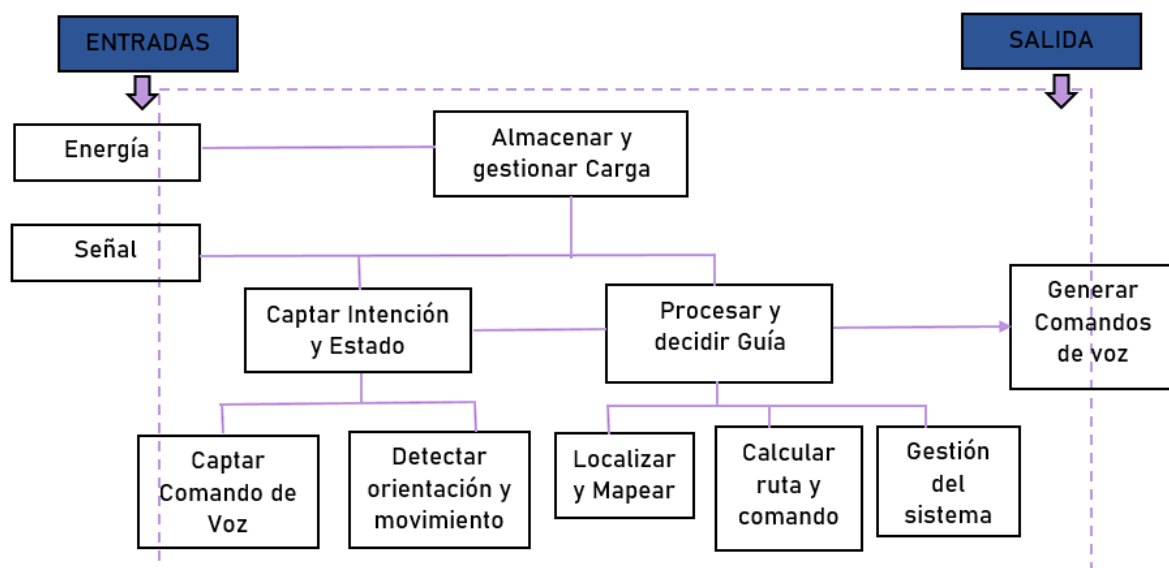
5/10/2025

Lima

1. Modelos y principios de solución:



Esquema de Funciones



Matriz Morfológica:















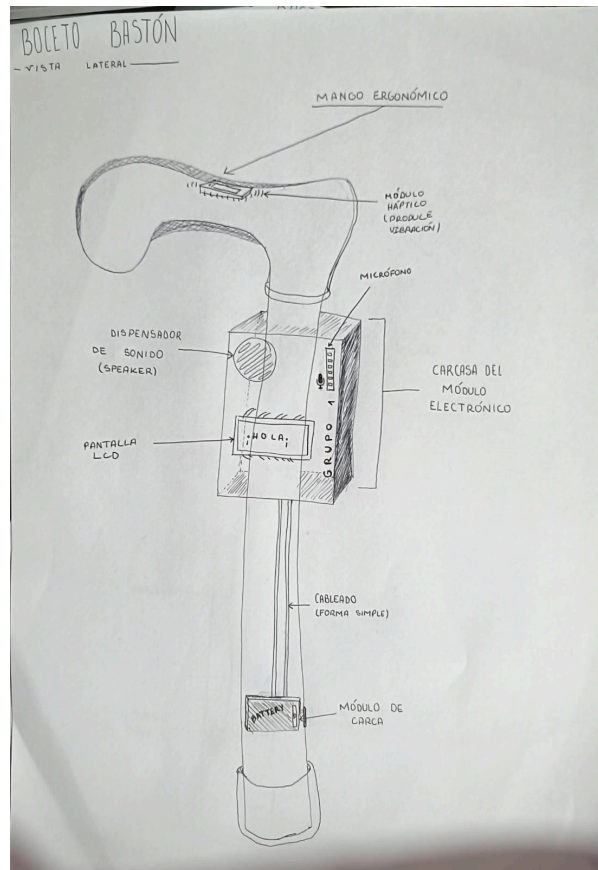
	OPCIÓN 1		OPCIÓN 2	
ALIMENTADOR	 Lipo Battery 3.6V	 Módulo HW-168 Cargador de batería litio TP4056 micro-USB	 Batería de Li-ion 18650 de 3.7V	 Módulo de Carga Inalámbrica Qi 5V 1A
PROCESADOR	 Esp32			
SENSORES (RECEPTORES DE INFORMACIÓN)	 Sensor Ultrasonido HC-SR04	 IMU (Acelerómetro + giroscopio MPU6050)		 Módulo de controlador de motor háptico
	 Speaker	 INMP441 FRONT MIC		
SENSORES (DE SALIDA)	 DFPlayer Mini (Reproductor MP3)		 Pantalla LCD 16x2	
CABLEADO/ ELECTRÓNICA	 Cables H-H, M-M y H-M	 Galleta		

