

Blinky Move

Axel Balboa Mendoza, Isabel León Luna, Jennyfer Arismendiz Millones, Jhoisymar Ttito Herrera.
Fundamentos de Biodiseño 2021, Ingeniería Biomédica PUCP-UPCH

Resumen— El ELA es una enfermedad neurodegenerativa que se caracteriza por el debilitamiento muscular, lo que conlleva a la pérdida de calidad de vida de muchos pacientes y finalmente a la muerte. En este documento se presenta un prototipo que permita mejorar la comunicación de un paciente con ELA que haya perdido movilidad en músculos del habla y las extremidades. Finalmente, mostraremos los resultados y las conclusiones que pudimos obtener de este proceso.

I. INTRODUCCIÓN

A. Contexto social y económico

Los estudios de la epidemiología de la ELA son numerosos y las tasas de incidencia y prevalencia varían ampliamente [1]. Según un estudio realizado en el 2020 por Brown [2], a nivel mundial, las tasas de prevalencia e incidencia generalmente son más altas en Europa y América del Norte que en Asia y América Latina [3]. Asimismo, los estudios incluidos informaron que la tasa de incidencia de la ELA alcanzó su punto máximo entre las edades de 60 y 75 años [1]. Mientras que, en América Latina, los estudios son escasos y desactualizados. Específicamente en el Perú, no existe un registro exacto de los pacientes con ELA; no obstante, la Asociación ELA PERÚ reúne y registra, sin fines de lucro, a cierto número de pacientes con esta patología. Según dicha asociación, actualmente existen 160 pacientes que padecen de ELA que se encuentran registrados en su base de datos. Sin embargo, un considerable número de pacientes o familiares que llegan a contactarse con ellos suelen desertar, por lo que no se encuentran en el registro a la fecha. Esto complica el tener un registro exacto de pacientes con ELA en el país. Además, debido a que la esperanza de vida de los pacientes es de 2-4 años desde el inicio de la enfermedad y que sólo el 5-10% de los pacientes sobreviven más de 10 años [4]. Muchos pacientes registrados tienden también a fallecer, por lo que las cifras son variables cada año.

De acuerdo a una revisión internacional, en el año 2016, se evidencia el elevado coste total anual que supone cada paciente con ELA a nivel internacional, el cual asciende a 69.475 \$ en los Estados Unidos, 59.018 \$ en España, 47.092 \$ en Alemania, 21,732 \$ en los Países Bajos y 11,251 \$ en Grecia [5]. La ELA obliga a las personas que la padecen, a no continuar con su trabajo, por lo que muchos pacientes, dependen de un sueldo mínimo otorgado por el estado por su retiro, o de sus familiares, esto contribuye a que el acceso tanto a medicina como a terapias para el tratamiento sean altamente costosas para una persona con ingresos regulares.

En el Perú, un paciente con ELA gasta alrededor de 15 mil soles a 18 mil soles solamente para obtener un diagnóstico, ya que el precio por una resonancia nuclear magnética es de 400 soles aproximadamente [6]. Así mismo, en el 2019 el Minsa financió a más de 42 mil personas con enfermedades raras, huérfanas y de alto costo mediante FISSAL que es una unidad ejecutora del Seguro Integral de Salud que cubre enfermedades raras o huérfanas (ERH) [7].

B. Problemática

Para definir el problema del presente trabajo, se realizaron tres esquemas en base al caso clínico, los cuales se muestran a continuación:

I. Mapa de empatía

Es un gráfico fundamental para conocer los pensamientos, emociones, acciones, entre otras variables del usuario.



Figura 2. Mapa de empatía realizado para identificar las aspiraciones, frustraciones y necesidades reales del paciente. Fuente: Elaboración propia.

II. Diagrama Causa-Efecto o Diagrama de Ishikawa

Permite encontrar un problema específico a partir de diversas causas

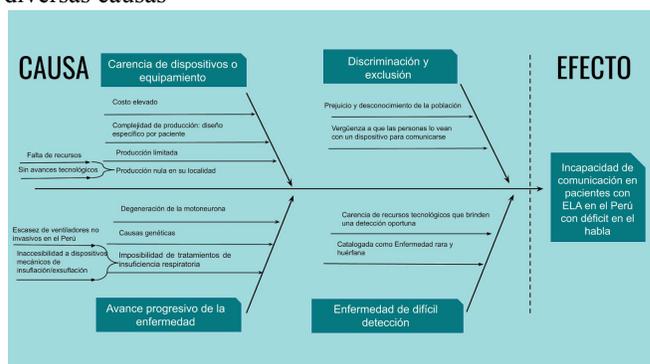


Figura 1. Diagrama de Ishikawa realizado para identificar el problema y sus causas del problema. Fuente: Elaboración propia.

III. Mapa de viaje

En este mapa se describen las etapas por las que pasa una persona con ELA, así como sus emociones y oportunidades.

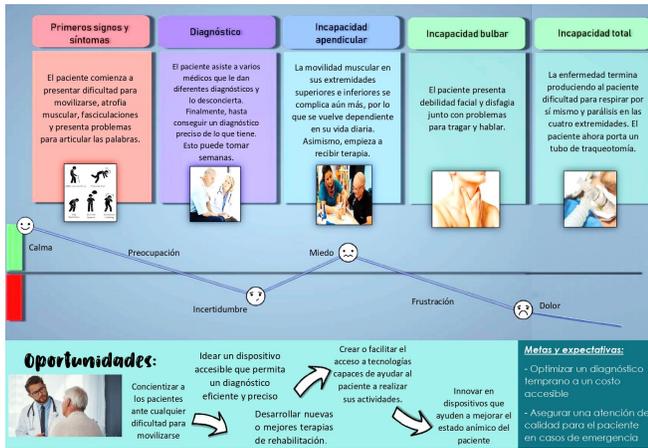


Figura 3. Mapa de viaje. Fuente: Elaboración propia.

De lo analizado y discutido anteriormente se encontró que una consecuencia irremediable de la ELA es la pérdida del habla debido al debilitamiento muscular, esto no solo le impide al paciente llevar una vida sana, independiente y digna, acceder al empleo, educación o participar en la sociedad, sino también afecta su autoestima y estado emocional. Es por ello que el principal problema encontrado es la incapacidad de comunicación eficaz de pacientes con ELA con déficit en músculos del habla en el Perú.

