



INGENIERÍA BIOMÉDICA

PUCP-UPCH

“HITO 3: EpiKids”

INTEGRANTES:

Flores Armando
Nuñez Angie
Paredes Alexander
Romero Diego
Unsihuay Nicole

CURSO:
Proyectos de Biodiseño 1

ASESOR:
Pierre Padilla

2021-2

1. DISEÑO CONCEPTUAL

En el siguiente informe tendremos en consideración la etapa anterior siguiendo los lineamientos de la normativa vigente, basándonos en los requerimientos de diseño funcionales y no funcionales (Hito 2) y profundizar las funciones de nuestro prototipo. Se realizará el diseño del concepto final para nuestro sistema, el cual utilizará la norma de metodología de diseño VDI 2225 [1]. Realizamos una lluvia de ideas para definir las entradas y salidas del sistema y así definir inicialmente las exigencias del sistema, como la estructura de funciones, para posteriormente proponer tres propuestas de solución, evaluarlas con una matriz morfológica y determinar la solución óptima basándonos en criterios técnicos y económicos.

1.1 Exigencias del sistema

Las exigencias y deseos del sistema ya se han considerado previamente en los requerimientos de diseño. A continuación, se detallará y justificará las exigencias más importantes:

A. Funciones Principales:

La función principal será principalmente **proteger** la cabeza de un traumatismo craneoencefálico generado por una caída en un ataque epiléptico/convulsión. En segundo lugar, **detectar** alguna actividad bioeléctrica irregular, junto a signos vitales anormales debido a la presencia de una convulsión. En tercer lugar, **almacenar** la información detectada por los sensores. Por último, **alertar** a través de una señal sonora y digital vía Bluetooth/SMS al apoderado/familiar del paciente.

B. Señales (Información):

Los parámetros iniciales para monitorear la actividad bioeléctrica del cerebro y los signos vitales del sistema deben ser una entrada de información, ya que permite la interpretación de estas señales y procede a emitir una señal de alerta.

La señal de inicio del sistema son los patrones anormales de las ondas cerebrales debido a posibles convulsiones. Por ende, su señal de salida es la selección y filtro de las ondas disformes lo cual resulta en la confirmación de la convulsión.

La señal de entrada “Hay convulsión” daría pie a la señal de salida de alerta (sonora y digital).

C. Dimensiones y peso:

Según la normativa española NTP 228 para cascos de protección, el peso del casco deberá ser inferior a 450 gramos, el volumen de aireación será, entre la cabeza del usuario y el casquete, superior a los 21 mm y la anchura de la banda de contorno será como mínimo de 25 mm. [2]

1.2 Estructura de funciones:

Se definieron las entradas y salidas del sistema, considerando que el dispositivo debe monitorear en tiempo real la actividad bioeléctrica de los impulsos del cerebro del paciente, de manera que pueda alertar la presencia de patrones anormales de las ondas cerebrales debido a posibles convulsiones y, asimismo, proteger al paciente de cualquier tipo de caída y posible daño en la cabeza.



Figura 1. Entradas y salidas del sistema. Elaboración propia

a) Entradas:

Hardware (Casco):

Energía: Se refiere a la energía que utilizará el sistema para el funcionamiento electrónico. Puede ser eléctrica o solar.

Señales: Se refiere a toda la información eléctrica que proviene del usuario y será procesada en el sistema electrónico.

Software (Aplicativo):

Señales: Se refiere a toda la información inalámbrica que proviene del sistema físico.

b) Salidas:

Hardware (Casco):

Energía: Se refiere a la energía residual que se transmite del sistema hacia el exterior, esta podría ser alguna fuente de calor.

Señales: Es la información electrónica, sonora e inalámbrica que circulará a través del sistema, estos datos ya procesados, se podrán emplear desde este hacia otro sistema externo.

Software (Aplicativo):

Señales: Se refiere a toda la información sonora y visual dirigida al paciente y/o usuario que fue procesada en el mismo.

Nuestro dispositivo consta de diversos módulos y secciones que cumplen roles y funciones específicas, empezando por el material protector, que tiene como principal función proteger la zona craneoencefálica.