Tabla de Valoración:

Nº	CRITERIOS TÉCNICOS Y ECONÓMICOS	CONCEPTOS DE SOLUCIÓN	
		#1	#2
1	Costo Económico	3	2
2	Facilidad de Uso Con otros Materiales	4	3



3. ¿Fabricar o adquirir?:

- Componentes que fabricaremos nosotros:

Componente	Descripción	Proceso de fabricación	Justificación
Mango ergonómico del bastón	Pieza superior adaptada a la mano del usuario, con cavidades para los botones.	Impresión 3D (PLA o TPU flexible)	Permite personalizar la forma según ergonomía y comodidad.
Carcasa del	Estructura	Impresión 3D o	Protege los

módulo electrónico	protectora donde se alojan el ESP32, batería, y sensores.	corte láser	circuitos y permite un diseño compacto, resistente y ligero.
Soporte de sensor ultrasónico	Estructura frontal o lateral para montar el sensor de distancia.	Impresión 3D (PLA)	Permite ajustar la orientación del sensor y mantenerlo fijo.

- Componentes que compraremos:

Componentes	Función	Link de compra y costo
ESP32 Devkit V1	Microcontrolador principal con Bluetooth/WiFi.	https://www.electromania.pe/producto/esp32-devkit-v1-30p/ (S/38.00)
Sensor de distancia: ultrasónico HC-SR04	Detección de obstáculos.	https://naylampmechatronics.com/sensores-proximidad/10-sensor-ultrasonido-hc-sr04.html (S/8.00)

Batería 18650, módulo de carga y switch (TP4056)	Fuente de alimentación recargable para todo el sistema	https://naylampmechatronics.com/baterias/194-modulo-hw-168-cargador-de-bateria-litio-tp4056-micro-usb.html (S/8.00)
IMU (Acelerómetro + giroscopio MPU6050)	Detección de movimiento, giros y orientación del bastón.	https://www.electromania.pe/producto/modulo-mpu6050/ (S/14.00)
DFPlayer Mini (Reproductor MP3)	Genera las señales auditivas de alerta para el usuario.	https://intecx.com.pe/product/modulo-dfplayer-mini-reproductor-de-mp3/ (S/15.00)
Cables, portapilas, cintas doble cara, conectores varios	Elementos auxiliares para el ensamblado e interconexión eléctrica de los módulos.	-

El costo actual es de aproximadamente 83 soles.

4) Secuencia de procesos

4.1) Secuencia de pasos para el uso del bastón inteligente

4.1.1) Preparación del usuario:

- El usuario enciende el bastón
- Revisa que tenga batería suficiente

4.1.2) Calibración Inicial:

- El bastón emite pulsos ultrasónicos para comprobar el rango de detección
- Ajuste automático de la sensibilidad según el entorno en su hogar
- Confirmación al usuario mediante un sonido.