C. Estado del Arte

Para el estado del arte, se buscaron trabajos orientados a la mejora de la comunicación en pacientes con ELA..

I. KR101590396B1 - Apparatus For Communication

La presente invención proporciona un pseudo panel de visualización con consonantes o vocales formadas en el lado superior; y un controlador para controlar la rotación y retroceso del pseudo panel de visualización. El dispositivo de comunicación se caracteriza técnicamente porque cuando la rotación del pseudo panel de visualización se detiene aplicando una fuerza externa física al pseudo panel de visualización giratorio, cuando el pseudo panel de visualización se detiene físicamente, el dispositivo de comunicación gira en la dirección opuesta al sentido de giro antes de la aplicación [8].

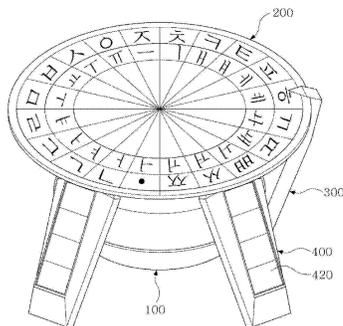


Figura 4. Interfaz

II. JP2003187232 - Communication System Using Blink

En un sistema de comunicación que utiliza los parpadeos, la carga a imponer al usuario es pequeña ya que es un tipo completo sin contacto que utiliza una cámara CCD para permitir la detección automática y el seguimiento automático de ambos ojos, ya que las posiciones de los ojos del usuario se reconocen y ajustan automáticamente en el lado del sistema simplemente encendiendo y dirigiendo la cámara CCD a la cara del usuario por parte del cuidador y la enfermera [9].

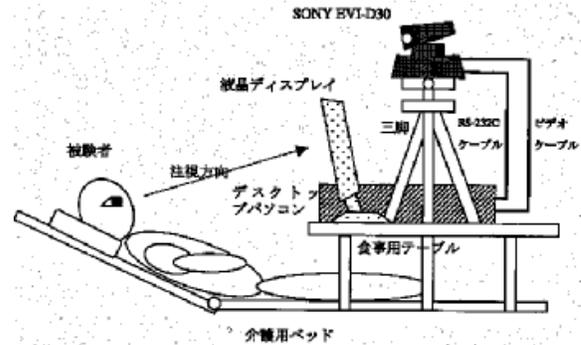


Figura 5. Dispositivo que dispone de una antena para mantener una conexión estable entre el médico y el hospital.

III. US8251924B2 - Neural translator

Es un aparato que permite procesar un conjunto de señales comunicadas asociadas con un conjunto de músculos que intervienen en el habla. El sistema consta de un solo sensor integrado para detectar una señal eléctrica a través del mismo. Para luego tomar las características de la señal eléctrica detectada, filtrada y amplificada, y transformarlas continuamente en sonidos del habla sin necesidad de modulación adicional [10].

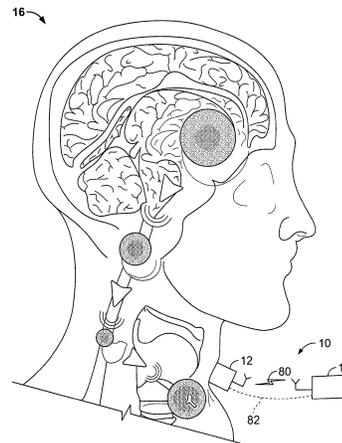


Figura 6. Vista general del sistema con los sensores conectados a la altura de los órganos de fonación.

IV. US2006105301A1 - Assistive Communication

Device

Este dispositivo permite seleccionar elementos de una pantalla, con los cuales se puede componer un mensaje que se traduce en una salida por voz. Cada vez que se selecciona un elemento, se explica cuál es la consecuencia de elegir dicho elemento. Además, las opciones más utilizadas por el usuario se irán resaltando de acuerdo a su uso. El dispositivo estará conectado a una línea telefónica, un correo electrónico o a algún sistema de alarma en posesión de su cuidador [11].

SCAN	ERASE	HELP
SPEAK	SPELL	MORE
TELEPHONE	E-MAIL	RE-START
I NEED	I FEEL	
SUCTION ME.	MY ___ HURTS.	
NEED FAMILY.	CAN'T BREATHE!	

Figura 7. Pantalla con las palabras pre armadas para formar el mensaje a emitir.

D. Objetivo del Proyecto

- General: Implementar un prototipo de baja resolución de un sistema de comunicación eficaz para pacientes con ELA que padecen de pérdida de movilidad parcial o total en músculos del habla y en extremidades.
- Específicos:
 - Realizar un estudio del estado del arte respecto a sistemas para mejorar la comunicación
 - Definir las funciones que debe cumplir el sistema y sus elementos en conjunto, así como esquematizar el intercambio de información, materia y energía que ocurre entre cada una de estas funciones.
 - Seleccionar un diseño conceptual de solución óptimo a partir del análisis técnico-económico de los tres conceptos de solución anteriormente diseñados.
 - Implementar un prototipo de baja resolución del diseño conceptual seleccionado.

II. ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

Para ver las especificaciones de diseño, se realizó una tabla de requerimientos. A continuación se especifican los requerimientos necesarios que requiere el dispositivo para su funcionamiento ideal:

A. Interfaz

Tiene que ser intuitivo para que el usuario y familiares puedan usarlo fácilmente.

B. Masa

Tiene que ser capaz de no causar daños al usuario debido a la masa. Al estar

C. Seguridad

Tiene que contar con un alto grado de seguridad, ya que los componentes electrónicos estarán a la altura de la cabeza. El software deberá tener la capacidad de protección de datos sensibles. Además, los materiales que se utilizan deben ser biocompatibles con la piel.

D. Costos

Debe ser accesible económicamente para cualquier tipo de paciente, ya que un paciente con ELA es incapaz de trabajar en determinado momento de su enfermedad.

E. Durabilidad

Tiene que tener una extensa vida útil sin sufrir cambios para no generar desconfianza en los usuarios finales.

