

## Sistema electrónico de medición de bajo costo de señales ECG a través de internet.

**Jesús Martín Nieblas Manríquez<sup>1</sup>**

[martin.nieblas12@gmail.com](mailto:martin.nieblas12@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0003-1958-291X>

Instituto Tecnológico de Sonora

País: México

**Daniel Enrique Espinoza Sotelo**

[Daniel.ees@live.com](mailto:Daniel.ees@live.com)

<https://orcid.org/0009-0001-1101-1114>

CBTA 132

País: México

**Yann Kevin Sigríst Herrera**

[ykevinsh@gmail.com](mailto:ykevinsh@gmail.com)

<https://orcid.org/0009-0005-8547-9173>

Softtek

País: México

### RESUMEN

En cuanto a la electrocardiografía, sus principios se remontan al siglo XX, cuando Willem Einthoven presentó el electrocardiógrafo de cuerda. En 1905, Einthoven realizó la primera transmisión de señales del corazón desde un hospital a un laboratorio a 1,5 km de distancia. Esto se logró conectando electrodos de inmersión directamente a un galvanómetro ubicado en el laboratorio, a través de una conexión telefónica. En este sentido, se realizó un prototipo de bajo costo y de fácil acceso a personas de escasos recursos y que pudieran tener afectaciones del corazón, no obstante, ya que se hizo una investigación de los componentes utilizados y se pusieron a prueba, se determinó que no cumplen con los requerimientos mínimos para la obtención, adecuación y transmisión de los datos a través de internet de una forma confiable para el usuario. Sin embargo, es importante seguir investigando y analizando posibilidades de equipos que puedan ser de relevancia para personas en situación vulnerable.

**Palabras clave:** *electrocardiografía; dispositivo electrónico; medición a través de internet; Arduino, ESP8266; AD8232; voltaje.*

---

<sup>1</sup> Autor principal.

## **Low-cost electronic system for measuring ECG signals over the Internet.**

### **ABSTRACT**

Regarding electrocardiography, its principles date back to the 20th century when Willem Einthoven introduced the string electrocardiograph. In 1905, Einthoven achieved the first transmission of heart signals from a hospital to a laboratory located 1.5 km away. This was accomplished by directly connecting immersion electrodes to a galvanometer in the laboratory through a telephone connection. In this sense, a low-cost prototype was made that is easily accessible to people with limited resources and who may have heart conditions; however, since the components used were investigated and tested, it was determined that they do not meet the minimum requirements for obtaining, adapting and transmitting data through the Internet in a reliable way for the user. However, it is important to continue researching and analyzing the possibilities of equipment that could be relevant for people in vulnerable situations.

