



INGENIERÍA BIOMÉDICA PUCP-UPCH

“Detector de convulsiones tonicoclónicas
orientado a adolescentes y jóvenes con
epilepsia”

INTEGRANTES:

Ana Paula Alejos Gonzales
Micaela Ivy Horny Insua
Ricardo Alonso Muñoz Quiroz
Gonzalo Povea Galdo
Anel Fernanda Ramirez Condori

CURSO:

Proyectos de Biodiseño 1

ASESOR:

Leopoldo Felix Yabar Escribanel

2021-2

ÍNDICE

1. Problemática

- 1.1. Contexto
- 1.2. Definición del problema
- 1.3. Análisis de los efectos y su impacto
- 1.4. Análisis de las causas y sus factores
- 1.5. Descripción de la propuesta de solución

2. Definición

- 2.1. Objetivos
- 2.2. Metodología
- 2.3. Alcance
- 2.4. Estado del arte
- 2.5. Requerimientos de diseño

3. Anexos

- 3.1. Árbol de problemas
- 3.2. Planteamiento del problema
- 3.3. Mapa de empatía
- 3.4. Mapa de stakeholders
- 3.5. Lista de requerimientos

4. Bibliografía

1. Problemática

1.1. Contexto

1.1.1. Contexto general

La epilepsia es un trastorno del sistema nervioso central no transmisible padecida por alrededor de 50 millones de personas en el mundo.[1] El 85% de pacientes epilépticos vive en regiones tropicales o en vía de desarrollo, lo que la convierte en uno de los trastornos neurológicos más comunes en Latinoamérica.[2][3] Según los Laboratorios de Carga Global de Enfermedades de 2016, casi el 80% de las personas con epilepsia residen en países de ingresos bajos y medianos, donde las tasas de prevalencia e incidencia de la epilepsia son más altas que en los países de altos ingresos. Es probable que las diferencias se deban a diferentes causas, una mayor incidencia de lesiones y la falta de acceso a la atención médica. [4]

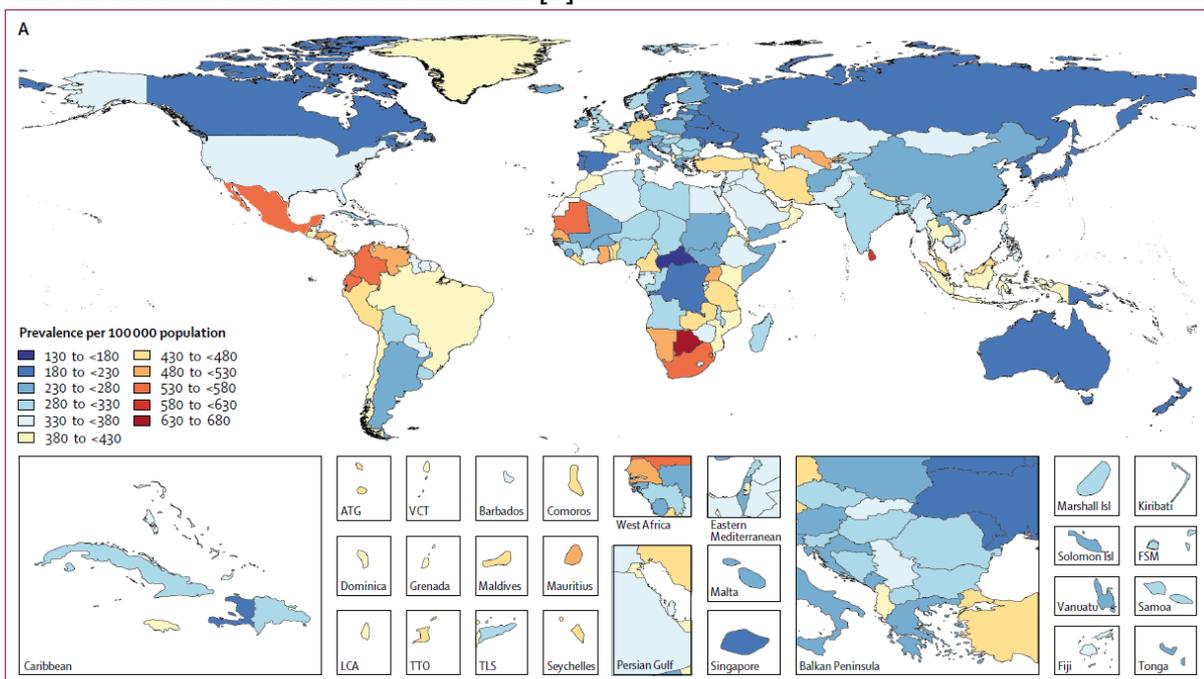


Figura 1. Mapa de prevalencia de epilepsia idiopática por 100000 habitantes, por país, (sin causa reconocible) para ambos sexos 2016. [4]

Las personas que padecen la enfermedad y tienen convulsiones recurrentes suelen sufrir problemas físicos como fracturas y hematomas derivados de traumatismos, y trastornos psicosociales. Este tipo de convulsión puede hacer que la persona grite, pierda el conocimiento y consecuentemente se caiga. [3] Estas características de las crisis epilépticas limitan la calidad de vida de los pacientes, obligándolos a depender de agentes externos como la familia y el círculo amical. [5] El aumento de la frecuencia de las crisis representan un incremento de la gravedad de las mismas; sin tratamiento, las probabilidades de remisión disminuyen, y las probabilidades de derivar en daño neuronal aumentan. [6]

En el Perú, el 75% de pacientes epilépticos no acuden a establecimientos de salud para recibir un tratamiento médico adecuado; en consecuencia, la tendencia a remisión es baja y la prevalencia aumenta [7]. Las tasas de morbilidad de la enfermedad reflejan esta realidad en el país mediante el aumento gradual de casos tratados con la edad del paciente hasta la vejez, edad donde comorbilidades neurológicas comienzan a aparecer

y, por ende, la morbilidad de la epilepsia disminuye y la de las comorbilidades aumenta[8].

La pandemia del SARS-COV 2 también ha influido de manera negativa en el tratamiento de los menores que padecen de epilepsia; en el servicio de Neuropediatría del Instituto Nacional de Salud del Niño (INSN) ubicado en Breña, entre agosto del 2020 y mayo del 2021, el 70 % de las atenciones ambulatorias fueron epilepsias y, en el área de hospitalización, aproximadamente el 50% corresponden a este diagnóstico. Durante la pandemia, el servicio de Neuropediatría ha atendido más de 5 mil pacientes epilépticos entre consulta presencial y teleorientación [10].

1.1.2. Contexto social

La enfermedad no solo afecta físicamente al paciente y su familia; esta, puede impedir de diferentes maneras la realización de ciertas actividades de los involucrados con los pacientes, una de ellas es la cantidad de oportunidades que se mitigan o rechazan debido a la imagen que la sociedad peruana tiene de esta. La imagen que el público tiene sobre la enfermedad se refleja en una total falta de empatía ante ella. Las personas no están informadas ni se interesan por la enfermedad hasta que alguien cercano la padece. El estado, las empresas y la sociedad también discriminan a los pacientes; esta se ve reflejada en el sistema económico y las situaciones cotidianas, las cuales no se prestan a la seguridad del paciente y tienden a solo sentirse seguros en la comodidad de sus hogares; incluso ha llegado a generar en ellos una percepción propia de carga hacia su familia y amigos. [9]

Figure 3 Perception of epilepsy by the general public, teachers, and employers

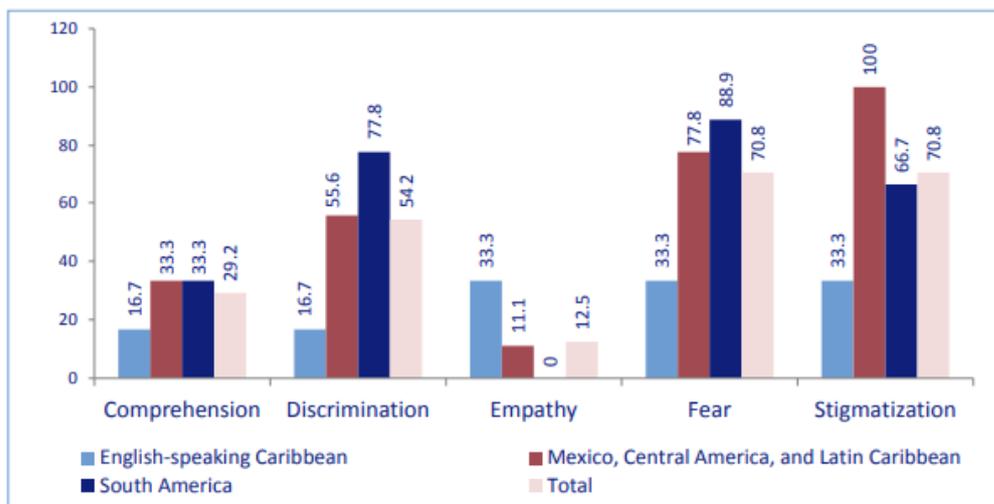


Figura 2. Percepción de la epilepsia por el público general, profesores, y empleadores. 2013. [9]

1.1.3. Contexto económico

Para la mayoría de personas epilépticas la principal consecuencia desde el punto de vista económico es la limitación que sufren para trabajar debido a que la tasa de desempleo es mayor que en la población general. A esto se le suma la discriminación

laboral, porque usualmente ocupan puestos de categoría inferior a los que podrían cumplir con sus habilidades personales. Además de esto, la epilepsia es una de las enfermedades con las tasas más altas de comorbilidad psiquiátrica como depresión ansiedad y psicosis, principales estimulantes para el abandono laboral según R.Paola. [11]

Con respecto a regulaciones y/o restricciones legales establecidas por países para personas con epilepsia, 25% de los países tienen restricciones para obtener o mantener empleo, 45.8% tiene restricciones para obtener una licencia de conducir y 20.8% tiene regulaciones específicas relacionadas a la educación. [12] Los reportes de los países demostraron que hay una falta de de información específica y confiable relacionada a la proporción de presupuesto en salud del gobierno ubicada hacia personas con epilepsia.