F. Montaje

- Tolerancia a fallos: Se refiere a la capacidad de la propuesta en seguir funcionando en caso se presente algún fallo.

III. DISEÑO DEL HARDWARE

La metodología empleada para el desarrollo del prototipo fue: VDI (*Verein Deutscher Ingenieure*) 2225.

A. Caja negra

El prototipo tendrá como entradas la fuente de alimentación, el movimiento lineal del ojo y los parpadeos, mientras que las salidas serán un alarma led y un mensaje de voz emitido en el celular del usuario.



Figura 8. Diagrama de entradas y salidas de sistema.

B. Esquema de funciones

Se realizó el esquema de funciones basado en las entradas y las salidas expuestas anteriormente, de esta forma se describe el funcionamiento general del hardware.

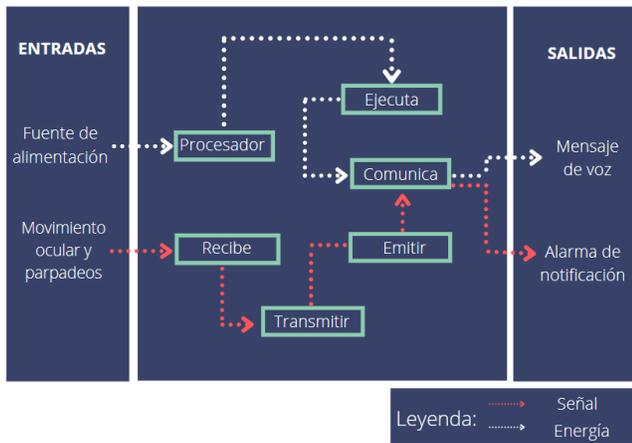


Figura 9. Esquema de funciones.

C. Matriz morfológica

Se desarrolló la matriz morfológica, de donde se obtuvieron 3 diferentes conceptos de solución que satisfacen los requerimientos exigidos.

Tareas	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Fuente de alimentación	Batería recargable	Batería de litio	Batería alcalina
Señal captada	Movimientos del ojo	Movimientos del dedo índice	Movimiento del ojo y parpadeos
Recibir	Módulo de cámara Webcam Microsoft LifeCam VX 1000	Sensor EMG	Sensor QTR-1RC
Procesar	Raspberry pi	Arduino nano	Arduino UNO
Transmitir	MÓDULO BLUETOOTH HC05	D1 Mini Módulo Wifi ESP8266 4M	MÓDULO BLUETOOTH 4.0 BLE HM-10
Emitir	Imágenes C.S.1	Sonido voz C.S.2	Mensaje texto C.S.3

Figura 10. Matriz morfológica del hardware.

A partir de la matriz, se realizó la evaluación técnica y económica de cada concepto para determinar cuál era la mejor propuesta entre todas

Nº	Criterios económicos y técnicos	Conceptos de solución		
		1	2	3
1	Facilidad de ensamble	4	3	3
2	Costo de tecnología	2	4	2
3	Costo de operación	3	3	2
4	Seguridad	3	3	3
5	Estabilidad	4	4	4
6	Posibilidad	3	4	3
7	Facilidad de manejo	4	3	4
8	Peso	4	4	2
9	Disponibilidad de repuestos	4	4	4
10	Tamaño	4	4	3
	Suma total	35	36	30

Figura 11. Tabla de valoración económica y técnica.

De acuerdo a la valoración obtenida, el concepto de solución ganador es el 2 (línea rosa en la matriz morfológica), la cual consiste de una batería recargable, un

sensor IR QTR- 1RC para captar parpadeos y movimiento ocular, un arduino nano y finalmente un módulo bluetooth para transmitir la información del microcontrolador a la aplicación de android.

D. Proyectos preliminares

- Proyecto preliminar 1:** Consiste en un dispositivo portátil que recibe el número de parpadeos mediante un sensor IR QTR- 1RC para luego procesarlo y convertirlo en un mensaje, el sensor se ubica a una corta distancia de la vista para captar la señal. El brazo que sostiene al sensor es movable, por lo que el paciente podrá retirarlo cuando lo desee para no obstaculizar su visión. Así mismo, mediante una aplicación la persona podrá configurar el funcionamiento del dispositivo, como frases predeterminadas o perfil del usuario; además podrá elegir entre un teclado convencional y un papel con imágenes y frases. De esta forma se planea ayudar a pacientes con ELA que han perdido movilidad en las extremidades y ya no son capaces de articular palabras.

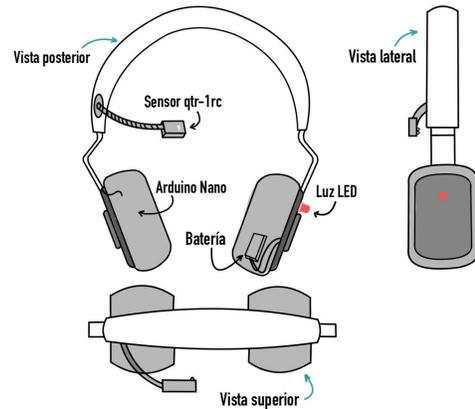


Figura 12. Proyecto preliminar 1.

- Proyecto preliminar 2:** Consiste en un dispositivo que recibe el número de parpadeos a través del sensor que se encuentra a la altura del ojo, este sensor al captar los parpadeos y dependiendo de la cantidad de estos, emite un mensaje en forma oral desde la aplicación de teléfono de algún familiar. El diseño de este se caracteriza por su ergonomía, puesto que su soporte se encuentra en la oreja del paciente y al ser de proporción pequeña no incomoda al usuario.

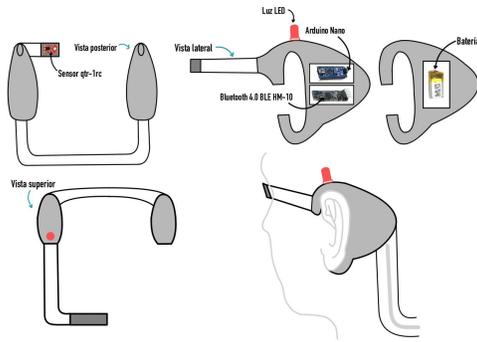


Figura 13. Proyecto preliminar 2.

