

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Mejora y expansión de un repositorio de datos y señales
biomédicas de acceso público**

Protocolo de trabajo de graduación presentado por Katherine Valesca
Caceros Recinos, estudiante de Ingeniería Mecatrónica

Guatemala,

2023

Resumen

En la actualidad, las bases de datos biomédicas juegan un papel fundamental en la investigación médica, la atención clínica y el desarrollo de fármacos. Estas bases de datos recopilan y almacenan una gran cantidad de información relacionada con la biología, la medicina y la salud, permitiendo a investigadores y profesionales acceder a datos relevantes para sus estudios y prácticas.

En este proyecto se trabajará a partir de una primera versión de repositorio de acceso público de datos y señales relacionados con el estudio de la epilepsia desarrollada en el año 2022. El objetivo es expandir y enriquecer la base de datos que se encuentra en la nube con más señales y datos relacionados a la epilepsia, pero también señales y datos biomédicos. Se busca contribuir con la comunidad científica en el estudio de la epilepsia y sus efectos. Para lograrlo, se llevarán a cabo distintas acciones, como la recopilación de nuevos datos con biopacs.

Antecedentes

La epilepsia es un trastorno neurológico que afecta al cerebro, y las señales de estos nervios provocan un aumento repentino en la actividad eléctrica que hacen que una persona experimente convulsiones recurrentes. Estas convulsiones pueden variar en intensidad según el área del cerebro donde se encuentren y pueden afectar a cualquier persona, independientemente de su edad, género o historial médico. [1]

En Guatemala, la epilepsia es una condición médica común, que afecta alrededor del 1 % de la población total. Hay evidencia de que, hasta la fecha, no existe un tratamiento efectivo para todos los casos. Se han descubierto más de 30 tipos de epilepsia descrita con duración de segundos o minutos. Se pueden dividir en dos categorías principales: las generalizadas, la cual afecta ambos lados del cerebro y las convulsiones focales, la cual se localiza en una sola área del cerebro. [2]

Una base de datos relacional almacena y provee datos relacionados entre sí en tablas con un modelo fácil e intuitivo. Cada fila es un registro con un número de identificación único conocido como llave. En la nube, hay dos tipos de bases de datos: la tradicional, similar a una *in-situ* y administrada internamente, y la DBaaS, donde el proveedor ofrece más servicios de gestión de base de datos. [3]

En la actualidad, existen repositorios públicos de datos médicos que facilitan la colaboración en la investigación de diversas enfermedades y sus tratamientos. Un ejemplo de ello es el sitio web PhysioNet, que dispone de un amplio catálogo de archivos de señales biológicas debidamente clasificados, una extensa colección de software para el análisis de señales fisiológicas y material educativo y tutoriales. [4]

El Centro de Epilepsia y Neurocirugía Funcional (HUMANA) es una organización enfocada en brindar beneficios a pacientes que sufren problemas neurológicos difíciles de controlar, como la epilepsia, Parkinson, tumores cerebrales, columna vertebral y movimientos anormales, entre otros. Este centro está conformado por profesionales de Neurociencias y es considerado el centro de referencia en Neurociencias para Guatemala y Centroamérica,

ya que cuenta con los mejores recursos para el diagnóstico y tratamiento de enfermedades cerebrales. [5]

Actualmente la Universidad del Valle de Guatemala trabaja en estrecha colaboración con HUMANA y ha logrado que se consigan múltiples avances en áreas como la implementación de ingeniería biomédica en soluciones médicas.

El proyecto que está siendo desarrollado, y el cual continúa este trabajo, es el de desarrollar un repositorio para datos de investigación sobre la epilepsia. La tesis desarrollada Jorge Diego Manrique [6] consistió en mejorar la etapa I desarrollada por María Fernanda Pineda [7] tratándose del desarrollo de una herramienta para análisis de señales electroencefalográficas y diseño de una base de datos para almacenar las señales grabadas por HUMANA. En esta herramienta se almacena la información en tres tablas, una de datos del paciente, otra de datos descriptivos de la prueba, y otra con los datos de las señales en sus diferentes canales.

