



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**EVALUACIÓN DE SEÑALES ELECTROCARDIOGRÁFICAS EN CINCO RAZAS  
CANINAS MEDIANTE UN PROTOTIPO CON ARDUINO UNO**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:**

**INGENIERO EN BIOMÉDICA**

**PRESENTADO POR:**

**21941020 BRIANNA ISABELLA MORALES ROMERO**

**ASESOR METODOLÓGICO: MANUEL GAMERO**

**SAN PEDRO SULA, CORTÉS, HONDURAS, C.A.**

**DICIEMBRE 2023**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por haberme permitido realizar este logro, durante esta etapa universitaria donde me llenó de sabiduría e inteligencia para convertirme en lo que soy ahora y lo que seré en un futuro.

A mi madre, Lorena Romero, la persona que me hizo la mujer más fuerte del mundo, mi inspiración y la razón por la que mis esfuerzos han tenido un significado.

A mi padre, René Romero, a pesar de que su apoyo físico dejó de estar presente hace dos años, su amor incondicional y enseñanzas me sobraron para poder sentirme junto a él todo este tiempo.

A mi Abuela, Cristina Parada, por su apoyo en ayudarme a lograr esta meta y motivarme a seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por no soltarme nunca de la mano y por todas las bendiciones que me regaló durante estos 4 años de mi carrera universitaria.

A mi madre Lorena Romero, te agradezco con todo mi corazón por todos los esfuerzos que hiciste para que esto fuera posible, te prometo seguir dando todo de mí para darte a vos más de lo que te mereces, gracias por ser la mejor mamá del mundo, te amo.

A mi padre René Romero, gracias hasta el cielo papi, gracias porque desde que tengo memoria te tomaste el tiempo de tus días para enseñarme todo lo que sé, gracias por ser mi papá, gracias por nunca dejar de creer en mí y en estos días melancólicos y felices a la vez, quisiera compartirlos a tu lado, te amo y te extraño, mil gracias.

A Reynaldo Hernández, gracias por tu amor y paciencia, gracias por estar aquí, gracias por ser la persona con la que comparto muchos momentos especiales en mi vida, gracias por enseñarme a no rendirme fácil.

A mis amistades, la verdadera razón de mis alegrías, gracias a cada uno de ustedes por quererme y apoyarme en mis mejores y peores momentos, sin ustedes no estaría aquí.

A todos los participantes de mi tesis, mis bebés Chisca, Donito y Brownie, son mi vida entera y mi motivación de esta investigación, también gracias a Chispita y Lucas.

A los docentes que me formaron durante toda mi carrera universitaria que de verdad se tomaron el tiempo de enseñarme con su experiencia y el amor a su trabajo.

A mi asesor de tesis, el Ingeniero Manuel Gamero, que con mucha paciencia y dedicación me apoyó hasta este punto para formarme con excelencia y sabiduría.

## **EPÍGRAFE**

**"NO ES GRANDE EL QUE SIEMPRE TRIUNFA, SINO EL QUE JAMÁS SE  
DESALIENTA" -JOSÉ LUIS MARTÍN DESCALZO**

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El proyecto de investigación se ha centrado en la evaluación de señales electrocardiográficas en cinco razas caninas mediante el uso de un prototipo desarrollado con Arduino Uno. El objetivo de esta investigación fue analizar y comparar las características cardíacas de diferentes razas de perros utilizando técnicas de procesamiento de señales.

En la revisión del estado del arte, se examinaron antecedentes relacionados con la adquisición de señales electrocardiográficas en animales, resaltando la importancia de dichas mediciones para el diagnóstico y monitoreo de enfermedades cardíacas. Además, se identificaron limitaciones en los dispositivos comerciales empleados en la evaluación cardíaca canina, lo que impulsó el desarrollo de un prototipo propio basado en Arduino Uno.

La metodología implementada comprendió la definición de requerimientos técnicos, la selección y configuración de componentes, la programación del prototipo, la captura y procesamiento de señales electrocardiográficas, la comparación de resultados entre razas y el análisis estadístico de los datos obtenidos.

Los resultados abarcan el diseño esquemático del prototipo, la programación para el registro de señales, la parametrización para el análisis cardíaco, el procedimiento de captura de señales y la comparación entre las razas evaluadas. Se lograron visualizaciones comparativas y se llevó a cabo un análisis estadístico mediante el software Minitab.

Las conclusiones indican que el prototipo desarrollado con Arduino Uno ha sido capaz de adquirir y procesar señales electrocardiográficas en perros de diversas razas. Se observaron diferencias significativas en las características cardíacas entre las razas evaluadas, sugiriendo la influencia de factores genéticos en la fisiología cardíaca canina.

## **ABSTRACT**

The research project focused on the evaluation of electrocardiographic signals in five dog breeds using a prototype developed with Arduino Uno. The primary objective of this research was to analyze and compare the cardiac characteristics of different dog breeds using signal processing techniques.

In the review of the state of the art, antecedents related to the acquisition of electrocardiographic signals in animals were examined, highlighting the importance of such measurements for the diagnosis and monitoring of cardiac diseases. In addition, limitations in commercial devices used in canine cardiac evaluation were identified, which prompted the development of a proprietary prototype based on Arduino Uno.

The methodology implemented comprised the definition of technical requirements, component selection and configuration, prototype programming, capture and processing of electrocardiographic signals, comparison of results between breeds, and statistical analysis of the data obtained.

The results cover the schematic design of the prototype, the programming for signal recording, the parameterization for cardiac analysis, the signal capture procedure and the comparison between the races evaluated. Comparative visualizations were achieved, and statistical analysis was performed using Minitab software.

The conclusions indicate that the prototype developed with Arduino Uno was able to acquire and process electrocardiographic signals in dogs of various breeds. Significant differences in cardiac characteristics were observed among the evaluated breeds, suggesting the influence of genetic factors on canine cardiac physiology.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN.....	14
II.	ESTADO DEL ARTE.....	15
2.1	ANTECEDENTES.....	15
2.2	PROBLEMÁTICA.....	32
2.3	IMAGEN INTEGRADORA.....	33
2.4	LIMITACIONES.....	35
III.	OBJETIVOS.....	40
3.1	OBJETIVO GENERAL.....	40
3.1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	40
IV.	Métodos.....	41
4.2	VARIABLES DE INVESTIGACIÓN.....	42
4.2.1	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	42
4.2.2	VARIABLES DEPENDIENTES.....	42
4.3	OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	44
4.4	RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO.....	46
4.4.1	ENFOQUE.....	46
4.4.2	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	46
4.4.3	MATERIALES.....	46
4.4.4	MÉTRICAS DE RESULTADOS.....	48
4.4.5	PROCESO DE DESARROLLO DEL PROTOTIPO.....	49
4.5	IMAGEN DEL PROCESO.....	50
4.5	MÉTRICAS DE EVALUACIÓN / VALIDACIÓN.....	52
4.5.1	TIEMPO DE CAPTURA DE LAS SEÑALES.....	52

4.5.2 CALIDAD DE LAS SEÑALES .....	52
4.5.3 VARIABILIDAD EN LAS CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS .....	52
4.5.4 EFICIENCIA DEL CÓDIGO .....	53
V. RESULTADOS.....	53
5.1.1 DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS .....	54
5.1.2 Arduino Uno .....	54
5.1.3 SENSOR DE FRECUENCIA CARDIACA.....	56
5.1.4 ELECTRODOS DE EXTREMIDAD BANANA.....	57
5.2.2 RESULTADO DE COSTOS .....	61
5.2.2 DISEÑO ESQUEMÁTICO DEL PROTOTIPO .....	61
5.3 DISEÑO DE PRUEBAS DE INTEGRACIÓN .....	62
5.3.1 PROGRAMACIÓN EN ARDUINO .....	63
5.3.2 PROGRAMACIÓN PARA REGISTRO DE SEÑALES .....	64
5.4. PARAMETRIZACIÓN PARA EL ANÁLISIS CARDÍACO .....	65
5.4.1 FRECUENCIA DE MUESTREO .....	65
5.4.2 CONFIGURACIÓN DE FILTROS .....	66
5.4.3 RESTRICCIÓN DE PROCESAMIENTO .....	68
5.5 PROCEDIMIENTO DE CAPTURA.....	68
5.5.1 DATOS DE LA MUESTRA EVALUADA .....	69
5.5.2 COLOCACIÓN DE ELECTRODOS.....	69
5.5.4 APLICACIÓN DE FILTROS.....	71
5.6 COMPARACIÓN ENTRE RAZAS .....	72
5.6.1 EVALUACIÓN COMPARATIVA.....	72
5.6.2 ANÁLISIS DE RESPUESTAS .....	75
5.6.3 VISUALIZACIONES COMPARATIVAS .....	77

5.6.4 ESTADÍSTICAS EN MINITAB .....	80
5.6.6 RENDIMIENTO DEL SISTEMA.....	91
5.6.7 LIMITACIONES Y MEJORAS .....	91
VI. CONCLUSIONES.....	93
VII. AGRADECIMIENTOS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
VIII. ANEXOS .....	94
IX. REFERENCIAS.....	96

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1 Imagen Integradora .....</b>	<b>34</b>
<b>Ilustración 2. Variables de Investigación.....</b>	<b>43</b>
<b>Ilustración 3 Metodología en V.....</b>	<b>48</b>
<b>Ilustración 4. Etapa 1- Montaje y Validación del Prototipo.....</b>	<b>50</b>
<b>Ilustración 5. Etapa 2- Adquisición, Almacenamiento en la Nube y Análisis de Señales.....</b>	<b>51</b>
<b>Ilustración 6 Etapa 3- Análisis de Datos Cardíacos Utilizando Python .....</b>	<b>51</b>
<b>Ilustración 7 Etapa 4- Análisis estadístico.....</b>	<b>51</b>
<b>Ilustración 8. Diseño del sistema.....</b>	<b>54</b>
<b>Ilustración 9. Arduino UNO.....</b>	<b>55</b>
<b>Ilustración 10. Sensor de frecuencia cardíaca AD8232 .....</b>	<b>56</b>
<b>Ilustración 11. Conexión de cableado eléctrico del Arduino .....</b>	<b>58</b>
<b>Ilustración 12. Conexión de cableado eléctrico del sensor AD8232 con el Arduino.....</b>	<b>59</b>
<b>Ilustración 13. Conexión de Jack con el sensor AD8232 .....</b>	<b>60</b>
<b>Ilustración 14. Integración de prototipo.....</b>	<b>60</b>