- Proyecto preliminar 3:** El dispositivo de este proyecto se basa en un soporte que estaría ubicado en la frente y orejas del usuario. Sus principales componentes son un arduino nano, un sensor IR y una batería recargable. Tal como se observa en la imagen, el sensor IR se encuentra cercano al ojo para captar los parpadeos y así dependiendo de la cantidad de parpadeos se emitirá un mensaje en forma oral al teléfono de la persona mediante una app. Dicha app permitirá al usuario configurar el número de parpadeos y el panel. Cabe resaltar que la persona podrá editar las frases predeterminadas del panel.

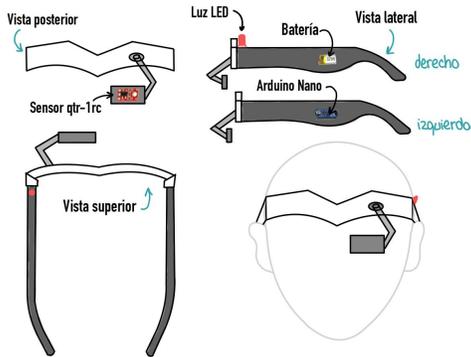


Figura 14. Proyecto preliminar 3.

Finalmente se armó el diagrama de valor técnico y económico para determinar cuál era la mejor propuesta entre todas, usando los valores de x_i e y_i se calcularon las coordenadas correspondientes de cada eje, con lo cual se ubicó cada proyecto en una gráfica lineal, donde la pendiente representa el **proyecto ideal**. La propuesta óptima era aquella que estuviera a una menor distancia a esta recta y con una mayor valoración en general.

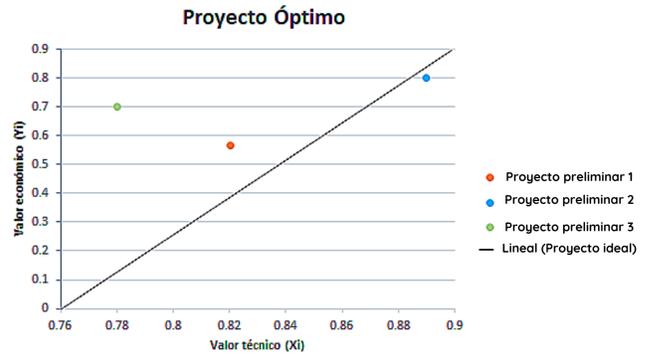


Figura 14. Diagrama del proyecto óptimo.

De acuerdo a la gráfica obtenida, el proyecto preliminar 2 es el que se acerca más al proyecto ideal, por tanto es la propuesta ganadora.

E. Impresión 3D

Para la impresión, se utilizó la impresora 3D Creality-Ender Pro y el filamento PLA negro.

Las siguientes piezas fueron diseñadas en el programa Autodesk Inventor:

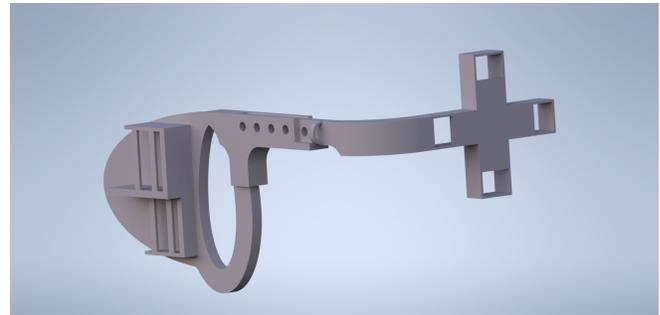


Figura 15. Orejera derecha. Fuente: elaboración propia.

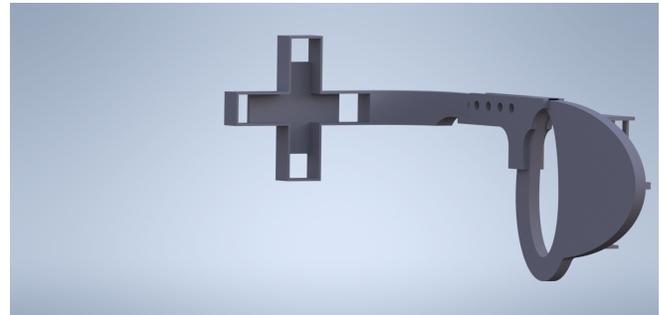


Figura 16. Orejera derecha. Fuente: elaboración propia.

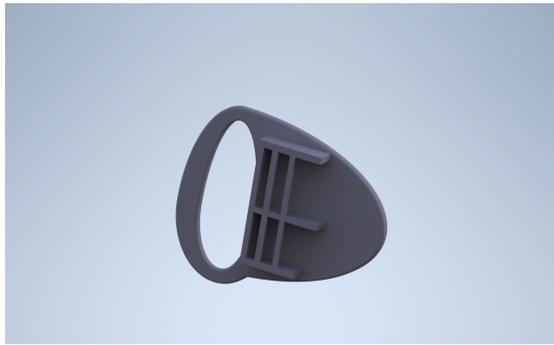


Figura 17. Orejera izquierda. Fuente: elaboración propia.

- **Parámetros de impresión:** Estos permiten la cohesión y estabilidad de la impresión.
 - Temperatura: Boquilla 200 °C, Cama 60 °C
 - Densidad: 25%
 - Apoyos lineales tipo Brim.
 - Software de impresión: Creality Slicer 1.2.3
 - Velocidad de impresión: 50 mm/s
 - Espesores de la capa y pared: 0.16 y 0.8 mm respectivamente

F. Diagrama modular

Se definieron los submódulos principales y secundarios. El submódulo energético alimentará al submódulo de procesamiento, y este recibirá las señales del submódulo de obtención de datos. Los submódulos de emergencia y transmisión recibirán información del arduino para ejecutar sus respectivas funciones, el submódulo de transmisión permitirá enviar la información del arduino a la aplicación móvil del usuario y a través del submódulo de emisión se emitirá un mensaje de voz con la oración que se quiere transmitir y se visualizará la escritura de la oración a través del submódulo de visualización, que en este caso sería la pantalla del celular donde se encuentra la aplicación.