Luego de esto tenemos el **módulo de procesamiento**: el microcontrolador, que es el cerebro principal del dispositivo. Tiene las funciones de recibir, procesar, filtrar, descartar, ordenar, encender, apagar todo tipo de información recibida por cada parte electrónica del dispositivo (sensores, módulos, sistemas de audio y energía).

Por consiguiente, tenemos un **módulo de captura de señales**: los sensores tienen la función de desempeñar una tarea en el sistema, un sensor es un dispositivo que detecta el cambio en el entorno y responde a alguna salida en el microcontrolador, estos convierten un fenómeno físico en un voltaje analógico medible. Tendremos tres diferentes sensores en nuestro prototipo: Sensor de electroencefalograma (EEG): Monitorear actividad cerebral; Sensor acelerómetro y giroscopio: medir la aceleración no gravitacional y orientación del casco para detectar caída y Sensor pulso cardíaco: medir la frecuencia cardiaca en tiempo real.

Tendremos además un **módulo de comunicación inalámbrico** para la transmisión y conectividad que tiene como principal función recopilar datos y se enviarán a sistemas externos. Este es el módulo Bluetooth que permite que la información registrada en la base de datos tenga una conexión directa con el aplicativo del dispositivo celular del paciente y así poder conectar posteriormente al dispositivo celular del apoderado.

Esta data se también se almacena en el sistema físico gracias al **módulo de recopilación de datos**, este tendrá como función acopiar la información digital (recibida, procesada y filtrada) del microcontrolador. Teniendo así dos tipos: Módulo SD card para guardar la información de manera física como respaldo y Almacenamiento en la nube para poder registrar la información que proviene de los sensores (Informáticamente).

Asimismo un **módulo de alerta** que tendrá como función alertar la presencia de convulsión tonicoclónica en el paciente, ya sea sonoro (buzzer o altavoz) y/o por mensaje de alerta SMS en el aplicativo móvil.

Y como parte final, pero no menos importante, **el módulo de energía** una fuente de alimentación de una batería recargable almacenará energía eléctrica para poder suministrar esta como corriente continua y poder alimentar así todo el sistema. Tendrá dos opciones de recarga: Cargador estándar AC/DC y un panel fotovoltaico en todo momento.