En la fase II, se amplió el almacenamiento de características, clasificadores, anotaciones de las señales EEG, datos confidenciales, configuración para funcionalidad “Recuperar contraseña” y accesos de los usuarios. Además, se realizaron múltiples mejoras en la seguridad, manejo de usuarios e interfaz de la aplicación en Matlab utilizada para obtener y guardar los datos obtenidos con HUMANA en la base de datos. Se implementó un diseño gráfico que permite entrar con distintos usuarios, crearlos y administrarlos, además de eliminarse la necesidad de entrar a través de un archivo .csv. También se crearon validaciones y programación defensiva para evitar errores en caso se ingresen datos no válidos o espacios en blanco.

La tesis desarrollada por Samuel Josué Silvestre [8] sobre el desarrollo de un repositorio accesible a nivel mundial de señales y datos biomédicos relacionados con la epilepsia, editado en Dataverse utilizando los servicios del personal de Red Clara. A través de una interfaz simple, cualquiera puede aportar nuevos datos, nuevos análisis a la investigación de la epilepsia. Las limitaciones son propias de Dataverse, el cual no permite hacer categoría propias para la meta data, esta solo puede seleccionarse. También el proceso de vinculación de *datasets* debe ser manual a través de una categoría en la meta data, lo cual limita un poco el enlazar varios *dataverses*. En la Figura 1 se puede ver el modelo que fue utilizado.

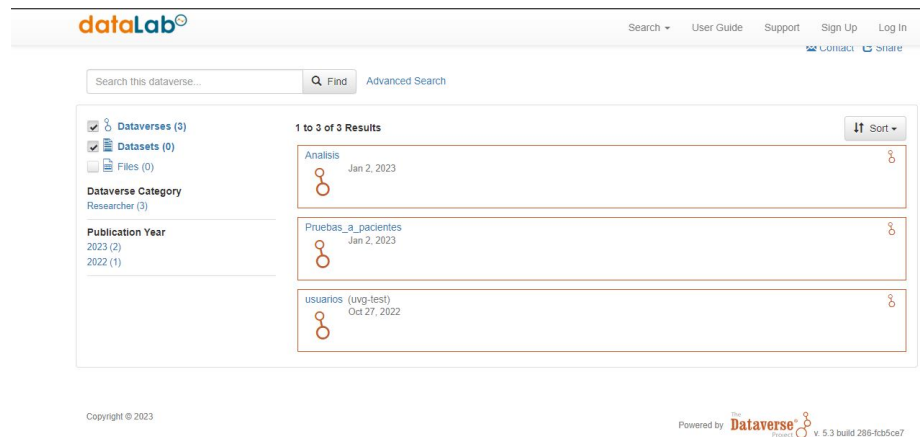


Figura 1: Modelo utilizado en Dataverse.

Justificación

En las fases anteriores, sobre todo en la de Samuel Silvestre, se obtuvo un gran avance, pues las señales y datos biomédicos ya se encuentran en la plataforma Datalab la cual permite el acceso a todo público de manera que cualquiera pueda contribuir con nuevos datos y nuevos análisis. Sin embargo, quedaron varias mejoras pendientes como mejorar el diseño estético del repositorio, generar un instructivo para que sea más accesible el acceso y el subir datos y sobre todos poblar mucho más el repositorio con datos de HUMANA y de otras fuentes.

Actualmente, el repositorio realizado por Silvestre está ajustado de buena manera a las herramientas de HUMANA, pero se busca que el repositorio cuente con más datos y señales biomédicas. Ampliar el repositorio permite una amplia gama de investigadores y profesionales accesos a información valiosa y relevante en el campo de salud. El acceso a datos y señales biomédicas es fundamental para la investigación médica y para el avance del conocimiento en el diagnóstico y tratamiento de diversas enfermedades.