Figure 2 Regulations or specific legal restrictions for people with epilepsy

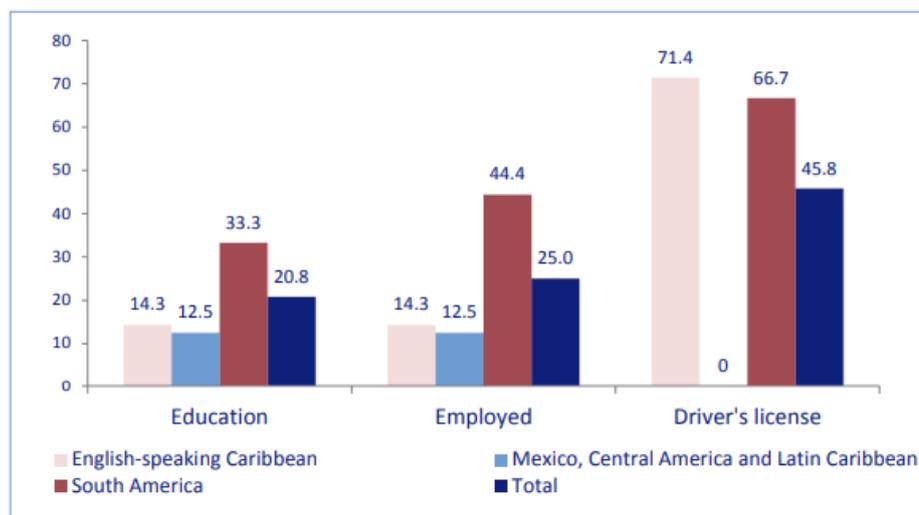


Figura 3. Regulaciones o restricciones legales específicas para personas con epilepsia. 2013. [9]

1.2. Definición del problema

Una vez visto el contexto y las consecuencias más generales de las convulsiones tonicoclónicas, se buscó definir un porqué ante estas. Como equipo, para definir este problema, optamos por herramientas de organización de ideas, en este caso usamos un mapa de Problem Statement (Anexo 2.2) y Árbol de Causas-Efecto (Anexo 2.1); esta herramienta permitió evidenciar cómo, cuándo y dónde se da el problema y de qué manera está afectando a todos los implicados.

Como resultado de esto, en el país, se evidencia una carencia tanto de investigación y desarrollo de equipos de apoyo para el paciente epiléptico; solo se usa tratamiento farmacológico y el 75% no lo sigue adecuadamente. Como previamente se estableció, el paciente epiléptico necesita un sistema de apoyo que le permita hacer su vida normal,

especialmente, en la etapa más importante de desarrollo laboral, la juventud. En busca de impactar en la enfermedad, se definió el problema a tratar de la siguiente manera:

“La falta de un sistema de alerta y sensado que brinde seguridad a pacientes epilépticos de 15 a 23 años que presentan epilepsia con crisis tonicoclónicas”.

1.3. Análisis de los efectos

Posterior a haber identificado el problema, el análisis de los efectos y causas es esencial, principalmente para la identificación más específica de los efectos y la evaluación de estos, enfocándonos en su impacto y las relaciones que tienen uno u otro efecto entre sí. Los efectos identificados serán analizados a continuación.

Reducción de la esperanza y calidad de vida

La esperanza de vida de la población peruana es de 76,9 años [14]; con epilepsia, esta esperanza se puede ver reducida en 10 años, en países desarrollados en caso de conocerse su causa y ser tratada correctamente según esta misma. [14] En el caso del Perú, y como menciona el INCN [15], no existen cifras para llegar a analizar de manera de manera verosímil a una conclusión segura; sin embargo, debido al número de pacientes no tratados y a la prevalencia mostrada por el GDP 2016 [4], se puede concluir de que su reducción en la calidad y esperanza de vida de los pacientes debería ser mayor a la de los países desarrollados. Cabe recalcar que en el país dos tercios de los pacientes no siguen tratamiento adecuado ante la enfermedad, influyendo aún más de manera en la esperanza de vida de los pacientes.

Elevada/moderada mortalidad en el Perú

El estado epiléptico convulsivo se define como la aparición de dos o más episodios convulsivos secuenciales sin recuperación total del estado de conciencia entre episodios por actividad durante un periodo mayor de 30 minutos. Constituye una emergencia que requiere un manejo rápido y agresivo con la finalidad de prevenir el daño neuronal y complicaciones sistémicas. La tasa de mortalidad incrementa desde el 2.9% hasta el 19% cuando la actividad convulsiva se extiende por encima de los 30 minutos. En el Hospital Nacional Dos de Mayo, la mortalidad encontrada en adultos con estado epiléptico de tipo convulsivo ha sido del 7.3%, la cual se encuentra dentro del rango reportado a nivel internacional que oscila entre 4 y 21% de los pacientes admitidos hospitalariamente tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo.[16]

Morbilidad en centros de salud especializados

Según los datos recolectados en el Boletín Estadístico del Instituto Nacional de Ciencias Neurológicas durante el primer semestre del año 2021, la morbilidad de epilepsia con respecto al total de atenciones realizadas en consulta externa según la etapa de vida fue de 31.53% en niños (0-11 años); 59.5% en adolescentes (12-17 años); 61.5% en jóvenes (18-29 años); 29.37% en adultos (30-59 años) y en adultos mayores de 60 años es del

4.25%. El porcentaje decrece con la edad, lo cual denotará que la mayor cantidad de crisis epilépticas se da entre adolescencia y juventud. En adultos mayores, la epilepsia deja de ser la enfermedad neurológica con mayor morbilidad, debido a que comienzan a aparecer otras patologías como Parkinson, infarto cerebral y dorsalgia. [17]

N°	CIE 10	MORBILIDAD	CASOS	%
1	G40	Epilepsia	263	59.50%
	G40.0	Epilepsia y síndromes epilépticos idiopáticos relacionados con localizaciones (focales) (parciales) y con ataques de inicio localizado	18	
	G40.1	Epilepsia y síndromes epilépticos sintomáticos relacionados con localizaciones (focales) (parciales) y con ataques parciales simples	41	
	G40.2	Epilepsia y síndromes epilépticos sintomáticos relacionados con localizaciones (focales) (parciales) y con ataques parciales complejos	120	
	G40.3	Epilepsia y síndromes epilépticos idiopáticos generalizados	39	
	G40.4	Otras epilepsias y síndromes epilépticos generalizados	12	
	G40.5	Síndromes epilépticos especiales	1	
	G40.8	Otras epilepsias	5	
	G40.9	Epilepsia, tipo no especificado	27	

Tabla 1. Tabla de morbilidad en adolescentes del instituto INCN sobre atención en consultas neurológicas para el primer semestre 2021. [9]

N°	CIE 10	MORBILIDAD	CASOS	%
1	G40	Epilepsia	575	61.50%
	G40.0	Epilepsia y síndromes epilépticos idiopáticos relacionados con localizaciones (focales) (parciales) y con ataques de inicio localizado	33	
	G40.1	Epilepsia y síndromes epilépticos sintomáticos relacionados con localizaciones (focales) (parciales) y con ataques parciales simples	55	
	G40.2	Epilepsia y síndromes epilépticos sintomáticos relacionados con localizaciones (focales) (parciales) y con ataques parciales complejos	259	
	G40.3	Epilepsia y síndromes epilépticos idiopáticos generalizados	126	
	G40.4	Otras epilepsias y síndromes epilépticos generalizados	1	
	G40.8	Otras epilepsias	5	
	G40.9	Epilepsia, tipo no especificado	96	

Tabla 2. Tabla de morbilidad en jóvenes del instituto INCN sobre atención en consultas neurológicas para el primer semestre 2021. [9]

Según el INCN, en los países en vía de desarrollo, incluyendo al Perú, se sabe muy poco sobre la epidemiología, etiología, resultados del tratamiento y mortalidad del estado epiléptico convulsivo. En su instituto, a pesar de ser un centro de referencia nacional para enfermedades neurológicas, no se conoce la evolución clínica de los pacientes con estado epiléptico convulsivo y los pocos datos sobre el estado epiléptico de países en desarrollo son en su mayoría hallazgos de estudios retrospectivos en base a poblaciones de un hospital que no pueden ser extrapolados a nuestra realidad. [15]

Impacto psicológico en el paciente

Según el análisis psicológico, publicado en el año 2019, realizado al azar a 66 pacientes adultos epilépticos por la Universidad Peruana de Ciencias aplicadas, se identificaron varios ejes de la percepción propia del paciente transgiversada debido a su condición de paciente epiléptico; esta tergiversación afecta directamente a la calidad de vida del paciente epiléptico peruano. [8] Dentro de estos, en cuanto su percepción personal, los pacientes, si bien el género femenino mostró tener una mejor aceptación de su enfermedad, tendieron a presentar miedo o temor antes su exposición personal a la sociedad y disconformidad con respecto a su enfermedad, demostrando rechazo hacia las personas que no las padecen. Esto también afecta la manera en cómo perciben sus relaciones interpersonales con sus amigos, pareja, trabajo y familia; la causa común de

estos miedos y rechazo es la cantidad de prejuicios que se tiene ante su enfermedad, los cuales impiden un desarrollo social normal.[16]

Los pacientes que padecen esta enfermedad tienen una comorbilidad psiquiátrica asociada y las condiciones más comunes son la depresión, la ansiedad y la psicosis. Los trastornos psicóticos son alteraciones mentales severas que causan percepción y pensamientos anormales, es decir pierden la relación con la realidad. Sin embargo, la más frecuente con una prevalencia entre 10 y 20% en los pacientes con crisis controladas y entre 20 a 60% en aquellos con epilepsia refractaria, es la depresión. [14]

1.4. Análisis de las causas

Para el análisis de las causas se utilizó el método de design thinking; junto a esto, se usaron herramientas visuales para la identificación de causas. Como grupo, posterior al análisis realizado para efectos, realizamos un diagrama de árbol causa efecto (Anexo 2.1) en el cual identificamos las causas más importantes. A continuación se hará el análisis de estas, con un enfoque centrado en buscar una propuesta de solución.