<b>Ilustración 15. Diseño esquemático del Prototipo</b> .....	61
<b>Ilustración 16 Código de captura de señales en Arduino</b> .....	64
<b>Ilustración 17. Programación de registro y procesamiento de señales</b> .....	65
<b>Ilustración 18. Colocación anatómica de electrodos.</b> .....	70
<b>Ilustración 19 Representación de Colocación de Electrodo</b> s.....	71
<b>Ilustración 20. Segmentos e Intervalos de la Señal</b> .....	74
<b>Ilustración 21. Señales Obtenidas Chihuahua 2Kg</b> .....	75
<b>Ilustración 22. Señal Original Chihuahua 2Kg</b> .....	75
<b>Ilustración 23. Señales Obtenidas French Poodle 21Kg</b> .....	77
<b>Ilustración 24. Señales Obtenidas Raza Mixta 24 Kg</b> .....	79
<b>Ilustración 25. Toma de Señales en Raza mixta</b> .....	80
<b>Ilustración 26. Intervalos por Razas</b> .....	84
<b>Ilustración 27. Distribución de Amplitud de Señal</b> .....	85
<b>Ilustración 28. Tiempo y Tamaño de Intervalos y Segmentos</b> .....	86
<b>Ilustración 29. Intervalos sin Raza Mixta</b> .....	89
<b>Ilustración 30. Distribución de Amplitud de Señales sin Raza Mixta</b> .....	90

#### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1 Limitantes de estudios pasados</b> .....	35
<b>Tabla 2 Objetivo del método</b> .....	41
<b>Tabla 3 Operacionalización de variables</b> .....	44
<b>Tabla 4. Especificaciones técnicas Arduino UNO</b> .....	54
<b>Tabla 5. Especificaciones técnicas sensor de frecuencia cardíaca AD8232</b> ..	56
<b>Tabla 6. Especificaciones técnicas electrodos extremidad banana</b> .....	57
<b>Tabla 17. Tabla de costos</b> .....	61

<b>Tabla 7. Datos de la muestra evaluada.....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla 8. Método visual .....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 9. Comparación de Lecturas.....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla 10. Análisis de Varianza .....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 11. Resumen del Modelo.....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla 12. Medias.....</b>	<b>83</b>
<b>Tabla 13. Tabla de método.....</b>	<b>86</b>
<b>Tabla 14. Análisis de Varianza sin Raza Mixta .....</b>	<b>87</b>
<b>Tabla 15. Resumen del Modelo sin Raza Mixta .....</b>	<b>88</b>
<b>Tabla 16. Tabla de Medias sin Raza Mixta.....</b>	<b>89</b>

## **Índice de Anexos**

<b>Anexos 1. Recopilación de Señales Cardíacas en Distintas Razas Caninas...94</b>
--

## I. INTRODUCCIÓN

Los caninos desempeñan un papel fundamental en la vida de los seres humanos, cumpliendo diversas funciones que van desde la compañía hasta el apoyo emocional y el servicio en áreas como la atención de pacientes con problemas de salud mental o su empleo en operativos policiales. La historia de la electrocardiografía canina se remonta al siglo XIX y, a lo largo de su evolución, ha tenido un impacto significativo en la atención médica veterinaria al permitir el registro del potencial eléctrico generado por el corazón de los perros. (Emergencias, 2022)

Esto ha contribuido al diagnóstico temprano de diversas enfermedades cardíacas y a la mejora del seguimiento postoperatorio en los casos de caninos, mejorando así la calidad de vida y el bienestar de estos. La electrocardiografía canina ha sido una herramienta invaluable para los veterinarios, permitiéndoles brindar un cuidado más preciso y efectivo a los perros, y promoviendo la salud cardiovascular en el mundo canino. (Ávila et al., 2020)

Sin embargo, en Honduras se encuentran pocas clínicas veterinarias que cuentan con el estudio de la electrocardiografía canina, lo que representa una carencia significativa en la atención veterinaria y la salud de los perros en el país. La falta de acceso a estos equipos especializados dificulta el diagnóstico temprano y preciso de enfermedades cardíacas en los animales, debido a limitaciones financieras, falta de capacitación y disponibilidad limitada de estos dispositivos.

La presente investigación se centra en el desarrollo de un prototipo eficiente destinado a la medición de señales cardíacas en caninos, abarcando diversas razas. Además, se llevará a cabo un análisis estadístico con el propósito de establecer comparaciones significativas entre las señales cardiológicas, con fines de investigación.

El documento se estructurará en siete capítulos de la siguiente manera: en el capítulo III se abordará el estado del arte, presentando antecedentes de estudios previos relacionados con las señales cardiológicas de caninos y la implementación de un dispositivo ECG, junto con la discusión de limitaciones y problemáticas pertinentes. El capítulo IV expondrá los objetivos de la investigación, mientras que el capítulo V detallará el método utilizado para desarrollar el prototipo propuesto. En el capítulo VI se

presentarán los resultados obtenidos a lo largo del estudio, y finalmente, el capítulo VII mostrará las conclusiones de la investigación.

## **II. ESTADO DEL ARTE**

### **2.1 ANTECEDENTES**

En el proceso de desarrollo de esta investigación, se llevó a cabo una revisión de la literatura científica. Esta revisión abarcó un conjunto significativo de artículos académicos y científicos relacionados con el campo de estudio que tuvieran en común las señales cardiológicas caninas.

Este progreso tecnológico ha dado lugar a la creación de nuevas herramientas y métodos, algunos de los cuales han revolucionado la forma en que se abordan problemas y desafíos en diferentes campos.

Virtanen et al. (2018) llevó a cabo una investigación que se le denominó como **«Evaluation of Dry Electrodes in Canine Heart Rate Monitoring»** en él se evaluaron tres diseños de electrodos de electrocardiograma secos para medir la frecuencia cardíaca de perros en cuatro situaciones diferentes: de pie, sentados, acostados y caminando. El enfoque principal estaba en los electrodos secos que podían ser utilizados en perros con pelaje grueso y denso, sin necesidad de afeitar el pelaje o usar geles de electrolitos u otros promotores de conductividad.

El objetivo era determinar si estos electrodos podían ser empleados para la monitorización de la frecuencia cardíaca de los caninos sin requerir mantenimiento. Un análisis de la literatura previa reveló que se habían empleado diversos tipos de electrodos, como clavijas, parches y cintas, en las mediciones de la frecuencia cardíaca en animales.

Se descubrió que los electrodos metálicos de tipo resorte funcionan de manera bastante satisfactoria con razas de pelo corto, mientras que los perros más largos y de pelo grueso pueden ser más desafiantes para este tipo de electrodo en particular. Se observó una notoria variación en las tasas de cobertura calculadas en diferentes escenarios, lo que sugiere que los electrodos examinados podrían no ser igualmente adecuados para todas las razas de perros.

Además, se notó que la monitorización de la frecuencia cardíaca en situaciones de mayor actividad, como caminar, fue menos confiable en términos de garantizar la cobertura de la frecuencia cardíaca.

Se realizó la siguiente investigación escrita por los autores Sanders et al. (2018) llamado «**Ambulatory electrocardiographic evaluation of the occurrence of arrhythmias in healthy Salukis**» en el sometieron a los perros del estudio a una monitorización Holter continua ambulatoria con un sistema de 3 derivaciones y 2 canales durante 7 días; pidieron a los propietarios que llevaran un diario de las actividades y eventos de sus perros, sin detenerlos de realizar lo que normalmente hacen en sus días. El objetivo del estudio se basó en evaluar la frecuencia y complejidad de las arritmias ventriculares en un conjunto de Salukis en buen estado de salud.

En la población de Salukis bajo investigación, la monitorización Holter continua de 7 días permitió identificar arritmias ventriculares poco comunes. A partir de estos resultados, se planteó la sugerencia de que la detección de arritmias ventriculares en Salukis sanos podría indicar la necesidad de una evaluación diagnóstica adicional.

LeBlanc & Scollan (2018) realizaron una investigación titulada como «**Quantification of right ventricular volume measured by use of real-time three-dimensional echocardiography and electrocardiography-gated 64-slice multidetector computed tomography in healthy dogs**» en el midieron los volúmenes telediastólicos (VDE), los volúmenes telesistólicos (VSE), el volumen sistólico (VS) y la fracción de eyección (FE) del ventrículo derecho para los conjuntos de datos de 3DE y TCMD mediante el uso de un software específico para la cuantificación del VVR.

Realizaron exámenes completos de 3DE y exámenes MDCT comandados por ECG en cada perro y por último evaluaron la variabilidad intraobservador e interobservador para 3DE. Su objetivo se basaba en determinar la precisión en la medición del volumen del ventrículo derecho (VVR) a través de la utilización de la ecocardiografía tridimensional (3DE) y la tomografía computarizada multidetector con activación por electrocardiograma (TCMD).

No observaron discrepancias significativas en los valores de volumen sistólico y fracción de eyección al comparar los resultados de TCMD y 3DE. En cambio, identificaron

discrepancias significativas en los valores de volumen telediastólico y volumen telesistólico del ventrículo derecho al comparar los datos obtenidos mediante TCMD y 3DE. No encontraron diferencias significativas en las tasas de frecuencia cardíaca entre los dos métodos.

Auriemma et al., (2018) realizaron un estudio llamado como **«Electrocardiogram-gated 16-multidetector computed tomographic angiography of the coronary arteries in dogs»** En este estudio, los investigadores buscaron determinar si la tomografía computarizada de 16 canales sincronizada con el ECG (*ECG-gated 16-MDCT*) podía proporcionar la resolución necesaria para evaluar las arterias coronarias en perros y ofrecer una descripción detallada de su anatomía. El estudio involucró a un grupo de 24 perros.

Según los investigadores, los resultados se basaron en que la totalidad de los corazones mostraron dominancia de la arteria coronaria izquierda. Identificaron siete subtipos diferentes de patrones de ramificación de la LMCA. Las ramas circumflexas e interventriculares paraconales, se dividieron en tres segmentos angiográficos, mientras que la RCA se dividieron en dos y tres segmentos, respectivamente.

La angiografía coronaria con 16-MDCT sincronizada con ECG proporcionó una resolución adecuada para visualizar la anatomía básica de las principales ramificaciones de las arterias coronarias.

Pedro et al., (2018) desarrollaron un estudio llamado **«Retrospective Evaluation of the Effect of Heart Rate on Survival in Dogs with Atrial Fibrillation»** Para este estudio retrospectivo, se revisaron los registros médicos de todos los perros que habían tenido un registro Holter en su entorno doméstico como parte de su evaluación diagnóstica en el Hospital de Enseñanza de Animales Pequeños de la Universidad de Liverpool y en el Hospital Veterinario Matthew J. Ryan de la Universidad de Pensilvania. Se incluyeron en el estudio los perros con un diagnóstico de fibrilación auricular (FA) y al menos un registro Holter con un mínimo de 20 horas de datos válidos.

Su objetivo se basó en comprobar si la frecuencia cardíaca influye en la supervivencia de los perros con fibrilación auricular crónica.

Los resultados de este estudio retrospectivo ofrecen una visión sobre el papel de la frecuencia cardíaca (FC) en la supervivencia de los perros con fibrilación auricular (FA). Los resultados indican que varios índices diferentes de la FC derivados de registros Holter están significativamente asociados con el riesgo de mortalidad por todas las causas o mortalidad cardiovascular.