4.1.3) Uso Cotidiano:

- El bastón guía al usuario por rutas establecidas a las diferentes áreas de su hogar
- El sensor ultrasónico detecta obstáculos a diferentes alturas
- Si se detecta un obstáculo riesgoso para el usuario el bastón emite un sonido de alerta

4.1.4) Gestión de emergencias:

- Si el bastón detecta una señal que indique una caída brusca, activa protocolo de emergencia
- El usuario puede cancelar señal de emergencia

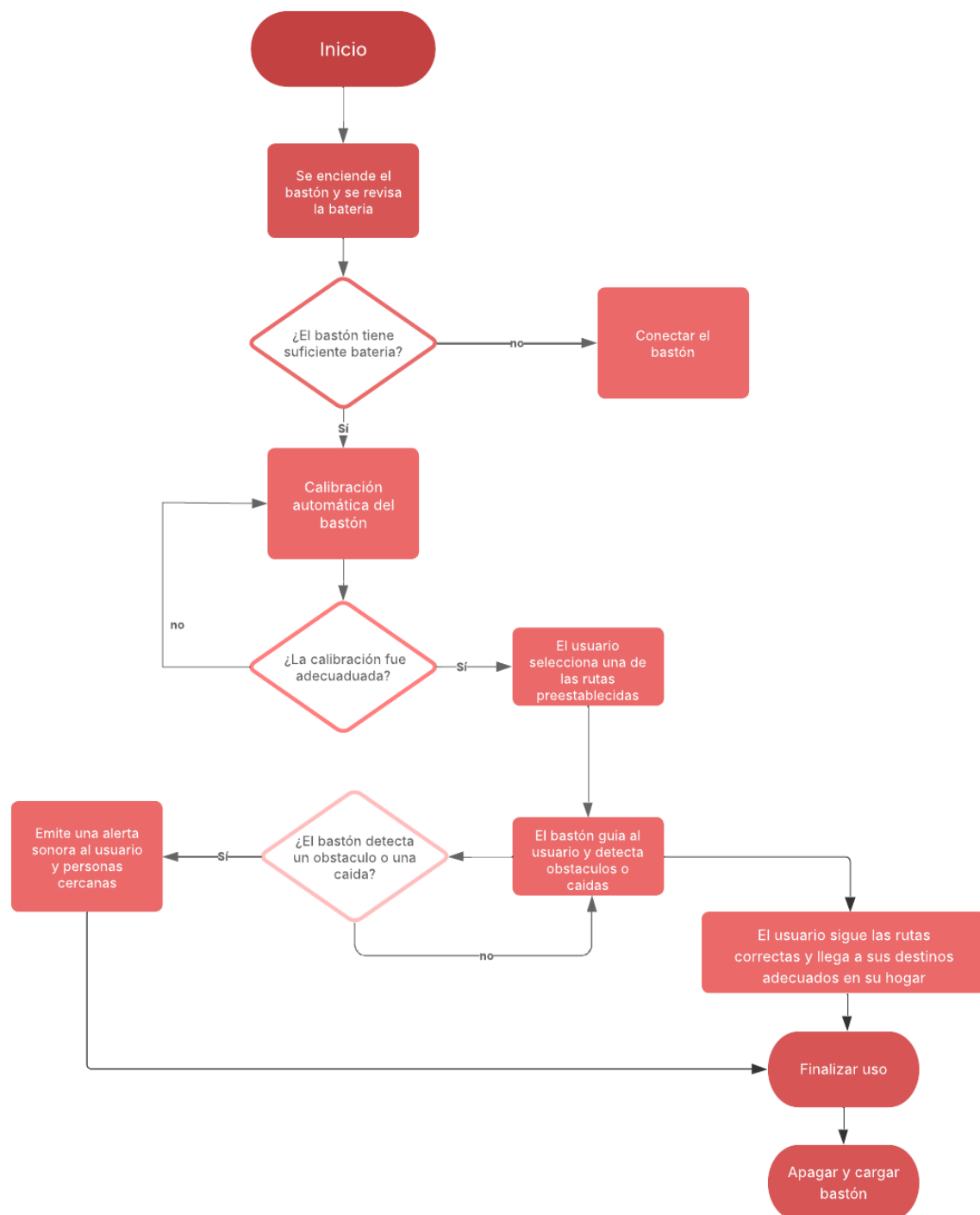
4.1.5) Finalización

- El usuario apaga el bastón
- El usuario coloca a cargar el bastón

4.1.6) Mantenimiento y Limpieza

- Limpieza suave de los emisores/receptores ultrasónicos (importante porque el polvo afecta el rango).
- Revisión periódica de software y actualizaciones

