

Analysis and Comparison of Rhythmic Patterns in Cardiac Signals in a Younger Population

Harold Angeles, Andrea Zaharia, Vanessa Díaz, Renzo Córdova, Andrea Lozano and Gonzalo García
Biomedical Engineering, Universidad Peruana Cayetano Heredia (Lima, Peru)

Abstract—Cardiovascular diseases are a global and national problem, being one of the leading causes of death worldwide. Arrhythmias are a type of cardiac disorder that often allow us to detect heart problems such as malformations, congenital diseases, or alterations caused by the patient's lifestyle, making them an important point of detection in the prevention of cardiovascular diseases. In order to do this, it was decided to create an algorithm capable of detecting and differentiating arrhythmias. The signals used to create the dataset were extracted from the "MIT-BIH Arrhythmia Database," and the open-source platform BITalino was used for signal acquisition. The ECG signal of 2 patients aged 21-23 years was taken, a low-pass filter with cutoff frequencies at 60Hz and a "Blackman" window were applied, and the R-R segment time was recorded for analysis. This allowed for the comparison and detection of variations in this interval, which led to the appearance of arrhythmias.

Index Terms—Filters, Arrhythmia, Electrocardiogram (ECG), Patterns, Depolarization.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte en todo el mundo, ocasionando la muerte de 17.9 millones de personas cada año [1]. Semejante es la situación en el Perú, ya que según lo investigado por el instituto nacional de estadística e informática (INEI), las enfermedades cardiovasculares son la segunda causa de mortalidad en el país [2]. Además, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) señala que alrededor del 16% de la población peruana mayor de 20 años experimenta algún tipo de complicación cardíaca [3].

Al mismo tiempo, un estudio realizado en el Hospital Dos de Mayo analizó la historia clínica de todos los pacientes que ingresaron por emergencias o de forma programada para alguna intervención diagnóstica y/o terapéutica al Servicio de Cardiología entre el 2016 y diciembre del 2017 [4]. Donde se encontró que las fallas cardíacas tenían una prevalencia del 51.57%, y, además, estaban en primer lugar por más de 25% de diferencia con las demás anomalías. Esto se puede observar en la Imagen N°1.

La falla o insuficiencia cardíaca (IC) se define como un síndrome que se produce cuando se da mayor frecuencia cardíaca o también con una fracción de eyección reducida. Para evaluar esto se utilizan diversos criterios; uno de ellos es por medio de ecografías o imágenes cardíacas. Su ventaja radica en que es un método fácil de emplear que ayuda a determinar la disfunción diastólica y la fracción de eyección. Sin embargo, la medición de los datos llegan a presentar mucha variabilidad por lo que se puede complementar con

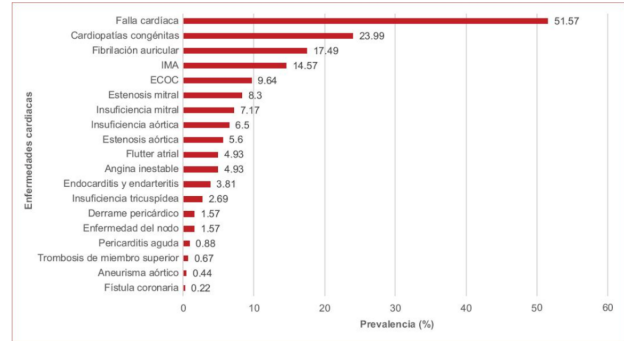


Fig. 1: Prevalencia de enfermedades cardíacas de pacientes del Servicio de Cardiología del Hospital Dos de Mayo [4]

otros criterios clínicos [5]. Entre las patologías cardíacas más comunes se encuentran las arritmias, las cuales se asocian a la insuficiencia cardíaca, pero no solo como una causa, sino también como una consecuencia. Esta bidireccionalidad se entiende cuando, por un lado, la IC genera aumento de la presión, trastornos en la conducción que más adelante pueden ocasionar una arritmia. Por otro lado, partiendo de la arritmia, esta provoca una disminución en el gasto cardíaco, un aumento de la frecuencia cardíaca y también una irregularidad en las contracciones lo cual origina una IC [6]. En Estados Unidos 1 de cada 50 americanos menores de 65 años es afectado por una arritmia; mientras que pasado los 65 años, esta relación se incrementa a 1 de cada 10 personas [7]. Las arritmias se definen como una condición en la que se presentan latidos irregulares o anormales (latidos cardíacos demasiados rápidos, lentos o con un ritmo irregular) que si persisten pueden llegar a poner en riesgo la vida, al promover taquicardias o hasta fibrilación ventricular. Para su diagnóstico la forma más rápida y efectiva de hacerlo es mediante un ECG (electrocardiograma). Este examen brinda un registro eléctrico del corazón, donde se van a distinguir distintas ondas de acuerdo a la despolarización cardíaca que se esté dando (complejo QRS) o también a la repolarización (onda T) [8]. A modo de ejemplo se muestra el siguiente gráfico Imagen N°2, el cual nos permite distinguir entre las ondas más comunes en el ECG clásico.