Además de la importancia en el avance de la investigación médica, la ampliación del repositorio de señales y datos biomédicos también es crucial en la formación de nuevos profesionales de la salud. Al permitir el acceso público a esta información, se fomenta la educación y el aprendizaje en el campo de la salud, lo que puede contribuir a la formación de nuevos especialistas y mejorar la calidad de la atención médica en todo el mundo.

Actualmente, en la Universidad del Valle de Guatemala se cuenta con un el Centro de Estudios en Informática Aplicada (CEIA) se dedica a fomentar la aplicación de metodologías y tecnologías de la información y la comunicación para desarrollar soluciones autosostenibles que incrementen la competitividad de Guatemala y la región. Sus actividades incluyen el registro de nombres de dominio “.gt”, la ciencia de datos, la investigación y desarrollo. La ampliación del repositorio de señales y datos biomédicos puede tener un impacto significativo en el campo de la salud, ya que al brindar acceso a una amplia gama de datos y señales biomédicas, se abren oportunidades para nuevas aplicaciones y descubrimientos. Esto se alinea con las actividades de investigación y desarrollo del CEIA, ya que el acceso a esta información puede llevar a la identificación de patrones y relaciones previamente desconocidos, impulsando la creación de nuevas tecnologías y tratamientos más efectivos

Objetivos

Objetivo General

Mejorar, ampliar el alcance, y expandir el repositorio de datos y señales biomédicas de acceso público desarrollado en la fase anterior.

Objetivos Específicos

- Recopilar señales y datos biomédicos de pacientes con epilepsia de HUMANA, sin incluir información privada.
- Recopilar señales y datos de la mayor cantidad posible de sujetos de prueba, obtenidas con el sistema Biopac.
- Desarrollar una herramienta para formatear las señales y datos recopilados según los requerimientos del repositorio.
- Organizar y formatear los datos recolectados, y poblar el repositorio con dichos datos, incluyendo los metadatos correspondientes.
- Documentar el repositorio y generar manuales de administración y de uso.

Marco teórico

Señales biomédicas

Una señal biomédica son medidas o registros de una variable fisiológica o biológica del cuerpo humano, obtenidas a través de sensores y dispositivos especializados que proporcionan información sobre el funcionamiento y estado de diferentes sistemas del cuerpo. Estas señales se utilizan en medicina y en investigaciones biomédicas para el diagnóstico, monitoreo y tratamiento de enfermedades, así como para el estudio de la fisiología humana. Algunos ejemplos de señales biomédicas comunes incluyen el electrocardiograma (ECG) para evaluar la función cardíaca, el electromiograma (EMG) para evaluar la función muscular y el electroencefalograma (EEG) para evaluar la actividad cerebral. Cada señal biomédica ofrece una perspectiva única sobre un sistema o función corporal específica, lo que permite a los médicos y científicos obtener información valiosa para la toma de decisiones clínicas y el avance de la investigación biomédica. El procesamiento de señales biomédicas es importante para extraer información relevante de un órgano o sistema biomédico y, con ello, ayudar al diagnóstico. [9]

Epilepsia

La epilepsia es un trastorno neurológico crónico caracterizado por convulsiones recurrentes. Las convulsiones son episodios de actividad eléctrica anormal en el cerebro que pueden causar movimientos, sensaciones o comportamientos anormales. La epilepsia puede ser causada por diversas condiciones, como lesiones cerebrales, trastornos genéticos, infecciones cerebrales, tumores cerebrales, accidentes cerebro-vasculares y trastornos metabólicos. Algunas personas pueden tener epilepsia sin una causa conocida.