Este efecto se observó en perros con una amplia gama de frecuencias cardíacas, incluyendo aquellas que estaban considerablemente por debajo de lo que actualmente se recomienda como una tasa "objetivo" o "ideal". Específicamente, el análisis reveló beneficios en la reducción de la FC media incluso cuando esta era tan baja como 62 latidos por minuto.

Vezzosi et al., (2019) publicaron un artículo llamado **«Home monitoring of heart rate and heart rhythm with a smartphone based ECG in dogs»** En esta investigación se procedió a llevar a cabo una evaluación de la viabilidad de la monitorización de la frecuencia cardíaca (FC) y el ritmo cardíaco en un entorno domiciliario mediante el registro de trazados de electrocardiograma (ECG) efectuado por los propios dueños de perros, empleando este dispositivo en smartphones.

Los participantes registraron los trazados de ECG en sus hogares utilizando un dispositivo de un solo canal y posteriormente los remitieron por correo electrónico con el propósito de obtener una interpretación profesional.

Los resultados clave de este estudio indicaron que la mayoría de los propietarios tuvo la capacidad de efectuar el registro de los trazados de ECG en sus dispositivos móviles y de enviarlos posteriormente por correo electrónico al veterinario para su análisis e interpretación.

Así como también se llevó a cabo la siguiente investigación realizada por Bálint et al., (2019) realizaron un estudio denominado como **«Potential Physiological Parameters to Indicate Inner States in Dogs: The Analysis of ECG, and Respiratory Signal During Different Sleep Phases »** En la investigación, examinaron las señales de ECG (N = 30) y respiratorias (N = 19) de perros durante un período de sueño de 3 horas por la tarde, en un entorno de laboratorio. Calcularon cuatro variables de frecuencia cardíaca en el

dominio del tiempo a partir del ECG, y estimaron la frecuencia respiratoria promedio a partir de las señales.

Analizaron cómo estas variables se vieron afectadas por las diferentes fases de sueño y vigilia (despertar, somnolencia, *NREM* y *REM*), así como por el sexo, la edad y el peso de los perros. Descubrieron que la fase de sueño-vigilia tuvo un efecto significativo en todos los parámetros cardíacos medidos. Durante la fase de vigilia, la FC media fue más alta que en todas las demás fases.

Los investigadores Guglielmini et al., (2019) realizaron una evaluación cardíaca completa llamada «***Electrocardiographic and echocardiographic evaluation in dogs with hypothyroidism before and after levothyroxine supplementation: A prospective controlled study***» En este estudio incluyeron un examen físico, ECG estándar de 6 derivaciones, y un ecocardiograma transtorácico bidimensional (2D), modo M y eco-Doppler en todos los perros en T0 y en los perros hipotiroideos en T60.

Cada examen de ECG se llevó a cabo con los perros colocados en decúbito lateral derecho. Se adquirieron grabaciones de dos minutos para detectar la presencia de trastornos del ritmo. Las mediciones electrocardiográficas se realizaron mediante el análisis de una tira de 10 segundos utilizando una regla. Las variables analizadas incluyeron el ritmo cardíaco como el ritmo sinusal normal, arritmias y la frecuencia cardíaca en latidos por minuto (*bpm*).

El propósito de su investigación se basó en evaluar la actividad eléctrica y la función mecánica del corazón en perros con hipotiroidismo primario, después de la suplementación con tiroxina (T60), realizando mediciones tanto en el punto de inicio (T0).

Confirmaron que el hipotiroidismo puede provocar ciertas modificaciones en la función cardíaca electromecánica de los perros afectados, aunque generalmente son leves y se revierten rápidamente con la suplementación de levotiroxina. Ninguno de los perros hipotiroideos presentó signos clínicos de enfermedad cardíaca ni características ecocardiográficas que imitaran un fenotipo de cardiomiopatía dilatada.

Finalmente, el índice MPI, que es un indicador ecocardiográfico de la función combinada sistólica y diastólica, no parece ser una variable clínica útil para identificar disfunciones cardíacas en perros con hipotiroidismo espontáneo.

Lahdenoja et al. (2019) publicaron un artículo denominado como «**Cardiac monitoring of dogs via smartphone mechanocardiography: a feasibility study**» el cual se llevó a cabo en el Hospital Universitario de Animales Pequeños de la Universidad de Helsinki, en Finlandia, realizaron un ensayo clínico en el que se seleccionaron 14 perros de tres razas diferentes.

Estos tomaron 18 mediciones, en las que los perros se encontraban en un estado de calma, sin mostrar signos de agitación. Estas mediciones se utilizaron para analizar la frecuencia cardíaca (FC) de los perros, con cada señal de ECG registrada durante un minuto. Propusieron el uso de acelerómetros y giroscopios para el monitoreo del ritmo cardíaco de los perros, tanto en entornos clínicos como en casa, utilizando un smartphone para la visualización de las señales.

El algoritmo que desarrollaron logró identificar 10 señales de las 18 mediciones. En siete de estas mediciones, el algoritmo automatizado pudo detectar la FC con una desviación igual o inferior a 5 latidos por minuto en comparación con el ECG. Un análisis visual posterior confirmó que, en alrededor de la mitad de los perros, la calidad de la señal en el entorno doméstico era suficiente para extraer la FC, al menos en algunas partes de la señal, aunque los movimientos del perro generaron artefactos de movimiento, lo que representa el principal desafío del método.

Carnabuci et al., (2019) realizaron un estudio denominado como «**Left shift of the ventricular mean electrical axis in healthy Doberman Pinschers**» en el cual se realizaron mediciones en ECG de 6 derivaciones en el cual los obtuvieron con los perros en decúbito lateral derecho y sin el uso de sedantes.

Las unidades electrocardiográficas las configuraron con una frecuencia de muestreo de 1,000 Hz para la adquisición, un filtro pasa bajos de 100 Hz y un filtro pasa altos de 0.3–0.5 Hz para reducir el artefacto respiratorio. El objetivo principal fue lograr encontrar los rangos del ángulo eléctrico medio en los Doberman Pinscher y determinar la diferencia en otras razas.

Los resultados obtenidos en esta investigación se basaron en que el rango de referencia normal del ángulo eléctrico medio (MEA) en los Doberman Pinscher difiere de los valores de referencia estándar utilizados para la población canina en general, ya que

un número significativo de Doberman Pinscher sanos presenta una desviación hacia la izquierda del MEA.

Harjen et al. (2020) realizaron una investigación experimental la cual esta denominada como «**Ambulatory electrocardiography and serum cardiac troponin I measurement in 21 dogs envenomated by the European adder (*Vipera berus*)**» El estudio empleó una muestra de 21 perros que fueron sometidos a la mordedura de la serpiente *Vipera berus*. En la fase inicial de la investigación, se procedió a la colocación de un electrocardiograma ambulatorio en cada uno de los caninos en el momento de su presentación, previo a la obtención de muestras sanguíneas. Posteriormente, se retiraron los dispositivos de registro después de un período mínimo de 40 horas de hospitalización.

El objetivo fundamental del estudio consistió en la descripción de las arritmias que se presentaron en los perros dentro de las primeras 48 horas posteriores a la mordedura de la serpiente, así como en la exploración de posibles relaciones entre la clasificación de las arritmias, el nivel sérico de troponina I y la evaluación de la gravedad de la mordedura de serpiente.

Se determinó que nueve de los perros no presentaron arritmias. En los restantes doce caninos, se detectaron arritmias, y se procedió a su clasificación, de los cuales cinco se catalogaron como grado 1b, uno como grado 2b y seis como grado 3.

Trikhun et al., (2020) elaboraron un estudio llamado como «**Left ventricular systolic function in dogs with pulmonic stenosis**» En esta investigación, el registro del electrocardiograma (ECG) de superficie se realizó de acuerdo con los estándares veterinarios utilizando un equipo de ECG. Los caninos, sin requerir sedación, fueron posicionados en decúbito lateral derecho, y se les aplicaron cuatro electrodos de ECG en las extremidades para obtener las derivaciones de miembros, que abarcaron las derivaciones I, II, III, aVR, aVL y aVF. Se utilizó gel de ECG en los sitios de colocación de los electrodos para garantizar una adecuada conducción eléctrica y las señales de ECG se registraron durante un período de al menos 30 segundos.

El propósito de este estudio se centró en examinar las diferencias en la actividad eléctrica y las funciones sistólicas, incluyendo sus implicaciones hemodinámicas, en perros con estenosis pulmonar (PS) en comparación con perros sin esta afección.

Los resultados del estudio revelaron que se observaron patrones electrocardiográficos de ritmo sinusal respiratorio (RSA), y en casi la mitad de los perros con estenosis pulmonar se detectó depresión del segmento ST. Destacaron que la presencia de esta depresión del segmento ST podría haber sido el resultado de la respuesta simpática inducida por la insuficiencia cardíaca congestiva, el estrés, la ansiedad y la excitación.

Meyers et al. (2020) realizaron una investigación llamada «***Selected cardiac abnormalities in Trypanosoma cruzi serologically positive, discordant, and negative working dogs along the Texas-Mexico border***» En el contexto de esta investigación, se implementó el uso de un monitor Holter de cinco derivaciones de lectura continua con el propósito de caracterizar las arritmias cardíacas y las anomalías de conducción. Este modelo, previamente empleado tanto en la medicina canina como en la medicina humana, permitía registrar parámetros tales como la frecuencia cardíaca, las pausas, la variabilidad R-R y las alteraciones en el ritmo y la conducción. Para su aplicación, se procedió a afeitar y desinfectar la zona de colocación de los electrodos en cada perro, y posteriormente, se aseguraron los electrodos y la batería utilizando cinta adhesiva elástica Ultra-Light de 3 pulgadas.

El objetivo fundamental de esta investigación se centró en la evaluación de medidas específicas relacionadas con la salud cardíaca en relación con el estado de infección por T. cruzi en los caninos. Los resultados de dicho estudio revelaron que se implantó un monitor Holter en 48 perros de trabajo pertenecientes al ámbito gubernamental, y se llevaron a cabo análisis de 39 grabaciones exitosas que cumplían con los criterios preestablecidos de longitud y calidad.

Estas grabaciones se originaron en 17 perros con infección por T. cruzi, 18 perros no infectados y 4 perros con resultados discordantes. En general, se observó que el 76.5% de los perros con resultados positivos, el 100.0% de los perros con resultados discordantes y el 11.1% de los perros con resultados negativos presentaron más de una anomalía en el ECG

Los investigadores Restan et al. (2020) realizaron un estudio en el cual se centraron solamente en caninos de raza Beagle donde a este le llamaron «**Effect of a lactate-guided conditioning program on heart rate variability obtained using 24-Holter electrocardiography in Beagle dogs**» este consistió en evaluar si un programa de entrenamiento de resistencia, guiado individualmente por el umbral de lactato (LT), tenía un impacto en las medidas de variabilidad de la frecuencia cardíaca en perros Beagle sanos.