**Keywords:** *Electrocardiography; electronic device, measurement via the internet; arduino; AD8232;ESP8266;voltaje.*

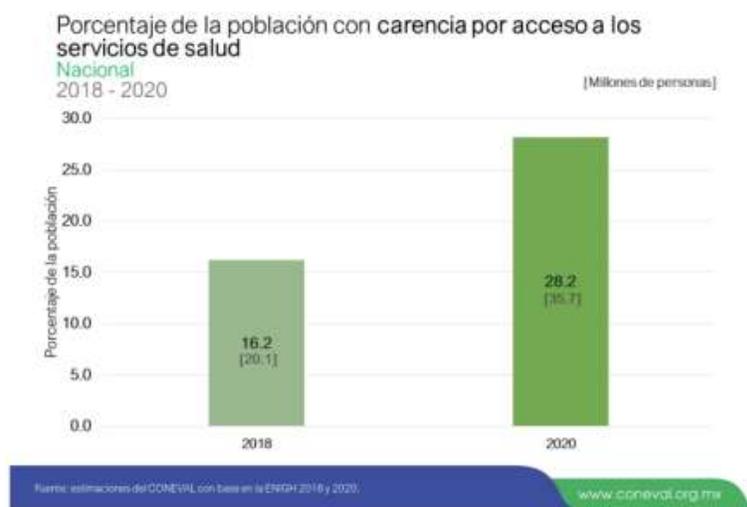
*Artículo recibido 05 Mayo 2023*

*Aceptado para publicación: 05 Junio 2023*

## INTRODUCCIÓN

La principal causa de muerte en México son las enfermedades cardíacas (INEGI 2020), este problema es debido a que gran parte de la población no cuenta con acceso a los sistemas básicos de salud por cuestiones relacionadas con la pobreza, según cifras del Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (CONEVAL). Los resultados de la medición multidimensional de la pobreza muestran que en 2020 el aumento en el porcentaje de la población sin acceso a los servicios de salud se dio principalmente en la población de menores ingresos. Al explorar la carencia de acuerdo con el ingreso corriente total per cápita, se observa que, entre 2018 y 2020, el mayor aumento en la incidencia de la carencia por acceso a los servicios de salud se dio en el 20.0% de la población con menores ingresos (CONEVAL 2020).

Adicionalmente, el aumento en la carencia por acceso a los servicios de salud afectó en mayor medida a la población en situación de pobreza extrema: el porcentaje de este grupo que tiene carencia por acceso a los servicios de salud pasó de 25.6% en 2018 a 57.3% en 2020” (CONEVAL 2020).



**Figura 1.** personas sin acceso a servicios de salud de 2018 a 2022. Recuperado de: [\[https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/MMP\\_2018\\_2020/Notas\\_pobreza\\_2020/Nota\\_tecnica\\_sobre\\_la\\_carencia\\_por\\_acceso\\_a\\_los\\_servicios\\_de\\_salud\\_2018\\_2020.pdf\]](https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Documents/MMP_2018_2020/Notas_pobreza_2020/Nota_tecnica_sobre_la_carencia_por_acceso_a_los_servicios_de_salud_2018_2020.pdf)

Una detección temprana de enfermedades ante cualquier síntoma es de vital importancia para evitar o prevenir complicaciones que podrían causar la muerte. Las enfermedades cardiovasculares son de gran relevancia debido al ritmo acelerado que se vive diariamente y la falta de conocimiento al no estar

conscientes de lo que le pasa a nuestro cuerpo pasando por alto cualquier síntoma que podría significar un riesgo para la salud, aunado a la saturación de los centros de salud, lo que no permite el monitoreo periódico del estado del paciente (Luevano, 2021).

Las señales fisiológicas son toda respuesta a nivel físico que tiene el organismo ante un estímulo, aquí se incluyen cambios en la temperatura, frecuencia cardíaca, ritmo respiratorio, sudoración, tensión muscular y ondas cerebrales; se obtienen de dos formas: algunas de ellas se obtienen de forma pasiva, puesto que no se requiere de energía externa (estímulo) para producir las señales que representan la información deseada. Dichas medidas incluyen los potenciales bioeléctricos como el electroencefalograma, electrocardiograma y electromiograma (Aguilar, 2021).

Una señal es un medio de transmisión de información, cuya adquisición permite obtener información sobre la fuente que la generó. En el caso de las bioseñales, las fuentes son los diferentes sistemas fisiológicos del organismo. La captación de las bioseñales permite al médico extraer información sobre el funcionamiento de los diferentes órganos para poder emitir un diagnóstico.

#### Electrocardiograma

El corazón está compuesto por tejido de fibra muscular llamado miocardio, que es responsable de la contracción del corazón. La frecuencia de los potenciales de acción generados por el nodo sinusal es de 1Hz (1 latido por segundo) y se propaga a las aurículas para hacer que se contraigan. Estos potenciales también se propagan a los ventrículos a través de la vía intermodal, hasta que llegan al nodo aurículoventricular (A-V), ahí las aurículas se contraen, permitiendo que la sangre pase a los ventrículos, proceso que se denomina sístole auricular. En la etapa final, cuando el potencial de acción se transmite al haz de His, provoca la contracción ventricular, que se divide en dos ramas por la pared del septum y por la fibra de Purkinje conectadas a estas y a la fibra muscular del miocardio.