Los tipos de arritmias cardíacas más comunes se pueden dividir en dos grupos de acuerdo a su velocidad; taquicardias y bradicardias. Las taquicardias son los latidos rápidos del corazón, que incluyen la fibrilación auricular o ventricular, y también el aleteo auricular. En tanto, las bradicardias son los

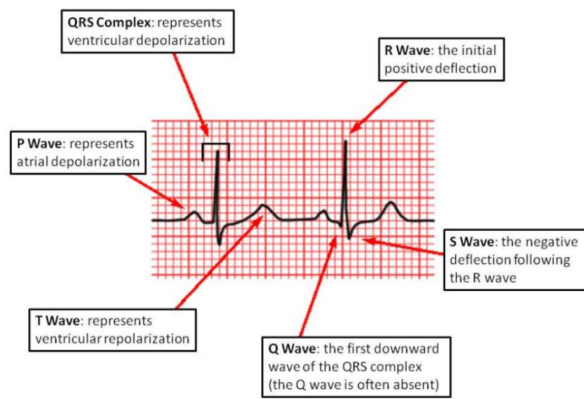


Fig. 2: Ondas del ECG y su interpretación [8]

latidos lentos del corazón, que pueden ser el síndrome del seno enfermo o un bloqueo en la conducción de las vías eléctricas del corazón [9].

II. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el Perú las enfermedades del corazón son la segunda causa de muerte con 20%, según el doctor David Gálvez Caballero, subgerente de Cardiología del Instituto Nacional Cardiovascular-INCOR [5]. Las arritmias son un tipo de trastorno del corazón y, aunque no todas las arritmias sean malignas, algunas son potencialmente peligrosas llegando a generar distintas complicaciones dependiendo de su tipo y nivel de gravedad [10]. Entre estas complicaciones, se encuentran el accidente cerebrovascular, la insuficiencia cardíaca, la muerte súbita, coágulos sanguíneos, entre otros. Asimismo, existen factores de riesgo muy variados que contribuyen a la propensión de sufrir arritmias, tales como la hipertensión, la enfermedad de la tiroides, el consumo excesivo de alcohol, cafeína o nicotina, el desequilibrio electrolítico, la apnea de sueño, diabetes, estrés elevado, etc. [11] [12]. Es por esto, que identificar patrones anómalos y distintivos en las señales de arritmias en el ECG sería una herramienta beneficiosa en la comprensión y caracterización de dichas alteraciones en el ritmo del corazón.

Según la OMS, la enfermedad y el ingreso hospitalario pueden provocar un deterioro en la calidad de vida de los pacientes, especialmente con enfermedades cardíacas [x]. Por ejemplo, se podrían presentar síntomas relacionados a las arritmias como dolor en el pecho, falta de aire, bradicardia, taquicardia o mareos, y esto podría interferir con la realización de actividades cotidianas o presentar limitaciones físicas o deportivas con el objetivo de evitar episodios arrítmicos [11]. Asimismo, como se ha mencionado anteriormente, el estrés es un factor influyente en el desarrollo de las arritmias. Según un estudio realizado en la Universidad técnica de Babahoyo por la licenciada Solange Sahona, las principales causas de las arritmias son el estrés, la sobrecarga o la falta de descanso. La presencia de estrés excesivo tiene un efecto negativo en el cuerpo, e incluso el consumo de drogas y el abuso de sustancias pueden aumentar el riesgo de arritmias cardíacas [14].

Del mismo modo, la arritmia cardíaca tiene un impacto

económico importante debido a los costos médicos que implican el diagnóstico, tratamiento y medicamentos, así como las hospitalizaciones, costos indirectos como el transporte a las consultas médicas, y también la pérdida de productividad laboral, entre otros. En un estudio realizado en Estados Unidos sobre la incidencia y prevalencia de la fibrilación auricular, se determinó que esta enfermedad tiene un impacto económico anual de más de 26 mil millones de dólares, principalmente debido a hospitalizaciones y costos relacionados con el tratamiento de complicaciones asociadas [15].

Por otra parte, las arritmias pueden presentarse también en personas jóvenes. Si bien es cierto que no existe una prevalencia más alta que en las personas adultas, el estudio relacionado a esta población es importante ya que contribuye con la identificación temprana de la arritmia. Asimismo, estudiar arritmias en jóvenes ayudaría en la detección de trastornos hereditarios, ya que algunas arritmias pueden tener un componente genético. Un tipo de arritmias que tiende a generar un efecto hereditario es la canalopatía arritmo-genéticas. Se generan mutaciones en genes que codifican canales iónicos cardíacos o en proteínas que codifican/regulan estos canales. La muerte súbita cardíaca (muerte natural o inesperada de causa cardíaca) que representa del 15 al 20% de muertes en países industrializados se divide en pacientes que presentan una enfermedad estructural y los que no la presentan. El 50% de pacientes que padecen muerte súbita cardíaca y no presentan alguna enfermedad estructural, son positivos para un síndrome de arritmia hereditaria [16]. Es por ello, que el estudio de arritmias en personas jóvenes permite identificar casos de mayor riesgo y tomar medidas preventivas, como la prescripción de medicamentos o la colocación de dispositivos de estimulación cardíaca, o también para mejorar la calidad de vida del paciente y evitar los síntomas que esta puede causar [17].