MÓDULOS

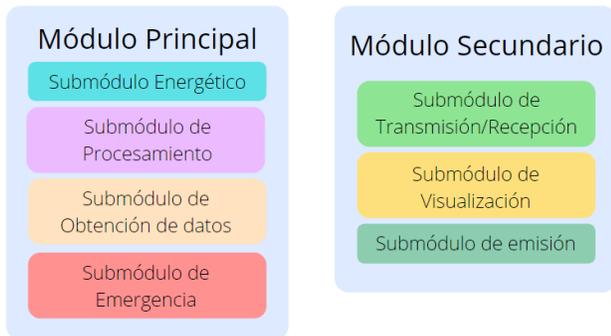


Figura 18. Módulos del sistema.

Sub-MÓDULOS



Figura 19. Submódulos del sistema relacionados.

G. Desarrollo del circuito electrónico

Los componentes que se utilizaron fueron: un arduino mini pro, un elevador de voltaje de 3.7V a 5V, una batería de 3.7V, un módulo bluetooth HC-05 y los sensores seguidores de línea. Primero se realizó una simulación del circuito en **Fritzing**, como se muestra a continuación:

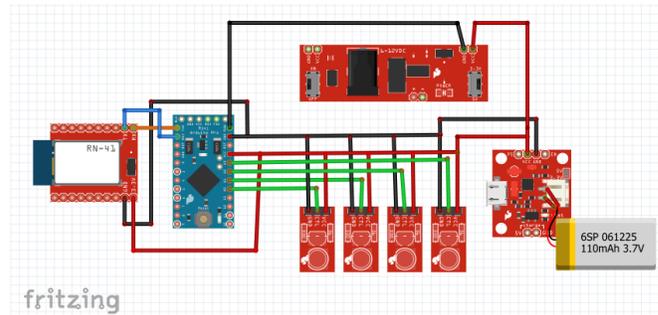


Figura 20. Circuito electrónico en fritzing.

Luego, se empleó **KiCad** para una representación más completa. En primera instancia, se iba a utilizar únicamente una batería de 3.7V; sin embargo, el circuito necesitaba un elevador de voltaje a 5V para que el arduino mini pro pueda funcionar efectivamente.

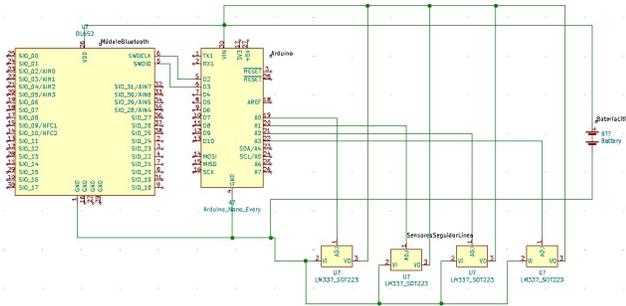


Figura 21. Diseño esquemático.

Posteriormente, se desarrolló el circuito en protoboard para verificar su funcionamiento y conectividad con todos los componentes. Se empleó el aplicativo de Arduino para el desarrollo del código para la conexión de los sensores y bluetooth, en donde se logró obtener los resultados esperados: se obtuvieron los valores correspondientes para registrar cuando una persona miraba hacia la derecha, izquierda y parpadea. De igual forma, se logró la comunicación entre el bluetooth y la computadora, y se realizaron varios códigos de prueba para verificar su efectividad. Posteriormente, se unió el circuito a la impresión 3D para la presentación final del dispositivo, se soldaron los componentes al arduino mini pro y se verificó que la conexión del software con el hardware era viable.

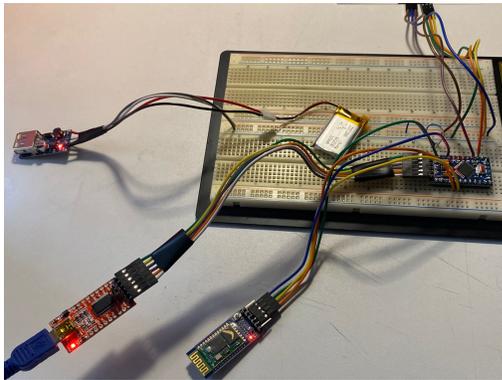


Imagen 1. Circuito funcional con todos los componentes conectados al protoboard.

IV. DISEÑO DEL SOFTWARE

Para el desarrollo de nuestro dispositivo, se decidió utilizar el lenguaje de programación en Python, siendo usado en su totalidad para el presente proyecto. La metodología que se usó a partir del desarrollo del prototipo fue: VDI (*Verein Deutscher Ingenieure*) 2225, con la cual se siguió las pautas del análisis y del valor económico versus técnico. De esta manera elegimos la propuesta ganadora.

A. Caja negra

Paso 1: Definimos las entradas y salidas que nuestro sistema requeriría.

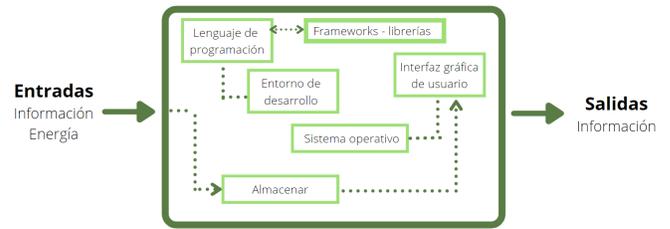


Figura 22. Diseño esquemático.

B. Esquema de funciones

Realizamos el esquema de funciones basándonos en las entradas y las salidas expuestas anteriormente, uniendo y explicando el proceso breve que debe seguir, usando verbos en infinitivo.

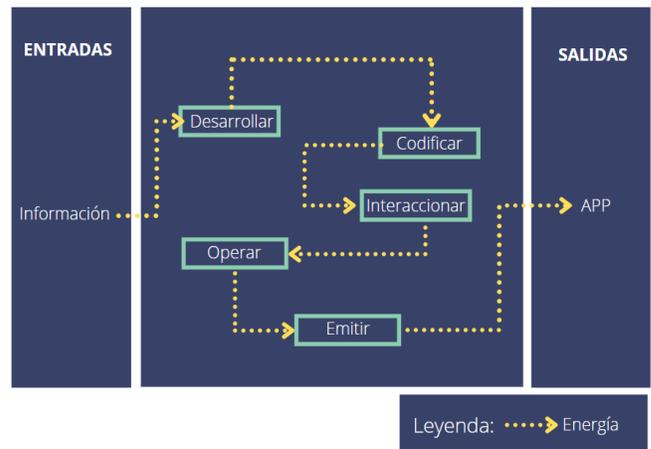


Figura 23. Diagrama de funciones.

