



# PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE SEÑALES ELECTROCARDIOGRÁFICAS (ECG)

## SIGNAL PROCESSING AND ANALYSIS OF ELECTROCARDIOGRAPHIC SIGNALS (ECG)

<sup>1</sup>Ivonne Martínez, <sup>2</sup>Paola Andrea Mateus Abaunza

<sup>1,2</sup>Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá, Colombia

Recibido: 30/09/2022 Aprobado 20/10/2022

### RESUMEN

Aunque existen numerosos equipos capaces de identificar señales electrocardiográficas relacionadas con problemas tempranos de arritmias para su posterior clasificación según las señales ECG, también es cierto que estos esquemas no son del todo implementados en los equipos de adquisición y procesamiento de información médica y cardíaca, debido a la exactitud, complejidad y capacidad de las máquinas para discriminar la información, la cual, debe ser lo más limpia y eficaz posible, evitando que las problemáticas en salud avancen y se generen valores predictivos con resultados incorrectos al diagnosticar patologías cardíacas a tiempo.

Considerando lo anterior, para la detección de trastornos cardiovasculares conocidos como arritmias, se diseñó un algoritmo que permite el análisis de señales electrocardiográficas en Matlab, el cual logra el preprocesamiento de la información suministrada a partir de la base de datos *PTB Diagnostic ECG Database v1.0.0*, encontrándose libre para su uso en el sitio web *PhysioNet*.

Inicialmente, la lectura de la información se limita a los ventrículos V3 y V4, los cuales aportan información relacionada con problemas de miocardio. Se hace uso de la transformada Wavelet de Gabor para validar la información del espectro en frecuencia, visualizando los escalogramas de cada ventrículo y, posteriormente, se aplica un filtro pasa-banda (FPB), con el fin de eliminar la información adquirida por el electrocardiograma, la cual es conocida como línea basal o isoeletrica.

Cuando la señal ya presenta un acondicionamiento por preprocesamiento de imagen, se procede a encontrar características básicas de la arritmia producida por infarto agudo de miocardio. Por lo anterior, se adiciona el algoritmo de *Pan-Tompkins*, el cual permite la detección de complejos QRS, que son ampliamente estudiados para representar la despolarización ventricular o estímulo eléctrico.

**Palabras clave:** análisis de señales, complejos QRS, electrocardiograma, procesamiento digital de señales.

Citación: Martínez Toro, I. N., & Mateus Abaunza, P. A. (2022). *Procesamiento Y Análisis De Señales Electrocardiográficas (ECG)*. *Publicaciones E Investigación*, 16(4). <https://doi.org/10.22490/25394088.6496>

<sup>1</sup>Estudiante de Ingeniería de Telecomunicaciones (novenno semestre). [Inmartinez@unadvirtual.edu.co](mailto:Inmartinez@unadvirtual.edu.co)  
<https://orcid.org/0000-0002-6148-9677>

<sup>2</sup>Tutora del proyecto. [paola.mateus@unad.edu.co](mailto:paola.mateus@unad.edu.co) <https://orcid.org/0000-0002-0638-1815>

<https://doi.org/10.22490/25394088.6496>

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud [OMS], las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de defunción en el mundo, cobrando un promedio de 17.9 millones de vidas cada año, en donde un tercio de esas defunciones las padecen personas menores de 70 años. Al tiempo, las arritmias, las cuales son alteraciones del ritmo cardíaco, identifican cuando los impulsos eléctricos no se generan adecuadamente o se originan en un sitio erróneo, adicionando la causa de los caminos de conducción eléctrica que se pueden ver alterados. Si esto no se trata a tiempo con medicamentos o procedimientos de control de ritmo irregular, el corazón se puede deteriorar y/o se puede causar un daño en otro órgano importante, derivando de igual manera, en problemáticas mayores, dentro de las cuales está el paro cardíaco súbito [PCS] o agudo (National Heart, Lung, and Blood Institute, 2022).