4.2) Diagrama de flujo



5. Técnicas de producción

El dispositivo diseñado se compone de tres partes principales: el mango (zona de contacto con el usuario), el cuerpo del bastón y la base (punto de apoyo con el suelo). El mango, al estar en contacto directo y constante con el usuario, será fabricado mediante impresión 3D utilizando filamento de policarbonato, material que ofrece alta resistencia mecánica y durabilidad. Dado que el acabado de la impresión presenta una superficie rígida, se añadirá una capa de acolchado de silicona o espuma, recubierta con tela o piel sintética, con el fin de mejorar la ergonomía y el confort durante el uso. El cuerpo del bastón será un cilindro hueco de aluminio 6061, procesado mediante corte CNC, técnica que permite obtener una geometría precisa y un acabado superficial de alta calidad. La elección de este material y método de fabricación proporciona un equilibrio óptimo entre ligereza y resistencia estructural. Finalmente, la base del bastón o punta de apoyo estará compuesta por una pieza de aluminio 6061, fabricada con el mismo proceso que el cuerpo, y recubierta con caucho estireno-butadieno (SBR). Este recubrimiento, obtenido mediante moldeo por compresión, confiere a la punta flexibilidad, amortiguación y resistencia al desgaste, garantizando una mejor adherencia y estabilidad en diferentes superficies.

6. Estaciones de trabajo

El sistema está diseñado para ser utilizado en el entorno domiciliario del paciente, específicamente en los espacios interiores de su vivienda, puesto que su funcionamiento se basa en rutas preprogramadas que corresponden al recorrido habitual del usuario dentro de su hogar (por ejemplo, desde su habitación hacia la cocina o el baño), por lo que no requiere instalaciones adicionales en centros de rehabilitación.

Las pruebas de funcionalidad se realizarán en una vivienda simulada o en el domicilio del usuario, con el objetivo de verificar la precisión del sistema en la detección de obstáculos y la efectividad del comando por voz en situaciones reales. Consideramos, adicionalmente, el uso de una computadora para el ajuste de rutas predeterminadas, herramientas básicas para la calibración y/o mantenimiento (como destornilladores de precisión, jumpers, etc.) y la presencia de un terapeuta o acompañante capacitado durante las pruebas iniciales para garantizar la seguridad del paciente.

7. Automatización:

Nivel de automatización → nivel medio (Semi-automático)

- El sistema asiste activamente al usuario mediante instrucciones por voz, evita obstáculos, guía hacia los destinos solicitados, sin embargo, no actúa completamente por sí mismo, pues el usuario sigue siendo quien camina, gira,

tiene que avanzar para que el bastón detecte sus pasos y de comienzo a las siguientes órdenes, además el bastón no toma decisiones médicas o fisiológicas (algo que haría un sistema de alto nivel adaptativo) pero esta solución solo brinda orientación.

Justificación técnica y clínica:

Técnica → La justificación en el apartado técnico de nuestro proyecto se basa en su arquitectura, modalidad y costos, detallandose de la siguiente manera:

Modalidades de guía validadas: La literatura reporta que la zonificación de instrucciones y la retroalimentación háptica mejoran la orientación y la evitación de obstáculos en interiores para personas con discapacidad visual. Por ello, empleamos mensajes tipo “tres pasos adelante” y patrones de vibración/bitonos como guía primaria [1]

Localización interior económica y escalable: Para reconocer habitaciones/destinos sin múltiples controladores costosos, se contemplan balizas BLE o puntos RFID pasivos, ambas estrategias documentadas en sistemas de guiado interior para personas con discapacidad visual. BLE permite proximidad por RSSI (pitido más rápido al acercarse); RFID etiqueta accesos/“orígenes” sin energía en la etiqueta. [2]

Arquitectura semiautónoma y modular: La combinación de sensores inerciales (conteo de pasos/giros) con balizas o etiquetas fijas se alinea con revisiones que recomiendan sistemas híbridos por coste/precisión en interiores. [3]

Clínica → Para dar una justificación clínica hay que tener en cuenta que nuestro paciente cuenta con un deterioro en su capacidad visual lo cual le dificulta la orientación.