Generalmente la epilepsia puede afectar a personas de todas las edades y puede tener un impacto significativo en la calidad de vida de las personas que la padecen y sus familias. A menudo se trata con medicamentos antiepilépticos, pero en algunos casos también se pueden considerar otros tratamientos, como la cirugía. [1]

Tipos de Epilepsia

Existen diferentes tipos de epilepsia, cada uno con características y manifestaciones únicas. La epilepsia focal, también conocida como epilepsia parcial, se origina en una región específica del cerebro y puede causar movimientos o sensaciones anormales en una parte del cuerpo. Por otro lado, la epilepsia generalizada afecta a todo el cerebro y puede provocar convulsiones tónicas-clónicas, caracterizadas por contracciones musculares y pérdida del conocimiento. La epilepsia de ausencia, más común en niños, se caracteriza por episodios breves de desconexión temporal de la realidad. La epilepsia mio-clónica se caracteriza por espasmos musculares repentinos y breves en una o varias partes del cuerpo. Por último, la epilepsia refleja se desencadena por estímulos específicos, como luces parpadeantes o patrones visuales repetitivos. Cada tipo de epilepsia requiere un enfoque de tratamiento y manejo individualizado. [10]

Diagnóstico

Una historia clínica completa obtenida de los pacientes, así como de cualquier persona que haya presenciado la convulsión, constituye la base para el diagnóstico de epilepsia. Para identificar la causa de la convulsión y medir la probabilidad de recurrencia, el médico puede prescribir una serie de pruebas. Algunas de las pruebas que se realizan son: Examen neurológico, análisis de sangre, punción espinal y electroencefalograma. [11]

Electroencefalograma

Un electroencefalograma (EEG) es una prueba de diagnóstico que registra la actividad eléctrica del cerebro. Es un procedimiento no invasivo y se utiliza para evaluar la actividad cerebral e identificar anomalías o patrones de actividad asociados con diversas afecciones neurológicas, incluida la epilepsia. Durante el EEG, se colocan electrodos en el cuero cabelludo del paciente y se conectan a un dispositivo de registro. Estos electrodos registran las señales eléctricas producidas por células cerebrales llamadas neuronas. La actividad eléctrica se registra como ondas y patrones, que los científicos analizan.

EEG ayuda a diagnosticar y monitorear condiciones como epilepsia, trastornos del sueño, trastornos del movimiento y otras condiciones neurológicas. También se utiliza para evaluar el estado de conciencia, la actividad cerebral durante las diferentes etapas del sueño y para determinar la respuesta a los fármacos antiepilépticos.

Las amplitudes pueden variar desde $10 \mu V$ en registros sobre el córtex hasta $100 \mu V$ en la superficie del cuero cabelludo. También se indica correctamente que las frecuencias de las ondas se encuentran en el rango de 0.5 a 100 Hz y que estas frecuencias dependen del grado de actividad del córtex cerebral. La mayoría de las veces las ondas no poseen una forma determinada, pero en algunos ritmos normales se clasifican en ritmos α , β , θ y δ , como se muestra en la Figura 2 y que en otras ocasiones pueden presentar características específicas de patologías cerebrales como la epilepsia. [12]

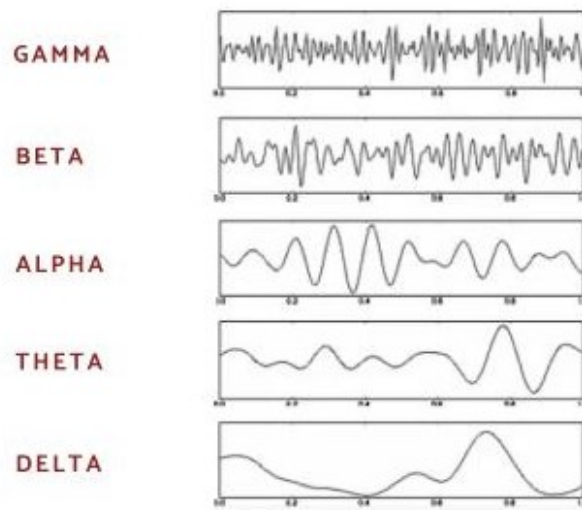


Figura 2: Tipos de ondas cerebrales.