Del mismo modo, las arritmias en los jóvenes pueden tener diferentes causas y factores desencadenantes. Algunas de estas incluyen los problemas estructurales del corazón, como el nacimiento con anomalías cardíacas que predisponen a la aparición de arritmias, el consumo de drogas o estimulantes, enfermedades cardíacas congénitas (como la taquicardia supraventricular o el síndrome del QT largo) que predisponen a la aparición de arritmias, el uso de medicamentos (como depresivos o para el asma como citalopram o corticoides inhalados [18]), la actividad física extenuante e inhalación de humo de cigarrillo. Este último produce efectos transitorios en el aparato cardiovascular de los individuos sanos. A su vez, podría incluir el aumento de la presión arterial y la frecuencia cardíaca, los cuales podrían ser causados por el consumo de la nicotina y su estimulación en el sistema nervioso simpático. Además, el humo del cigarro genera un incremento en los ácidos grasos del plasma y esto podría ser una causa de arritmias debido a las interferencias que se producen en los cambios metabólicos [19]. Asimismo, otros productos de tabaco como los cigarrillos electrónicos o el uso de marihuana provocan un aumento en la presión arterial como también una susceptibilidad significativa de presentar taquicardias o fibrilación auricular, debido a que la exposición al humo genera una mayor inervación nerviosa como también una disminución

en la densidad de los microvasos [20]. Especialmente, los cigarrillos electrónicos han ganado popularidad en los últimos años, los cuales se vuelven adictivos por la nicotina y por la variedad de sabores y presentaciones que tienen [21] [22]. Adicionalmente, según el MINSA, la cultura tabaquista está bastante normalizada en el Perú, ya que en el 2019 se encontró que los jóvenes comienzan a consumir tabaco a partir de los 15 años de manera recreativa [23].

Por último, cabe resaltar que la alimentación y el estilo de vida tienen una relación estrecha con las arritmias, puesto que el sobrepeso y la obesidad son factores que influyen en el desarrollo de la enfermedad. Esta condición puede modificar la estructura del corazón y a su vez causar otros factores de riesgo de las arritmias como la hipertensión y la diabetes [24]. Según un estudio realizado por Sharon Levy, MPH Harvard Medical School en el 2022, la obesidad en los jóvenes y adolescentes es dos veces más común de lo que era hace treinta años [25].

III. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

De acuerdo a la problemática y las consideraciones del caso presentado, se optó por el desarrollo de un algoritmo capaz de predecir posibles arritmias en la señal cardíaca. Para una mejor explicación se divide el proceso en etapas.

Etapas 1. Adquisición y tratamiento de los datos obtenidos del dataset

En la primera etapa se escogió el Dataset “MIT-BIH Arrhythmia Database”, el cual contiene información de más de 100000 señales complejas de ECG en pacientes con arritmias cardíacas. El dataset escogido fue creado por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) y el Hospital Beth Israel en Boston [26].

Una vez se obtuvieron los datos requeridos, se segmentan las muestras. Los criterios elegidos son el sexo y la edad. El Dataset presenta información de pacientes hombres de 32 a 89 años y mujeres de 23 a 89 años. El primer requisito es el sexo, el cual se escogió que sea femenino y el segundo requisito es la edad. La elección de la edad se realizó tomando en cuenta la disponibilidad de los pacientes sanos que serán analizados como señales comparativas. Las pacientes sanas analizadas fueron mujeres entre 22-24 años.

Inicialmente se obtuvieron mediciones de 47 personas en el Dataset, de las cuales 22 son mujeres. Las que cumplen con los requisitos planteados (sexo y edad) son:

- a) Registro 208 (MLII, V1; mujer, 23 años)
- b) Registro 106 (MLII, V1; mujer, 24 años)
- c) Registro 113 (MLII, V1; mujer, 24 años) [27]

Si bien hay 3 pacientes que cumplen los requisitos, como se ha mencionado (mujer de 22 o 23 años), solo se tomaron en cuenta 2 de ellas: el registro 208 y el registro 106. No se utilizó la información del registro 113 puesto que se ha tratado de encontrar una anomalía en común (que en este caso es el pareado ventricular), y esto solo se presenta en los 2 primeros registros.

En la etapa de tratamiento de la señal se utilizó el lenguaje de



Fig. 3: Recolección de datos con el kit Bitalino

programación Python. Se realizó el filtrado correspondiente de las dos señales obtenidas. Para ello, se realizó un filtro digital pasa bajo con ventana Blackman, el cual garantiza una correcta atenuación del ruido de la muestra. La frecuencia de corte utilizada fue de 40 Hz. Como un último paso del pre-procesamiento se segmentó la señal usando una ventana Wavelet, la cual nos permitió limitar la señal en un periodo de tiempo, y adecuar la señal en este recuadro generado (sin usar límites en el plot).

Etapas 2. Recolección de datos con bitalino y tratamiento de la señal

Una vez se generó el dataset con las pacientes que presentan la patología a analizar, se procedió con la recolección de los datos de las pacientes control que se encuentran en buen estado de salud. El grupo control fueron 2 mujeres de 22 y 23 años sin ninguna patología cardíaca, pertenecientes a la carrera de Ingeniería Biomédica del convenio PUCP-UPCH (Lima, Perú). En la recolección de los datos se hizo uso del Bitalino y el software OpenSignals dentro de la Universidad Peruana Cayetano Heredia con la supervisión y los cuidados correspondientes.

La etapa del tratamiento de la señal es similar al grupo de pacientes que padecen Arritmia. Se determinó la frecuencia de corte para el diseño del filtro digital con ventana Blackman, la cual se determinó en 35 Hz. Se procedió con la segmentación de la señal utilizando ventana Wavelet y de esta manera se visualizó una mejor comparación entre ambos grupos de señales.