Ausencia de centros de investigación epidemiológicos y centros desarrollo biomédicos enfocados en epilepsia a nivel nacional

Como ya se presentó previamente, la cantidad de estudios epidemiológicos sobre la enfermedad y cada una de sus variantes es limitada; la mayoría de información recibida viene por parte de hospitales; sin embargo, no se puede extrapolar la información de un centro médico a la de la realidad nacional. Pocos centros especializados se enfocan en la obtención de estos datos, como el INCN.[10] Por parte de los pacientes, se debe a la ausencia de un seguimiento del tratamiento adecuado y prolongado; tres cuartos de estos no se acercan a consulta; por ende, no se puede tener un monitoreo real de la población. [16]

Falta de seguimiento de un tratamiento adecuado

En los países en vías de desarrollo existe conciencia de una gran diferencia entre el número actual de personas con epilepsia y el número de ellas que están siendo tratadas adecuadamente, esto se denomina 'brecha terapéutica'. El tratamiento médico en los pacientes de epilepsia es mínimo, al menos 60% de los pacientes en Latinoamérica no son diagnosticados o no toman medidas para controlar la enfermedad, pese a que sea efectivo en su recuperación. Con un cuidado anticonvulsionante recetado, hasta el 70% podría vivir sin ataques epilépticos. [2]

La falta de acceso por razones geográficas para recibir atención sanitaria es una realidad relevante en nuestra región dado la existencia de accidentes geográficos importantes como la selva, montañas, ríos, ausencia de vías y entre otros. Asimismo, en un país pueden existir notorias diferencias entre áreas urbanas, suburbanas, rurales, indígenas, altiplánicas, amazónicas, etc. Adicionalmente, se pueden señalar otros aspectos que influyen en esta brecha como son los aspectos culturales. A la epilepsia se le atribuyen causas divinas o sobrenaturales y lo más probable es que algunos pacientes no busquen inicialmente la solución técnica. [18]

Falta de educación y capacitación

La realidad social peruana demuestra una falta de empatía por parte de la sociedad y el sistema de manejo de enfermedades

Existe además en los servicios de salud una escasez de profesionales entrenados en epilepsia, tanto a nivel primario como secundario, un número insuficiente de profesionales de salud, provisión insuficiente de FAE, recursos diagnósticos insuficientes, posibles errores diagnósticos, falta de políticas de salud y de ejecución de planes nacionales de epilepsia.

Por último, se puede señalar el ámbito de la educación (analfabetismo) así como la más específica de la educación sanitaria que incide en los abandonos de tratamiento o en la ausencia de cumplimiento adecuado de las indicaciones médicas. [21]

1.5. Descripción de la propuesta de solución

Para generar una propuesta de solución se debió identificar puntos de mejora y los requerimientos de la propuesta. Para ello se utilizaron mapas de empatía y mapas de stakeholders (Anexos 2.3 y 2.4); centrados en identificar oportunidades de mejor para cada implicado con el problema.

Como resultado de ese análisis, los requerimientos identificados para la propuesta de solución fueron separados en dos clasificaciones: requerimientos funcionales y requerimientos de usuario.

Los requerimientos funcionales son siete; portátil, debe ser un dispositivo de fácil transporte, debe acompañar al usuario en todo momento; resistente, debe resistir esfuerzos mecánicos relacionados golpes y caídas, proveniente de una crisis tónico-clónica; estético, el usuario desea hacer su vida cotidiana sin necesidad de sentirse observado, por ello, debe tener una apariencia discreta y agradable a la vista; ergonómico, debe ofrecer comodidad, eficiencia al manejo y debe adaptarse al usuario; accesible, debido la cantidad público al que se va a ofrecer, el dispositivo no debe ser caro, de fácil acceso; manejable, de la misma manera, debe ser de fácil comprensión para que el usuario se acostumbre a usarlo sin sentirse incómodo y estresado; preciso, el requerimiento más importante desde el punto de vista médico, este debe detallar la ubicación exacta del usuario y ser capaz de sensar correctamente los datos proporcionados por el hardware, datos que serán almacenados y analizados por los centros de investigación a futuro.

Los requerimientos de usuario fueron divididos dependiendo de a quién va dirigido y lo que cada usuario busca. La familia busca tener información del usuario y seguridad de que se actuará de manera adecuada ante una crisis; el staff médico, buscará que se le brinde información inmediata y precisa sobre las crisis de sus pacientes; y el paciente, poder desarrollar su vida con normalidad sin miedo a posibles complicaciones ante una crisis epiléptica convulsiva.

Considerando lo anteriormente mencionado, llegamos a la conclusión que la mejor opción es un dispositivo capaz de detectar convulsiones tónico-clónicas, ubicar al

paciente, y alertar a los especialistas sobre la ubicación del paciente cuando este presenta una crisis epiléptica. Además, el dispositivo debe registrar parámetros importantes en el monitoreo de cada crisis para apoyar al diagnóstico y mejorar el tratamiento a futuro. Debido a la falta de información y conocimiento por parte de la población también se ha considerado importante el planteo de una alerta, ya sea visual o auditiva, para las personas que se encuentran cerca al paciente en crisis, con el fin impedir de que se le pueda herir y reciba cuidados adecuados.

2. Definición

2.1. Objetivos

2.1.1. General

- Implementar un prototipo de baja resolución de un sistema de monitoreo y alerta ante crisis tonicoclónicas para pacientes de entre 17 y 30 años de edad que presenten convulsiones recurrentes o poco controladas.

2.1.2. Específicos

- Realizar un estudio del estado del arte respecto a sistemas de monitoreo y alerta ante crisis tonicoclónicas.
- 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
- Realizar la selección de alternativas de solución para las funciones del sistema y diseñar tres conceptos de solución a partir de la combinación de dichas alternativas
- 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.

2.2. Metodología

Para la realización del objetivo general de la tesis se seguirá la siguiente metodología de trabajo:

Se realizará un estudio del estado del arte de sistema de monitoreo y alerta ante crisis tonicoclónicas para pacientes epilépticos con convulsiones recurrentes; luego, se realizará y analizará su estructura de funciones. A continuación, se completará una matriz morfológica con las alternativas de solución para cada una de las funciones detectadas, a partir de la cual se presentarán tres diseños conceptuales previos. Después de un análisis técnico económico de los tres diseños conceptuales de solución, se seleccionará el óptimo para la solución de la problemática mencionada. Finalmente se implementará un prototipo de baja resolución del diseño conceptual seleccionado.

2.3. Alcance

En el presente trabajo de investigación se realizará un estudio del estado del arte, se desarrollará una solución conceptual óptima a partir de un análisis técnico-económico

de tres soluciones parciales, y se implementará un prototipo de baja resolución del diseño conceptual seleccionado.

2.4. Estado del arte

2.4.1. Patentes y trabajos de investigación

Dentro de los sistemas teóricos a disposición se encuentran múltiples sistemas de monitoreo y alerta ante crisis epilépticas; intentamos como equipo la diversificación de búsqueda en cuanto a tipos de sensores y métodos de identificación de las crisis tónicoclónicas. Las patentes más relevantes serán presentadas en este inciso.

a) Sistema de monitoreo de convulsiones tónicoclónicas para pacientes con epilepsia (AC-ET-ESPE-047703)

Sistema de control que permite el monitoreo y control del progreso de las convulsiones; incluye aplicación que almacena y muestra la información sensada. Para realizar el monitoreo se utiliza un sensor de movimiento/acelerómetro de tres ejes. Se implementa un algoritmo a partir de los detectores de movimiento para la determinación de si es convulsivo o no. La aplicación en esta etapa utiliza tres recursos, el primero es la alarma sonora, en caso de que se trate de una falsa alarma el usuario podrá cancelarla, volviendo así al estado inicial de espera de la aplicación. Después de que la alarma ha sido iniciada se utilizará el segundo recurso que es el posicionamiento, la aplicación utilizará el GPS determinando la longitud y latitud del dispositivo móvil. Finalmente la información determinada en el punto anterior será enviada utilizando el tercer recurso, que consiste en enviar los datos por medio de un mensaje de texto a través de la red de telefonía celular.[H1]



Figura 4. Diagrama de implementación modular de las patentes. [H1]

b) Detección de convulsiones convulsivas mediante un biosensor de acelerometría y actividad electrodérmica de muñeca

Se describe como una alternativa de los métodos actuales de encefalografía. Algoritmo de detección automática de convulsiones tonicoclónicas generalizadas, basadas en actividad electrodérmica y acelerometría utilizando un nuevo biosensor de muñeca que puede potencialmente proporcionar un sistema de alarma de ataques convulsivos para los cuidadores y una cuantificación objetiva de la frecuencia de los ataques. Los hallazgos sugieren que este algoritmo puede detectar automáticamente ataques convulsivos con alta sensibilidad y una baja tasa de falsas alarmas.[34]

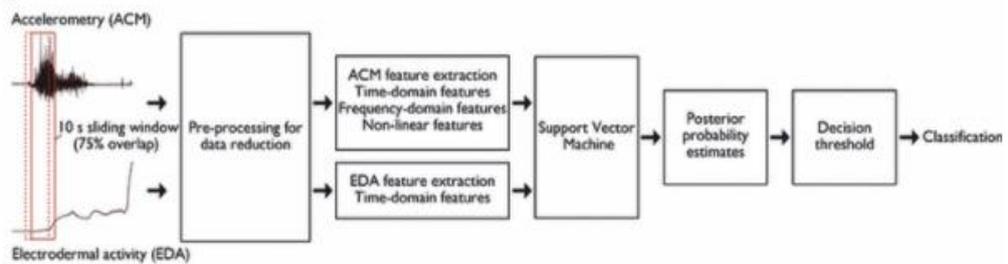


Figura 5. Diagrama de flujo de la información respecto a los módulos de trabajos de la patente. [34]

- c) Detección de convulsiones basada en la variabilidad de la frecuencia cardíaca mediante un dispositivo de electrocardiografía portátil. El objetivo es evaluar la viabilidad y precisión de la detección de convulsiones en función de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) mediante un dispositivo de electrocardiografía (ECG) portátil. En este estudio de fase 2, reclutaron de forma prospectiva a pacientes admitidos para monitorización con vídeo-EEG (MTL) a largo plazo. Las convulsiones se detectaron automáticamente utilizando parámetros de HRV calculados fuera de línea, cegados a todos los demás datos. Comparamos el rendimiento de 26 algoritmos automatizados con los puntos de tiempo de las convulsiones marcados por los expertos que revisaron la grabación de LTM. Los pacientes se clasificaron como respondedores si se detectaban > 66% de sus convulsiones. El algoritmo identificó al 53,5% de los pacientes con convulsiones como respondedores. Entre los que respondieron, la sensibilidad de detección fue del 93,1% para todas las convulsiones y del 90,5% para las convulsiones no convulsivas. La latencia media de detección de convulsiones fue de 30 s. Por lo general, los pacientes con cambios prominentes en el sistema nervioso autónomo respondieron: un cambio ictal de > 50 latidos por minuto predijo quién respondería con un valor predictivo positivo del 87% y un valor predictivo negativo del 90%. [35]



Figura 6. Implementación el dispositivo wireless skin to skin en un paciente [35]

d) Smart Monitor Awarded U.S. Patente para sistemas de detección de desórdenes del movimiento, incluye epilepsia y convulsiones.