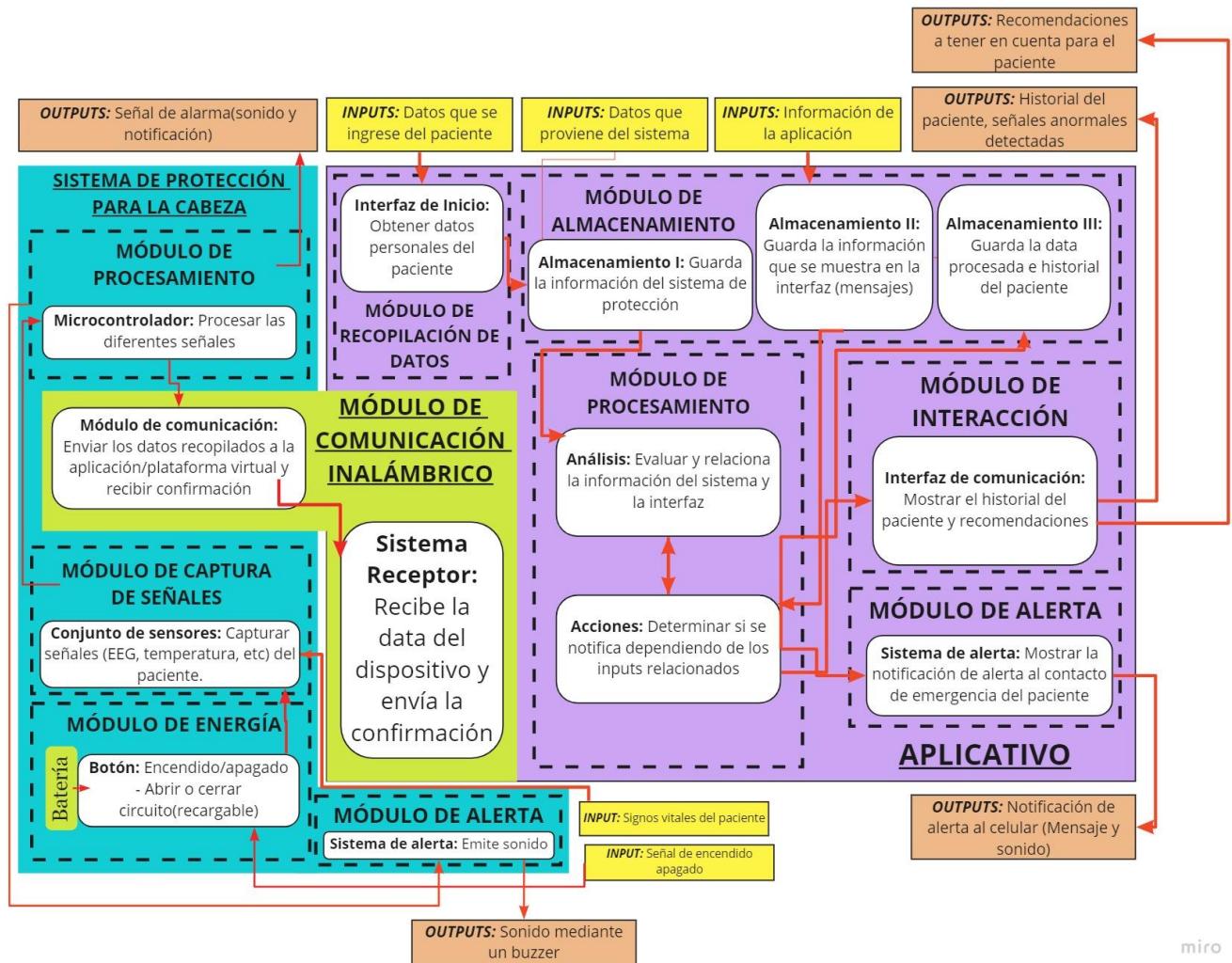


Figura 2. Diagrama de funciones. Elaboración propia

1.3 Conceptos solución (Matriz)

Matriz morfológica:

En base a las funciones previamente definidas se procedió a realizar la matriz morfológica, considerando 3 opciones posibles para cada función (ver Figura 3).

	Funciones	Opcion 1	Opción 2	Opción 3
Sistema de protección	Energía	Batería lipo	Batería Duracell	
	Accionar	Interruptor	Switch	Switch deslizante
	Capturar 1 Movimiento	MPU6050	Sparkfun SEN-09269	
	Capturar 2 Pulso	Sensor de pulso Amped	Max30100	
	Capturar 3 EEG	sensor EEG B0054A	Disposable A EEG Sensor	Sensor electroencefalografico
	Procesar	Arduino uno	ESP32	ArduinoNano
	Comunicar	Bluetooth HC05	Cable microUSB	
	Alertar	Buzzer	Disco piezoelectrico	Zumbador piezoelectrico
	Proteger	Cuero	Espuma de alto impacto	Goma EVA
	Recargar		Panel solar	
Interfaz	Almacenar	Parse	Firebase	Back4App
	Mostrar	Fliplet	thunkable	Adalo

*Figura 3. Matriz morfológica. Elaboración propia
Imágenes recuperadas de [3] - [25]*

Evaluación de los conceptos de solución:

Para definir los conceptos de solución del proyecto se procedió a realizar combinaciones entre los criterios asignados a cada función, de las cuales se obtuvieron 3 conceptos del proyecto, estos fueron evaluados de manera técnica y económica para obtener el mejor concepto de solución (ver Tabla 1).