Etapas 3. Creación del modelo a partir de los datos recolectados y tratados

La última etapa consiste en la creación del modelo a partir de los datos recolectados y tratados. Para identificar el posible desarrollo de arritmias en las ondas cardíacas se identificó una variación de la señal cardíaca entre la onda P y el pico Q. Esta identificación parte de procesos de umbralización para el Segmento P-Q. Además, se identificaron los picos R para poder determinar una alteración de la frecuencia cardíaca que

vendría a ser un indicador de arritmias. En ambos métodos se utilizó un threshold para tener una guía de valores normales. El proceso completo de la creación del modelo a partir de los datos recolectados y preprocesados es un paso importante para el reconocimiento de arritmias cardiacas.

La literatura explica que reconocer el pico R y delimitar la existencia de una anomalía en el segmento P-Q podría generar una noción de cuál es la condición actual de la señal. Sin embargo, aplicar un proceso de umbralización requiere de una secuencia de instrucciones que ya han sido documentadas por Tompkins. W (1993), quien indica que la umbralización permite delimitar cambios de estado de la señal que pueden ser significativos. Por ejemplo, el análisis de un umbral para el segmento P-Q significa que, después de hallar el punto de inicio de la onda P no es normal encontrar una señal negativa antes de que inicie el segmento Q. Si ocurre este evento, se puede considerar que existe una anomalía en el evento de la despolarización del corazón. Por otro lado, encontrar los picos R se realizan por algoritmos que incluyen la derivación de la señal para relacionar los cambios abruptos con la identificación de la elevación de la onda en el complejo QRS. Este procedimiento se puede realizar gracias a técnicas como la transformada de la derivada, propuesta también por Tompkins.W [28].

Consideraciones en los equipos de medición En este documento se propone realizar una comparación entre señales adquiridas por un electrocardiógrafo convencional de dos entradas de carácter comercial el cual se encuentra en las instalaciones del hospital Beth Israel en Boston; mientras que las señales recogidas por el equipo de trabajo se realizan mediante el BITalino. Por ello, es necesario realizar una breve descripción comparativa entre las principales características de adquisición de datos de cada uno de los sistemas. En primer lugar, para el dispositivo del hospital se relata la adquisición a 360 muestras por segundo por canal con una resolución de 11 bits en un rango de 10 mV. Por contraparte, el BITalino trabaja con frecuencias de muestreo de 1000 muestras por segundo por canal con una resolución que varía entre los 10,12 y 16 bits dependiendo del canal por el cual se toman los datos. Para el canal de ECG se trabaja con 10 bits en rango de 10 mV.

IV. RESULTADOS

Los primeros resultados observados son de las 4 señales en el dominio del tiempo. Nos referiremos a las 4 señales como: Paciente 106, Paciente 208 → Señales de los pacientes con Arritmia. Database AndreaZ, AndreaL → Señales de los pacientes sanos. BITalino

Para un mejor análisis, se limitó la señal de los pacientes con arritmia en el periodo en el cuál se presentó el pareado ventricular; para el análisis solo se visualizará la derivación MLII. En el caso de los pacientes sanos, se limitó la señal solo para poder ser mostrada de mejor manera(Figura 4).

Discusión: La señal de la paciente AndreaL es la que presentó mayor cantidad de ruido. Al momento de registrar la señal por el BITalino se presentaron interferencias tales como el movimiento de la paciente.

Para determinar si las señales contienen ruido se necesita observar la señal en el dominio de la frecuencia mediante la

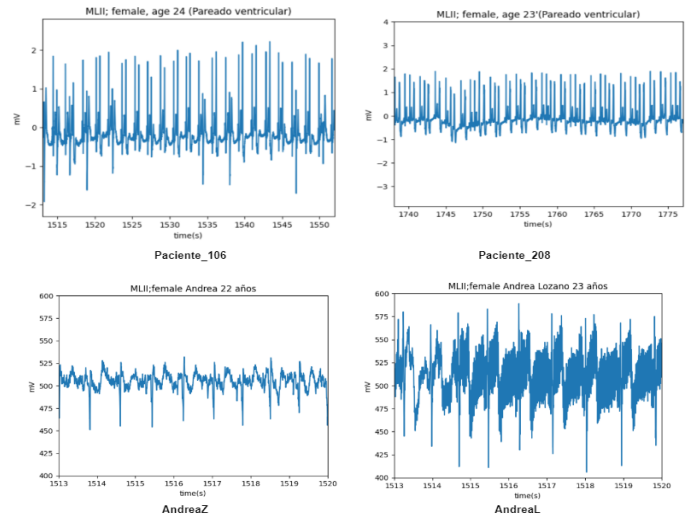


Fig. 4: Visualización de onda ECG para: superior izquierda- Paciente 106, superior derecha- Paciente 208, inferior izquierda- AndreaZ, inferior derecha- AndreaL

transformada de Fourier. Este cambio de dominio presenta información que a simple vista no se puede observar en el dominio del tiempo (Figura 5). Una vez reconocidas las frecuencias de interés se procederá a filtrarlas.