Asimismo, una de las causas comunes ligadas a la muerte súbita cardíaca es la cardiopatía isquémica conocida como infarto de miocardio [IM], donde el corazón tiende a volverse grueso y se hace difícil bombear sangre. En Colombia, la tasa de mortalidad 2020-2021 tanto en hombres como mujeres se refiere a las enfermedades cardiovasculares como situación con alto índice de afectados según la medición y cifras publicadas por el Ministerio de Salud (Minsalud, 2022). Entre las cifras 2020, hubo un total de 41.012 afectados por infarto agudo de miocardio, afectando más a hombres que a mujeres, presentándose el mismo caso en el 2021, en donde bajó la cantidad de afectados a 28.400, pero, del mismo modo, afectando más a hombres que a mujeres.

Respecto a los paros cardíacos súbitos y su mecanismo de MI, la mayoría de estos casos son causados por taquicardias ventriculares [TV], que se presentan cuando el ritmo cardíaco es acelerado, una segunda causa relacionada al ritmo cardíaco anormal, conocido como la fibrilación ventricular [FV] o un tercer caso por un ritmo cardíaco muy lento, el cual se conoce como bradicardia (Texas Heart Institute, *s/f*).

Una de las herramientas más usadas en la actualidad para la clasificación de señales electrocardiográficas, son las máquinas de vectores de soporte [SVM], ya que esta selección puede permitir que las características de análisis sean limitadas y los métodos pueden presentar una evaluación experimental que derive a resultados más precisos. De igual manera, la clasificación de las señales durante el entrenamiento de la máquina puede variar y no verse afectado negativamente si se maneja un conjunto de datos clasificados correctamente. Por otro lado, los tiempos de respuesta para las diferentes detecciones de arritmias se dificultan al no considerar herramientas prácticas de apoyo para el análisis de señales de electrocardiogramas y, por consiguiente, se deriva a esta problemática de infarto cardíaco súbito.

## 2. MÉTODO

El corazón se compone de dos aurículas y dos ventrículos, cumpliendo la aurícula derecha la función de recibir la sangre venosa del cuerpo y la envía al ventrículo derecho, el cual bombea la sangre exclusivamente a los pulmones (Lorenzo Romero, 2015). Esta sangre, ya oxigenada, pasa de las venas pulmonares a la aurícula izquierda y luego esta sangre pasa al ventrículo izquierdo que está conectado a la arteria aorta y así se puede bombear todos los otros órganos y partes del cuerpo.

Para evaluar la conducción eléctrica del corazón, se registra la información en un electrocardiograma y así se logra hacer una detección de anomalías o enfermedades cardíacas. Este es un instrumento mecánico que realiza trazos del ciclo cardíaco. Cada cuadro del electrocardiograma corresponde a 0.5mV y 0.2 segundos.

Se validan las diferentes señales ECG dentro del repositorio *PhysioNet* que son fuentes que hacen parte de los anexos por parte de Bousseljot *et al.* (2004) y la base de datos de Moody (2008). que contengan arritmias con tendencias por infarto de miocardio. En este se encuentran 148 señales .mat que corresponden a arritmias con tendencias a infartos de miocardio (MI). Las derivaciones V3, las cuales contienen la actividad

en el ventrículo izquierdo y las derivaciones V4 medidas en el ápex del ventrículo izquierdo son las indicadas para brindar información de este tipo de arritmia.

Estas señales ECG deben ser acondicionadas y filtradas para la identificación del segmento ST y la onda T. Técnicas de filtrado (pasa banda), uso de transformadas wavelet y eliminación de la línea basal son usadas para el preprocesamiento y procesamiento de la señal. El efecto de este preprocesamiento es posible con el manejo de la data con una frecuencia de muestreo de 200 Hz y, por lo tanto, se realiza un *downsampling* a cada señal. Además, para efectos de visualización solo se grafican los primeros 10 segundos, pero el programa hace una detección completa en toda la señal.

El filtrado se basa en la utilización del escalograma para encontrar el rango de frecuencias con más información y, de esta forma, se puede eliminar la línea basal. La transformada Wavelet de Gabor (Teixeira *et al.*, 2011) es incluida para analizar este tipo de señales no estacionarias, permitiendo visualizar la data en el escalograma en el rango de frecuencias hasta 200 Hz.