Nº	Criterios técnicos y económicos	Conceptos de solución (C. S.)														
		1					2					3				
		N	Ar	Al	An	D	N	Ar	Al	An	D	N	Ar	Al	An	D
1	Facilidad de ensamblaje	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4
2	Costo de tecnología	3	3	3	4	3	3	3	3	4	4	3	3	4	4	4
3	Seguridad	4	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4
4	Peso	4	4	3	4	4	4	3	3	4	3	4	4	4	3	3
5	Disponibilidad de repuestos	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	4	2
6	Tamaño	3	4	4	3	4	3	3	3	3	2	3	4	4	3	3
7	Facilidad de uso	4	3	3	3	3	2	2	2	3	2	3	3	4	3	3
8	Protección del usuario	4	4	4	4	4	3	2	2	4	3	4	4	4	4	3
9	Recopilación de datos	3	4	3	4	4	3	4	3	4	3	4	4	4	3	3
Suma parcial		31	32	29	31	31	28	26	25	32	28	31	32	32	32	29
Suma total		30,8					27,8					31,2				

Tabla 1. Tabla de evaluación de conceptos en función de criterios técnicos y económicos

Se procedió a evaluar cada uno de los conceptos en el que cada integrante del equipo que participó (N=Nicole, Ar= Armando, Al= Alex, An= Angie, D=Diego). Así mismo la valoración numérica se usó siguiendo la norma VDI 2225 (0 = No satisface, 1 = Aceptable, 2 = Suficiente, 3 = Bien, 4 = Muy bien (ideal)).

En esta evaluación de conceptos se obtuvo como ganador el concepto de solución 3(naranja).

Descripción de Proyectos Preliminares:

- Proyecto Preliminar 1: Un casco con forma oval, con un diseño abierto para evitar sobrecalentamiento de los sensores, que permitirá el monitoreo y protección del usuario. El dispositivo estará compuesto de 4 capas, la primera capa será de un material cómodo, en este caso de espuma de alto impacto, la segunda será una carcasa con la forma del casco para mantener la estructura del dispositivo, la tercera capa será también de espuma para aumentar la protección del paciente y finalmente la última capa será hecha de cuero con el fin de proveer seguridad a las capas anteriores, así como mejorar el diseño del dispositivo. Los sensores utilizados se localizan en el interior del casco, en la zona lateral, con el fin de minimizar daños en caso de una caída. La alarma provendrá de un buzzer que estará ubicado en la parte superior-próximo a un panel solar que será empleado como fuente de energía- para evitar contacto directo con el oído del usuario y reducir el impacto negativo causado por el sonido.

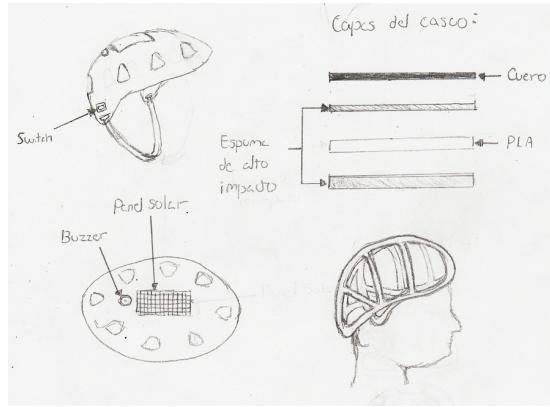


Figura 4. Bosquejo de proyecto preliminar 1

- Proyecto Preliminar 2: Este proyecto preliminar consta de un casco con dos regiones: una región de protección y una de ajuste. La primera región consta de dos capas: una capa de cuero y una capa de espuma de alto impacto que se encargan de amortiguar las caídas. En la segunda capa se encontrará una carcasa que contendrá los componentes electrónicos mostrados en la figura 5. La segunda región tiene la función de darle forma al casco y se encargará de que los electrodos estén pegados a la zona temporal y parietal de la cabeza; y de que el sensor de pulso esté fijado a la altura de la cien. Finalmente, se plantea tener varios modelos de casco para que este pueda ser usado en todo momento y no exista una estigmatización hacia el paciente. El modelo que se parece a una gorra de sol tendrá un panel solar en la zona plana de este para poder tener una fuente de recarga de la batería.