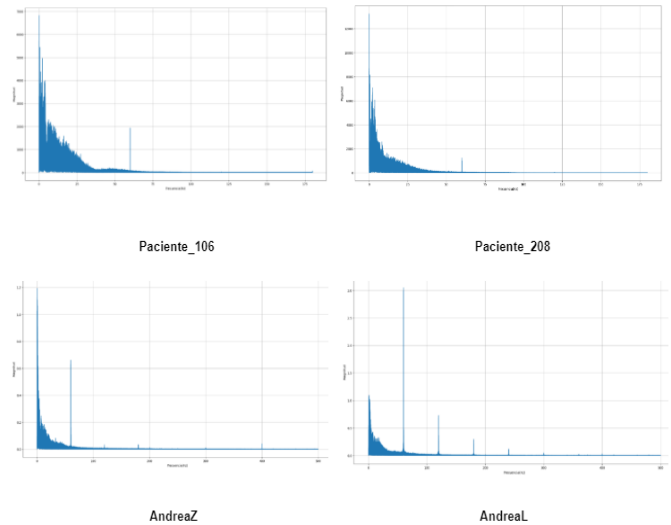


Fig. 5: Tranformada de Fourier para la onda de ECG en: superior izquierda-Paciente 106, superior derecha- Paciente 208, inferior izquierda- AndreaZ, inferior derecha- AndreaL

Discusión: Se comprobó la mayor cantidad de ruido en la paciente Andrea Lozano (AndreaL), esta vez en el dominio de la frecuencia. Se observó que el pico de ruido en 60 Hz supera en amplitud al pico de interés. Además, se comprueba la existencia de ruido armónico en las señales registradas por el BITalino (60Hz, 120Hz, 180Hz), a diferencia de las señales del database en la cuál solo se presencia ruido en 60Hz.

Como se estableció en metodología se aplica un filtro digital (FIR “low pass”) con ventana Blackman. Utilizando las frecuencias de corte ya mencionadas 40 Hz y 35 Hz respectiva-

mente para cada grupo, se obtuvieron los siguientes resultados de las señales ya filtradas. Aclaración: Los resultados son mostrados en el dominio del tiempo(Figura 6).

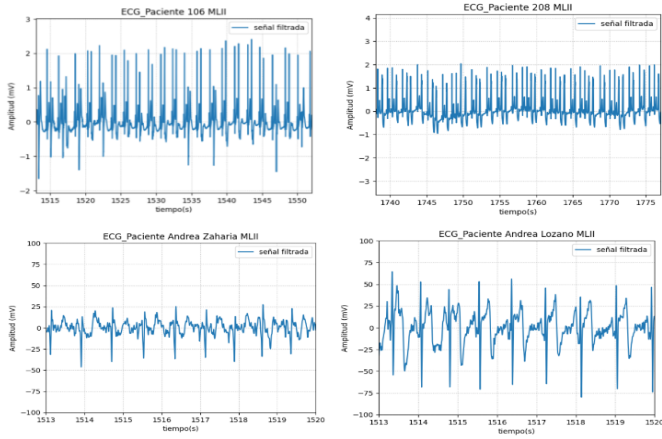


Fig. 6: Señales filtradas para la onda de ECG en: superior izquierda-Paciente 106, superior derecha- Paciente 208, inferior izquierda- AndreaZ, inferior derecha- AndreaL

El pre-procesamiento termina con la segmentación de las señales usando una ventana Wavelet que limita la señal en un periodo de tiempo establecido por el codificador. Además, de adecuar la señal a este recuadro de tiempo. La segmentación es importante para visualizar de mejor manera la periodicidad de la señal y los picos/ondas(Figura 7).

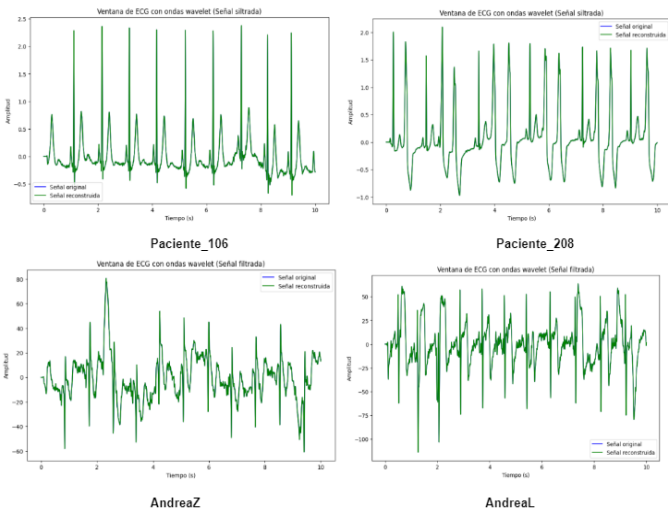


Fig. 7: Aplicación Transformada de onda Wavelet en señal de ECG para : superior izquierda-Paciente 106, superior derecha- Paciente 208, inferior izquierda- AndreaZ, inferior derecha- AndreaL

Discusión: La razón de la aplicación de la Transformada de la onda Wavelet es para evaluar y segmentar, si se considera necesario, la señal sin manipular la forma de visualización del plot por código. Además, se observa la delimitación y mejor identificación de los puntos característicos en las ondas de ECG para las pacientes.

De acuerdo a los resultados de la identificación de la onda P y la estimación de alteraciones (arritmias) en el ECG, se realiza el algoritmo de umbralización el cual requiere, con antelación identificar las picos R. Gracias a la librería de wfdb, utilizada de manera amplia para el análisis de muestras de ECG en bases de datos como Physionet, se puede entregar la señal y devolver como tipo array los tiempos en los cuales se encuentran los picos R. Esto es posible gracias a la función de anotaciones que contiene la librería para la extracción de características fundamentales como la frecuencia cardiaca, frecuencia de toma de muestras, entre otros(Figura 8).