Un electrocardiograma o ECG es una prueba no invasiva para registrar la actividad eléctrica del corazón. Con este estudio es posible averiguar más sobre el ritmo cardíaco, el tamaño y funcionamiento de las cavidades del corazón y el músculo cardíaco. El electrocardiograma de una persona sana presenta un trazo particular. Cuando se producen cambios en ese trazo, el médico puede determinar si existe una afección.

El electrocardiograma es llevado a cabo a partir de unos electrodos (conductores eléctricos) aplicados en la superficie de la piel, habitualmente en los brazos y piernas (derivaciones de las extremidades) y seis en el tórax, derivaciones torácicas. Dentro del corazón minúsculos impulsos eléctricos controlan la función del corazón de expansión y contracción del músculo cardíaco para bombear la sangre al cuerpo. Los electrodos colocados sobre la piel pueden detectar estos impulsos y transmitirlos al electrocardiógrafo por medio de cables. Acto seguido, un electrocardiógrafo que incluye una aguja que se mueve arriba y abajo a lo largo de una extensa tira de papel que atraviesa el aparato a un ritmo constante convierte estos impulsos en puntas y depresiones (trazo). Cada ciclo cardíaco o latido se registra como una serie concreta de puntas y depresiones (Aguilar, 2021).

### **Actualidad: Telemedicina**

El auge de la aplicación de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) dentro del mundo de la medicina hace que los procesos informáticos, o con implicación informática, sean cada vez más accesibles. En la sociedad del siglo XXI, la tecnología ya forma parte habitual de la práctica médica en todos sus aspectos (asistencial, quirúrgico, docente e investigador). Así, hace posibles determinadas actuaciones, impensables hasta hace poco tiempo. De hecho, se puede decir que hoy día la medicina depende claramente de la tecnología. Un ejemplo de ello sería la realización de pruebas cada vez más avanzadas y de bajo coste para mejorar los diagnósticos (Gonzalez 2009).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) definió la telemedicina como “la utilización en la consulta de los conocimientos médicos mediante redes de comunicación cuando la distancia es un factor determinante”. Esta definición deja patente la necesidad de usar un soporte tecnológico avanzado para hacer que la práctica de la medicina no tenga limitaciones que dependan de la distancia entre el paciente y el centro hospitalario. La infraestructura tecnológica permite llevar a cabo el intercambio de información entre distintos participantes remotos involucrados en un acto de estas características. Su objetivo principal es la provisión de servicios multimedia en red (transferencia de audio, vídeo, imágenes, datos y texto) que posibiliten la asistencia sanitaria entre lugares distantes.

Además, según Gonzalez 2009, la información sobre salud puede expresarse de varias formas, agrupables dentro de cuatro amplias categorías:

Información de audio: voz y otros sonidos audibles que existen en formato analógico o digital.

Información visual: vídeo de imágenes en movimiento o tomas estáticas en formato analógico o digital.

Información en texto: textos escritos en papel o en formato digital.

Datos médicos: información analógica y digital capturada por el equipo médico.

La combinación de estas maneras de informar recibe usualmente la denominación de multimedia. En general, se pueden distinguir dos modos de operación básicos que determinarán el tipo de tecnología que se va a utilizar:

*Telemedicina en tiempo real o modalidad síncrona:* cuando se habla de telemedicina se piensa clásicamente en esta situación, es decir, profesionales médicos interaccionando en tiempo real a través de videoconferencia con una transmisión en directo de datos médicos. Esta modalidad, la más extensamente utilizada y en la que la telemedicina alcanza su máxima expresión, requiere de un gran ancho de banda para dar soporte a la transmisión de toda la información sanitaria requerida.