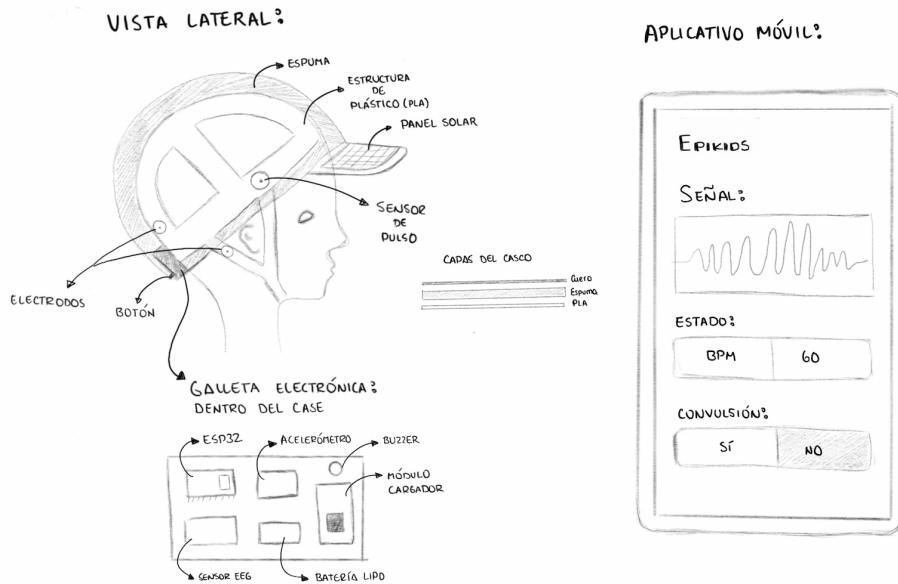


Figura 5. Bosquejo de proyecto preliminar 2

- Proyecto Preliminar 3: Un dispositivo con un diseño similar al de un casco de seguridad. La visera de este casco será de la misma longitud del de un gorro común con el fin de tener suficiente espacio para instalar un panel solar. El buzzer se ubicará en la parte superior central del casco, para así evitar que el alto sonido de la alarma tenga un efecto negativo en el usuario. Su composición estará dividida en 4 capas, la primera de espuma de alto impacto, la segunda será una estructura plástica rígida impresa en 3D que funcionara como el esqueleto del dispositivo, la tercera será otra capa de espuma que aumenta la resistencia y protección del usuario y finalmente la última capa será de cuero. La estructura plástica tendrá un compartimiento para el

arduino y para el buzzer, para evitar que se dañen en caso de una caída. El sensor EEG y el sensor de temperatura van en contacto directo con la piel; no obstante, lo electrónico restante iría en un compartimiento en la parte central a la altura de la nuca de manera que el calor causado por las baterías no moleste al usuario del dispositivo.

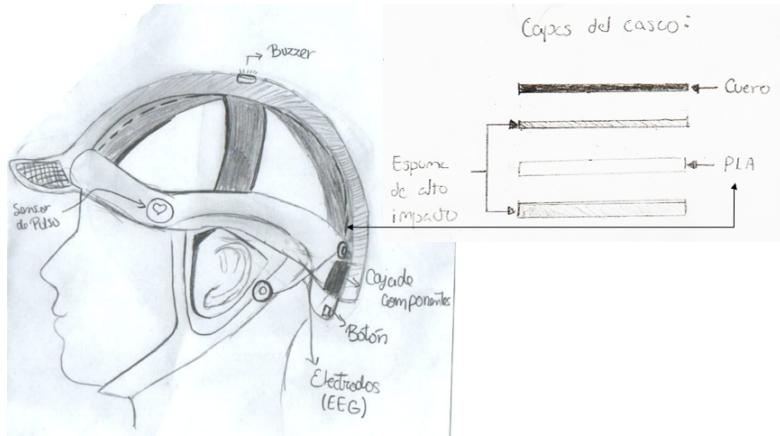


Figura 6. Bosquejo de proyecto preliminar 3

1.5 Solución óptima

Variantes de proyecto			Proyecto preliminar 1		Proyecto preliminar 2		Proyecto preliminar 3		Proyecto ideal	
Nº	Criterios de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	pg
1	Función	9	4	36	4	36	4	36	4	36
2	Forma	5	3	15	3	15	4	20	4	20
3	Diseño	6	3	18	4	24	4	24	4	24
4	Seguridad	9	4	36	4	36	4	36	4	36
5	Ergonomía	8	3	24	3	24	3	24	4	32
6	Fabricación	7	3	21	3	21	3	21	4	28
7	Montaje	7	3	21	3	21	3	21	4	28
8	Tamaño	6	4	32	4	24	4	24	4	24
9	Uso	8	4	32	4	32	4	32	4	32
10	Mantenimiento	6	3	18	3	18	3	18	4	24
11	Peso	8	3	24	3	24	4	32	4	32
12	Compatibilidad	7	4	28	4	28	4	28	4	28
Puntaje máximo Σp o Σgp			41	305	42	303	44	316	48	344
Valor técnico				0,887		0,881		0,919		1.00
Orden				2		3		1		

