

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Identificación de patrones bioeléctricos en señales EEG para
la detección de epilepsias mediante técnicas de aprendizaje
automático supervisado y no supervisado**

Protocolo de trabajo de graduación presentado por Cristhofer Patzán,
estudiante de Ingeniería Mecatrónica

Guatemala,

2023

Resumen

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Cras vitae eleifend ipsum, ut mattis nunc. Pellentesque ac hendrerit lacus. Cras sollicitudin eget sem nec luctus. Vivamus aliquet lorem id elit venenatis pellentesque. Nam id orci iaculis, rutrum ipsum vel, porttitor magna. Etiam molestie vel elit sed suscipit. Proin dui risus, scelerisque porttitor cursus ac, tempor eget turpis. Aliquam ultricies congue ligula ac ornare. Duis id purus eu ex pharetra feugiat. Vivamus ac orci arcu. Nulla id diam quis erat rhoncus hendrerit. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Sed vulputate, metus vel efficitur fringilla, orci ex ultricies augue, sit amet rhoncus ex purus ut massa. Nam pharetra ipsum consequat est blandit, sed commodo nunc scelerisque. Maecenas ut suscipit libero. Sed vel euismod tellus.

Antecedentes

Las señales bioeléctricas y las señales de la epilepsia son temas de gran interés en la actualidad debido a su relevancia en la medicina y la neurociencia. La epilepsia es una enfermedad neurológica común que afecta a millones de personas en todo el mundo. La prevalencia de la enfermedad varía según el país y la región del mundo, siendo más común en niños y personas mayores, además, se estima que el 80 % de las personas con epilepsia vive en países de bajos y medianos ingresos, donde el acceso a los tratamientos puede ser limitado o inaccesible [1]. En este contexto, resulta crucial explorar los antecedentes de estas señales y su relación con la epilepsia, lo que nos permitirá adentrarnos en un campo de investigación fascinante y de gran impacto en la sociedad.

En Guatemala, se encuentra el Centro de Epilepsia y Neurocirugía Funcional HUMANA, una organización formada por profesionales en neurociencias que trabaja con pacientes que padecen problemas neurológicos de difícil control, incluyendo la epilepsia. El centro posee el único laboratorio de vídeo electroencefalograma en Guatemala y lleva a cabo anotaciones de señales EEG manualmente, lo que implica una gran cantidad de horas de trabajo realizadas por profesionales especializados del hospital. El tiempo de operación para resaltar los segmentos de interés y finalmente dar el diagnóstico depende de la duración del registro y puede durar desde cuatro horas hasta algunos días [2]. Según una entrevista realizada en 2020 al director de HUMANA, Dr. Juan Carlos Lara, los pacientes son obtenidos de ambas funciones normales y anormales, lo que permite a los especialistas hacer las anotaciones competentes dentro de los registros [3].

La Universidad del Valle de Guatemala (UVG) ha sido escenario de 4 iteraciones de una herramienta de aprendizaje automático para la detección de crisis epilépticas en señales EEG. En el año 2020, María Jesús Angulo Tijerino presentó un trabajo de graduación en el que se demostró que es posible detectar estas crisis mediante aprendizaje automático al caracterizar y dividir correctamente los segmentos de las señales [4].

Por su parte, en el año 2021, David Alejandro Vela Aguilera presentó una segunda iteración de la herramienta en su trabajo de graduación. En este caso, se realizaron ajustes a la interfaz anterior, empleando algoritmos de aprendizaje automático supervisado para clasificar la señal EEG en una de cuatro clases [5]. El clasificador con mejor desempeño

Características	Tiempo Continuo			Wavelet		
Modelo	RNA	SVM		RNA	SVM	
Kernel	-	Gaussiano	Lineal	-	Gaussiano	Lineal
2 Clases	100.00%	99.80%	100.00%	97.70%	98.70%	97.90%
3 Clases	97.90%	98.90%	97.20%	98.20%	98.30%	97.20%
4 Clases	88.00%	91.30%	88.30%	81.20%	83.30%	77.10%
Promedio	95.30%	96.70%	95.20%	92.40%	93.40%	90.70%
Desv. Estándar	5.23%	3.81%	4.99%	7.90%	7.17%	9.64%

Figura 1: Resumen de los resultados de los clasificadores generados: red neuronal (RNA) y máquina de vectores de soporte (SVM) [5].