*Telemedicina en tiempo diferido o modalidad asíncrona de almacenaje y envío:* se utiliza normalmente en situaciones que no son urgentes, en las que un diagnóstico o una consulta se pueden realizar de forma diferida. Se distinguen los siguientes pasos: adquisición de la información diagnóstica del paciente en el sitio remoto, almacenamiento, envío al centro de referencia a través de canales de comunicación adecuados y, por último, procesado y visualización por los especialistas de la información en el centro de referencia. Este modelo se utiliza comúnmente en muchas especialidades médicas, como dermatología, cardiología, radiología, otorrinolaringología, pediatría o traumatología. Lamentablemente, su uso se ve limitado en las urgencias.

En este contexto que tiene que ver con la telemedicina y la realidad de México, se pretende realizar un prototipo de electrocardiograma de bajo costo que además sirva para monitorear de forma remota a la persona que lo use a través de internet. La propuesta va dirigida a personas de bajos recursos que no tengan acceso a algún tipo de seguridad social y que les sea difícil pagar a un servicio médico privado. Por lo

anterior, a partir del monitoreo, se pretende que solo cuando sea estrictamente necesario se acuda al doctor, generando un impacto positivo en la economía de las personas de bajos recursos. Otro enfoque de esta propuesta, es el monitoreo remoto de personas que por algún problema físico les sea muy difícil trasladarse de un lugar a otro, o bien, si están postrados pero necesitan alguna revisión médica periódica, de esta forma un médico a distancia tendrá acceso a las señales de electrocardiograma del paciente a través de internet.

## **METODOLOGÍA**

Para el desarrollo del producto se utilizó como base la metodología del ciclo de Deaming en creación de prototipos (Norman, 2013), donde se tienen los pasos de requerimientos y variables, herramientas de diseño y testeo, diseño del prototipo, pruebas del prototipo y análisis de resultados, quedando de la siguiente forma:

1. Concepto del dispositivo electrónico de medición de señales ECG.
2. Investigación de los componentes necesarios de software y de hardware para desarrollar un prototipo que cumpla con los requerimientos de medición que sea de bajo costo.
3. Creación de la programación en Arduino uno utilizando el IDE de Arduino para el proceso de medición de las señales emitidas por el módulo AD8232 con los electrodos.
4. Graficación de las señales emitidas por el sensor de la señal bioeléctrica del corazón a través de la implementación real del dispositivo.
5. Programar la ESP8266 para realizar pruebas de transmisión de datos a través de internet.
6. Programar y realizar pruebas de transmisión de datos registrados por la AD8232 en la ESP8266 de las señales bioeléctricas por medio de la implementación real del dispositivo electrónico.
7. Realización de pruebas en 10 usuarios para determinar si el proceso de medición y transmisión de los datos se realiza de forma adecuada.
8. Obtención de resultados, factibilidad del mismo y mejoras a realizar al dispositivo electrónico de medición de señales ECG.

Por lo anterior, se llevará a cabo un diseño experimental y analítico para determinar si la implementación de este dispositivo es viable y rentable para el proceso de lectura de señales ECG teniendo una muestra de 10 usuarios. Lo anterior con la finalidad de generar un planteamiento metodológico de enfoque cuantitativo

debido a las características propias de la investigación, ya que utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, y confía en “la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamientos en una población”( Hernández, Fernández & Baptista, 2003, p.5).

A partir de la problemática planteada, se procedió a la investigación de los componentes electrónicos requeridos para la implementación de un dispositivo de bajo costo y factibles para la lectura de señales bioeléctricas del corazón, se realizó una comparación y se decidió adquirir lo siguiente:

Módulo AD8232

Se utiliza el módulo AD8232 (ver Figura 2) para tomar la lectura de un ECG (circuito adecuador se señal). Esta placa es de bajo costo y puede medir la actividad eléctrica del corazón. Viene acompañada de 3 electrodos (ver Figura 3) que se conectan a la a través de un cable de audio de 3.5 mm (uElectronics).