Tabla 2. Tabla de evaluación de proyectos preliminares en base al criterio técnico

Se elaboró una lista con criterios que podían variar con relación al dispositivo, a los cuales se les aplicó determinado valor (del 1 al 9) de acuerdo a su relevancia (g), siendo “Función” y “Seguridad” los de mayor peso, y “Forma” el de menor. También, se llevó a cabo una votación que arrojó un resultado unánime para cada criterio de cada proyecto preliminar (p) al que se le dio una puntuación del 1 al 4, respectivamente. Luego, se multiplicaron estos valores (g y p) para obtener las sumas correspondientes a cada proyecto y obtener al que más se aproxime al proyecto ideal. Como se observa en la tabla, el ganador fue el tercer proyecto preliminar.

Variantes de proyectos		Proyecto preliminar 1		Proyecto preliminar 2		Proyecto preliminar 3		Proyecto ideal		
Nº	Criterios de Evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Costo de Mantenimiento	5	3	15	3	15	4	20	4	20
2	Costo Energético	8	4	32	4	32	4	32	4	32
3	Disponibilidad en el mercado	9	3	27	3	27	3	27	4	36
4	Costo de Materiales	8	2	16	2	16	3	24	4	32
5	Costo de Fabricación	6	4	24	3	18	4	24	4	24
Puntaje máximo Σp o Σgp		16	114	15	108	18	127	20	144	
Valor económico Y_i			0,792		0,75		0,882		1	
Orden			2		3		1			

Tabla 3. Tabla de evaluación de proyectos preliminares en base al criterio económico

De manera similar al gráfico anterior, se definieron cinco criterios de aspecto económico que podían variar en el dispositivo, cuyo peso (g) podía oscilar del 1 al 9. El equipo consideró “Disponibilidad en el mercado” como el más importante (9) y “Costo de mantenimiento” como uno de los menos relevantes (5). Luego se votó por el peso que el equipo consideró prudente para cada criterio correspondiente a cada proyecto preliminar (p), siendo 1 el mínimo y 4 el máximo valor que se podía asignar. Por último, se multiplicaron ambos valores (g y p) para conseguir la sumatoria de cada proyecto, compararlas y obtener la que más se asemejaba al proyecto ideal. De acuerdo a la tabla, el proyecto preliminar tres fue el más próximo.