Extracción de características en dominio de la frecuencia				
Característica	Ubonn - Sano/Ictal		Kaggle - Interictal/Preictal	
	Porcentaje de rendimiento RNA	Tiempo	Porcentaje de rendimiento RNA	Tiempo
razón 1	91.00%	3.10 min	98.60%	4.52 min
razón 2	91.10%	3.08 min	84.20%	4.46 min
razón 3	77.00%	4.60 min	98.50%	6.76 min
razón 4	99.70%	2.88 min	96.10%	4.50 min
razón 5	90.90%	4.60 min	98.30%	6.16 min
std	99.60%	11.00 s	67.40%	9.73 s

Figura 2: Resumen del rendimiento de la RNA para dos clasificadores binarios utilizando características individuales en dominio de la frecuencia [3].

en tiempo continuo obtuvo un promedio de exactitud del 96.7%, utilizando vectores de soporte con características en tiempo continuo y kernel gaussiano. Además, se agregó una nueva sección a la herramienta que se encarga de la generación de anotaciones dentro de un apartado con varias opciones de personalización para la visualización. Aunque se trabajó principalmente con señales EEG en dominio del tiempo en ambas fases, se reconoce la oportunidad de analizar las señales en otros dominios y de analizar otro tipo de señales bioeléctricas. Una de las limitaciones del trabajo fue la predominancia del uso de técnicas de aprendizaje supervisado, lo que abre espacio para profundizar en el análisis de los datos con diferentes técnicas de aprendizaje automático. Los resultados de esta segunda fase se observan en la Figura 1 [5].

En el año 2022 Camila Lemus Lone presentó en el trabajo de graduación titulado *Análisis y anotación de señales bioeléctricas de pacientes con epilepsia utilizando técnicas de aprendizaje automático supervisado y no supervisado* concluyó que las relaciones entre bandas de frecuencia son funcionales para la clasificación binaria, logrando un porcentaje de rendimiento superior al 99% utilizando redes neuronales con dos o más características para las clases Ictal/Sano y superior a un 98.80% para las clases Interictal/Preictal, dichos resultados se pueden observar en la Figura 2. Además, se encontró que es conveniente generar el vector de características combinando la razón 1 (θ/α) y la razón 2 (β/α), ya que los clasificadores tienen un rendimiento igual o mayor a 98.90% en un menor tiempo. Sin embargo, se observó que la extracción de características en dominio de la frecuencia no es muy eficiente, tardando en promedio aproximadamente 3 minutos por registro individual para procesar 409,700 muestras y 4.33 minutos para procesar 3 millones de muestras [3].

Para la continuación de esta línea de investigación se percibe la necesidad de ampliar la herramienta incorporando señales bioeléctricas de interés, como las de electromiograma

(EMG). Asimismo, se ha recomendado continuar experimentando el rendimiento de los clasificadores con diferentes técnicas de aprendizaje automático no supervisado para señales EEG, ECG y otras señales bioeléctricas relacionadas con la epilepsia. Además, para futuros proyectos, se sugiere la mejora del proceso de selección de características de las señales mediante asesoría médica y la validación constante con especialistas en el campo para mejorar la predicción de los clasificadores [3]. A su vez, se desea implementar un algoritmo que pueda indicar en qué tiempo de la grabación se encuentran señales de interés para su estudio, con el fin de aprovechar de forma óptima el tiempo disponible. Actualmente, las grabaciones pueden durar hasta 24 horas y los médicos deben analizar toda la grabación para detectar la actividad bioeléctrica de interés. Este proceso resulta muy ineficiente.