Emplearon el dispositivo digital Cardioflash el cual fue desarrollado en Brasil, este para llevar a cabo el seguimiento de la actividad eléctrica del corazón durante un período de 24 horas con el fin de determinar la variabilidad de la frecuencia cardíaca. Para registrar las señales, estos utilizaron electrodos adhesivos. La grabación del Holter durante 24 horas se realizó mediante un sistema de electrodos de 4 vías y 3 canales, utilizando un dispositivo registrador digital.

Como resultado obtuvieron que el entrenamiento físico provoca una respuesta cardiovascular beneficiosa gracias al aumento de los índices de HRV en personas físicamente en forma. Concluyen que este beneficio también se ha observado en perros con fibrilación ventricular inducida, al considerar estos resultados en conjunto, observaron que los perros entrenados presentaban un aumento en SDNN y pNN50.

Tyrrell et al., (2020) desarrollaron un estudio denominado como «**Echocardiographic and electrocardiographic evaluation of North American Irish Wolfhounds**» En el marco de un estudio de cohorte retrospectivo, se utilizaron intervalos de referencia basados en datos ecocardiográficos de individuos clasificados como normales para definir la prevalencia de anomalías estructurales y funcionales. Además, se desarrolló un modelo logístico con el propósito de identificar hallazgos clínicos que pudieran predecir el posterior desarrollo de la Anormalidad del Movimiento de la Pared Isquémica (*IWCM*).

Los autores definieron el objetivo de esta investigación para determinar la prevalencia de arritmias y anomalías ecocardiográficas en galgos irlandeses de América del Norte, y establecer que la fibrilación auricular es un marcador diagnóstico

de dichas anomalías, así como que las características clínicas predicen el desarrollo de la miocardiopatía en galgos irlandeses.

La prevalencia de la fibrilación auricular (FA) se determinó, de la cual más de la mitad de los casos presentaban anomalías ecocardiográficas. La Isquemia del Movimiento de la Pared Cardíaca (IWCM), caracterizada por ciertos cambios ecocardiográficos, tuvo una prevalencia específica. Las tasas de probabilidad positiva y negativa para la FA en la identificación de la IWCM fueron relevantes. Un modelo de regresión logística multivariable identificó la FA y el sexo masculino como factores predictivos del desarrollo futuro de la IWCM.

El estudio realizado por Mukherjee et al., (2020) llamado como «**A study on the electrocardiography in dogs: Reference values and their comparison among breeds, sex, and age groups**» Esta investigación se llevó a cabo con 239 perros de 11 razas diferentes que fueron llevados a The Institute Veterinary Clinic durante 2018-2019. Los animales, sin importar su raza o género, se agruparon según sus diferentes grupos de edad. Realizaron registros utilizando un ECG de un solo canal con una velocidad de papel de 25 mm/s y una calibración de 10 mm=1 mV, manteniendo a los animales en decúbito lateral derecho sin anestesia.

Su objetivo se centró en generar datos básicos sobre los parámetros de electrocardiografía (ECG) en diferentes razas y sus modificaciones en relación con el género y la edad. Como resultado, el estudio generó información básica sobre los patrones electrocardiográficos caninos en diversas razas, lo cual amplió el conocimiento existente para ayudar a los profesionales clínicos a monitorear anomalías cardíacas en diferentes razas.

Grosso et al., (2022) desarrollaron una investigación la cual se llama «**Evaluation of a Novel Precordial Lead System for the Electrocardiographic Diagnosis of Right Ventricular Enlargement in Dogs**» El estudio se basó en la evaluación de la precisión diagnóstica del ECG de 12 derivaciones en el diagnóstico de la Ventrículo Derecho (RVE) utilizando el sistema de derivaciones precordiales y se comparó con la eficacia diagnóstica del ECG estándar de 6 derivaciones.

Como resultado observaron que el ECG de 12 derivaciones tenía una baja sensibilidad, pero una alta especificidad en el diagnóstico de la Ventriculo Derecho (RVE) en perros. La relación R/S en V4 y V5 y la amplitud de la onda S en V6 mostraron la mejor precisión diagnóstica para distinguir entre perros con RVE y perros sanos. La inclusión de estos criterios de derivaciones precordiales en la evaluación estándar del ECG de 6 derivaciones aumenta la precisión diagnóstica en la detección de RVE en perros. Realizar más estudios que evalúen las diferencias electrocardiográficas entre perros con hipertrofia del ventrículo derecho concéntrica y excéntrica sería de valor clínico.

Estrada et al., (2021) realizaron un estudio llamado «**Diagnostic accuracy of computer aided electrocardiogram analysis in dogs**» El estudio se basó en un diseño de cohortes retrospectivo y transversal. Los electrocardiogramas (ECG) se recopilaron del sistema IDEXX Vetmedstat durante el mes de marzo de 2017.

Solamente se consideraron aptos y elegibles para su revisión los ECG caninos que cumplieron con un filtro de relación señal/ruido. En total, se recolectaron 1391 ECG, de los cuales se excluyó el 15,9% debido a que correspondían a felinos. De los 1170 ECG caninos restantes, el 12,5% no cumplió con los criterios de calificación, lo que resultó en 1024 ECG aptos para su revisión.

Los investigadores se basaron en el objetivo de realizar una evaluación de un algoritmo de electrocardiograma computarizado haciendo una comparación con la interpretación de un equipo cardiológico veterinario certificado por colegios de especialidad.

El algoritmo demostró tener baja sensibilidad y especificidad al etiquetar un ECG como "anormal". En este algoritmo un ECG podía ser clasificado como "anormal" debido a la presencia de una arritmia o a mediciones de ondas que estuvieran fuera de los rangos predefinidos.

Los investigadores concluyeron que una posible razón para esta discrepancia se encontró en el hecho de que el algoritmo de ECG utilizaba mediciones promediadas de múltiples complejos, lo que ofreció una representación más precisa del ECG en su conjunto en comparación con un cardiólogo que se basaba en la medición de un solo complejo.

Gicana et al., (2021) realizaron un estudio llamado **«Novel Approach to Assess Cardiac Function Using Systolic Performance and Myocardial Performance Indices From Simultaneous Electrocardiography and Phonocardiography Recordings in Dogs With Various Stages of Myxomatous Mitral Valve Disease»** El estudio contó con la participación de 52 perros diagnosticados con MMVD, propiedad de clientes (26 hembras y 26 machos), que se presentaron en la Clínica de Cardiología del Hospital Universitario de Pequeños Animales de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad de Chulalongkorn. Estos caninos, que fueron seleccionados como sujetos de investigación, representaron casos clínicos reales y fueron referidos por médicos experimentados en sonografía con el propósito de diagnosticar MMVD.

Durante el desarrollo de la investigación, se realizaron mediciones simultáneas de diversas variables que caracterizan las funciones sistólicas y diastólicas del corazón. En relación con la parte del estudio relacionada con el electrocardiograma (ECG), se utilizó una única derivación equipada con dos electrodos de acero inoxidable. Los datos recopilados se registraron en formato digital y se transmitieron de forma inalámbrica a través de la tecnología Bluetooth a un dispositivo móvil mediante una aplicación específica.

Su objetivo se basó en establecer y validar la utilización de los índices de pre-sístolia (SPI) y post-sístolia (MPI) obtenidos a partir de un dispositivo específico, como una aproximación innovadora, para la evaluación de la función cardíaca en distintas fases de los caninos afectados por enfermedad valvular mitral degenerativa (MMVD).

Sus hallazgos revelaron que los parámetros del CTI medidos a través de un dispositivo novedoso, que incluyeron QS1, QS2, S1S2, MPI-F1 y MPI-F2, experimentaron modificaciones en diferentes etapas de la enfermedad valvular mixomatosa degenerativa (MMVD). El SPI y todas las fórmulas del MPI propuestas se compararon con los intervalos de tiempo sistólicos y el índice Tei obtenidos a través de la ecocardiografía. Además, el SPI, MPI-F1 y MPI-F2 mostraron una correlación significativa con el índice Tei. No obstante, el SPI no logró diferenciar las diversas etapas de la MMVD.

Murphy et al., (2022) realizaron una investigación a la cual llamaron como **«Assessment of age, gender, and anxiety on ECG waveform morphology in a large population of domestic dogs»** En el marco de este estudio retrospectivo de diseño transversal, se adquirieron y sometieron a evaluación un total de 12,026 electrocardiogramas (ECG) pertenecientes a perros que, aparentemente, no presentaban afecciones cardíacas.

El propósito de la investigación consistía en llevar a cabo mediciones electrocardiográficas con el fin de evaluar si factores tales como la edad, el género y la ansiedad ejercían un impacto discernible en la morfología de las ondas en el electrocardiograma de perros.

Los resultados indicaron que la edad estaba relacionada de manera tanto lineal como no lineal con diversas variables del ECG, entre las que se incluyen la amplitud y duración de la onda P, la amplitud de la onda R y la duración del complejo QRS. Estos hallazgos confirmaron la presencia de alteraciones en el ECG como consecuencia del proceso de envejecimiento cardíaco fisiológico normal, una observación que también se ha documentado en seres humanos.

Bini et al., (2022) realizaron el estudio denominado como **«Clinical and Electrocardiographic Findings for Predicting the Severity of Pulmonary Valve Stenosis in Dogs»** En este estudio se llevó a cabo un registro convencional de ECG de seis derivaciones de manera uniforme en todos los perros. Los caninos que no requerían sedación se posicionaron suavemente en decúbito lateral derecho en presencia de sus propietarios, y se aplicaron electrodos de cocodrilo aplanados en las extremidades delanteras y traseras. El estudio se llevó a cabo en forma retrospectiva y tuvo un enfoque observacional. Como tal, no se solicitó la aprobación institucional para el manejo y la utilización de los animales ni se obtuvo el consentimiento del cliente.

La estenosis de la válvula pulmonar se clasificó en 97 perros de la siguiente manera: un 15% presentó una forma leve, un 25% tuvo una forma moderada y un 60% mostró una forma grave. En cuanto a la presión del gradiente (PG), la mediana general en la población fue de 96 mmHg, con un rango que varió entre 12-250 mmHg. En el grupo de estenosis pulmonar leve, la mediana del PG pico fue de 40 mmHg (con un rango de 12-49 mmHg), mientras que, en el grupo de estenosis pulmonar moderada, la

mediana del PG pico alcanzó los 64,5 mmHg (con un rango de 51-79 mmHg). En el caso de los perros con estenosis pulmonar grave, la mediana del PG pico se situó en 133 mmHg (con un rango de 80-250 mmHg).

Romito et al., (2022) realizaron una investigación llamada **«Retrospective evaluation of the ST segment electrocardiographic features in 180 healthy dogs»** En todos los perros, se efectuó un electrocardiograma con los animales posicionados y sujetos manualmente en decúbito lateral derecho. Es relevante mencionar que no se administró sedación a los caninos, y se les otorgó un período de tiempo para su adaptación, lo que permitió la obtención de electrocardiogramas en un estado de relajación canina óptimo.

El propósito de este estudio se centró en la caracterización del segmento ST, el cual fue sometido a análisis en una población de aproximadamente 180 caninos. Los resultados indicaron que el 23.9% de estos presentó desviaciones en el segmento ST, lo que equivale a 43 perros que mostraron esta alteración.