Este módulo cuenta con las características que se observan en la Tabla 1:

**Tabla 1**

**Características del módulo AD8232.**

Característica	Valor establecido por fabricante
Dimensiones	28 mm x 35 mm
Cable de conexión	1 m
Masa	32 g
Voltaje de Operación	3.3 v
Consumo de Corriente	170 uA
Tipo de salida	Analógica
Rechazo de ruido	A 60 Hz: 80 dB
Configuración	3 electrodos
Ganancia	G=100

**Nota:** se muestran detalladamente las dimensiones y rangos de operación del módulo AD8232.



**Figura 2.** Módulo AD8232 para adecuación de señal de electrodos. Obtenida de uElectronics

A su vez, se tienen los electrodos, que son los sensores colocados directamente sobre la persona para realizar la toma de las lecturas, a continuación, en la Tabla 2 se describen las características de los mismos.

**Tabla 2**

Características de los electrodos utilizados.

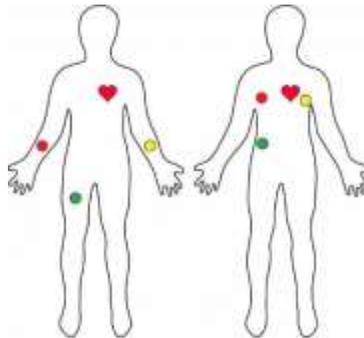
Característica	Valor establecido por fabricante
Tipo Jack	3.5 mm con tres electrodos
Led indicador	Encendido con base al ritmo cardiaco
Rango de temperatura nominal	0-70 °C
Rango de temperatura de trabajo	-40 a 85 °C
Señales	PR y QT
Generalidades	Diseñado para extraer y filtrar señales biográficas

**Nota:** se muestran detalladamente las dimensiones y rangos de operación de los electrodos.



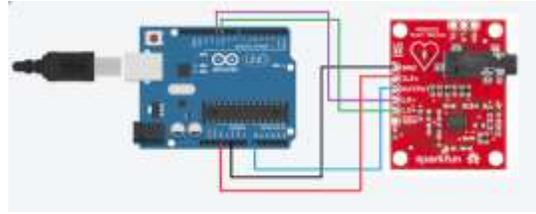
**Figura 3.** Electrodo utilizado. Obtenido de uElectronics.

Por otra parte, es importante mencionar que los electrodos tienen su propia forma de adherirse al cuerpo humano ya que, de lo contrario, se producen errores en las lecturas de los sensores o bien, simplemente no se pueden procesar los datos recolectados por falta de confiabilidad o de señales recibidas. La conexión de estos dispositivos debe quedar como se muestra en la Figura 4.



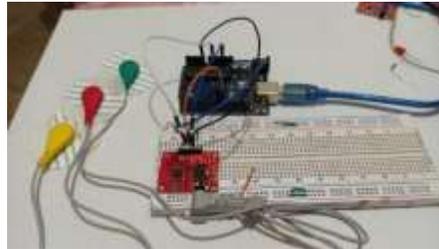
**Figura 4.** Conexión de electrodos en el cuerpo humano. Obtenida de uElectronics.

Para la realización de las primeras pruebas con el módulo monitor de ECG, se utilizó una placa Arduino uno, ya que solo se pretendía hacer las lecturas en tiempo real del sensor y del adecuador de la señal para determinar si los componentes estaban en buen estado y proporcionaban los datos necesarios para el proceso, quedando la conexión simulada como se observa en la Figura 5.