Inspyre™ de SmartMonitor es una aplicación que se empareja con el Apple Watch™ o Samsung™ Watch de un usuario. Cuando el reloj detecta movimientos repetitivos, similares a los causados por convulsiones, le indica al teléfono inteligente del usuario (iPhone o teléfono Android) que envíe mensajes de texto y alertas de llamadas a sus seres queridos y / o proveedores de atención en cuestión de segundos.

[36]



Figura 7. Implementación el dispositivo wireless skin to skin en un paciente [36]

e) Sistema automático de detección de convulsiones y sus efectividad para cada tipo de convulsión (AMC)

La elección de un dispositivo de detección de convulsiones debe considerar las semiologías de las convulsiones específicas del paciente. El ACM se ha utilizado para las convulsiones motoras, ya que detecta cambios en la velocidad y la dirección. La señal se registra por medio de un sensor de movimiento / acelerómetro de tres ejes, un microprocesador y una pequeña batería recargable, generalmente colocada en una extremidad. El principal desafío es diferenciar las convulsiones de los movimientos repetitivos diarios normales. Algunos sistemas tienen un botón de cancelación y esto da la oportunidad de indicar que un movimiento fue una falsa alarma, evitando una alerta de falso positivo para el cuidador. Esta modalidad fue capaz de detectar convulsiones focales con componente motor mínimo, GTCS, convulsiones secundariamente

generalizadas, convulsiones mioclónicas, clónicas, tónicas e hipermotoras. La mayoría de las convulsiones tienen un componente motor; por tanto, el análisis de la actividad muscular con Electromiografía de superficie (sEMG) es una opción viable para la detección de convulsiones. Los músculos deltoides y tibial anterior son los lugares de colocación preferidos. El endurecimiento tónico consiste en una intensa contracción muscular, que permite la detección temprana de GTCS. Las desventajas de los sensores sEMG incluyen la incomodidad cuando se fijan fuertemente a la piel y la posibilidad de desprendimiento. [37]

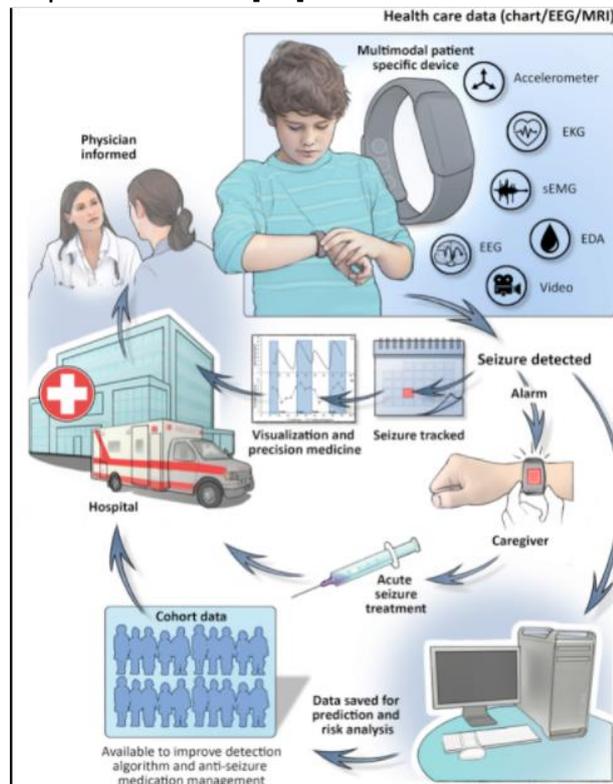


Figura 8. Diagrama de flujo visual del funcionamiento de un sistema AMC [37]

f) Método y aparato para la predicción de ataques epilépticos

Un sistema para predecir ataques epilépticos el cual incluye sensores operables para registrar la actividad cerebral del usuario. Los sensores se comunican con un procesador configurado para recibir y almacenar oscilaciones y actividades del EEG de salida. Cuando se presenta un nivel de fluctuación eléctrica umbral se identifica como un nivel de actividad eléctrica experimental. El procesador analiza los datos de las fluctuaciones durante el estado epileptico durante un periodo de registro y los divide en valores a lo largo de una serie de periodos de muestreo, posteriormente convierte las lecturas a un valor de medida no lineal. [38]

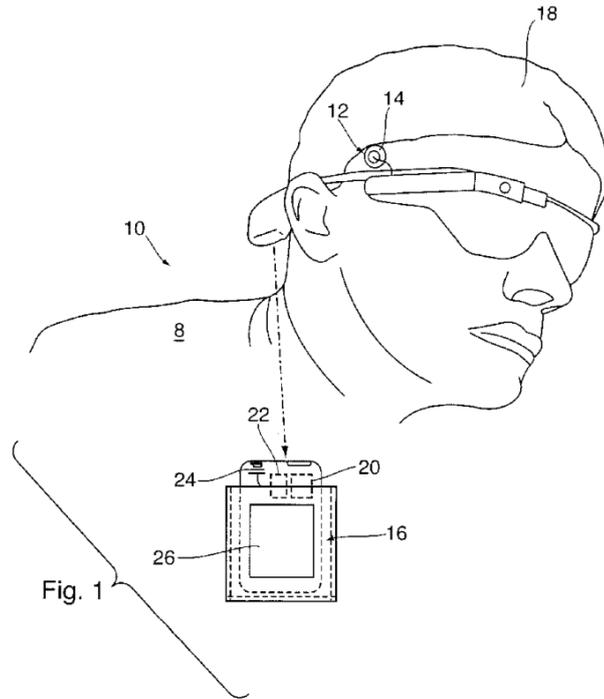


Figura 9. Bosquejo de la implementación del dispositivo de sensado de EEG [38]

- g) Detectar, cuantificar y / o clasificar convulsiones utilizando datos multimodales (US20120083701A1)

Método que consiste en recibir señales relacionadas con la actividad cardiaca y los movimientos corporales, en un principio se recibe al menos una señal relacionada con una primera actividad cardiaca y otra con un primer movimiento corporal del paciente los cuales desencadenan una de las pruebas del paciente. Posteriormente se realiza un análisis espectral de una segunda actividad cardiaca y movimiento corporal. Por último, se basa en al menos una de la señales relativas a las primeras y se puede determinar la ocurrencia de un ataque epileptico basado en la activación de alguna de las pruebas. [39]

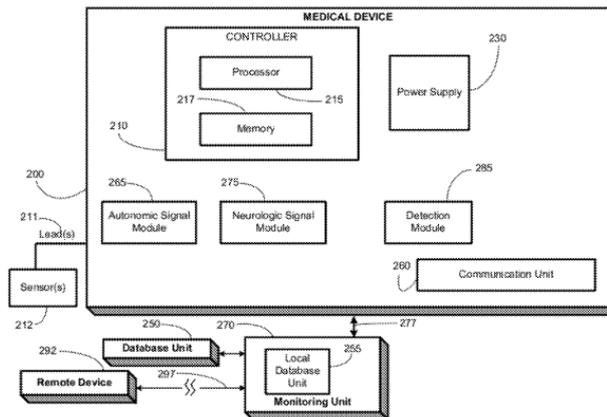


Figura 10. Diagrama modular del dispositivo de monitoreo a partir de múltiples módulos de sensores[39]

- h) Un dispositivo y método para monitorear la actividad muscular.
Consiste en un aparato para detectar señales electromiográficas y monitorizar la actividad muscular, un sensor debe detectar una señal electromiográfica, posteriormente se utiliza medios de procesamiento de señales para aplicar un algoritmo de integración o un algoritmo de transformación de frecuencia a la señal electromiográfica detectada para generar una señal de evento, esto desencadena los medios de comunicación para transmitir la señal electromiográfica detectada desde el sensor hasta los medios de procesamiento. [40]

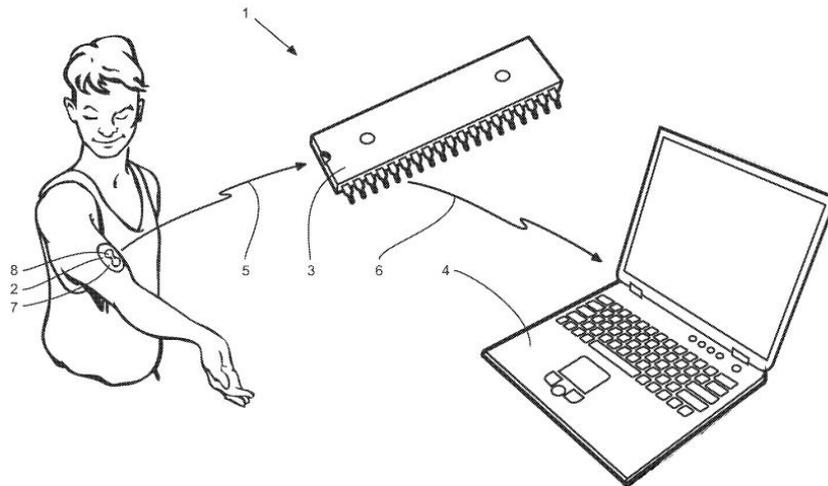


fig. 1

Figura 11. Bosquejo de la implementación del dispositivo y método para monitorear la actividad muscular. [40]