En lo que respecta a la morfología de la elevación, se observó que todos los perros manifestaron un patrón cóncavo. Cabe destacar que no se identificó ningún efecto de relevancia asociado al género, peso corporal, edad o somatotipo en la presencia o ausencia de desviación en el segmento ST.

Ogawa et al., (2022) realizaron el siguiente estudio denominado como **«Evaluation of the association between electrocardiogram parameters and left cardiac remodeling in dogs with myxomatous mitral valve disease»** Este estudio tipo retrospectivo comprendió a 20 perros saludables y 140 perros con enfermedad valvular mitral (MMVD). La información relativa a las variables clínicas se obtuvo mediante examen físico, radiografía torácica, ecocardiografía y electrocardiografía.

El estudio evaluó la asociación entre los parámetros del electrocardiograma (ECG) y la remodelación cardíaca izquierda, y se investigó si la velocidad de cambio en las formas de onda del ECG en el mismo individuo reflejaba la remodelación cardíaca izquierda en perros con enfermedad valvular mitral (MMVD).

Se identificó únicamente la duración de la onda P y la duración del complejo QRS como variables significativas relacionadas con los parámetros de las pruebas de imagen;

estas variables mostraron una capacidad de discriminación relativamente más alta para la remodelación cardíaca izquierda en comparación con otros parámetros del ECG.

Foster et al., (2022) le denominaron al siguiente estudio como «**Preliminary Evaluation of a System with On-Body and Aerial Sensors for Monitoring Working Dogs**» En este artículo, se presenta un sistema integral diseñado para el monitoreo completo del comportamiento, del entorno y de las respuestas fisiológicas en perros de trabajo. Este sistema se basa en el empleo de sensores ubicados tanto en los cuerpos de los perros como en el entorno circundante. Para llevar a cabo el seguimiento en tiempo real, se implementó un algoritmo de aprendizaje.

La investigación se centró en la evaluación del rendimiento de un electrodo 3D personalizado, que incorporó mejoras ergonómicas específicas para su aplicación, además de la utilización de técnicas avanzadas de procesamiento de filtros adaptativos. El objetivo primordial de este estudio fue maximizar la adquisición de datos de electrocardiografía durante actividades de alta intensidad y movimiento.

En la etapa inicial del análisis, se observaron frecuencias cardíacas excepcionalmente elevadas durante la actividad intensa, superando ampliamente el máximo fisiológico esperado, debido a artefactos de movimiento. Algunos casos registraron frecuencias cardíacas en el rango de 360 latidos por minuto lo cual está significativamente por encima del valor fisiológico máximo esperado de aproximadamente 300 lpm.

Szpinda et al., (2023) «**Cardiological Reference Intervals in Adult American Staffordshire Terrier Dogs**» Se evaluaron un total de 91 perros de raza American Staffordshire Terrier (AST), de los cuales 29 perros, que estaban en óptimas condiciones de salud y con resultados sanguíneos dentro de los intervalos de referencia (RI), fueron seleccionados para formar parte del grupo de investigación definitivo. Este grupo consistía en 15 machos y 14 hembras, con edades que oscilaban entre 1,5 y 10 años, con una mediana de edad de referencia.

El propósito de esta investigación consistió en establecer los intervalos de referencia (IR) para diversas evaluaciones clínicas en perros de la raza American

Staffordshire Terrier, abarcando la ecocardiografía, el electrocardiograma (ECG), la medición de la puntuación cardíaca vertebral (*VHS*) y la presión arterial sistólica (*PAS*).

En todos los caninos, se detectó un ritmo sinusal regular sin presencia de arritmias patológicas. Se registró la presencia de arritmia sinusal respiratoria en ocho de los perros, lo que representaba el 27.6% del grupo de estudio. La frecuencia cardíaca varió en un rango de 70 a 150 latidos por minuto.

Fernández Castañer et al., (2023) realizaron un estudio llamado como **«Sedation Quality and Cardiorespiratory, Echocardiographic, Radiographic and Electrocardiographic Effects of Intramuscular Alfaxalone and Butorphanol in Spanish Greyhound Dogs»** Se llevó a cabo la evaluación de la calidad de la sedación y los cambios en las variables cardiorrespiratorias tras la administración intramuscular de alfaxalona y butorfanol en un grupo de perros galgos españoles adultos. Los 21 caninos fueron sometidos a la administración de alfaxalona (2 mg/kg) y butorfanol (0,2 mg/kg) mediante la vía intramuscular.

El propósito de este estudio consistió en valorar la calidad de la sedación y los impactos sobre los parámetros cardiorrespiratorios, ecocardiográficos, electrocardiográficos y radiográficos a raíz de la administración intramuscular de alfaxalona en conjunto con butorfanol en perros galgos españoles en buen estado de salud. La hipótesis de investigación se centraba en que la combinación intramuscular de estos fármacos brindaría una sedación de alta calidad y cambios mínimos en los parámetros analizados.

Los resultados evidenciaron que las dosis empleadas de alfaxalona y butorfanol en este estudio lograron inducir una sedación de intensidad moderada, adecuada para llevar a cabo procedimientos diagnósticos, y generaron alteraciones hemodinámicas y respiratorias de carácter leve.

Schreiber et al., (2023) realizaron una investigación denominada como **«Comparison of the diagnostic value of a small, single channel, electrocardiogram monitoring patch with a standard 3-lead Holter system over 24 hours in dogs»** Este estudio tuvo un enfoque prospectivo, comparativo y exploratorio. Durante el período de 2020 a 2021, se reclutaron un total de 20 perros que se presentaron en la División de

Cardiología de la Facultad Vetsuisse de la Universidad de Zúrich. La inclusión de estos perros se basó en criterios clínicos que indicaban la necesidad de someterse a un registro electrocardiográfico ambulatorio de 24 horas, como la presencia de una arritmia.

El objetivo principal de esta investigación fue llevar a cabo una comparación entre un dispositivo innovador de registro de eventos de corta duración, conocido como Monitor Ambulatorio de Claveles (CAM), y un Holter convencional.

Como resultado, se determinó que las 38 trazas electrocardiográficas (dos para cada uno de los 19 pacientes) tenían una calidad diagnóstica adecuada. Cabe destacar que el tiempo necesario para analizar los datos y el porcentaje de artefactos fueron significativamente mayores en el dispositivo CAM en comparación con el Holter estándar.

Baisan et al., (2023) llevaron cabo la investigación denominada «**Analysis of Poincaré plot derived from 5-min electrocardiography in dogs with myxomatous mitral valve disease**» Este estudio observacional retrospectivo abarcó a perros que se presentaron para una evaluación cardiológica en la unidad de Cardiología del Hospital de Enseñanza Veterinaria, desde enero de 2018 hasta julio de 2022. Todos los perros se sometieron a un examen cardiológico completo que incluyó un examen físico, seguido de una electrocardiografía de seis derivaciones de cinco minutos, ecocardiografía y radiografía torácica.

El objetivo de este estudio fue comparar el análisis geométrico de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) mediante patrones visuales en el gráfico de Poincaré entre diferentes categorías de enfermedad valvular mitral (EVM) en perros, y analizar las diferencias en la variabilidad latido a latido a través de tautogramas y gráficos de Poincaré secuenciales entre diferentes formas.

No hubo una diferencia significativa en cuanto a la edad y el peso corporal entre los grupos. Además, no se observó una diferencia estadística en las variables clínicas y ecocardiográficas entre los perros malteses y no malteses, excepto en el peso corporal.

El análisis visual geométrico reveló una menor dispersión de la agrupación de nubes hacia la esquina inferior izquierda del gráfico a medida que progresaba la MMVD.

Las formas de diamante y triángulo mostraron una frecuencia cardíaca media más baja en comparación con las formas de cometa y torpedo.

Vezzosi et al., (2023) realizaron el siguiente estudio denominado «***Evaluation of a new smartphone-based digital stethoscope featuring phonocardiography and electrocardiography in dogs and cats***» Se llevó a cabo un estudio con el propósito de evaluar un estetoscopio digital innovador (DS) que utiliza teléfonos inteligentes para capturar fono cardiogramas y electrocardiogramas (ECG) de manera simultánea en perros y gatos. Posteriormente, se procedió a comparar los registros de audio y las trazas de ECG obtenidas a través de este dispositivo con los resultados de la auscultación convencional y los ECG estándar. La investigación incluyó un total de 99 perros y nueve gatos de manera prospectiva.

En relación con el desempeño electrocardiográfico del novedoso dispositivo, se observó que los registros de ECG fueron interpretativos en el 88% de los casos. Estos resultados se encuentran en consonancia con investigaciones previas, tanto en el ámbito de la medicina humana como en el campo veterinario, donde se constató que las trazas de ECG obtenidas a través de dispositivos de ECG de teléfonos inteligentes de una sola derivación resultaron interpretativas en un rango que osciló entre el 87% y el 99.6% de los pacientes, ya sean humanos o animales.

## **2.2 PROBLEMÁTICA**

La falta de tecnología veterinaria y la escasa inversión en investigación en esta área han generado una creciente demanda en los últimos años. Esto se ha convertido en una cuestión crítica, ya que muchos perros han experimentado muertes súbitas o complicaciones postoperatorias debido a la falta de disponibilidad de equipos de electrocardiografía (ECG) específicos para caninos en las clínicas veterinarias. Esta carencia puede atribuirse a problemas económicos que impiden la inversión en tecnología especializada o a la falta de conocimiento sobre la importancia de esta herramienta por parte de los veterinarios.(Zendejas & Camberos, s. f.)

Los perros, a diferencia de los humanos, no pueden comunicar directamente su estado de salud a sus dueños, lo que subraya la importancia de un diagnóstico temprano y preciso para evitar situaciones críticas. Esta problemática resalta la urgente necesidad

de promover la investigación, la concienciación y la inversión en tecnología veterinaria para mejorar la atención de las afecciones cardíacas en perros y garantizar una atención más efectiva y segura en el cuidado de la salud de estas mascotas.