Baja carga cognitiva: Interfaces con comandos de voz simples, lenguaje claro y consistencia reducen la carga mental y facilitan la adherencia en usuarios con deterioro cognitivo; por eso el sistema acepta órdenes breves (“ir a cocina”) y confirma con audios cortos. [4]

Apoyo sensorial redundante: Proveer señales auditivas y hápticas en paralelo mejora la comprensión espacial sin saturar, útil cuando coexisten limitaciones

cognitivas y visuales. [5]

Relevancia en salud pública: La OMS y otros organismos subrayan la necesidad de tecnología asistiva para mantener independencia y seguridad en personas con discapacidad visual; nuestro dispositivo aborda precisamente esa brecha en el hogar.

Escenario de seguridad:

a) Si el paciente se desmaya o el sistema falla

- Fail-safe inmediato: Ante pérdida de señal/sensores o caída detectada por IMU, el sistema entra a “modo seguro”: silencio de navegación, tono continuo de alerta y notificación (si hay app). Este tipo de control de riesgos y monitoreo es coherente con ISO 14971 (gestión de riesgos en dispositivos médicos) y guías FDA. [6]

b) Botón de parada de emergencia / protocolo

- E-Stop físico accesible en el mango (o comando de voz “para”), que corta de inmediato la salida háptica/sonora y congela la lógica de navegación; práctica alineada con la reducción del riesgo residual según ISO 14971. [7]

c) Redundancias de orientación

- Baliza/destino: al acercarse a la baliza BLE del destino, el pitido acelera (proximidad por RSSI); si no hay baliza, etiqueta RFID en la puerta confirma llegada (“estás en cocina”), minimizando confusiones. Evidencia de efectividad de BLE/RFID en orientación interior para esta población. [8]