C. Matriz morfológica

Desarrollamos una matriz morfológica, donde estudiamos y colocamos 3 diferentes propuestas de solución, cada una de ellas con diferentes alternativas que podrían satisfacer nuestros requerimientos.

Tareas	Opción 1	Opción 2	Opción 3
Lenguaje de programación	Python	C++	Java
Entorno de desarrollo	PC PyCharm	DEV	eclipse
Framework / librerías	Tkinter	spaCy	TensorFlow
Interfaz gráfica de usuario (GUI)	Desktop Application	APP	WEB
Sistema Operativo	ubuntu	Apple	android
Almacenar (Guardar - Enviar)	SQLite	Firebase	MySQL

Figura 24. Matriz morfológica.

A partir de la matriz, se procedió a realizar la evaluación técnica y económica de cada concepto para determinar cuál era la mejor propuesta entre todas.

N°	Criterios económicos y técnicos	Conceptos de solución		
		1	2	3
1	Costo	3	1	1
2	Soporte	3	3	3
3	Escalamiento	4	2	2
4	Tolerancia a fallos	2	3	3
5	Seguridad	4	4	4
6	Curva de aprendizaje	2	4	2
Suma total		18	17	15

Figura 25. Proyecto preliminar 3.

De acuerdo a la valoración obtenida, el concepto de solución ganador es el 1 (línea naranja en la matriz morfológica), la cual consiste en el desarrollo de una aplicación en python usando PyCharm como entorno de desarrollo, la aplicación estará disponible en android y toda la data será almacenada empleando MySQL.

D. Proyectos preliminares

Para el diseño de los proyectos preliminares, se eligió un teclado en común para las 3 soluciones, de modo que el usuario pueda crear una frase exacta de lo que desea transmitir.



Figura 26. Teclado funcional de la aplicación.

- Proyecto preliminar 1:** La siguiente aplicación permitirá controlar las funciones principales del dispositivo como volumen y encendido/apagado. Además permitirá configurar las frases que el usuario quiera transmitir. La aplicación también permite recibir mensajes para mejorar la comunicación del paciente a largas distancias. Finalmente la aplicación es capaz de guardar los datos del usuario en un servidor en la nube de modo que el usuario podría iniciar sesión desde cualquier equipo con android sin perder las frases grabadas ni la configuración del dispositivo. Por otro lado, cuenta con un teclado para una experiencia más personalizada al momento de querer formar oraciones.

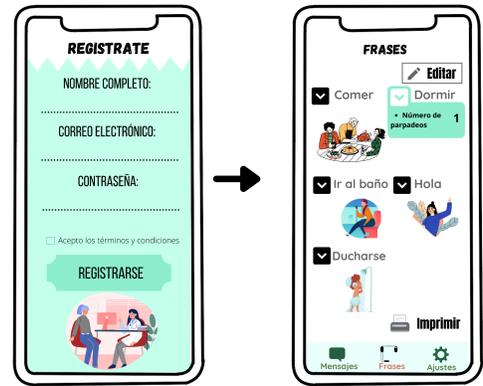


Figura 27. Proyecto preliminar 1

- Proyecto preliminar 2:** La aplicación funciona a base del monitoreo del usuario, en donde se presentará un panel con opciones prediseñadas base, el ingreso de datos del usuario junto a las consultas médicas realizadas. Se podrá añadir el historial médico, en caso los familiares del usuario quieran acceder a este documento. Estará disponible para Android, podrá transmitir el mensaje por bluetooth en caso los familiares del usuario se encuentren lejos. También tendrá una opción de teclado que será controlado mediante los movimientos del ojo que realiza el usuario y así podrá juntar palabras y formar oraciones que luego serán transmitidas como mensajes de texto.

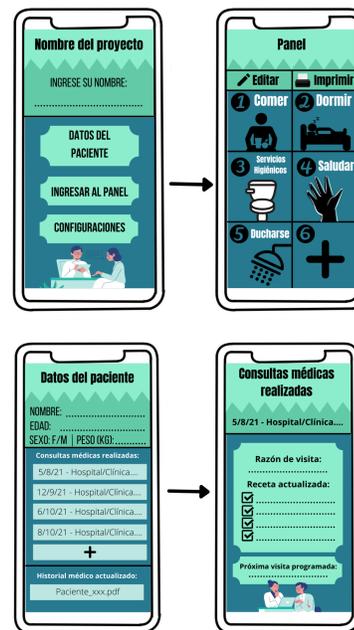


Figura 28. Proyecto preliminar 2.

- Proyecto preliminar 3:** Este proyecto consiste en una app desarrollada en base al lenguaje de programación python, esta app estará disponible para todos los celulares android y funcionará

mediante el uso de bluetooth. Asimismo, esta app permitirá editar el panel con frases que dependiendo el número de parpadeos se formará una oración y dicha oración será transmitida como mensaje de voz que saldrá por los altavoces del celular. El teclado ampliará más la cantidad de palabras permitiendo que el usuario pueda crear las oraciones que él quiere sin ningún obstáculo.

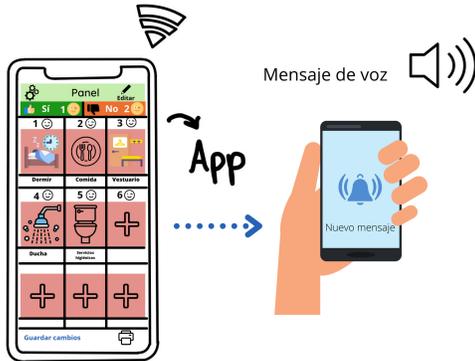


Figura 29. Proyecto preliminar 3.