La revisión de parámetros cardiológicos no son algo común ya que se les toma más importancia a otros signos vitales como la temperatura, saturación de oxígeno etc. La falta de acceso a un equipo de electrocardiografía (ECG) en una clínica veterinaria o la ausencia de uno en casa puede ser problemática debido a que los ECG son esenciales para la detección temprana de problemas cardíacos en caninos. Tener un ECG disponible facilita la atención veterinaria de calidad y puede marcar una diferencia significativa en la vida y el bienestar de las mascotas. (Álvarez Ramírez, 2023)

La medición de ECG en perros utilizando equipos diseñados originalmente para humanos presenta desafíos debido a las notables diferencias anatómicas y fisiológicas entre las dos especies. Los perros tienen corazones de diferentes tamaños y formas, así como ubicaciones de electrodos específicas, lo que puede hacer que la interpretación de un ECG humano en un perro sea inexacta. (Perez, 2021)

La mayoría de la investigación en cardiología se ha centrado en los humanos, lo que ha resultado en una escasez de investigaciones y normativas específicas para la obtención y el análisis de ECG en perros. La limitada atención a la cardiología veterinaria también ha restringido el desarrollo de tecnologías y equipos de ECG específicos para perros. Los 3 países con mayor demanda de veterinarias donde se encuentra alta tecnología en equipos caninos son los siguientes: Estados Unidos (80%), Italia (75%), Finlandia (70%) y Brasil (40%) (Redalyc, 2009)

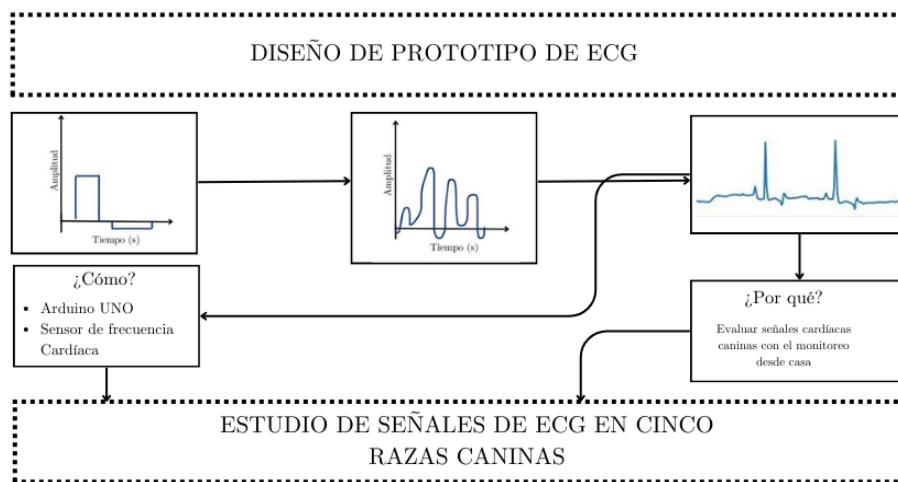
### **2.3 IMAGEN INTEGRADORA**

La medicina veterinaria está experimentando transformaciones gracias a avances tecnológicos que incluyen inteligencia artificial, digitalización y la expansión de la telesalud, sin embargo, en Latino América la tecnología veterinaria no está muy avanzada.

Estados Unidos e Italia destaca en la investigación y la tecnología veterinaria desarrollando proyectos como tecnología de imágenes en medicina veterinaria, la evaluación electrocardiográfica ambulatoria y las mediciones de anomalías

cardíacas. Estos proyectos se han realizado mediante prototipos o equipos médicos veterinarios certificados.

Se trabajó en la implementación de un sistema de monitoreo cardíaco desde casa para caninos con el objetivo de facilitar a los dueños el seguimiento constante de la salud cardiovascular de sus mascotas. Este enfoque buscó detectar posibles problemas cardíacos en etapas tempranas, permitiendo a los propietarios ahorrar dinero al evitar visitas veterinarias innecesarias. La tecnología desarrollada proporcionó una solución práctica y accesible, promoviendo la prevención y el bienestar a largo plazo de los caninos. (Ilustración 1)



**Ilustración 1 Imagen Integradora**

Fuente: Elaboración propia

## 2.4 LIMITACIONES

Tabla 1 Limitantes de estudios pasados

Autores	País del estudio	Enfoque de estudio	Tipo de limitación	Detalle de limitación
Virtanen et al., 2018	Finlandia	Evaluación de electrodos secos	Pequeña cantidad de grupos caninos.	Las limitaciones de este estudio estuvieron relacionadas con el tamaño relativamente pequeño de la muestra de perros y las diversas razas de perros incluidas.
Sanders et al., 2018	Estados Unidos	Evaluación electrocardiográfica ambulatoria	Tamaño de la muestra	Surgieron preocupaciones sobre la representatividad precisa de la población general de Salukis que fue objeto de evaluación en el estudio.
LeBlanc & Scollan, 2018	Estados Unidos, Oregon	Cuantificación de volumen	Escasa variabilidad, dificultad de visualización	Se trabajó con un número limitado de perros, lo que afectó la diversidad de edad y peso corporal. En las imágenes de la tomografía computarizada multidetector ( <i>MDCT</i> ), se observó que la identificación del tracto de salida del ventrículo derecho resultó particularmente desafiante.

Autores	País del estudio	Enfoque de estudio	Tipo de limitación	Detalle de limitación
Auriemma et al., 2018	Italia	Tecnología de imágenes en medicina veterinaria	Diversas patologías	La principal limitación de este estudio residió en que la cohorte de perros también incluyó a animales con enfermedades cardiovasculares congénitas, a pesar de que la distribución anatómica de las arterias coronarias no se viera afectada.
Pedro et al., 2018	Pensilvania, Estados Unidos	Evaluación retrospectiva cardiológica	Muertes caninas	La mayoría de las muertes relacionadas con problemas cardíacos ocurrieron en perros con insuficiencia cardíaca congestiva ( <i>CHF</i> ) en el momento del diagnóstico de la fibrilación auricular, lo que afectó los resultados.
Vezzosi et al., 2019	Italia	Monitorización en el hogar	Sobrerrepresentación de caninos de tamaño grande-mediano	La inclusión de un mayor número de perros pequeños en el grupo de estudio podría haber revelado un rendimiento diferente de los registros de ECG con smartphone para la monitorización en el hogar en perros.

Autores	País del estudio	Enfoque de estudio	Tipo de limitación	Detalle de limitación
Guglielmini et al., 2019	Italia	Evaluación clínica con equipos veterinarios	Falta de tecnología avanzada	No se utilizaron técnicas avanzadas (por ejemplo, imágenes de Doppler tisular, seguimiento de partículas). Estas últimas técnicas son más sensibles para detectar cambios sutiles en la función cardíaca sistólica o diastólica,
Lahdenoja et al., 2019	Finlandia	Monitoreo cardíaco de caninos	Limitación de razas caninas	En el estudio CT-A, se limitó la inclusión a perros de tres razas, predominantemente Dobermans. No obstante, en el estudio HM-B, se amplió la muestra para incluir nueve razas distintas, así como perros de raza mixta.
Carnabuci et al., 2019	Italia	Electrocardiografía canina	Muestreo pequeño	Solo se realizaron mediciones a un tipo de raza canina, siendo estos 41 perros,

<b>Autores</b>	<b>País del estudio</b>	<b>Enfoque de estudio</b>	<b>Tipo de limitación</b>	<b>Detalle de limitación</b>
Harjen et al., 2020	Noruega	Electrografía ambulatoria	Falta de equipo veterinario investigativo	La limitación de este estudio se basó en que La ecocardiografía habría sido una adición útil antes de la inclusión en el estudio actual para descartar enfermedad cardíaca preexistente.
Meyers et al., 2020	Estados Unidos	Medición de anormalidades cardíacas	Baja cantidad de mediciones en ECG	Con el fin de obtener una comprensión más completa de los resultados clínicos en casos de infección por T. cruzi, se necesitan ECG adicionales para examinar la evolución y las variaciones en momentos posteriores.
Restan et al., 2020	Brasil	Variabilidad de frecuencia cardíaca	Resultados escasos	Falta de resultados para variables en el dominio de la frecuencia.
Tyrrell et al., 2020	Estados Unidos	Evaluación cardíaca en una raza canina	Análisis retrospectivo	Hubo presencia de observaciones faltantes y las mediciones fueron de manera breve

<b>Autores</b>	<b>País del estudio</b>	<b>Enfoque de estudio</b>	<b>Tipo de limitación</b>	<b>Detalle de limitación</b>
Grosso et al., 2022	Italia	Evaluación de sistemas de electrodos para diagnostico	Implementación de nuevas tecnologías	Se requieren estudios adicionales que comparen los hallazgos del ECG de 12 derivaciones en un mayor número de perros con RVE secundaria a diferentes etiologías y gravedad.
Estrada et al., 2021	Estados Unidos	Análisis electrocardiográfico	Medición nula de algoritmos	La población utilizada en este estudio se compone exclusivamente de perros que recibieron un ECG de un solo servicio de telemedicina, lo que podría dar lugar a un sesgo de muestreo. La repetibilidad y confiabilidad tanto de los cardiólogos como del algoritmo no se midieron.
Gicana et al., 2021	Estados Unidos	Evaluación de la función cardiaca	Muestreo bajo de perros con la enfermedad MMVD	Este estudio contó con un número reducido de perros en la etapa D de la enfermedad de la válvula mitral degenerativa (MMVD), lo que pudo no haber reflejado completamente los valores de CTI en este grupo.
Murphy et al., 2022	Estados Unidos	Evaluación de ondas cardiacas en entorno a factores fisiológicos	Selección exclusiva	Se eliminó un gran subconjunto de ECG del análisis, ya que los investigadores intentaron seleccionar principalmente perros sanos al excluir a aquellos con afecciones cardíacas conocidas, como soplos cardíacos, ruidos adicionales o arritmias.

Fuente: Elaboración propia

### **III.OBJETIVOS**

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un prototipo de electrocardiografía (ECG) diseñado para caninos para la evaluación de señales cardíacas.

#### 3.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar artículos científicos y trabajos previos relacionados con la adquisición y análisis de señales de ECG en perros, así como los prototipos desarrollados.
- Establecer una metodología apropiada para el montaje del prototipo de ECG canino, que incluya la preparación de componentes, la conexión de electrodos y sensores, y la verificación de su funcionamiento.
- Recolectar señales cardíacas de distintas razas junto al prototipo, utilizando análisis estadísticos para comparar parámetros cardíacos.

## IV. Métodos

### 4.1 OBJETIVO DEL MÉTODO

**Tabla 2 Objetivo del método**

<b>Método</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Instrumento o técnica</b>
Procesamiento de señales caninas	Filtrar ruido e interferencias en el procesamiento de señales para una mejor visualización.	Software Python
Recopilación de datos	Emplear el Arduino UNO como medio de captura y almacenamiento de señales de ECG canino, garantizando una recopilación precisa de las señales cardíacas de los perros seleccionados	Arduino UNO
Obtención de señales	Capturar y registrar con precisión la actividad eléctrica del corazón de los perros	Sensor de frecuencia cardiaca
Análisis estadísticos	Realizar análisis estadísticos con la captura de los parámetros proporcionados por el prototipo para la comparación entre razas.	Minitab

Fuente: Elaboración propia

## 4.2 VARIABLES DE INVESTIGACIÓN

Se exploraron variables fundamentales para la evaluación de la salud cardiovascular canina a través del prototipo de ECG. Se abordan las variables de investigación que desempeñaron un papel crucial en el desarrollo y evaluación del prototipo, destacando su relevancia para la interpretación precisa de la actividad cardíaca en perros.

### 4.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

- Grupo de razas caninas: se refiere al conjunto de razas caninas específicas para las cuales se llevó a cabo la adquisición de señales electrocardiográficas. Su inclusión en el estudio se fundamentó en la premisa de que las diversas razas podían exhibir variaciones en la morfología y patrones cardíacos, lo cual incidió en las características fisiológicas de las señales cardíacas.