- i) Diseño de implementación de un sistema para la detección y alerta de crisis epilépticas a partir de mediciones de señales fisiológicas y de movimiento. El objetivo es detectar crisis epilépticas generalizadas tonicoclónicas o mioclónicas utilizando sensores para la adquisición de señales fisiológicas; para así enviar diferentes niveles de alertas al paciente y a la persona responsable dependiendo de la magnitud de la crisis. Además se hará uso de un aplicativo el cual alertará al paciente sobre las epilepsias en tiempo real, enviando la información al correo del paciente. También si el paciente está sufriendo una crisis, en el menú del aplicativo existe una opción de emergencia el cual alertará a la persona responsable, indicando que el paciente necesita ayuda inmediata, incluye el link con su ubicación en google Maps. Si el paciente sufre de una crisis de aproximadamente 5 min, el aplicativo alertará al hospital más cercano.[41]



Figura 12. Dispositivo tangible[41]



Figura 13. Implementación del dispositivo en la mano izquierda de un sujeto de prueba [41]

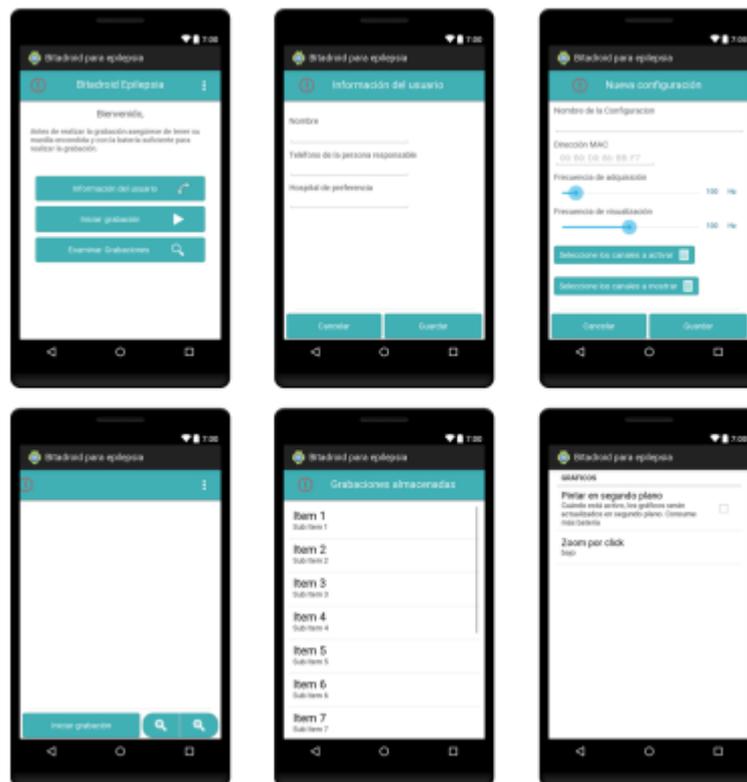


Figura 14. Interfaz gráfica del dispositivo para un sistema android [41]

- j) Algoritmo para identificación de parámetros biológicos del propio paciente de convulsiones basados en lecturas previas del propio paciente.
 Algoritmo basado en machine learning supervisado se implementa para generar un límite de clasificación durante una fase de aprendizaje basada en valores de dos o más características de una o más señales de parámetros del paciente que a futuro permitirán identificar variaciones o anomalías propios de una convulsión tanto en sus pre etapa, durante la convulsión y post convulsión. Esta información puede usarse para mejorar el tratamiento del paciente. Para la distinción del estado convulsivo se requiere de una primera aparición de la lectura de datos tras una convulsión y de un monitoreo estadístico de estas señales.[42]

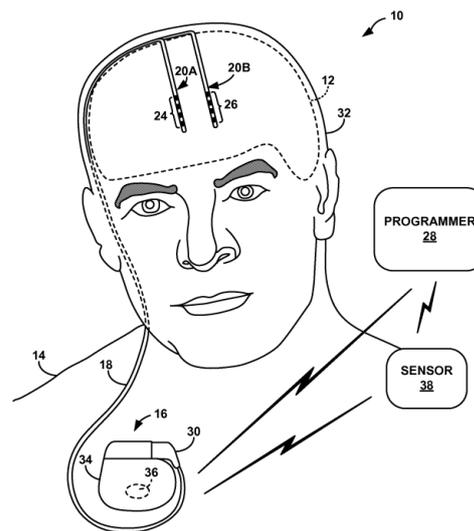


Figura 15. Esbozo de funcionamiento del algoritmo para la identificación de parámetros biológicos del propio paciente de convulsiones. [42]

- k) Sistema de detección de señales basado en uno o más sensores con la utilización y medición de la actividad cardíaca para la detección de convulsiones u otras condiciones médicas.
 Consta de un módulo de sensores, uno de monitoreo y otro de alerta. Ante la poca practicidad del EEG en entornos no clínicos, se busca y se piensa en la necesidad de utilizar diferentes referencias físicas para la detección de los diferentes estados de una convulsión y hacerlo fuera de un ambiente clínico. Los sensores pensados para el dispositivo fueron electromiografos, sensores de respiración, sensores cardíacos, sensores de conductividad en la piel, sensores de temperatura y sensores de saturación de oxígeno. Para la integración de los distintos módulos de sensado se requiere de un módulo controlador, se requiere un procesador de señales digitales, circuitos específicos integrados y FPGA, que permitirá programar las órdenes al controlador. Para ciertos sistemas, se requerirá del monitoreo por parte de personal capaz de distinguir ciertas señales anormales, por

ejemplo, la forma de las señales producidas por el electromiógrafo y los sensores cardíacos.[43]

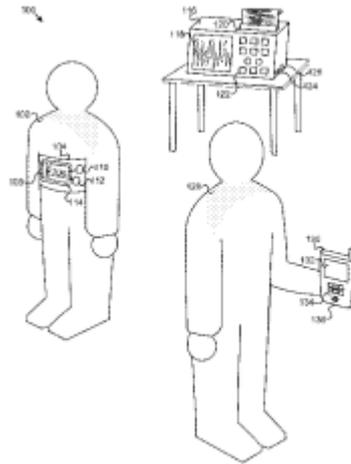


Figura 16. Bosquejo de la utilización de los 3 módulos en conjunto, sensado, alerta y emisión de datos [43]

- I) Uso de cámaras termográficas para el monitoreo de la actividad termogénica del cuerpo producto de las contracciones musculares presentes en una crisis epiléptica (DE102015210332A1).
 Requiere de un sistema de procesamiento y un programa que relacione el color de cada píxel a una temperatura respectiva. Siendo así, capaz de diferenciar la actividad anormal muscular tras haber superado una tasa umbral de cambio de temperatura.[44]

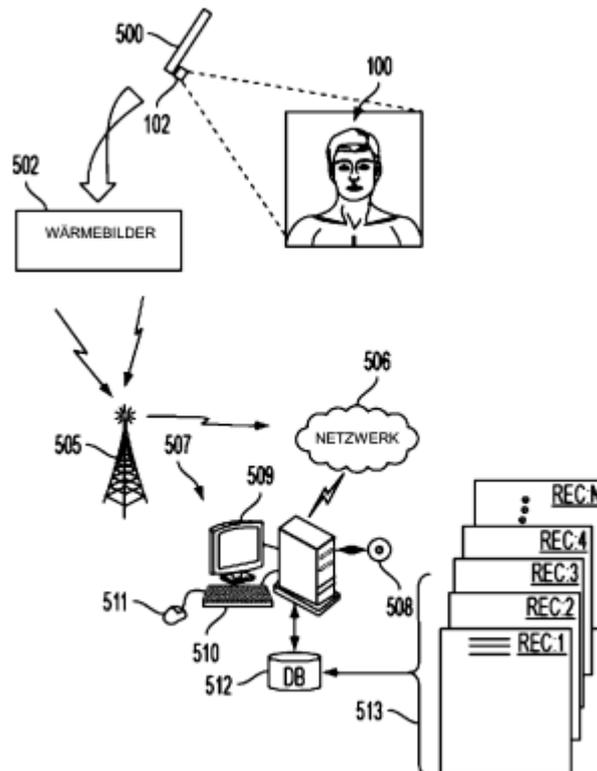


Figura 17. Bosquejo de los módulos de sensado, transmisión y almacenamiento del dispositivo [44]

2.4.2. Sistemas comerciales

Dentro de los sistemas en el mercado, se encuentran dispositivos médicos que permiten alertar al o los usuarios del estado de convulsión ; sin embargo, dentro del Perú no se brindan servicios activos de seguimiento y cobertura

2.4.2.1. Dispositivos

2.4.2.1.1. Smartwatches y aplicaciones de móvil

Smart watch inspyre

Servicio brindado por SmartMonitor, compañía estadounidense de desarrollo de patentes el monitoreo del movimiento cuyo público objetivo son los usuarios de Apple Watch o Samsung Watch. “Inspyre app” es un aplicativo móvil que aprovecha los sensores de movimiento de los smartwatches y se conecta vía bluetooth para la detección de convulsiones posterior a un tiempo determinado del episodio epiléptico. La aplicación llama de manera inmediata a quien delegue el usuario en la app. Los datos que recibe la persona delegada son los siguientes: fecha, duración y localización del incidente. Requiere de una suscripción mensual. [45]



Figura 18. Imagen representativa de los sistemas compatibles con la aplicación.[45]

Seiz Alarm

Ideada y desarrollada por Greg Pabst, Seiz Alarm es un aplicativo móvil centrado en usuarios de Apple Watch. La aplicación ayuda al usuario a llamar al 911 si ocurre una convulsión. Esta aprovecha los sensores del smartwatch para la adquisición y procesamiento de las señales de las convulsiones. [46]



Figura 19. Imagen de la aplicación disponible en App Store.[46]

Seizure tracker

Página web y aplicativo móvil creado por padres para monitorear los episodios de convulsiones de sus hijos con epilepsia. La aplicación provee a pacientes, doctores e investigadores herramientas para el entendimiento de las convulsiones y el tratamiento anti epiléptico. Esta aplicación graba los datos recolectados por los acelerómetros del móvil ante la presencia de una crisis epiléptica y se avisa directamente al médico del evento.[47]