Justificación

hgjhjjhvjvhgvjhgvjhg

12	3.2	3.43	23	13
aasdasdd	asd	ssdsas	ssdas	asdasda

Cuadro 1: Pruebas preliminares. Este cuadro corresponde a las pruebas realizadas durante blabla

Objetivos

Objetivo General

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Praesent eu lectus tincidunt, malesuada lorem nec, accumsan ligula.

Objetivos Específicos

- Nulla ut ex ut mauris pretium elementum.
- Suspendisse malesuada lectus nec nisi iaculis, in luctus turpis laoreet.
- In efficitur nisl vitae justo interdum, vitae condimentum lectus maximus.
- Morbi quis libero sit amet velit commodo tristique eu sed nisl.

1. Nulla ut ex ut mauris pretium elementum.
2. Suspendisse malesuada lectus nec nisi iaculis, in luctus turpis laoreet.
3. In efficitur nisl vitae justo interdum, vitae condimentum lectus maximus.
4. Morbi quis libero sit amet velit commodo tristique eu sed nisl.



Figura 3: Una imagen de una galaxia.

Marco teórico

Como puede verse en la Figura 3, lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nam vestibulum, nisl in semper semper, urna ex vehicula enim, eu luctus est velit a est. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos himenaeos. Mauris et dui ipsum. Praesent tempus vestibulum augue eget venenatis. Curabitur sollicitudin erat vel leo finibus tincidunt. Nullam ullamcorper, risus eu varius venenatis, nibh ligula egestas ante, vel commodo ipsum ante ac enim. Sed iaculis pharetra magna. Duis sit amet augue vitae mi lobortis tristique. Suspendisse non euismod quam. Donec a tincidunt lacus. Aliquam metus quam, rutrum non libero vel, interdum molestie turpis.

Maecenas enim ligula, placerat quis purus eu, pretium tempor justo. Pellentesque accumsan sem eget mattis scelerisque. Ut consectetur lorem dui, a efficitur lectus tincidunt id. Aliquam quis fermentum elit. Pellentesque facilisis semper sem, vitae ornare purus. Morbi ultricies, orci sit amet porta facilisis, ex justo varius elit, viverra euismod sapien enim vel justo. Sed felis mi, feugiat quis molestie ac, gravida sed nunc. Proin elementum, augue quis ultrices dictum, nisl magna pharetra magna, ut ullamcorper diam dolor in elit. In hac habitasse platea dictumst. Suspendisse hendrerit leo non ex ornare mattis. Fusce hendrerit imperdiet nisl in viverra. Proin non turpis ut sapien pulvinar aliquam eu aliquet turpis. Etiam commodo tellus nec ipsum sodales feugiat. Morbi vel pulvinar nibh, nec varius turpis.

Donec a libero vel lacus tincidunt dapibus. Nullam et leo volutpat dui feugiat volutpat vel lacinia ante. Donec finibus risus at facilisis gravida. Cras efficitur felis elementum purus finibus ultricies. Nunc sit amet diam egestas, blandit mauris nec, gravida nisi. In a arcu eu nunc mattis dictum sed placerat arcu. Morbi sit amet venenatis lectus, vitae lobortis nisl. Pellentesque id mattis magna, et convallis leo. Maecenas ultricies hendrerit quam vel ornare. Pellentesque fermentum aliquet velit quis malesuada. Proin commodo, est ultrices rhoncus scelerisque, massa nulla congue tellus, ut porta ante ante vitae nisl. In pharetra quam et urna dictum scelerisque. Aliquam in metus velit. Phasellus aliquet velit molestie, tincidunt purus vestibulum, aliquet odio. Sed augue odio, scelerisque non mi et, pulvinar bibendum justo. Vestibulum sed hendrerit urna.

Donec a lacus quis mi volutpat mollis ac ut lorem. Nulla porta venenatis faucibus. Fusce

metus lectus, ullamcorper vel risus laoreet, consequat faucibus sapien. Donec vitae ultrices mauris, dignissim sodales eros. Integer hendrerit elementum ipsum a vestibulum. Vivamus in pretium orci. Fusce condimentum, nibh tempor sagittis laoreet, dui erat luctus neque, a ultrices arcu mauris eget massa. Duis quis ante metus. Interdum et malesuada fames ac ante ipsum primis in faucibus.