**Figura 5.** Conexión del AD8232 a la placa Arduino uno. Elaboración propia.

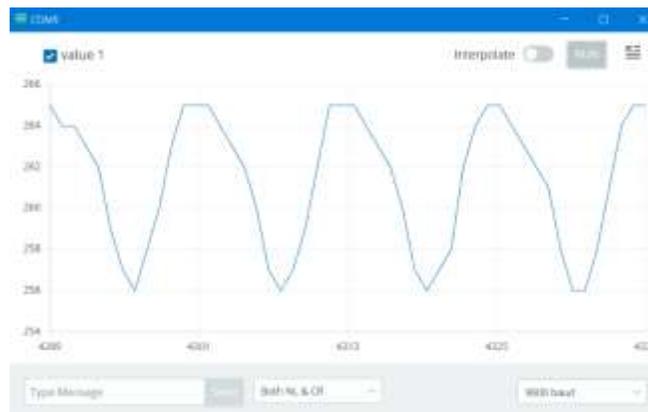
El dispositivo implementado en físico quedó como se muestra en la Figura 6.



**Figura 6:** Conexión en físico del AD8232 con electrodos a la placa Arduino uno. Elaboración propia.

Una vez obtenidos los datos, estos se graficaron mediante la función “Serial Plotter” del IDE de Arduino. Hay que aclarar que, para estas primeras pruebas, al ser solo una persona la que estaba haciendo la implementación, fue complicado el proceso de captura de datos ya que se tenían los electrodos en el cuerpo y al realizar pequeños movimientos, estos se ven reflejados como impulsos eléctricos que modifican la señal que se recibe.

La señal de salida se puede ver en la Figura 7, los picos de la gráfica son los latidos del corazón.



**Figura 7.** Latidos del corazón del usuario uno. Elaboración propia.

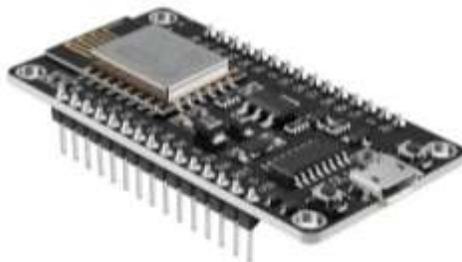
Una vez que se comprobó el funcionamiento del módulo AD8232, el siguiente paso fue enviar los datos a través de una plataforma IoT, para el caso particular se utilizó la plataforma Arduino Cloud y se usó la placa de desarrollo ESP8266 (ver Figura 8) que tiene conectividad Wifi y cuenta con las características que se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3**

**Características de la placa ESP8266.**

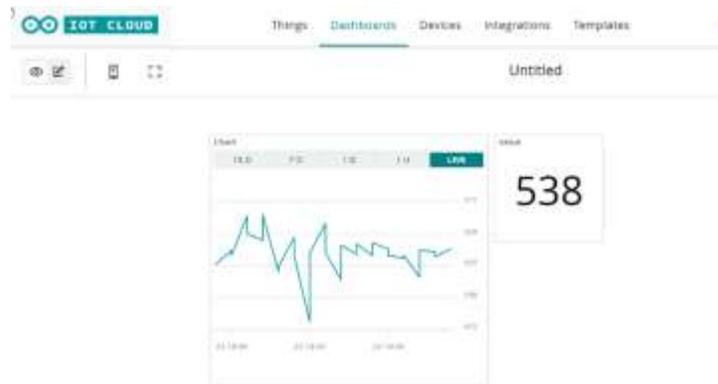
Característica	Valor establecido por fabricante
ESP8266	Blindaje de protección
Convertor serial	CH340G
Pines digitales	13
Pines analógicos	1
Puerto micro-USB y convertor serie.USB	1
Voltaje de operación	5 v
Memoria Flash	4 Mb
Wifi	2.4 GHz 802.11 b/g
Protocolo	TCP/IP
Regulador	3.3 v a 500 mA

**Nota:** se muestra detalladamente las características de la ESP8266.



**Figura 8.** Placa de desarrollo ESP8266. Obtenido de Steren.

Con el usuario uno se realizaron unas pruebas para comprobar la transmisión de datos a través de la conexión con la plataforma IoT obteniendo valores del pin analógico AO como se observa en la Figura 9.