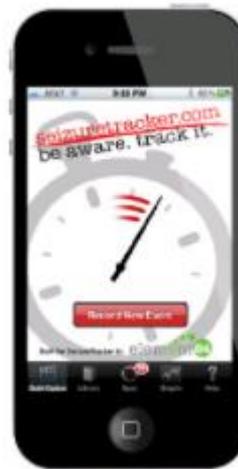


Figura 20. Aplicativo disponible en google play.[47]

2.4.2.1.2. Sensado y alerta nocturna

Emfit Seizure Movement monitor

Emfit es una empresa europea que se encarga del desarrollo de sensores. Tiene dos productos de interés. Emfit Seizure Movement monitor es un sistema de sensores

ubicados bajo el colchón del paciente. Este censará y pasará la información a un monitor externo que será ubicado contra la pared de la habitación. El dispositivo se encuentra en comercio y uso en más de 60 países y se encuentra clínicamente comprobado. [48]

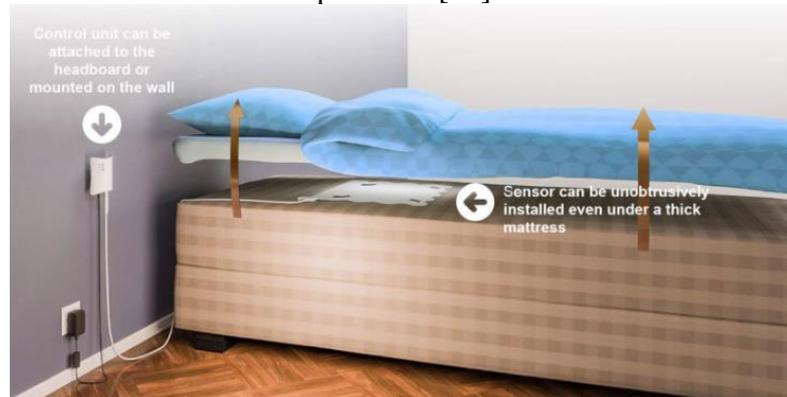


Figura 21. Aplicativo disponible en google play.[48]

Emfit QS Sleep Monitor

Dispositivo en contacto con la piel que sensa y graba los movimientos anormales durante el sueño. Los parámetros que usa son estadísticas de movimiento en el sueño, ritmo cardíaco, ritmo respiratorio. Su uso es intuitivo y amigable. Usualmente es usado junto con Emfit Movement Monitor para un correcto monitoreo de los signos vitales de una paciente durante un periodo convulsivo. [48]



Figura 21. Emfit Qs Sleep Monitor.[49]

2.4.2.1.3. Brazaletes y collarines

Embrace watch

Producto producido por la empresa Empática. Es un reloj de muñeca que fue diseñado para detectar y alertar convulsiones tonicoclónicas posterior a 20 segundos de detección de señales que denoten una. El reloj también monitorea el descanso y la actividad física del paciente. Embrace 2 transmite información al smartphone del paciente vía bluetooth, que en conjunto con un aplicativo móvil puede alertar por mensaje de texto o llamada telefónica de la presencia de una convulsión y el tipo de convulsión ocurrida. Este sistema requiere de un sistema de

smartphone compatible y que el usuario se mantenga cerca a este aproximadamente a 25 pies de distancia. El dispositivo tiene un costo de 274 dólares estadounidenses [50]



Figura 22. Embrace watch..[50]

Epi Hunter

Dispositivo desarrollado en Australia que se conecta directamente a una app en el smartphone el cual detecta señales EEG y las transmite de manera wireless a un dispositivo móvil.

Epi Hunter es compatible solo con Android. Este dispositivo ante la presencia de convulsiones notificará a los cuidadores y equipo médico a disposición del paciente. El dispositivo tiene un costo de 790 dólares por año, incluido el servicio de atención por seguro en hospitales seleccionados.[51]



Figura 23. Epi Hunter.[51]

2.4.2.2. Servicios y costos

Los precios de estos dispositivos suelen venir acompañados de cobros mensuales por la suscripción a la compañía con la que se trabaje. Los devices que cobran mensualidad son Embrace con un costo de 15 a 71.44 dólares por mes, dependiendo del plan escogido; Epi Hunter brinda un servicio pago por 2 años de 1450 dolares americanos junto con un seguro médico activo por este periodo de tiempo con fines de cobertura ante ataques epilépticos. Los aplicativos móviles tienden a costar por suscripción mensual entre 10 dólares mensuales a 55 en el caso de My Medic Watch y entre 15 a 155 dólares para SeizAlarm [51][52]

2.4.3. Normativa

Las normas ISO se establecen en un grupo de estándares internacionales en función de diversos aspectos como la calidad, medio ambiente, seguridad de la información y responsabilidad social.

ISO 13485: Es el sistema ideal para gestión de calidad de dispositivos médicos en donde incluyen control de calidad, trazabilidad, validación de procesos y gestión de riesgos. Esta normativa busca cumplir con los requisitos de satisfacción al cliente, reducción de costes operativos, relación de empresa, trabajadores, proveedores y clientes y el cumplimiento legal.

ISO 13131: Se derivan objetivos y procedimientos de calidad que brindan pautas para las operaciones de los servicios de telesalud. La gestión de procesos estratégicos y operativos relacionados con las normativas, la gestión del conocimiento (mejores prácticas) y las directrices. Proporciona los procesos relacionados con la planificación y provisión de recursos humanos, infraestructura, instalaciones y recursos tecnológicos para uso de los servicios de telesalud.

ISO 14971: Especifica un proceso con requisitos que deben seguir los fabricantes y diseñadores para identificar los peligros vinculados con los dispositivos médicos, incluyendo los dispositivos para Diagnóstico In Vitro (IVD), para estimar y evaluar los riesgos asociados, para controlar estos riesgos y para monitorear la eficacia de los controles.

ISO 2631: El propósito principal de esta parte de la norma es definir métodos de cuantificación de vibraciones del cuerpo humano entero en relación con la salud y el bienestar; la probabilidad de la percepción de las vibraciones; la incidencia del mal del movimiento.

ISO 5349: Esta normativa se enfoca en los requisitos generales para la medición y evaluación de la exposición humana a las vibraciones transmitidas a la mano, especificada en términos de vibración ponderada en frecuencia y tiempo de exposición diario.

ISO 27001: La certificación de la norma permite salvaguardar la información personal de la organización, siendo un gran signo de transparencia para el mercado y para los clientes. Es la norma principal de seguridad de la información ya que protege la totalidad de los datos personales y asegura que solo las personas se encuentran autorizadas para acceder a ellos.

Adicionalmente, existe el reglamento que establece que permitan clasificar los dispositivos médicos según nivel de riesgo, en el marco de lo dispuesto en el numeral 2 del artículo 6 de la Ley N° 29459, Ley de los Productos Farmacéuticos, Dispositivos Médicos y Productos Sanitarios, a efectos de otorgar el registro sanitario. Además busca establecer los principios esenciales de seguridad y desempeño que deben cumplir los fabricantes de dispositivos médicos para demostrar que éstos sean seguros y se desempeñen de acuerdo a su uso previsto definido por el fabricante.

Aprobado por el Decreto Supremo N° 016-2011-SA Perú en el 2020, esta evaluación toma en consideración las normas técnicas internacionales de referencia propuestas por la Global Task Harmonization Force, así como las normas técnicas propias de los fabricantes, según corresponda.

2.5. Requerimientos de diseño

2.5.1. Requerimientos funcionales

A. Comunicar datos en tiempo real

Debe ser capaz de entregar los resultados al paciente de forma rápida e instantánea, sin perder el margen de error en los resultados.

B. Precisión

Los dispositivos médicos con función de medición deben diseñarse y fabricarse de tal manera que provean suficiente exactitud para ser confiables.

C. Almacenamiento de resultados

Se refiere al uso de un conjunto de componentes electrónicos habilitados como medios de grabación para conservar los datos de manera temporal o permanente.

D. Alertar en tiempo real

Se encarga de avisar o advertir que el usuario está experimentando una crisis convulsiva en ese instante y requiere de atención inmediata.

E. Detección de señales

El dispositivo deberá tener la función de medición con sensores y registro de señales fisiológicas, basado en métodos científicos y técnicos apropiados.

F. Procesamiento de señales

Aplicación de una serie de operaciones lógicas y matemáticas a un conjunto de datos provenientes de una señal detectada previamente con la finalidad de gestionar, analizar y manipularlas.

G. Mostrar resultados

Análisis de los resultados detectados por el dispositivo o los datos numéricos en sí puedan visualizarse por el usuario en una pantalla.

H. Fuente de energía propia

No depender de una carga externa para mantener al dispositivo con batería.

2.5.2. Requerimientos no funcionales

A. Económico

Debe tener un precio razonable y accesible para el usuario.

B. Liviano

Debe ser de bajo peso, por lo tanto debe fabricarse de tal manera que se reduzca al nivel más bajo posible.

C. Resistente

Debe contar con materiales que tengan la capacidad para resistir ,de la mejor manera posible, esfuerzos y fuerzas aplicadas sin romperse, adquirir deformaciones permanentes o deteriorarse de algún modo.

D. Cómodo

El dispositivo debe diseñarse en arreglo con las características ergonómicas para no causar algún malestar al momento de ser usado.

E. Poco invasivo

No involucran instrumentos que rompan la piel o que penetren físicamente en el cuerpo.

F. Estético y poco llamativo

Poseer una presentación amigable y minimalista con solo lo necesario para que no genere mucha atención hacia el usuario y en cambio le otorgue confianza.

G. Intuitivo

Los valores expresados numéricamente deben ser unidades estandarizadas comúnmente aceptadas y fáciles de comprender por parte del usuario del dispositivo médico. No debe requerir un nivel alto de capacitación para que pueda comprender su uso.

H. Tiempo de vida

El tiempo durante el cual el dispositivo puede ser utilizado manteniendo la calidad conveniente para su uso debe ser el óptimo.