Finalmente se armó el diagrama de valor técnico y económico para determinar cuál era la mejor propuesta entre todas, usando los valores de x_i e y_i se calcularon las coordenadas correspondientes de cada eje, con lo cual se ubicó cada proyecto en una gráfica lineal, donde la pendiente representa el **proyecto ideal**. La propuesta óptima era aquella que estuviera a una menor distancia a esta recta y con una mayor valoración en general.

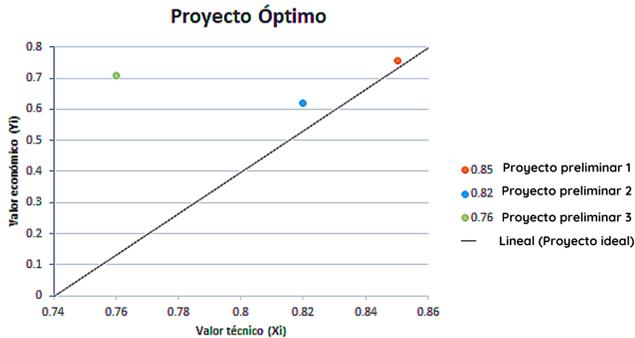


Figura 30. Diagrama del proyecto óptimo.

De acuerdo a la gráfica obtenida, el proyecto preliminar 1 es el que se acerca más al proyecto ideal, por tanto es la propuesta ganadora.

E. Diagrama de flujos del sistema

Luego de analizar las funcionalidades requeridas de la aplicación, desarrollamos el siguiente diagrama de flujos que va a seguir el software:

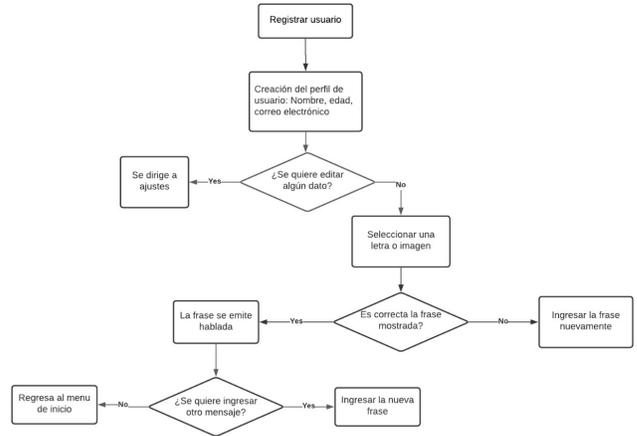


Figura 31. Diagrama de flujos del software, donde se detalla el procedimiento del mismo.

F. Diagrama de casos de uso

El diagrama de casos de uso explica cómo uno o más actores interactúan con el sistema. Este diagrama responde a los diferentes ingresos de estos actores. Para esto, primero se identificaron los actores de la aplicación móvil. Estos representan las personas que interactúan con este sistema. Así, se identificaron 2 actores: Paciente y Médico, así como una base de datos que almacena los datos y los comunica cuando se requiere.

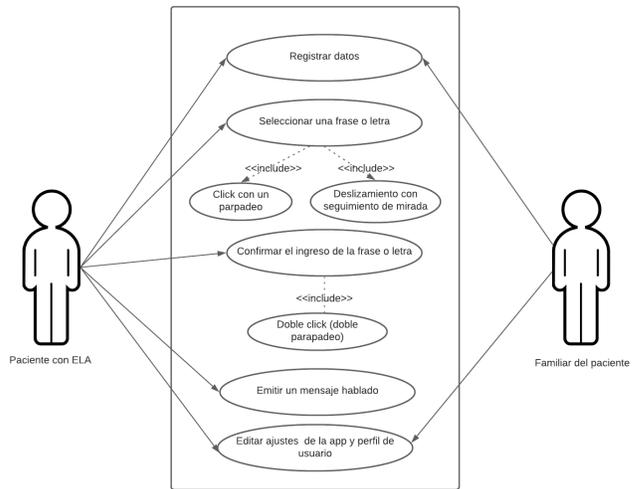


Figura 32. Diagrama de casos de uso con 2 actores.

G. Desarrollo de la aplicación móvil

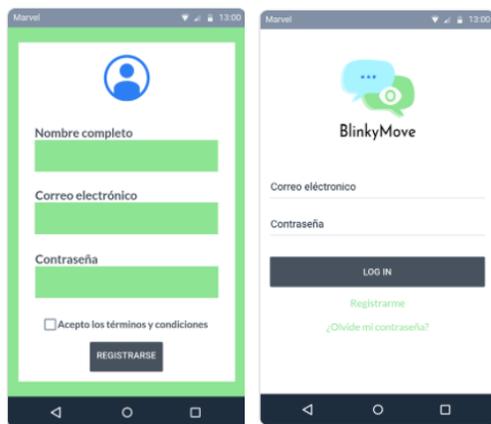
La comunicación del usuario con su entorno es algo importante y consideramos importante que el usuario pueda comunicarse cada vez que este lo crea necesario. Debido a ello, optamos por desarrollar una aplicación que no solo le brinda autonomía al usuario sino que fuera accesible en todos los dispositivos Android. Además, la aplicación permite ingresar datos, configurar los paneles de frases y emplear un teclado que le ayude a formar oraciones más personalizadas.

D.1. Aplicación Móvil y Conexión Bluetooth

La aplicación móvil ha sido desarrollada con Python y funciona de la mano con el dispositivo formado principalmente con 2 sensores QTR-IRC y 2 QRE1113. Dichos sensores se encargan de captar las señales brindadas por los parpadeos y el movimiento del ojo. Lo que se espera es que la data captada sea transmitida mediante el módulo Bluetooth HC 05 y esa data pueda ser recibida por la aplicación móvil. De esta manera, el usuario podrá configurar las frases y crear su propio panel dependiendo las frases cotidianas que emplee. Asimismo, podrá usar un teclado que le permitirá presionar la tecla solo usando su mirada. Con la finalidad de lograr la conexión a través de bluetooth usamos pyserial.

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

La programación de la aplicación fue un gran desafío por la complejidad del programa y porque debía utilizar una base de datos para guardar la información ingresada. De igual forma, fue un reto para el equipo poder obtener los sensores QTR-IRC, ya que fueron conseguidos en Ecuador. Después de un mes de iniciar el proceso, ya tenemos el prototipo de aplicación finalizado junto al circuito funcional, y se puede observar en las siguientes imágenes.