EEG es una herramienta valiosa en neurología porque proporciona información sobre la actividad eléctrica del cerebro y ayuda a diagnosticar y tratar una variedad de trastornos neurológicos. [13]

Electroencefalograma

El electromiograma (EMG) es una prueba médica que se utiliza para evaluar la actividad eléctrica de los músculos y los nervios que los controlan. Se realiza colocando electrodos en la piel sobre los músculos de interés o directamente en el tejido muscular, y registra las señales eléctricas generadas durante la contracción y relajación muscular. El EMG se realiza con el objetivo de diagnosticar y evaluar diversas condiciones neuromusculares, como lesiones nerviosas, trastornos musculares, enfermedades neuromusculares y trastornos de la conducción nerviosa. También puede ayudar a diferenciar entre problemas musculares y nerviosos. Durante la prueba, se pueden registrar diferentes tipos de actividad eléctrica, como la actividad de fondo en reposo, las unidades motoras individuales durante la contracción muscular y los potenciales de acción generados por los nervios. [14]

El electromiograma proporciona información valiosa sobre la función y la integridad del sistema nervioso y muscular, y puede ayudar en la evaluación clínica, el diagnóstico y el seguimiento de diversas enfermedades y lesiones. Es realizado por profesionales de la salud especializados en neurofisiología clínica y se utiliza en conjunto con otras pruebas y estudios para obtener un diagnóstico preciso y desarrollar un plan de tratamiento adecuado. [14]

Las señales del EMG pueden ser aprovechadas para controlar prótesis mioeléctricas, que son prótesis controladas por la actividad eléctrica de los músculos del paciente. Estas prótesis captan las señales del EMG de los músculos residuales cercanos al sitio de amputación y las utilizan para controlar los movimientos de la prótesis. Estas señales se procesan y se traducen en comandos de control para la prótesis, lo que permite al usuario realizar movimientos intuitivos y naturales. Esta tecnología ha mejorado significativamente la calidad de vida de las personas amputadas, ya que les permite realizar tareas cotidianas con mayor facilidad y autonomía. [14]

Electrodos

Los electrodos son dispositivos utilizados para detectar, registrar o estimular la actividad eléctrica en diferentes partes del cuerpo, incluido el cerebro. Se componen de materiales conductores y se colocan en la superficie de la piel o en tejidos internos para capturar señales eléctricas.

En el contexto del electroencefalograma (EEG), se utilizan electrodos especiales que se adhieren al cuero cabelludo para registrar la actividad eléctrica del cerebro. Estos electrodos están conectados a un dispositivo de registro que amplifica y registra las señales eléctricas en forma de ondas cerebrales. [15]

Tipos de electrodos

Existen diferentes tipos de electrodos utilizados en el registro de actividad eléctrica en el cerebro. Los electrodos adhesivos consisten en pequeños discos metálicos que se adhieren al cuero cabelludo con pasta conductora y se fijan con colodión aislante. Por otro lado, los electrodos de contacto son tubos de plata clorurada que se enroscan en soportes de plástico y se sujetan al cráneo con bandas elásticas, utilizando almohadillas humedecidas con solución conductora. Recientemente, se han desarrollado los electrodos en casco de malla, que se caracterizan por su comodidad de colocación, especialmente en registros de larga duración, y su alta inmunidad a los artefactos. Estos electrodos, incluidos en un casco elástico, se sujetan alrededor de la cabeza del paciente con cintas y ofrecen una colocación precisa, lo que los hace útiles en estudios comparativos. Cada tipo de electrodo tiene sus propias ventajas y consideraciones, y la elección adecuada depende del contexto clínico y las necesidades del estudio. [15]

Base de datos

Las bases de datos son colecciones estructuradas de información relacionada que están organizadas. Se utilizan para administrar y acceder de manera efectiva a cantidades masivas de datos. La información se organiza en tablas, que tienen filas y columnas, en bases de datos. Cada columna de la tabla denota un aspecto o característica del registro, mientras que cada fila denota un solo registro. Como resultado, la información se puede organizar y categorizar de manera consistente.