Teniendo ya las señales V3 y V4 y partiendo de la señal con la transformada Wavelet de Gabor, se diseña un filtro pasa-banda Butterworth de orden 6 a modo de mantener una respuesta en magnitud plana. Este filtro va desde 1 hasta 10 Hz y se hace corrección de la línea de base.

El escalograma es introducido de nuevo luego de este proceso, de forma que se analice los cambios en respuesta en frecuencia y la magnitud de las mismas en el espectro.

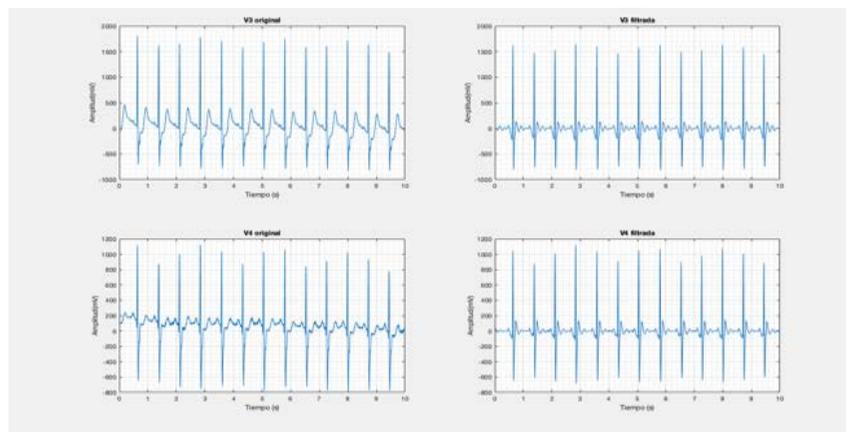
Finalmente, el algoritmo de Pan Tompkins permite un reconocimiento del complejo QRS en cada una de las señales estudiadas a partir de la implementación de sus etapas. Inicialmente, se implementa un filtro diferenciador, de modo que se destaquen las pendientes de la señal, segundo, se eleva al cuadrado la señal para amplificar el complejo QRS y los valores pasan a ser positivos; la señal de salida se analiza a través del movimiento de la ventana con filtro integrador y se imprime en una figura el resultado con la detección.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información contiene datos en bajas frecuencias, tanto en la derivación V3 como en la derivación V4, que, muestra una mayor densidad energética durante todo el tiempo que dura la señal.

Las señales, luego del preprocesamiento, muestran una desviación menor y una mejora que permite una lectura óptima de las señales ECG, de V3 y V4, respectivamente (ver Figura 1).

**Figura 1.** Filtrado de señales V3 y V4, mostrando resultados antes y después del proceso.

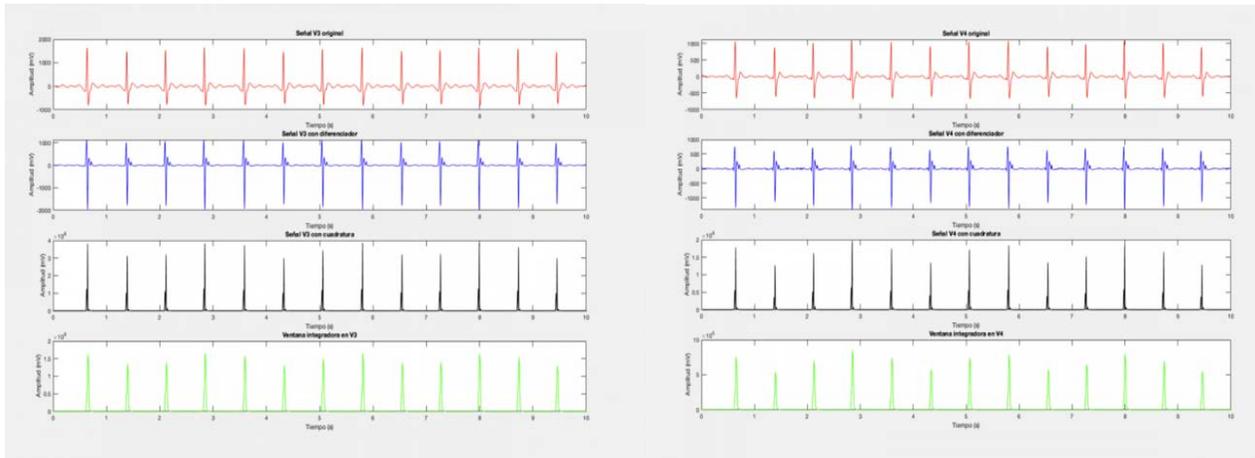


Nota. Impresión de señales V3 y V4 antes y después del filtrado y corrección de la línea basal.