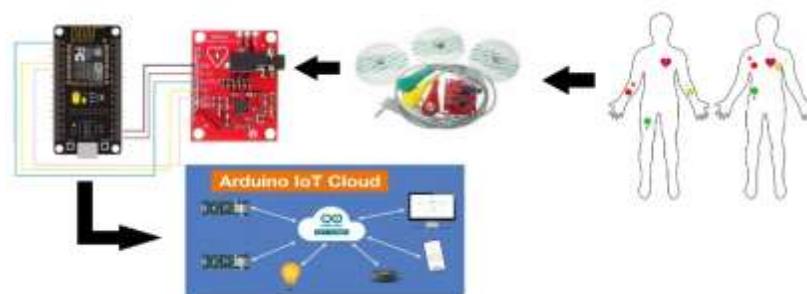


**Figura 9.** Datos enviados a través de internet. Elaboración propia.

Como se puede ver en la Figura 9, se creó un Widgets para graficar los valores del pin AO y también poder visualizar el valor obtenido a través de dicho pin. El siguiente paso es realizar pruebas utilizando el módulo AD8232 para mandar los datos a la plataforma IoT Cloud de Arduino y graficar los datos para ver la señal ECG.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

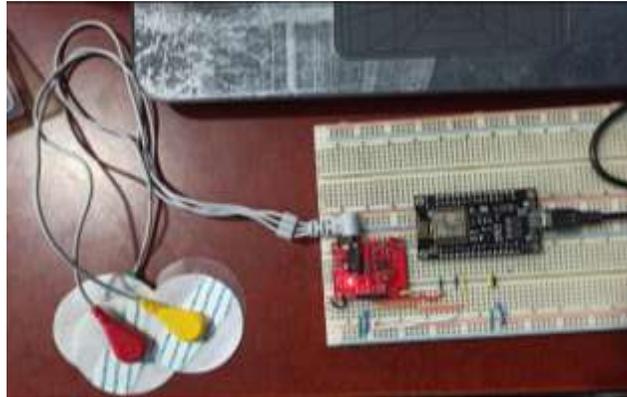
A continuación, se muestra en la Figura 10, el esquemático completo del electrocardiograma de bajo costo para medición en tiempo real.



**Figura 10.** Esquemático completo del electrocardiograma para medición remota de señales bioeléctricas.

Elaboración propia.

Una vez que se tuvo la simulación, se procedió a la implementación de manera real del dispositivo, quedando como se observa en la Figura 11.



**Figura 11.** Circuito electrónico en físico. Elaboración propia.

Con el esquemático anterior, se muestra la evidencia de la implementación en físico del circuito a usuarios para la obtención de las señales cardíacas de cada persona, como se observa en la Figura 12.



**Figura 12.** Pruebas realizadas a personas con el electrocardiograma de bajo costo. Elaboración propia.

Para la transmisión de datos a través de internet se utilizó Arduino Cloud en su versión gratuita, que es una herramienta que permite el envío de información y graficación de la misma, en la Figura 13 se muestra la plataforma.



**Figura 13.** Plataforma Arduino Cloud para envío de información de la señal bioeléctrica. Elaboración propia.

A partir de la implementación en los usuarios del electrocardiograma de bajo costo, se determina que no cumple con los estándares de obtención de la señal bioeléctrica y la transmisión de la misma a través de internet. Es importante resaltar que, si se logró la realización de pruebas en personas, obteniendo los datos que se muestra en la Figura 14.



**Figura 14.** Datos enviados a través de Arduino Cloud de los electrocardiogramas del usuario 1, 2 y 3.

Elaboración propia.