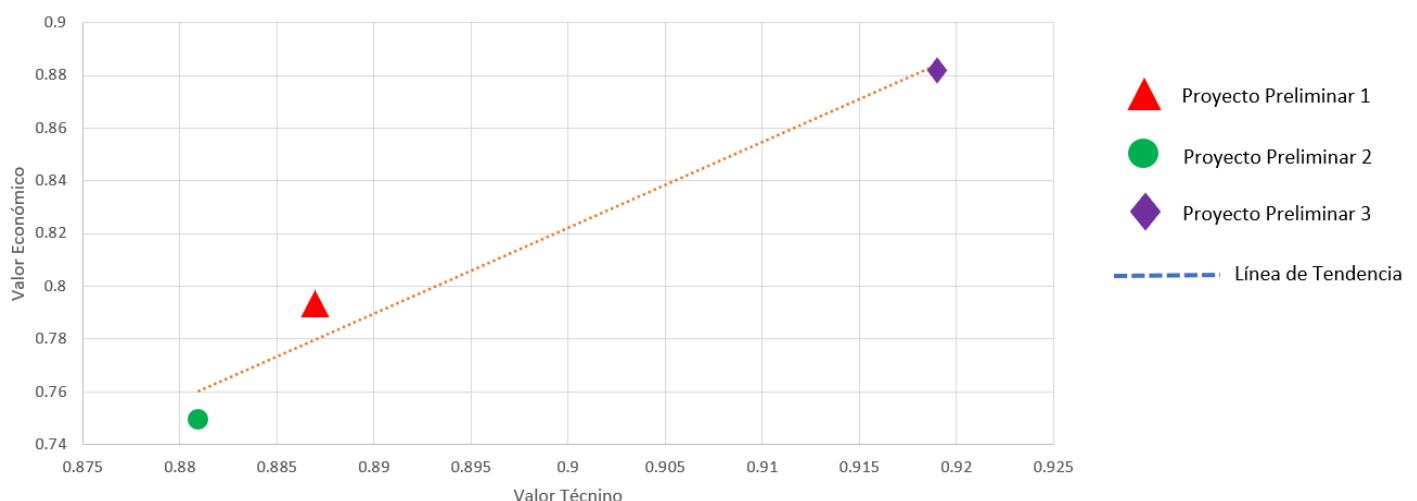


Figura 6. Diagrama de evaluación

En la gráfica anterior se observa la relación lineal entre el valor económico y el valor técnico, donde el punto que se encuentra más próximo a la recta representa al proyecto preliminar más cercano al proyecto ideal. De acuerdo a los criterios establecidos en las tablas 2 y 3, el ganador fue el proyecto preliminar 3. Las ventajas principales que este proyecto presenta en comparación a los otros 2 son la ubicación de los paneles solares así como del buzzer, esta última especialmente será una propiedad muy importante al momento de disminuir factores que podrían afectar al usuario en el caso de una convulsión. Finalmente la estructura de 4 capas establecida proveerá un alto nivel de protección sin sacrificar la comodidad del usuario además de asegurar la integridad de los sensores utilizados a través de los compartimentos establecidos.

Referencias:

- [1] Huaroto Sevilla, J. J. J. (2019). "Diseño de un generador de estímulos mecánicos como interfaz blanda entre prótesis y miembro residual a nivel transradial con capacidad nominal de estimulación entre 0 y 8.5 N a 70 Hz", Tesis para título profesional, Lima, UNI, LIMA, PERÚ, 2019.
- [2] Insst.es. [En línea]. Disponible en:
https://www.insst.es/documents/94886/326853/ntp_228.pdf/20c5a5de-7a26-42b3-8c9f-809a37ecb85e?version=1.0&t=1614698399237. [Consultado: 13-nov-2021].
- [3] "Batería Lipo 1200mAh, 3.7V modelo 603450 BricoGeek 603450 | BricoGeek.com". Tienda de Electrónica Robótica Arduino y Raspberry Pi | BricoGeek.com - BricoGeek.com.
<https://tienda.bricogeek.com/home/1135-bateria-lipo-1200mah-37v.html>
- [4] "Pilas Recargables AA - Pilas Duracell Ultra". Duracell ES.
<https://www.duracell.es/product/duracell-rechargeable-ultra-aa/>
- [5] "Interruptores – Servitec Don Bosco". Servitec Don Bosco – Servicio Técnico Autorizado.
<http://www.servitecdonbosco.com/interruptores/>
- [6] "Chip tact switch con 6.2*6,2 mm selector circular roja de 4 pines". Made-in-China.com.
https://es.made-in-china.com/co_elecsound/product_Chip-Tact-Switch-with-6-2-6-2mm-Round-Han-dle-4-Pin-Red_eenynegeg.html
- [7] "Interruptor conmutador deslizante 2 posiciones 0.5A / 24VDC ON-ON SPDT ». IBEROBOTICS. IBEROBOTICS.
<https://www.iberobotics.com/producto/interruptor-conmutador-deslizante-2-posiciones-0-5a-24vdc-on-on-spdt/>
- [8] "Tutorial MPU6050, Acelerómetro y Giroscopio". Naylamp Mechatronics - Perú.
https://naylampmechatronics.com/blog/45_tutorial-mpu6050-acelerometro-y-giroscopio.html
- [9] "Acelerómetro ADXL335 3 ejes". Electronica y Robotica Electan, Tienda On Line.
<https://www.electan.com/accelerometro-adxl335-ejes-p-3277.html>
- [10]
"XD-58C Sensor de pulso cardiaco". ElectroCrea.
<https://electrocrea.com/products/sensor-de-pulso-cardiaco-xd-58c>
- [11] "Sensor De Pulso Cardíaco Oxímetro MAX30100 Arduino | Compra Con Envío Gratis". MechatronicStore.
<https://www.mechatronicstore.cl/sensor-de-pulso-cardiaco-oximetro-max30100-arduino/>
- [12] "B0054A - Electrodo EEG by Med-link Electronics Tech Co., Ltd | MedicalExpo". MedicalExpo - El marketplace B2B del equipamiento médico: material médico-sanitario, imagenología médica, mobiliario para hospitales, equipos de laboratorio, etc.
<https://www.medicalexpo.es/prod/med-link-electronics-tech-co-ltd/product-123709-975068.html>
- [13]
"EEG electrode by Med-link Electronics Tech Co., Ltd | MedicalExpo". MedicalExpo - The B2B marketplace for medical equipment: medical material, medical imagery, hospital furniture, laboratory