Existen diferentes tipos de bases de datos, incluidas las bases de datos relacionales, las bases de datos de documentos y las bases de datos de gráficos. Cada tipo de base de datos tiene un modelo de datos único y un lenguaje de consulta relacionado.

Desde los sistemas de gestión de contenido y los sistemas de gestión de relaciones con los clientes (CRM) hasta los sistemas de gestión de inventario y los sistemas de gestión de recursos humanos, las bases de datos se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones. Con su ayuda, los datos se pueden almacenar y acceder de manera más eficaz, lo que permite realizar búsquedas rápidas, consultas sofisticadas y actualizaciones controladas. [3]

Repositorios públicos

Los repositorios públicos son sitios centralizados en almacenar, organizar y difundir información digital, como archivos informáticos, conjunto de datos o software, que pueden ser de acceso público o estar protegidos y necesitar de una autenticación previa. Los datos almacenados en un repositorio pueden distribuirse a través de una red informática, como internet o de un medio físico, como un disco compacto. Los repositorios más conocidos son los de carácter institucional, creados por las propias organizaciones con el fin de conservar, preservar, organizar y clasificar la información relevante que generan, con el fin de facilitar al máximo su consulta por parte de los usuarios.

Existen diversos repositorios públicos que almacenan datos y señales biomédicos, los cua-

les son importantes para la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías y tratamientos mas efectivos.

Dataverse

Es una plataforma creada para almacenar, administrar y compartir conjuntos de datos de investigación se llama dataverse, también conocida como repositorio de datos. Ofrece un entorno centralizado donde los investigadores pueden almacenar sus datos, describirlos y compartirlos con otros usuarios de forma abierta y accesible. [16]

Las características típicas de un dataverse incluyen lo siguiente.

- Almacenamiento de datos: permite a los investigadores cargar y almacenar conjuntos de datos en una variedad de formatos, incluidos archivos CSV, Excel y SPSS, entre otros.
- Los investigadores pueden dar descripciones detalladas de los conjuntos de datos utilizando metadatos, lo que les permite incluir detalles sobre las variables, la metodología, el contexto y las licencias de los conjuntos de datos, así como su origen.
- Los investigadores pueden establecer restricciones de acceso público, acceso de solo solicitud o acceso limitado para colaboradores específicos con la ayuda de acceso y permisos, que les dan control sobre los niveles de acceso a sus conjuntos de datos.
- Compartir y citar: hace que sea más fácil compartir conjuntos de datos dándoles identificadores permanentes (como DOI) que garantizan citas y referencias precisas.
- Colaboración: permite a los investigadores realizar análisis colaborativos, compartir anotaciones y comentarios, y trabajar juntos en proyectos de investigación.
- Proporciona estrategias de conservación a largo plazo para mantener la precisión y accesibilidad de los conjuntos de datos a lo largo del tiempo.

Las instituciones académicas, las organizaciones de investigación y las comunidades científicas utilizan dataverses para fomentar la transparencia, la reutilización y la reproducibilidad de los datos de investigación. Dataverses promueve el acceso abierto y el intercambio de datos, lo que promueve la comprensión científica y permite a otros investigadores construir nuevos estudios sobre datos preexistentes. [16]

DataLab

RedCLARA (Cooperación Latinoamericana de Redes Avanzadas), plataforma de colaboración científica, creó Datalab. RedCLARA es una organización que vincula las redes de investigación y educación de América Latina para fomentar la investigación interdisciplinaria y la cooperación académica.