Según la investigación realizada en [6], vestibulum laoreet tortor enim, nec tristique turpis dapibus id. Nam quis erat ac nibh imperdiet placerat et a sapien. Aliquam sollicitudin, leo a aliquam vestibulum, lectus eros maximus justo, eu tincidunt justo ipsum non risus. Curabitur ultrices mi vitae elit venenatis, vel semper orci consequat. Nulla ac mauris vitae orci tincidunt mattis. Mauris risus justo, luctus non diam in, dapibus scelerisque eros. Donec fringilla risus sit amet sapien tempus viverra. Quisque quis justo ut enim gravida mollis in vulputate libero. Maecenas auctor accumsan turpis, id dapibus odio aliquet sit amet. Sed feugiat libero eget facilisis finibus. Sed vitae nulla nec felis porta convallis a in purus. Integer finibus efficitur lorem at aliquet. Etiam venenatis velit non tempus porttitor.

Primer tema

Suspendisse tincidunt a orci sed vehicula. Aenean ac mauris enim. Duis vitae fringilla augue. Mauris fringilla neque ac nunc aliquet porta. Praesent quis elit convallis, vehicula leo a, tincidunt leo. Curabitur vitae ligula non leo faucibus cursus sit amet nec ex. Proin mollis lectus in odio aliquet, eu tristique lacus aliquet. Aliquam auctor eget lorem quis porttitor. Duis sagittis eros ac diam ornare, id auctor elit cursus. Morbi vel dolor et odio laoreet ornare. Cras sit amet pretium neque. Mauris vestibulum ante sit amet eros rutrum eleifend ac a sapien. Nullam vitae convallis eros. Proin blandit a nulla nec hendrerit. Fusce ultrices, nibh in mattis consequat, nisi libero rutrum lacus, vitae vulputate lorem tellus vitae enim.

Primer subtema

Quisque feugiat felis diam. Maecenas elementum, neque ut ornare tristique, nulla semper diam, vel imperdiet purus arcu sit amet magna. Nullam tempus eleifend ultrices. Maecenas pharetra ac leo eget mattis. Donec suscipit arcu justo, ac finibus diam scelerisque sit amet. Nulla et porta urna. Donec vel ultrices lectus. Quisque id molestie tellus. Vivamus vitae elit sit amet ipsum tincidunt sodales eget eget tortor. Quisque vitae placerat ipsum. Donec malesuada ipsum a consectetur venenatis.

ítem	característica 1	característica 2	característica 3
1	3234	12323	4343
2	1332	123123	12
3	1232	4334	12312

Cuadro 2: Tabla generada automáticamente.

Metodología

Cronograma de actividades

Índice preliminar

Referencias

- [1] O. organización mundial de la salud, *Epilepsia*, feb. de 2023. dirección: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/epilepsy>.
- [2] C. de Epilepsia y Neurocirugía Funcional, *HUMANA, Epilepsia*, mar. de 2021. dirección: <https://humanagt.org/epilepsia/>.
- [3] C. L. Lone, “Análisis y anotación de señales bioeléctricas de pacientes con epilepsia utilizando técnicas de aprendizaje automático supervisado y no supervisado,” Tesis de licenciatura, Universidad Del Valle de Guatemala, 2022.
- [4] M. J. A. Tijerino, “Análisis y Reconocimiento de Patrones de Señales Biomédicas de Pacientes con Epilepsia,” Tesis de licenciatura, Universidad Del Valle de Guatemala, 2020.
- [5] D. A. V. Aguilera, “Automatización del Proceso de Anotación de Señales EEG de Pacientes con Epilepsia por Medio de Técnicas de Aprendizaje Automático,” Tesis de licenciatura, Universidad Del Valle de Guatemala, 2021.
- [6] C. H. Lee, A. Singla e Y. Lee, “Biomedical applications of collagen,” *International journal of pharmaceutics*, vol. 221, n.º 1-2, págs. 1-22, 2001.