I. Seguro

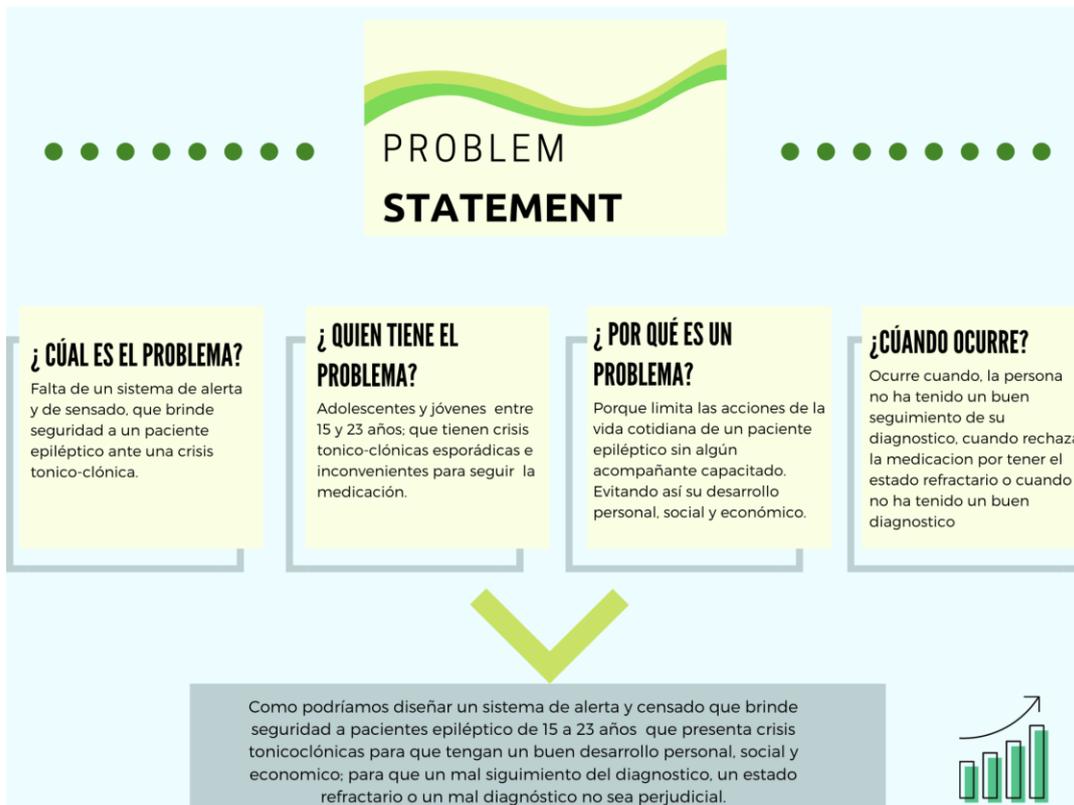
Se debe proteger al paciente contra riesgos mecánicos relacionados con la resistencia al movimiento, inestabilidad, materiales, circuitos eléctricos, entre otros factores que puedan causar algún tipo de daño.

3. Anexos

3.1. Árbol de problemas

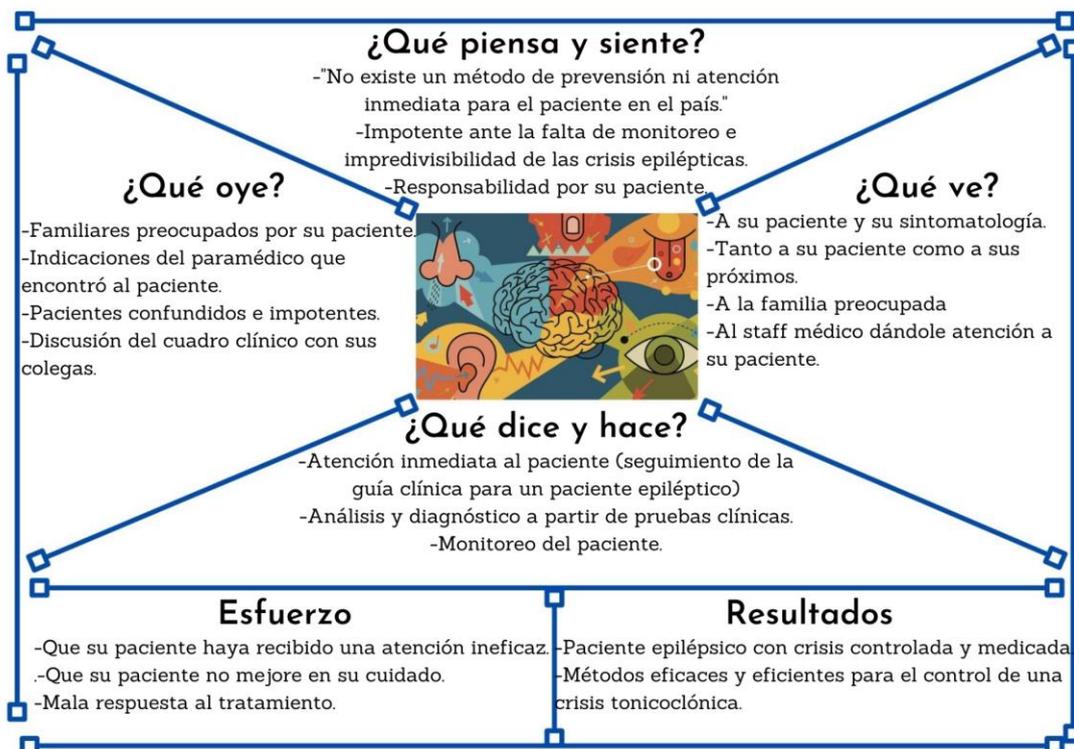


3.2. Planteamiento del problema



3.3. Mapa de empatía





3.4. Mapa de stakeholders



3.5. Lista de requerimientos

Propuesta de solución

Requerimientos funcionales:

- Portátil: El dispositivo debe ser fácil de mover, de transportar a cualquier lugar.
- Resistente: El dispositivo debe resistir a esfuerzos mecánicos elevados e impactos que comprometan la integridad de este.
- Estético: Debe poseer buena apariencia y ser agradable a la vista.
- Ergonomico: Debe ofrecer comodidad, eficiencia y se debe adaptar al usuario.
- Accesible : Que sea de bajo costo para que la mayoría de personas puedan acceder a él.
- Manejable: El dispositivo debe ser de fácil compresión para un uso efectivo.
- Preciso: El porcentaje de error del dispositivo debe ser bajo y presentar datos correctos.

Requerimientos de usuario:

Paciente

- Poder desarrollar su vida con normalidad, su desarrollo personal.
- Perder el miedo a las posibles complicaciones ante una crisis epiléptica.

Equipo medico

- Brindar información inmediata y precisa sobre las crisis del paciente.

Familia

- tener información sobre cómo actuar cuando surge una crisis.

4. Bibliografía

- [1] “Epilepsia - Síntomas Y Causas - Mayo Clinic.” *Mayoclinic.org*, 2021, www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/epilepsy/symptoms-causes/syc-20350093. Accessed 19 Sept. 2021.
- [2] World Health Organization: WHO, “Epilepsia,” *Who.int*, Jun. 20, 2019. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy> (accessed Sep. 05, 2021).
- [3] E. Beghi *et al.*, “Global, regional, and national burden of epilepsy, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016,” *The Lancet Neurology*, vol. 18, no. 4, pp. 357–375, Apr. 2019, doi: 10.1016/s1474-4422(18)30454-x.
- [4] “Tipos de convulsiones,” 2021. <https://www.cdc.gov/epilepsy/spanish/basicos/convulsiones.html> (accessed Sep. 17, 2021).
- [5] E. Beghi, “The Epidemiology of Epilepsy,” *Neuroepidemiology*, vol. 54, no. Suppl. 2, pp. 185–191, Dec. 2019, doi: 10.1159/000503831.
- [6] L. D. Rojas-Valverde and D. Rojas-Valverde, “Intervención terapéutica del fenómeno de normalización forzada: un estudio de caso clínico,” *Revista Terapéutica*, vol. 15, no. 1, pp. 134–140, Jan. 2021, doi: 10.33967/rt.v15i1.116.
- [7] 2021 Viguera Editores S.L.U, “Epidemiología del descontrol de la epilepsia en un servicio de urgencias neurológicas : Neurología.com,” *Neurología.com*, 2020. <https://www.neurologia.com/articulo/2018218> (accessed Sep. 19, 2021).
- [8] “El 75% de Las Personas Que Tienen Epilepsia No Acuden a Los Establecimientos de Salud Para Recibir Tratamiento Médico Adecuado.” *Www.gob.pe*, 2021, www.gob.pe/institucion/conadis/noticias/342373-el-75-de-las-personas-que-tienen-epilepsia-no-acuden-a-los-establecimientos-de-salud-para-recibir-tratamiento-medico-adequado. Accessed 18 Sept. 2021.
- [9] Instituto Nacional de Ciencias Neurológicas. “Boletín Estadístico I semestre 2021,” 2021. <https://www.incn.gob.pe/wp-content/uploads/2021/08/v.3-Boletin-I-Semestre-2021.pdf> (accessed Sep. 07, 2021).
- [10] World Health Organization, Report on epilepsy in Latin America and the Caribbean. 2013.
- [11] Empresa Peruana de Servicios Editoriales S. A. EDITORA PERÚ, “INSN: epilepsia en niños es la primera causa de atención neurológica en consulta externa,” *Andina.pe*, 2021. <https://andina.pe/agencia/noticia-insn-epilepsia-ninos-es-primera-causa-atencion-neurologica-consulta-externa-845761.aspx> (accessed Sep. 19, 2021).
- [12] R. Paola , “Percepción social en pacientes adultos con epilepsia,” *Upc.edu.pe*, 2019, doi: <http://hdl.handle.net/10757/626312>.
- [13] C. Walter , W. R. Zapata, Delgado, José C, and L. Mija, “Estado epiléptico convulsivo en adultos atendidos en el Instituto Nacional de Ciencias Neurológicas de Lima, Perú 2011-2013.” *Revista de Neuro-Psiquiatría*, vol. 77, no. 4, pp. 236–241, 2011, Accessed: Sep. 19, 2021. [Online]. Available:

http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-85972014000400006.