equipment, etc.

<https://www.medicaexpo.com/prod/med-link-electronics-tech-co-ltd/product-123709-1015131.html>

[14] "EEG sensor - Sensor de Electroencefalografía de Bitalino - SENS-EEG-UCE6 - Comprar en España Ultra-lab". Ultra-lab.

<http://ultra-lab.net/producto/bitalino-eeg-sensor-sensor-de-electroencefalografia-sens-eeg-uce6/>

[15] "Arduino UNO R3 OEM (Arduino Uno R3 Compatible)". AM ELECTRONIC Tienda electrónica Huancayo – Tienda electrónica Huancayo.

<https://www.amelectronicperu.com/product/arduino-uno-r3-oem-arduino-uno-r3-compatible/>

[16] "NodeMCU ESP32 Kit". Trưởng An Equipment. <https://tae.vn/nodemcu-esp32-kit>

[17] "Arduboard Nano CH340G mini-USB". Naylamp Mechatronics - Perú.

<https://naylampmechatronics.com/ardusystem-tarjetas/88-nano-ch340g-mini-usb.html>

[18] "Bluetooth HC-05 maestro/esclavo - MakerElectronico". MakerElectronico.

<https://www.makerelectronico.com/producto/bluetooth-hc-05-maestroesclavo/>

[19] "Cable USB-A a micro-USB (1 m) | Belkin". Belkin.

<https://www.belkin.com/es/cables/charging/boost-charge-usb-a-to-micro-usb-cable/p/p-cab005/>

[20] "Buzzer 5V - Geekbot Electronics". Geekbot Electronics.

<https://geekbotelectronics.com/tienda/producto/buzzer-5v/>

[21] <https://www.ebay.esitm/Piezo-27mm-Elements-Buzzer-Sensor-Piezoelectrico-Estado-Disco-Buzzer-DIY-192999358824>

[22] "Zumbador Piezoeléctrico De Qsr-4210b, Con Función De Zumbador De 12v, Venta Al Por Mayor - Buy Buzzer Piezo, Buzzer Function, Mini Buzzer Product on Alibaba.com". Alibaba - la plataforma de comercio entre empresas en línea más grande del mundo.

<https://spanish.alibaba.com/product-detail/wholesale-hot-sales-qsr-4210b-piezo-buzzer-external-driyen-12v-buzzer-function-60237525002.html>

[23]

"Espumas de alto impacto tipo americano - Biosolve S.R.L". Biosolve S.R.L.

<https://www.biosolve.com.pe/espumas-de-alto-impacto-tipo-americano/>

[24] "Trabajar con Goma Eva - Manualidades en Goma Eva y Foami". Todo en Goma Eva.

<https://goma-eva.com/trabajar-con-goma-eva/>

[25] "Ventajas y inconvenientes de las placas solares flexibles - Damia Solar Electrosol Energia S.L". Tienda paneles solares - Instalacion placas solares baratas | Damia Solar.

https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/ventajas-inconvenientes-paneles-solares-flexibles_1