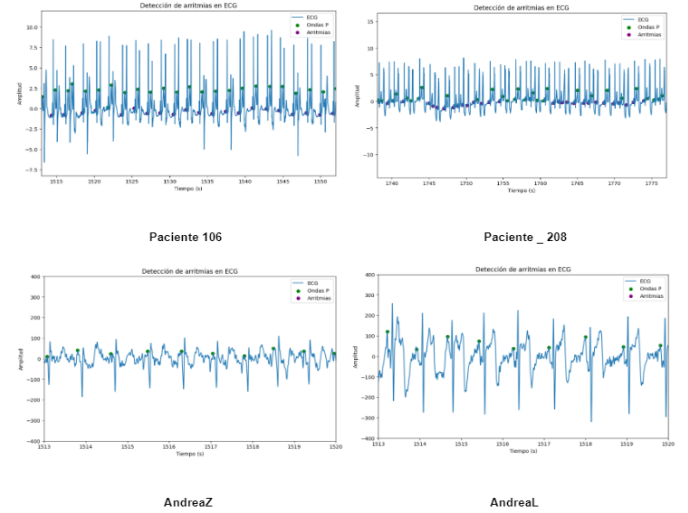


Fig. 8: Identificación de la onda P(Verde) y arritmias entre segmento P-Q (Morado) para : superior izquierda-Paciente 106, superior derecha- Paciente 208, inferior izquierda- AndreaZ, inferior derecha- AndreaL

Discusión: Como se evidencian en las señales, para las pacientes de la base de datos con alteraciones (arritmias) se reconocen tiempos entre la identificación de la onda P y la siguiente secuencia, que hay una aparición de irregularidad (punto morado). Esto sucede gracias al valor de umbralización que se delimitó para encontrar valores entre la onda P y la onda Q que sean mayores a 0.1 después de la normalización de la señal (solo realizado en el algoritmo). Por otro lado, para las pacientes sanas no se observó dichas alteraciones.

Como último paso se realizó el algoritmo de la transformada de la derivada, el cual, como se indicó líneas arriba, es un procedimiento parcial del algoritmo de Pan-Tompkins para el realce e identificación exitosa de picos R en la señal del ECG. La razón de ello, es identificar todos sus tiempos y poder, posteriormente calcular la frecuencia cardiaca por la diferencia entre segmentos R-R(Figura 9). Esto ayudará a generar una umbralización para estimar diferencias de tiempo entre segmentos mayores a 0.9 segundos (antes del primer segundo) y evidenciar alteraciones en la periodicidad de la onda (posible arritmia)(Figura 10).

V. CONCLUSIONES

En primer lugar, el estudio de los patrones rítmicos en la población joven es relevante en el ámbito académico y clínico.

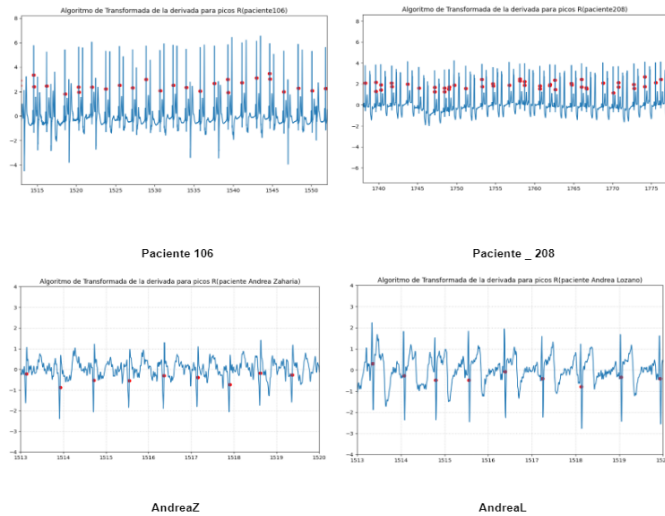


Fig. 9: Aplicación de algoritmo de Transformada de la Derivada en onda de ECG para : superior izquierda-Paciente 106, superior derecha- Paciente 208, inferior izquierda- AndreaZ, inferior derecha- AndreaL

```
#Es importante resaltar que la aplicación del algoritmo de la transformada de la derivada también puede complementarse con el algoritmo
#De Pan-Tompkins que incluye los pasos de elevación al cuadrado de la señal y filtración con pasabajas posterior.

#Se puede detectar la diferencia de tiempos entre los cuales se realiza la aparición de los picos R para estimar alteraciones
#de la frecuencia cardíaca
rr_intervals = np.diff(r_peaks_indices) / fs3 # Diferencia entre los tiempos de picos R consecutivos, convertidos a segundos

# Identificar arritmias basadas en los intervalos RR
arrhythmias = []

# Ejemplo: detectar arritmia si hay una diferencia de más de 0.9 segundos
rr_threshold = 0.9 # Umbral de diferencia entre intervalos RR

for i in range(1, len(rr_intervals)):
    diff_ratio = abs(rr_intervals[i] - rr_intervals[i-1]) / rr_intervals[i-1]
    if diff_ratio > rr_threshold:
        arrhythmias.append(i)

# Imprimir los índices de las muestras con arritmias
print("Muestras con arritmias:", arrhythmias)
```

Fig. 10: Código de umbralización para identificación de arritmias en onda de ECG para: superior izquierda-Paciente 106, superior derecha- Paciente 208, inferior izquierda- AndreaZ, inferior derecha- AndreaL

Aunque las arritmias suelen presentarse con menor frecuencia en este grupo, su importancia no debe subestimarse debido a las posibles complicaciones, incluyendo la insuficiencia cardíaca. Por lo tanto, la investigación de las arritmias en la población joven contribuye a una mejor comprensión de los factores de riesgo y las causas subyacentes.