Lo anterior sucedido durante la implementación contrasta con la literatura consultada con respecto al uso de estos dispositivos, ya que hace mención a que, tanto la placa adecuadora de señal como los electrodos, tienen un funcionamiento adecuado para la medición de las señales bioeléctricas del corazón. Sin embargo, cuando se implementó de manera física, se observaron variaciones en la obtención de la señal, siendo importante mencionar que se utilizaron dos placas de desarrollo de la AD8232 y dos conjuntos de electrodos

para la realización de las mediciones y en ambos casos se obtuvieron los mismos resultados en la transmisión de los datos.

## **CONCLUSIONES**

Es importante explorar maneras alternas para la medición de señales bioeléctricas, sobre todo aquellas que pudieran ser de bajo costo por el contexto que se tiene en México y por los altos índices de mortalidad que tienen enfermedades relacionadas con el corazón.

En cuanto al dispositivo electrónico implementado, se concluye que no cumple con los requerimientos mínimos que den certeza de la medición de las señales bioeléctricas para el proceso de obtención y transmisión a través de internet. En este sentido, la placa de desarrollo AD8232 y los electrodos no se recomiendan ni para cuestiones didácticas (caso de estudiantes que cursen carreras como ingeniería biomédica, por ejemplo) ya que presentan muchos inconvenientes por estática, los cuales afectan significativamente el proceso de obtención, adecuación y transmisión de los datos como se mencionó en el apartado de resultados.

## **LISTA DE REFERENCIAS**

Norman, D. A. (2013). *The Design of Everyday Things*. Basic Books.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2003). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill.

INEGI. (2020), Defunciones registradas (mortalidad general) - Microdatos. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/programas/mortalidad/#Microdatos>

INEGI, (2020). Nota técnica sobre las estadísticas de defunciones registradas 2019. Disponible en: [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/mortalidad/doc/defunciones\\_registradas\\_2019\\_nota\\_tecnica.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/mortalidad/doc/defunciones_registradas_2019_nota_tecnica.pdf)

Luevano. Sistema de Monitoreo de Defectos Cardiacos Basado en IOT Mediante Electrocardiogramas. (2021). *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals Morelia 2021*, 13(4), 945–951.

<http://cathi.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/18634/Articulo%20Javier%20Luevano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

AGUILAR FIGUEROA, B. A. (2021). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA IoMT PARA SEÑALES ELECTROCARDIOGRÁFICAS [Tesis de grado de maestría, Universidad Veracruzana].

[https://www.uv.mx/veracruz/miaplicada/files/2021/07/Tesis\\_Bryan-Alexander-Aguilar-Figueroa.pdf](https://www.uv.mx/veracruz/miaplicada/files/2021/07/Tesis_Bryan-Alexander-Aguilar-Figueroa.pdf)

García GH, Navarro AL, López PM, et al. Tecnologías de la Información y la Comunicación en salud y educación médica. EduMeCentro. 2014;6(1):253-265.

Gonzalez J. (2009). Telemedicina y corazón. Nerea S.A. Libro de la salud cardiovascular del hospital clínico San Carlos y la fundación BBVA (pp. 77-85). Disponible en: [https://www.fbbva.es/microsites/salud\\_cardio/fbbva\\_libroCorazon\\_portada.html](https://www.fbbva.es/microsites/salud_cardio/fbbva_libroCorazon_portada.html)

uElectronics. (s.f.). AD8232 ECG módulo monitor de pulso cardíaco. Recuperado de <https://uelectronics.com/producto/ad8232-ecg-modulo-monitor-de-pulso-cardiaco/>

Autodesk. (s.f.). Tinkercad. Recuperado de <https://www.tinkercad.com/>

Arduino. (s.f.). Arduino Cloud. Recuperado de <https://cloud.arduino.cc/>

Steren. (s.f.). Placa de desarrollo NodeMCU ESP8266. Recuperado de <https://www.steren.com.mx/placa-de-desarrollo-nodemcu-esp8266.html>

Electronics Hub. (s.f.). NodeMCU Pinout (ESP-12E Pinout). Recuperado de <https://www.electronicshub.org/nodemcu-pinout-esp-12e-pinout/>