Los investigadores y académicos pueden trabajar juntos en un entorno virtual proporcionado por Datalab donde pueden compartir datos, recursos y herramientas para completar

proyectos de investigación conjuntos. Al permitir la colaboración en tiempo real entre varias instituciones y disciplinas, esta plataforma permite el acceso y la manipulación de volúmenes masivos de datos. [17]

Metodología

Evaluación del repositorio existente: Se realizará una evaluación exhaustiva del repositorio actual para identificar áreas de mejora incluyendo el análisis de la calidad de los datos, la diversidad de las señales, la disponibilidad de metadatos y la facilidad de acceso y búsqueda. Además, se identificarán las limitaciones o brechas en términos de tipos de señales y características clínicas.

Identificación de fuentes de datos adicionales: Explorar la posibilidad de obtener conjuntos de datos adicionales que sean relevantes para el repositorio y cumplan con los requisitos éticos y legales, con el fin de poblar el repositorio con mas datos en este caso serian señales obtenidas con el sistema biopac.

Evaluación de los nuevos conjuntos de datos: Se realizará una evaluación rigurosa de los nuevos conjuntos de datos antes de agregarlos al repositorio. Verificando que los datos cumplan con los estándares de calidad, es decir en el formato adecuado.

Expansión de los metadatos: Mejorar los datos disponibles en el repositorio. Incluyendo información detallada sobre los conjuntos de datos, características clínicas, equipos utilizados, criterios de inclusión y exclusión, y cualquier otra información relevante. Esto facilitará la búsqueda y el uso efectivo de los datos por parte de los usuarios, desarrollando una herramienta para formatear las señales y datos recopilados según los requerimiento del repositorio.

Implementación de un sistema de gestión del repositorio: Desarrollar o mejorar un sistema de gestión del repositorio que permita un acceso fácil y eficiente a los datos, incluyendo la creación de un manual de administración y uso para ayudar al usuario.

Promoción y difusión del repositorio: Lleva a cabo actividades de promoción y difusión para dar a conocer la existencia y los beneficios del repositorio mejorado. Fomentando la colaboración y el intercambio de datos con la comunidad científica y médica.

Monitoreo y retroalimentación Establecer un proceso de verificación continua para recopilar comentarios y retroalimentación de los usuarios del repositorio. Utiliza esta información para realizar mejoras iterativas y mantener la calidad y utilidad del repositorio a lo largo del tiempo.

Cronograma de actividades

	Tareas	Julio							Agosto							Septiembre						
		26-30	3-7	10-14	17-21	24-28	31-4	7-11	14-18	21-25	28-1	4-8	11-15	18-22	25-29							
1	Investigación																					
1.1	Señales EEG																					
1.2	Señales EMG																					
1.3	Base de datos																					
2	Prueba sobre Base de datos																					
2.1	Experimentar con la plataforma del repositorio																					
2.2	Recopilar señales y datos biomédicos de pacientes con epilepsia de HUMANA																					
2.3	Crear plantilla de datos recuperados con Biopac.																					
2.4	Definir el orden de los datos dentro del repositorio																					
2.5	Identificación de fuentes de datos adicionales																					
2.5.1	Recopilar señales y datos de la mayor cantidad posible de sujetos de prueba, obtenidas con el sistema Biopac																					
2.6	Evaluación de los nuevos conjuntos de datos																					
2.6.1	Desarrollar una herramienta para formatear las señales y datos recopilados según los requerimientos del repositorio.																					
2.7	Expansión de los metadatos																					
2.7.1	Implementación de un sistema de gestión del repositorio																					
2.7.2	Organizar y formatear los datos recolectados, y poblar el repositorio con dichos datos, incluyendo los metadatos correspondientes.																					
2.8	Documentar el repositorio y generar manuales de administración y de uso																					
2.8.1	Promoción y difusión del repositorio																					
2.9	Monitoreo y retroalimentación																					
3	Entrega																					
3.1	Redacción de protocolo																					
3.2	Redacción de tesis																					

Figura 3: Cronograma de actividades.