8. Interfaces de red global (lot y telesalud):

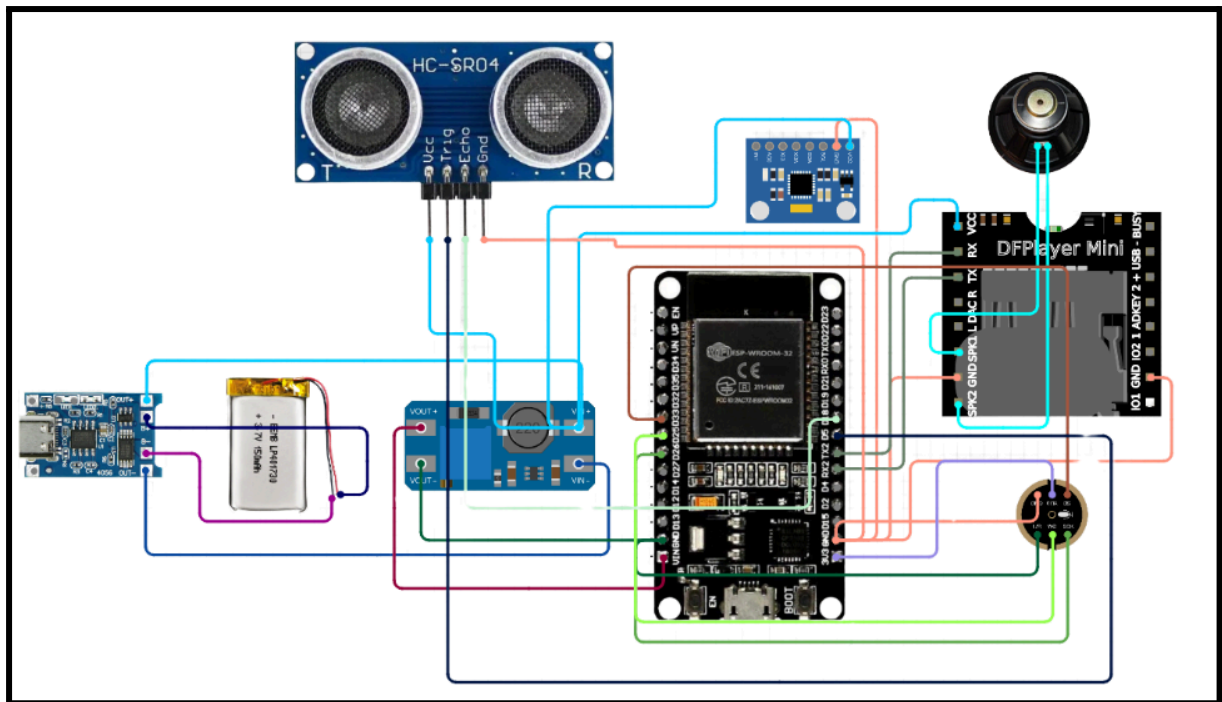


Imagen 1, conexiones básicas del circuito (Imagen propia hecha en Cirkít designer)

Componentes básicos necesarios

- IMU (Acelerómetro + giroscopio)
- ESP 32
- TP4056
- MT 3608
- Lipo Battery 3.6V
- DF player mini
- INMP441 FRONT MIC
- Speaker
- Galleta (Ordenar la electrónica)
- Cables H-H, M-M y H-M
- Sensor de presión en el mango (Falta añadir en el esquema básico del circuito)

a) Descripción del flujo de datos

El sistema recolecta información del entorno y del uso del bastón mediante sensores integrados:

- Sensor ultrasónico: mide la distancia a obstáculos para generar alertas auditivas o hápticas.
- MPU6050 (acelerómetro y giroscopio): registra movimiento, conteo de pasos, orientación y posibles caídas.
- Sensor de presión en el mango: detecta cuándo el usuario sostiene o suelta el bastón (indicador de desmayo o emergencia).

El flujo de información sigue el esquema:

Sensores → Microcontrolador ESP32 → Comunicación BLE → Aplicación móvil o laptop del terapeuta.

b) Tipo de información recolectada

Durante el uso del bastón se recopilan los siguientes parámetros:

- Pasos y desplazamiento: número de pasos realizados, distancia estimada y tiempo total de caminata.
- Orientación espacial: cambios de dirección o giros detectados por el MPU.
- Alertas de colisión: cantidad de veces que el sensor ultrasónico detectó un obstáculo.
- Eventos críticos: desconexión del bastón, caída, o presión prolongada del botón de emergencia.
- Tiempo de sesión: duración de cada trayecto o práctica guiada.

Estos datos permiten al terapeuta evaluar el nivel de autonomía, orientación y progresión del paciente, así como detectar patrones de riesgo (por ejemplo, desorientación o pérdida de equilibrio).

c) Reporte para el terapeuta

El sistema genera un reporte digital accesible desde una computadora o teléfono, con los siguientes elementos:

- Resumen numérico: cantidad de pasos, distancia total y duración de la sesión.
- Registro de alertas: listado de obstáculos detectados y eventos de emergencia.
- Observaciones automáticas: mensajes del tipo “mejoró su orientación en 15% respecto a la sesión anterior”.

d) Medida de seguridad y privacidad

Para proteger la información del paciente se aplican las siguientes medidas básicas:

- Los datos son encriptados durante la transmisión BLE.
- En los archivos o reportes no se registra el nombre del paciente, solo un código anónimo (ejemplo: Paciente 01).
- Los archivos están protegidos por contraseña y solo pueden ser accedidos por el terapeuta autorizado.
- En caso de enviar los datos a la nube (fase avanzada), se implementará autenticación segura (token o clave temporal).

Estas prácticas cumplen con las recomendaciones éticas de manejo de información sensible en dispositivos de telesalud y asistencia cognitiva según la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2021) y la ISO/IEC 27001 para protección de datos clínicos.