Finalizando, el algoritmo de Pan Tompkins detecta el complejo QRS en las señales V3 y V4 (ver Figura 2),

lo cual demuestra la detección con mismo número de oscilaciones que en las señales originales V3 y V4.

Figura 2. Actuación del algoritmo de Pan Tompkins en señal V3 y V4.



Nota. Graficación de señal original de 10 segundos de duración, señal con diferenciador, cuadratura y, por último, se imprime la señal a ser usada para una posterior ventana de integración.

Por la adición de los diferentes filtros, se encuentran desfases en el tiempo y en el eje Y, los cuales son comunes dentro del algoritmo.

#### 4. ASPECTOS DE LA DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este estudio se presentó una alternativa práctica de preprocesamiento de señales electrocardiográficas, de forma que la lectura de la información corresponda con la información que se puede obtener homóloga a un estudio real cardíaco.

A través de la transformada Wavelet de Gabor se obtiene una imagen filtrada con características e información dentro del dominio de la frecuencia de la señal ECG. Por otro lado, este análisis permite al usuario escoger las propiedades del filtro pasa banda para la respectiva corrección de la línea basal.

Las arritmias pueden ser analizadas a partir de la data detectada del complejo QRS con el algoritmo de Pan-Tompkins, puesto que se destacan las pendientes de la señal y se acentúa el rango de frecuencias altas, que es donde se encuentra la información necesaria para la determinación de arritmias que puedan derivar a infartos de miocardio.

Por último, se resalta que el procesamiento digital de señales ECG y su respectivo tratamiento pueden lograr acelerar los procesos de detección temprana de problemas cardíacos como los paros cardíacos súbitos y otros problemas de gran gravedad médica, demostrando, además, que los avances tecnológicos pueden mejorar la calidad de vida de las personas con diagnósticos confiables, precisos y rápidos.

## REFERENCIAS

- Bousseljot, R.-D., Kreisler, D. & Schnabel, A. (2004). *The PTB Diagnostic ECG Database* [Data set]. physionet.org. <https://doi.org/10.13026/C28C71>
- Lorenzo Romero, J. (2015). *Análisis de señales electrocardiográficas usando técnicas de procesamiento digital*. (Trabajo de grado). Universitat Oberta de Catalunya, Barcelona. <http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/handle/10609/40186>
- Minsalud (2022). *Mortalidad en Colombia Periodo 2020-2021*. 45. Ministerio de Salud. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/GCFI/mortalidad-colombia-periodo-2020-2021.pdf>
- Moody, G. B. (2008). T-Wave Alternans Challenge Database [Data set]. physionet.org. <https://doi.org/10.13026/C2B59B>
- National Heart, Lung, and Blood Institute. (2022, marzo 24). *¿Qué es una arritmia?* National Heart, Lung, and Blood Institute. <https://www.nhlbi.nih.gov/es/salud/arritmias>
- Teixeira, C. A., Direito, B., Feldwisch-Drentrup, H., Valderrama, M., Costa, R. P., Alvarado-Rojas, C., Nikolopoulos, S., Le Van Quyen, M., Timmer, J., Schelter, B. & Dourado, A. (2011). EPILAB: A software package for studies on the prediction of epileptic seizures. *Journal of Neuroscience Methods*, 200(2), 257–271. <https://doi.org/10.1016/j.jneumeth.2011.07.002>
- Texas Heart Institute. (s/f). *Paro cardíaco súbito*. Texas Heart Institute. <https://www.texasheart.org/heart-health/heart-information-center/topics/paro-cardiaco-subito/>