Índice preliminar

1. Prefacio
2. Lista de figuras
3. Lista de cuadros
4. Resumen
5. Abstract
6. Introducción
7. Antecedentes
8. Justificación
9. Objetivos
 - a) Objetivo general
 - b) Objetivos específicos
10. Alcance
11. Marco teórico
 - a) Datos biomédicos
 - b) Epilepsia
 - 1) Tipos de epilepsia
 - c) Diagnostico
 - 1) Electroencefalograma
 - 2) Electroodos
 - a' Tipos de electrodos
 - d) Base de Datos
 - e) Dataverse
 - 1) DataLab
12. Diseño experimental y resultados
 - a) Diseño
 - b) Resultados
 - 1) Datos HUMANA
 - 2) Datos UVG
13. Conclusiones
14. Recomendaciones
15. Bibliografía
16. Anexos
17. Glosario

Referencias

- [1] C. E. Stafstrom, “Seizures and epilepsy: an overview for neuroscientists,” *PubMed*, 2015, Accedido en abril 19, 2023. dirección: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4607781/>.
- [2] BUPA, *Epilepsia*, <https://www.bupasalud.com.gt/salud/epilepsia>, Accedido en abril 19, 2023, 2021.
- [3] *¿Qué es una base de datos?* <https://www.oracle.com/mx/database/what-is-database/>, 2023.
- [4] *The Research Resource for Complex Physiologic Signals*, <https://physionet.org/about/>, 2023.
- [5] *Especialistas en enfermedades neurológicas de difícil control*, <https://humanagt.org/>, 2023.
- [6] J. D. Manrique, “Herramienta de Software con una Base de Datos Integrada para el Estudio de la Epilepsia - Fase II,” Tesis de licenciatura, Universidad Del Valle de Guatemala, 2021.
- [7] M. F. Girón, “Interfaz Biomédica para el Control de Sistemas Robóticos Utilizando Señales EMG,” Tesis de licenciatura, Universidad Del Valle de Guatemala, 2020.
- [8] S. J. Silvestre, “Diseño e implementación de un repositorio de acceso público de datos y señales relacionados al estudio de la epilepsia,” Tesis de licenciatura, Universidad Del Valle de Guatemala, 2022.
- [9] P. Pérez, J. Garcia y J. Ibáñez, *Procesado de señales biomédicas* (CIENCIA Y TÉCNICA). Ediciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, 2007, ISBN: 9788484275411. dirección: https://books.google.com.gt/books?id=zywY60y%5C_mccC.
- [10] *Epilepsy and Seizures*, <https://www.ninds.nih.gov/health-information/disorders/epilepsy-and-seizures>, 2023.
- [11] *EEG (electroencefalograma)*, <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/grand-mal-seizure/diagnosis-treatment/drc-20364165>, 2023.
- [12] J. Poblet, *Introducción a la bioingeniería* (ép. Mundo Electrónico Series). Marcombo, 1988, ISBN: 9788426706805. dirección: <https://books.google.com.mx/books?id=aqcaSGADoo4C>.
- [13] *Epilepsy*, <https://www.aans.org/Patients/Neurosurgical-Conditions-and-Treatments/Epilepsy>, 2023.
- [14] MedlinePlus, *Electromiografía y estudios de conducción nerviosa: Prueba de laboratorio de MedlinePlus*, <https://medlineplus.gov/spanish/pruebas-de-laboratorio/electromiografia-y-estudios-de-conduccion-nerviosa/>, nov. de 2021.
- [15] *Electroencefalografo*, <https://www.pardell.es/electroencefalografo.html>, 2023.
- [16] *About the project*, <https://dataverse.org/about>, 2023.
- [17] *MiLab*, <https://www.redclara.net/index.php/es/servicios-rc/milab>, 2023.