Además, debido a restricciones éticas del curso y la universidad, las mediciones utilizando el dispositivo Bitalino se limitaron a los integrantes del equipo de investigación, lo que resultó en una muestra reducida en la base de datos utilizada. Si se pudiera obtener una muestra más amplia de jóvenes, se podría ampliar el rango de edad y obtener información adicional para un análisis más completo.

Por último, teniendo en cuenta las limitaciones mencionadas anteriormente y la falta de una base de datos más extensa para realizar un análisis con un número mayor de muestras, se plantea como una posibilidad a futuro realizar un segmentamiento de la señal en intervalos más pequeños. Esto permitiría analizar distintos periodos de la onda y aplicar técnicas

de aprendizaje profundo (deep learning) con la finalidad de obtener conclusiones más precisas y sólidas en investigaciones posteriores.

REFERENCES

- [1] "Cardiovascular diseases," Who.int, Jun. 11, 2019. [Online]. Available: https://www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases#tab=tab_1. [Accessed: June 10, 2023].
- [2] "Heart diseases are the second cause of death in Peru - Essalud," Essalud, 2022. <http://noticias.essalud.gob.pe/?inno-noticia=enfermedades-al-corazon-son-la-second-cause-of-death-in-peru> (accessed Jul. 04, 2023).
- [3] Anglo American Clinic. (2021, March 12). Cardiovascular Diseases: the third cause of death in the country - Anglo American Clinic. Retrieved March 30, 2023, from Clínica Anglo Americana website: <https://clinicaangloamericana.pe/enfermedades-cardiovasculares-la-tercera-cause-de-muerte-e>
- [4] Chamberg-Michilot, D., Velit-Rios, B., Cueva-Parra, A. (2020). Prevalence of cardiovascular diseases in the Dos de Mayo National Hospital of Peru. Mexican Journal of Angiology, 48(3). <https://doi.org/10.24875/rma.20000012n-el-pais/>
- [5] A. Groenewegen, F.H. Rutten, Arend Mosterd, and A.W. Hoes, "Epidemiology of heart failure," vol. 22, no. 8, p. 1342–1356, Jun. 2020, doi: <https://doi.org/10.1002/ejhf.1858>.
- [6] G. Tortajada, Walter Reyes Caorsi, and G. Varela, "Atrial Fibrillation and Heart Failure," Dec. 2017, doi: <https://doi.org/10.29277/ruc/32.3.14>.
- [7] "Home - Arrhythmia Alliance," Heartrhythmalliance.org, 2023. [Online]. Available: <https://heartrhythmalliance.org/aa/cz/arrhythmia-facts-and-statistics-what-you-need-to-know>: :text=In%20one%20study%2C%20ventricular%20arrhythmias,coronary%20artery%20disease%20(CAD).. [Accessed: Jun. 10, 2023]
- [8] "ECG interpretation: Characteristics of the normal ECG (P-wave, QRS complex, ST segment, T-wave)," ECG ECHO, Feb. 28, 2023. [Online]. Available: <https://ecgwaves.com/topic/ecg-normal-p-wave-qrs-complex-st-segment-t-wave-j-point/>: :text=ECG%20 interpretation%20 includes%20an%20 assessment,waves%20and%20intervals%20is%20given.. [Accessed: June 10, 2023]
- [9] "Cardiac Arrhythmia - Symptoms and Causes - Mayo Clinic," Mayo Clinic, 2023. [Online]. Available: <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/heart-arrhythmia/symptoms-causes/syc-20350668>. [Accessed: June 10, 2023]
- [10] C. García, "Heart rhythm disorders: electrophysiology, benign arrhythmias," Medwave.cl, Aug. 2009. <https://www.medwave.cl/puestadia/aps/4077.html> (accessed Jun. 10, 2023).
- [11] "Heart Arrhythmia - Symptoms and Causes - Mayo Clinic," Mayoclinic.org, 2023. <https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/heart-arrhythmia/symptoms-causes/syc-20350668> (accessed June 10, 2023).
- [12] "Cardiac Arrhythmia," Middlesex Health, 2023. <https://middlesexhealth.org/learning-center/english/diseases-and-conditions/cardiac-arrythmia> (accessed Jun. 10, 2023).
- [13] "Health-related quality of life in patients with ventricular arrhythmia a measurement with the horn, in two moments". National University Repository. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/76220/JeffersonVanegasRueda.2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed July 7, 2023).
- [14] Sahona Jacome, S.L. (2021). Treatment of the effects of acute stress in a 42-year-old patient diagnosed with cardiac arrhythmia in the canton of Ventanas [PhD thesis, Technical University of Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/10019>
- [15] Colilla S, et al. Estimates of current and future incidence and prevalence of atrial fibrillation in the U.S. adult population. Am J Cardiol. 2013
- [16] Hernández, A., Baltazar, E. (2023). Ionic channels: A vision from the disease. (Original work published in 2023)
- [17] "Method for early detection of cardiac arrhythmias I international meeting of engineering education". <https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/162> (accessed July 7, 2023).