### 4.2.2 VARIABLES DEPENDIENTES

- Calidad de la señal: Representa la claridad y precisión de las señales electrocardiográficas capturadas por el prototipo. Incluye la ausencia de interferencias y la fidelidad de la representación, una alta calidad de señal es esencial para una interpretación precisa de la actividad cardíaca del perro, influyendo directamente en la utilidad clínica de los datos recopilados.

- Tiempo de captura de las señales: Se refiere al período de tiempo necesario para adquirir y registrar las señales electrocardiográficas de un perro mediante el prototipo de ECG. Un tiempo de captura eficiente es crucial para obtener una representación precisa de la actividad cardíaca y garantizar un monitoreo en tiempo real.

- Frecuencia cardíaca es un indicador crucial de la salud cardiovascular de un perro. Cambios en la frecuencia cardíaca pueden indicar afecciones médicas, estrés o niveles de actividad física. En el contexto del prototipo de ECG canino.



## **Ilustración 2. Variables de Investigación**

Fuente: Elaboración propia

### 4.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

En la siguiente tabla se representó la relación de los objetivos entre las variables que se tomaron en cuenta para llevar a cabo la investigación en conjunto con indicadores, definición conceptual y las dimensiones.

**Tabla 3 Operacionalización de variables**

<b>Objetivo General</b>	<b>Variable Independiente</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Desarrollar un prototipo de electrocardiograma (ECG) diseñado para perros para la evaluación de señales cardíacas en el dominio del tiempo.	Frecuencia cardíaca canina	Este objetivo se cumple al concluir el desarrollo del prototipo de ECG con obtención de una señal de buena calidad y el análisis de las señales obtenidas y contrastadas con el equipo de ECG oficial de un fabricante.	Recopilación de datos de señales cardíacas, aplicación clínica y beneficios.	Numero de señales cardíacas registradas, calidad de las señales, variedad de razas, capacidad de detección de patrones.
<b>Objetivo Específico</b>	<b>Variable Dependiente</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Identificar artículos científicos y trabajos previos relacionados con la adquisición y análisis de señales de ECG en perros, así	Calidad de la señal	Recopilar información científica previa sobre la obtención y análisis de señales de ECG en perros, así como prototipos anteriores.	Filtrados, evaluación de métodos y técnicas de búsqueda.	Búsqueda, selección y almacenamiento de información.

como los prototipos desarrollados.

<b>Objetivo Específico</b>	<b>Variable Dependiente</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Establecer un procedimiento para el montaje del prototipo de ECG canino, que incluya la preparación de componentes, la conexión de electrodos y sensores, y la verificación de su funcionamiento.	Tiempo de captura de las señales.	Proporcionar una guía sistemática que permita reproducir el montaje del prototipo de manera consistente y confiable, facilitando así su implementación y asegurando la calidad del proceso de ensamblaje.	Verificación del funcionamiento, conexión de electrodos y sensores	Eficacia en la Conexión, tiempo de ejecución.

<b>Objetivo Específico</b>	<b>Variable Dependiente</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Recolectar y registrar señales de ECG canino de distintas razas utilizando el prototipo, con el propósito de presentar las señales obtenidas y posteriormente compararlas con las señales de ECG obtenidas de los mismos perros utilizando un electrocardiógrafo humano.	Grupo de razas caninas	Registrar señales de ECG en perros con un prototipo, presentarlas y compararlas con señales humanas para evaluar la eficacia del dispositivo en la recolección de datos caninos.	Adquisición de Señales de ECG Canino, presentación y documentación de Señales, comparación con Electrocardiógrafo humano, variación entre Razas Caninas.	Calidad de las señales registradas, variación entre razas caninas, exactitud en la presentación de datos.

Fuente: Elaboración propia

## **4.4 RESUMEN DEL PROCEDIMIENTO**

La implementación de este procedimiento constituyó una fase fundamental de la investigación, permitiendo la obtención de datos cruciales para la evaluación de la salud cardiovascular en perros. Se abordaron aspectos relacionados con la adquisición de señales, el enfoque, la población y los materiales utilizados.

### **4.4.1 ENFOQUE**

El proyecto se centró en el desarrollo de un prototipo de Electrocardiograma (ECG) canino, diseñado y construido manualmente. Este prototipo se utilizó para capturar y analizar señales cardíacas en perros de distintas razas, entre las que se incluyeron son el Chihuahua, Schnauzer, Shih-tzu, French Poodle y Raza Mixta. El proyecto se caracterizó por su enfoque cuantitativo y se desarrolló como un estudio experimental, ya que implicó la creación del prototipo.

El alcance del proyecto se centró en la comparación de las señales de ECG obtenidas con el prototipo de ECG canino y el análisis estadístico entre razas. Esto permitió evaluar la eficiencia del prototipo en la detección de la frecuencia cardíaca de los perros. El proyecto no solo desarrolló un sistema efectivo de ECG canino, sino también estableció una base para evaluar su rendimiento.

### **4.4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA**

La población y muestra estuvo compuesta por perros de distintas razas, con un enfoque particular en perros de raza pequeña, como Chihuahuas, Schnauzer, Raza Mixta y Shih-tzu. Se escogió estas razas ya que su tamaño facilita la accesibilidad a las mediciones. La muestra incluyó un subconjunto específico de estos perros, seleccionados para participar en la prueba de medición.

### **4.4.3 MATERIALES**

Los materiales utilizados en el desarrollo del prototipo de ECG canino fueron los siguientes:

- Arduino UNO R3 ATmega328

El Arduino UNO R3 es una plataforma de desarrollo de hardware programable basada en el microcontrolador ATmega328. Su función principal en este proyecto fue actuar como el núcleo central encargado de la adquisición y procesamiento de las señales cardíacas caninas. Este dispositivo se encargó de convertir las señales eléctricas generadas por el corazón de los perros en formato digital.

- Sensor de frecuencia cardíaca ECG AD8232

El Sensor de Frecuencia Cardíaca ECG AD8232 detectó y amplificó las señales eléctricas generadas por el corazón de los perros. Su principal función consistió en captar la actividad eléctrica del corazón, lo que permitió obtener una representación precisa del electrocardiograma canino. Este sensor se diseñó específicamente para trabajar con señales cardíacas débiles y garantizar una adquisición precisa de los datos.

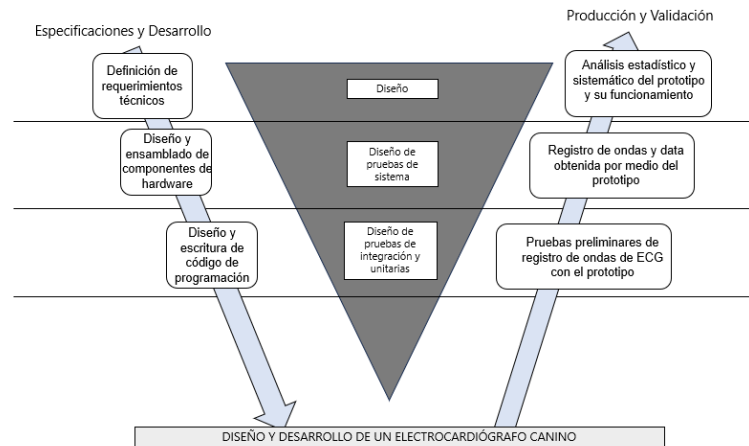
- Jumpers de conexión DUNPUNT MH

Estos jumpers son cables flexibles que se emplean para establecer conexiones eléctricas entre diferentes componentes en un circuito electrónico. Su función principal en el proyecto fue permitir la interconexión precisa de los diversos elementos, como el Sensor de Frecuencia Cardíaca ECG AD8232, el Arduino UNO R3 ATmega328.

- Electrodo de extremidad banana

La elección de electrodos de extremidad tipo banana en el prototipo de ECG canino se basó en su óptima conductividad eléctrica, que aseguraba una conexión estable para la adquisición precisa de señales cardíacas. Su compatibilidad con equipos estándar facilitó la integración y adopción del prototipo, mientras que su diseño permitió una conexión eficiente y versatilidad en la colocación en las extremidades del perro. La durabilidad y la posibilidad de reutilización, combinadas con estándares de seguridad eléctrica, destacaron la idoneidad de estos electrodos para asegurar mediciones confiables y seguras en la evaluación cardíaca canina.

#### 4.4.4 MÉTRICAS DE RESULTADOS



**Ilustración 3 Metodología en V**

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.5 VALIDACIÓN DE DISEÑO

En la etapa de diseño, se ejecutó un análisis estadístico y sistemático del prototipo, con el objetivo de evaluar su desempeño mediante la recopilación de datos en diversas condiciones representativas. Los objetivos y criterios de desempeño fueron definidos con precisión antes de iniciar el análisis. Los datos recopilados fueron sometidos a un análisis estadístico descriptivo y pruebas de hipótesis pertinentes para evaluar la significancia de las observaciones.

Simultáneamente, se realizó un análisis sistemático para comprender el funcionamiento global del sistema en diferentes escenarios operativos. Se identificaron patrones y tendencias significativas, y los resultados fueron validados mediante la repetición de pruebas

#### 4.4.6 VALIDACIÓN DISEÑO DE PRUEBAS DE SISTEMA

En la fase de diseño de prueba del sistema, se llevó a cabo un proceso de ensamblado y diseño de componentes de hardware para el prototipo de ECG canino en colaboración con un análisis comparativo de los resultados de datos obtenidos del prototipo y un equipo ECG comercial utilizado para humanos. Los componentes de hardware se ensamblaron con precisión de acuerdo con las especificaciones previamente definidas en la metodología en V.

#### 4.4.7 VALIDACIÓN DE DISEÑO DE PRUEBAS DE INTEGRACIÓN

En la fase de diseño de pruebas de integración, se llevó a cabo un proceso que implicó la integración de componentes de hardware y software, incluyendo el diseño y la escritura de código de programación para operar el prototipo de ECG canino. Durante esta etapa, se realizaron pruebas para evaluar la funcionalidad y cohesión entre las partes del sistema.

Se enfocó en la sincronización efectiva entre el hardware y el software para asegurar un rendimiento óptimo. Además, se implementó un registro detallado de las ondas y datos obtenidos por medio del prototipo durante las pruebas de integración. Este enfoque permitió evaluar la precisión y consistencia de la recopilación de datos, identificando posibles discrepancias y ajustes necesarios.

#### 4.4.8 VALIDACIÓN DE DISEÑO DE PRUEBAS UNITARIAS

En la fase de diseño de pruebas unitarias, se llevó a cabo un proceso que implicó la ejecución de pruebas específicas para evaluar el funcionamiento individual de componentes tanto de hardware como de software en el prototipo de ECG canino. Estas pruebas se realizaron de manera detallada y sistemática, asegurando que cada unidad operara según las especificaciones predefinidas.