- [14] World Health Organization, Report on epilepsy in Latin America and the Caribbean. 2013 https://www.who.int/mental_health/neurology/epilepsy/paho_report_2013.pdf
- [15] del Busto, Hernández Toledo, Liuba, Rodríguez Mutuberría, Liván, and Menéndez Imamura, Kiomi, “Trastornos psiquiátricos asociados a las epilepsias,” *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, vol. 15, no. 6, pp. 890–905, 2016, Accessed: Sep. 20, 2021. [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2016000600005.
- [16] V. Zambon, “What is a tonic-clonic seizure?,” *Medicalnewstoday.com*, Nov. 20, 2020. <https://www.medicalnewstoday.com/articles/grand-mal-seizure> (accessed Sep. 08, 2021).
- [17] A. Maldonado, W. Ramos, J. Pérez, L. A. Huamán, and E. L. Gutiérrez, “Estado epiléptico convulsivo: características clínico-epidemiológicas y factores de riesgo en Perú,” *Neurología*, vol. 25, no. 8, pp. 478–484, Oct. 2010, doi: 10.1016/j.nrl.2010.07.010.
- [18] A. Maldonado, W. Ramos, J. Pérez, L. A. Huamán, and E. L. Gutiérrez, “Estado epiléptico convulsivo: características clínico-epidemiológicas y factores de riesgo en Perú,” *Neurología*, vol. 25, no. 8, pp. 478–484, Oct. 2010, doi: 10.1016/j.nrl.2010.07.010.
- [19] Tomson T; Forsgren L, “Life expectancy in epilepsy,” *Lancet (London, England)*, vol. 365, no. 9459, 2014, doi: 10.1016/S0140-6736(05)17926-4.
- [20] “Informe sobre la Epilepsia en Latinoamérica.” [Online]. Available: https://www.paho.org/hq/dmdocuments/2008/Informe_sobre_epilepsia.pdf.
- [21] J. Carlos, Juan Carlos Bulacio, and Eugenia Espinosa García, *Epilepsia en niños Clínica, diagnóstico y tratamiento*. Pontificia Universidad Javeriana, 2014.
- [22] “Convulsión tonicoclónica generalizada,” *Adam.com*, 2016. <http://thnm.adam.com/content.aspx?productid=118&pid=5&gid=000695> (accessed Sep. 19, 2021).
- [23] Aesthesis Psicólogos Madrid, “Epilepsia. Consecuencias psicológicas || Aesthesis - Psicólogos en Madrid,” *Psicologos Madrid Aesthesis*, Feb. 09, 2017. <https://www.psicologosmadridcapital.com/blog/epilepsia-consecuencias-psicologicas-aesthesis-psicologos-madrid/> (accessed Sep. 19, 2021).
- [24] “Examining the Economic Impact and Implications of Epilepsy,” *AJMC*, Feb. 13, 2020. <https://www.ajmc.com/view/examining-the-economic-impact-and-implications-of-epilepsy> (accessed Sep. 19, 2021).
- [25] Colegio Médico del Perú y P. Galdos, “Costo médico directo de la epilepsia en la población hospitalaria del Hospital III Miguel Grau de EsSalud,” *EsSalud Acta Médica Peruana*, vol. 27, no. 1, pp. 37–42, 2010, Accessed: Sep. 06, 2021. [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/966/96618966006.pdf>.
- [26] “Epilepsia - Neuraxpharm España,” *Neuraxpharm España*, Jul. 06, 2021. <https://www.neuraxpharm.com/es/enfermedades/epilepsia#:~:text=En%20los%20adultos%20con%20epilepsia,una%20causa%20conocida%20de%20epilepsia> (accessed Sep. 19, 2021).
- [27] “Día Mundial de la Población: Perú tiene 32,6 millones de habitantes y con esperanza de vida de 76,9 años,” *Elperuano.pe*, 2021.

<https://elperuano.pe/noticia/99493-dia-mundial-de-la-poblacion-peru-tiene-326-millones-de-habitantes-y-con-esperanza-de-vida-de-769-anos#:~:text=D%47%ADa%20Mundial%20de%20la%20Poblaci%47%B3n,vida%20de%2076%2C9%20a%47%B1os> (accessed Sep. 19, 2021).

- [28] J. G. Burneo, D. A. Steven, M. Arango, W. Zapata, C. M. Vasquez, and A. Becerra, "La cirugía de epilepsia y el establecimiento de programas quirúrgicos en el Perú: El proyecto de colaboración entre Perú y Canadá.," *Revista de Neuro-Psiquiatria*, vol. 80, no. 3, p. 181, Sep. 2017, doi: 10.20453/rnp.v80i3.3155.
- [29] Organización Panamericana de la Salud. "Epilepsia en Latinoamérica." [Online]. Available: https://www3.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&view=download&category_slug=epilepsia-otros-transtornos-neurologicos-7357&alias=33137-epilepsia-latinoamerica-ops-2015-137&Itemid=270&lang=es.
- [30] Luz Maria Moyano. "Epidemiología de la epilepsia en el Perú : Neurocisticercosis como causa de epilepsia secundaria en la región norte del Perú." *Human health and pathology*. 2016. [Online]. Available: <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01544029/document>
- [31] L. Sandra, P. Gallegos, D. María, Á. Sanz, and N. Pediatra, "Características clínicas y epidemiológicas en pacientes diagnosticados de epilepsia, el servicio de pediatría del Hospital regional Honorio Delgado Espinoza" 2016. [Online]. Available: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/8161/MDpagals.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [32] T. V. Kodankandath, D. Theodore, and Debopam Samanta, "Generalized Tonic-Clonic Seizure," *Nih.gov*, Jul. 19, 2021. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK554496/> (accessed Sep. 08, 2021).
- [h1] E. Paredes and D. Crespo, "Sistema de monitoreo de convulsiones tónico-clónicas para pacientes con Epilepsia." Accessed: Oct. 14, 2021. [Online]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/7992/1/AC-ET-ESPE-047703.pdf>.
- [34] M.-Z. Poh *et al.*, "Convulsive seizure detection using a wrist-worn electrodermal activity and accelerometry biosensor," *Epilepsia*, vol. 53, no. 5, pp. e93–e97, Mar. 2012, doi: 10.1111/j.1528-1167.2012.03444.x.
- [35] J. Jeppesen *et al.*, "Seizure detection based on heart rate variability using a wearable electrocardiography device," *Epilepsia*, vol. 60, no. 10, pp. 2105–2113, Sep. 2019, doi: 10.1111/epi.16343.
- [36] "smart monitor – Well Connected well Protected," *Smart-monitor.com*, 2020. <https://smart-monitor.com/> (accessed Oct. 24, 2021).
- [37] A. Ulate-Campos, F. Coughlin, M. Gaínza-Lein, I. S. Fernández, P. L. Pearl, and T. Loddenkemper, "Automated seizure detection systems and their effectiveness for each type of seizure," *Seizure*, vol. 40, pp. 88–101, Aug. 2016, doi: 10.1016/j.seizure.2016.06.008.
- [38] G. Robin GrasAbbas, "CA2958492A1 - Method and apparatus for prediction of epileptic seizures - Google Patents," Aug. 26, 2015.
- [39] I. Osorio, "US20120083701A1 - Detecting, quantifying, and/or classifying seizures using multimodal data - Google Patents," Apr. 29, 2011.
- [40] K. Hoppe, "EP2144560B1 - A device and method for monitoring muscular activity - Google Patents," Apr. 28, 2008.

- [41] “DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA PARA LA DETECCIÓN Y ALERTA DE CRISIS EPILEPTICAS A PARTIR DE MEDICIONES DE SEÑALES FISIOLÓGICAS Y DE MOVIMIENTO,” Proyecto de pregrado, LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES, 2016.
- [42] “EP2429643B1 - Patient state detection based on support vector machine based algorithm - Google Patents,” *Google.com*, Jan. 26, 2010. <https://patents.google.com/patent/EP2429643B1/en?q=seizure+detector+wireless+divece&oq=seizure+detector+wireless+divece> (accessed Oct. 09, 2021)
- [43] “WO2011149565A1 - Apparatus, system, and method for seizure symptom detection - Google Patents,” *Google.com*, Jan. 27, 2011. <https://patents.google.com/patent/WO2011149565A1/en> (accessed Oct. 09, 2021).
- [44] “DE102015210332A1 - Erkennen eines fieberkrampfs mit einer wärmebildkamera - Google Patents,” *Google.com*, Jun. 03, 2015. <https://patents.google.com/patent/DE102015210332A1/de> (accessed Oct. 09, 2021).
- [45] “smart monitor – Well Connected well Protected,” *Smart-monitor.com*, 2020. <https://smart-monitor.com/> (accessed Oct. 25, 2021).
- [46] “#1 Rated Seizure Detection Mobile App - SeizAlarm: Seizure Detection,” *SeizAlarm: Seizure Detection*, Nov. 25, 2020. <http://seizalarm.com/> (accessed Oct. 25, 2021).
- [47] “Seizure Tracker® - Your comprehensive resource for tracking and sharing seizure information.,” *Seizuretracker.com*, 2021. <https://seizuretracker.com/> (accessed Oct. 25, 2021).
- [48] “Seizure Movement Monitor - EMFIT LTD (EU),” *EMFIT LTD (EU)*, Jul. 09, 2021. <https://emfit.com/movement-monitor/> (accessed Oct. 25, 2021).
- [49] “Emfit QS+Active, sleep tracker and monitor with heart-rate-variability,” Emfit web-shop USA, Mexico & Canada, 2020. <https://shop-us.emfit.com/products/emfit-qs> (accessed Oct. 25, 2021).
- [50] Embrace2 Seizure Monitoring | Smarter Epilepsy Management | Embrace Watch | Empatica, “Embrace2 Seizure Monitoring | Smarter Epilepsy Management | Embrace Watch | Empatica,” *Empatica*, 2018. <https://www.empatica.com/en-gb/embrace2/> (accessed Oct. 25, 2021).
- [51] “SEIZURE MONITOR FACT SHEET.” Accessed: Oct. 25, 2021. [Online]. Available: <https://www.epilepsywa.asn.au/wp-content/uploads/2021/10/Seizure-monitor-fact-sheet-Oct-2021.pdf>.
- [52] “Devices & Technology - Devices | Danny Did Foundation,” *Dannydid.org*, 2018. <https://www.dannydid.org/epilepsy-sudep/devices-technology/> (accessed Oct. 25, 2021).