(a)

(b)

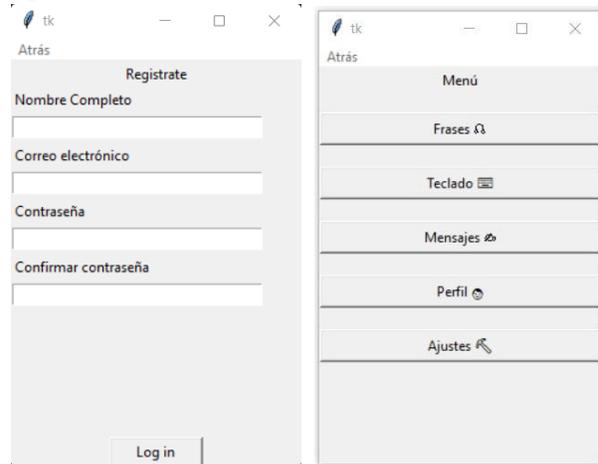


(c)

(d)

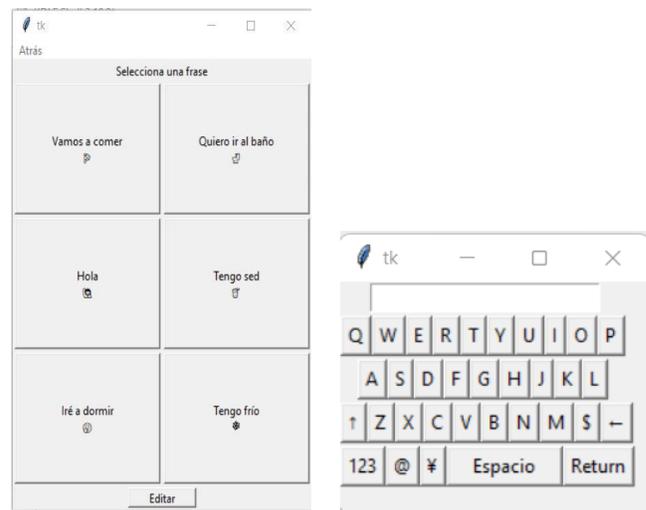
Figura 33. Interfaz de registro de usuario (a), Login de usuario (b), la configuración de las frases (c), Panel de frases ya guardado (d).

Se realizó en Pycharm las ejecutables, no obstante, el diseño de la interfaz es muy distinta a los ejecutables porque el lenguaje de programación escogido no es tan flexible en el aspecto de diseño.



(a)

(b)



(c)

(d)

Figura 34. Registro de usuario (a), Menú (b), Panel de frases (c), Teclado(d)

VI. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

Como se observó en los resultados obtenidos, los cuales fueron mostrados en la sección anterior, logramos cumplir satisfactoriamente el objetivo principal de nuestro proyecto y la mayoría de las metas adicionales y la investigación detrás de la realización del prototipo. El único de los objetivos que no fue cumplido fue el de la comunicación dentro de la aplicación, esto por la dificultad de implementar esa funcionalidad.

REFERENCIAS

- [1] Chiò A, Logroschino G, Traynor BJ, Collins J, Simeone JC, Goldstein LA, et al. Global Epidemiology of Amyotrophic Lateral Sclerosis: A Systematic Review of the Published Literature. Neuroepidemiology

- [Internet]. 2013 [citado 2021 8 Sep];41(2):118–30. Disponible en: <https://www.karger.com/Article/FullText/351153#ref1>
- [2] [2] Brown CA, Lally C, Kupelian V, Flanders WD. Estimated Prevalence and Incidence of Amyotrophic Lateral Sclerosis and SOD1 and C9orf72 Genetic Variants. *Neuroepidemiology* [Internet]. 2021 Jul 9;1–12. Disponible en: <https://www.karger.com/Article/Pdf/516752>
- [3] [3] Brown CA, Lally C, Kupelian V, Flanders WD. Estimated Prevalence and Incidence of Amyotrophic Lateral Sclerosis and SOD1 and C9orf72 Genetic Variants. *Neuroepidemiology* [Internet]. 2021 Jul 9 [citado 2021 9 Sep];1–12. Disponible en: <https://www.karger.com/Article/FullText/516752?ref=1#ref1>
- [4] [4] Chiò A, Logroscino G, Hardiman O, Swingler R, Mitchell D, Beghi E, et al. Prognostic factors in ALS: A critical review. *Amyotrophic Lateral Sclerosis* [Internet]. 2009 Jan [citado 2021 9 Sep];10(5-6):310–23. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3515205/>
- [5] [5] La ELA : una realidad ignorada [Internet]. España: Fundación Luzón; 2017 [citado 2021 6 Sep]. Disponible en: <https://fluzon.org/wp-content/uploads/2019/12/LaELA-una-realidad-ignorada.pdf>
- [6] [6] [Internet]. Hnhu.gob.pe. 2019 [citado 2021 5 Sep]. Disponible en: <http://www.hnhu.gob.pe/Inicio/wp-content/uploads/2016/03/Tarifario-2019.pdf>
- [7] [7] Minsa financió a más de 42 mil personas con enfermedades raras, huérfanas y de alto costo [Internet]. Gob.pe. 2019 [citado 2021 6 Sep]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/49122-minsa-financio-a-mas-de-42-mil-personas-con-enfermedades-raras-huerfanas-y-de-alto-costo>
- [8] [8] Fundación de cooperación Académica-Industrial de la Universidad Wonkwang. APPARATUS FOR COMMUNICATION. Corea; KR101590396B1, 2016.
- [9] [9] YAMAGUCHI TECHNOLOGY LICENSING ORGANIZATION LTD. COMMUNICATION SYSTEM USING BLINK. Japón; JP2003187232, 2003.
- [10] [10] Callahan M, Coleman T. Neural translator. Estados Unidos; US8251924B2, 2012.
- [11] [11] CUSTOM LAB SOFTWARE SYSTEMS, INC. Assistive communication device. Estados Unidos; US2006105301A1, 2006.