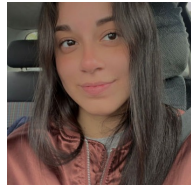
- [18] "The most prescribed antidepressants and how they work | NIH MedlinePlus Magazine," NIH MedlinePlus Magazine, 2020. [Online]. Available: <https://magazine.medlineplus.gov/es/art%C3%ADculo/los-antidepresivos-mas-recetados-y-como-actuan>. [Accessed: June 14, 2023]
- [19] "Medicine Magazine". Google Books. https://books.google.es/books?hl=es&lr=amp;id=duEL8D5yOccCamp;oi=fnd&pg=PA47&dq=arritmias+en+jovenes&ots=_qxIDDpCNE&sig=KfjXVyk45ifdopq2C8bdTl8_zxcv=onepage&q&f=false (accessed July 4, 2023).
- [20] H. Qiu et al., "Increased vulnerability to atrial and ventricular arrhythmias caused by different types of inhaled tobacco or marijuana products," vol. 20, no. 1, p. 76–86, Nov. 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2022.09.021>. [On-line]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1547527122024869>. [Accessed: June 14, 2023]
- [21] CDC, "Fast Facts on the Risks of E-Cigarettes for Children, Teens, and Young Adults," Centers for Disease Control and Prevention, Nov. 17, 2022. https://www.cdc.gov/tobacco/basic_information/e-cigarettes/spanish/los-riesgos-de-los-cigarillos-electronicos-para-jovenes.html (accessed Jul. 04, 2023).
- [22] "Teen Vaping: What You Need to Know - Child Mind Institute," Child Mind Institute, May 03, 2023. <https://childmind.org/en/article/vaporizers-and-teens-what-you-need-to-know/:text=%C2%BFPor%20what%C3%A9%20%20teenagers+vape,less%20harmful%20than%20%20cigarettes> (accessed Jul. 04, 2023).
- [23] "The cultural evolution of tobacco in the traditions «Tabaco para el rey» and «La cajetilla de cigarros» | El Palma de la Juventud". Portal of academic journals. https://revistas.urp.edu.pe/index.php/El_Palma_de_la_Juventud/article/view/4853/6358: :text=En%20el%20Perú,%20el%20Minsa,año%20(Minsa,%202021) (accessed July 7, 2023).
- [24] Ide Consultora and Ide Consultora, "Obesity and arrhythmias," Centro Integral de Arritmias Tucumán, Jun. 10, 2019. <https://ciat.com.ar/obesidad-arritmias/> (accessed Jun. 10, 2023).
- [25] S. Levy, "Adolescent Obesity," MSD Manual General Public Version, Jul. 06, 2022. <https://www.msmanuals.com/en/home/child-health/loss-problems-adolescents/obesity-in-adolescents> (accessed Jun. 10, 2023).
- [26] G. Moody and R. Mark, "MIT-BIH Arrhythmia Database," MIT-BIH Arrhythmia Database v1.0.0, 24-Feb-2005. [On-line]. Available: <https://www.physionet.org/content/mitdb/1.0.0/>. [Accessed: 09-May-2023]
- [27] "MIT-BIH Arrhythmia Database Directory (Records)". PhysioNet. <https://www.physionet.org/files/mitdb/1.0.0/mitdbdir/records.htm> (accessed July 7, 2023).
- [28] J. Gonzales Baraja, C. Velandia Cardenas, and J. Nieto Camacho, Algoritmos para REALCE de la Onda R del Electrocardiograma1 - Usta, 2016. [Online]. Available: https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/23941/capitulo7_algoritmospararealce2016javierngonzalez.pdf?sequence=1. [Accessed: 07-Jul-2023]



Harold Angeles Estudiante de 9no ciclo de la carrera de Ingeniería Biomédica del convenio PUCP-UPCH, con tendencia a la concentración de Ingeniería de Tejidos y Biomateriales. Actualmente se encuentra participando en proyectos de inteligencia artificial con proteínas repetidas y en el desarrollo tecnológico de una cámara hiperbárica para tratamiento de células.



Andrea Zaharia Estudiante de octavo ciclo de la carrera de Ingeniería Biomédica del Convenio de la Pontificia Universidad Católica del Perú y la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Interesada en el campo de la ingeniería clínica y la investigación en el área de tejidos y biomateriales.



Vanessa Diaz Estudiante de la carrera de Ingeniería Biomédica del Convenio de la Pontificia Universidad Católica del Perú y la Universidad Peruana Cayetano Heredia. Curso mi octavo ciclo y deseo especializarse en las ramas de Biomecánica y Rehabilitación e Ingeniería clínica. Especialmente en esta última, mi objetivo es encargarme de la venta e instalación de nuevos equipos médicos.



Renzo Córdova Alumno de 7mo-8vo ciclo de la carrera de Ingeniería Biomédica. Área de interés en Ingeniería de tejidos y Biomateriales; particularmente en la generación de "scaffolds" para la regeneración de tejidos/órganos dañados. Considero tener habilidades analíticas y críticas al momento de trabajar en equipo.



Andrea Lozano Lo que más me interesa de la ingeniería biomédica es la posibilidad de ayudar a los pacientes y sus familiares mediante mi interacción con la tecnología, ya sea sobre el diseño o en operaciones diarias. La rama a la que me quiero dedicar es ingeniería clínica, ya que no solo quiero trabajar con los equipos médicos, sino también interactuar con los pacientes y sus necesidades.



Gonzalo García Estudiante de ingeniería biomédica de 7mo ciclo con interés de especialización en la ingeniería de señales e imágenes. Actualmente se encuentra desarrollando un blanco para pulverización catódica en base a hidroxipatita.