Posteriormente, se procedió a la integración de hardware y software, donde se evaluó la cohesión y sincronización entre ambas partes para garantizar un rendimiento integral. Se realizaron pruebas preliminares de registro de ondas de ECG con el prototipo para evaluar la capacidad de captura y registro de datos.

#### 4.4.9 PROCESO DE DESARROLLO DEL PROTOTIPO

El proceso de desarrollo del prototipo de Electrocardiograma (ECG) canino implicó una serie de pasos fundamentales. En primer lugar, se conectó y configuró el sensor de frecuencia cardíaca AD8232 con el Arduino UNO. Esto incluyó la conexión de los pines del sensor a las entradas analógicas de este, asegurando una correcta alimentación eléctrica y conexión a tierra.

En la siguiente etapa prosigue la programación del Arduino. Se escribió un código que permitió la lectura de datos provenientes del sensor AD8232 y el envío de esta información a través del puerto serie hacia una computadora.

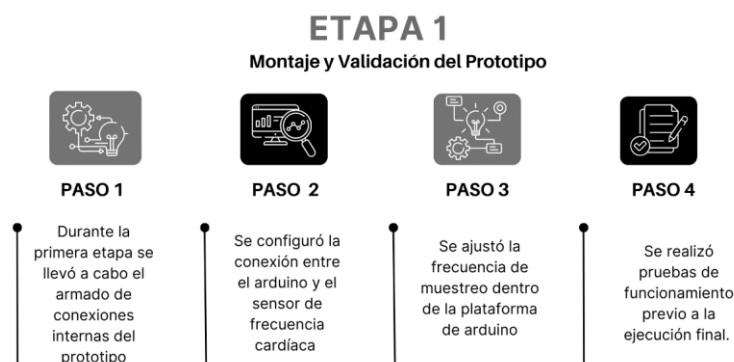
Una vez que el Arduino estuvo programado y funcionando correctamente, se procedió a la recolección de datos. El siguiente paso consistió en llevar a cabo pruebas prácticas utilizando varios perros de distintas razas como sujeto de prueba. Durante estas pruebas, se fijaron los electrodos en los caninos, y se monitoreó la señal del ECG.

#### 4.5 IMAGEN DEL PROCESO

El proceso de elaboración del proyecto consistió en 4 etapas las cuales se dividieron de la siguiente manera:

En la primera etapa visualizada en la Ilustración 5. Etapa 1, se realizó el montaje y la validación del prototipo, este consistió en la conexión interna de los componentes así mismo la configuración de estos para finalmente realizar pruebas de validación.

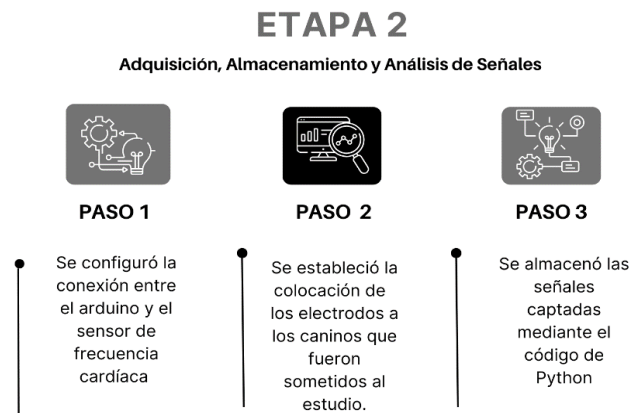
#### Ilustración 4. Etapa 1- Montaje y Validación del Prototipo



Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, en la Ilustración 6. Etapa 2 se llevó a cabo el proceso el cual consistió en la adquisición de las señales electrocardiográficas de los caninos y la configuración de los componentes como el sensor de frecuencia cardíaca con el Arduino. Se almacenó las señales capturadas y estas fueron subidas a la nube de Arduino Cloud para almacenarlas.

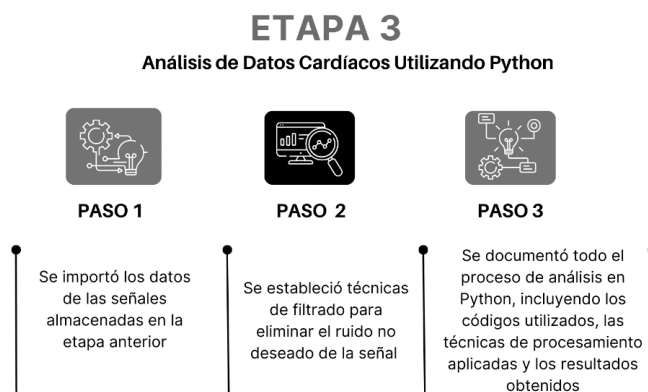
## Ilustración 5. Etapa 2- Adquisición, Almacenamiento en la Nube y Análisis de Señales



Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 7. Etapa 3, se realizó el análisis de datos cardiológicos utilizando el software de Python donde se estableció la aplicación de técnicas de filtrado para una mejor visualización de las señales, documentando los códigos utilizados y los resultados obtenidos.

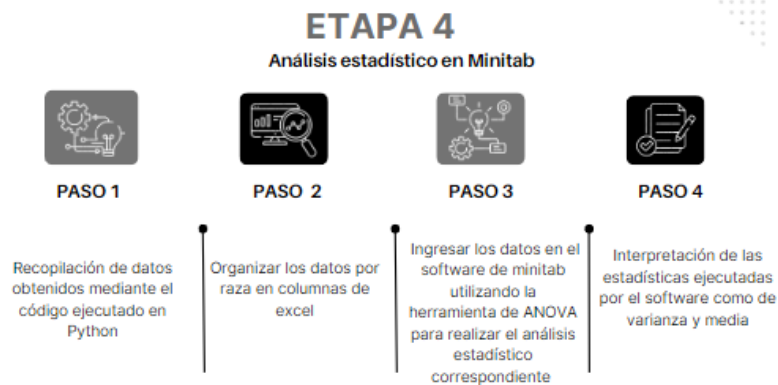
## Ilustración 6 Etapa 3- Análisis de Datos Cardíacos Utilizando Python



Fuente: Elaboración propia

En la Etapa 4, se llevó a cabo un análisis estadístico de las señales cardíacas de razas caninas utilizando el software Minitab.

## Ilustración 7 Etapa 4- Análisis estadístico



Fuente: Elaboración propia

#### 4.5 MÉTRICAS DE EVALUACIÓN / VALIDACIÓN

Durante esta fase, se llevó a cabo un análisis para medir la eficacia y confiabilidad del sistema desarrollado. El enfoque metodológico se centró en la aplicación de métricas objetivas, abordando aspectos cruciales.

##### 4.5.1 TIEMPO DE CAPTURA DE LAS SEÑALES

La interfaz de comunicación y la velocidad de transmisión de datos entre Arduino y Python impacta directamente en la capacidad del sistema para proporcionar información en tiempo real. La integridad de los datos durante la transmisión es esencial para garantizar la precisión de la información capturada y transferida.

##### 4.5.2 CALIDAD DE LAS SEÑALES

El tiempo de latencia es el intervalo de tiempo entre la ocurrencia de un evento cardíaco, como un latido, y la registración de ese evento por parte del prototipo de ECG. La importancia de un tiempo de latencia bajo radica en la necesidad de capturar y registrar rápidamente las señales electrocardiográficas después de que se produce una actividad cardíaca. En otras palabras, cuanto menor sea el tiempo de latencia, más cercana será la relación temporal entre el evento real en el corazón del perro y su representación en las mediciones del prototipo.

##### 4.5.3 VARIABILIDAD EN LAS CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS

La consideración de la variabilidad entre razas se justifica al reconocer que un enfoque uniforme puede no ser óptimo para todas las poblaciones de perros. Al realizar

análisis específicos de la variabilidad entre razas, el prototipo puede ajustarse para adaptarse a las características cardíacas particulares de cada grupo. Esto mejora significativamente la utilidad del prototipo en un espectro más amplio de perros, ya que permite una interpretación más precisa de las señales cardíacas en contextos diversos.

#### 4.5.4 EFICIENCIA DEL CÓDIGO

La eficiencia del código en Arduino se refiere a la capacidad del programa que ejecuta el prototipo de ECG para realizar sus funciones de manera rápida y precisa. Esta eficiencia es crucial porque afecta directamente la velocidad con la que el sistema puede procesar las señales electrocardiográficas.

Un tiempo de ejecución bajo significa que el sistema puede responder rápidamente a los eventos cardíacos, permitiendo la detección oportuna de cualquier anomalía. Además, un uso eficiente de los recursos del microcontrolador, como la memoria RAM y la capacidad de procesamiento, asegura que el prototipo pueda funcionar de manera continua y estable sin agotar los recursos disponibles.

## V. RESULTADOS

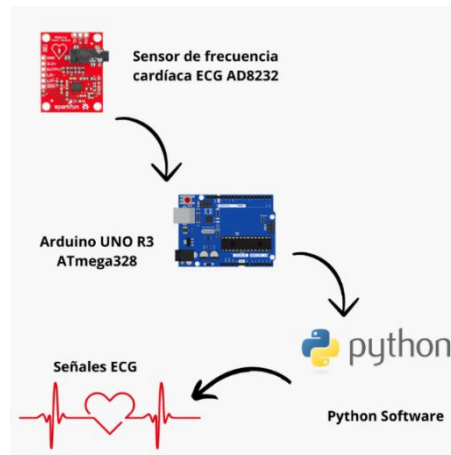
En la sección de resultados, se presentan las observaciones clave y los hallazgos derivados del desarrollo y evaluación del prototipo de ECG canino. Este prototipo, diseñado para la monitorización electrocardiográfica en perros, fue sometido a pruebas y validaciones detalladas. Los resultados expuestos abordaron aspectos cruciales, como la precisión de las mediciones, la respuesta del sistema a diversas condiciones y la efectividad general del dispositivo en la detección de patrones cardíacos en entornos prácticos

#### 5.1 DETERMINACIÓN DE COMPONENTES

En la siguiente sección se enlistaron los componentes utilizados para la creación del prototipo de ECG canino, así como también las especificaciones técnicas de cada uno de ellos.

### 5.1.1 DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS

Esta sección abordó el proceso crítico de elegir los componentes esenciales para la construcción del prototipo de ECG canino. Se exploraron criterios clave como la compatibilidad, costo, disponibilidad y adecuación a los requisitos del proyecto. La selección de estos elementos desempeñó un papel fundamental en el rendimiento y la eficacia del sistema. (Ilustración 8)



**Ilustración 8. Diseño del sistema**

Fuente: Elaboración Propia

### 5.1.2 Arduino Uno

La elección de utilizar Arduino en el prototipo de ECG canino se debió a su asequibilidad, simplicidad y facilidad de uso, lo que resultó beneficioso dado el presupuesto ajustado y la preferencia por una solución accesible. Además, la plataforma Arduino permitió un desarrollo rápido y eficiente del prototipo, facilitando la obtención de resultados y la realización de pruebas de manera ágil.

**Tabla 4. Especificaciones técnicas Arduino UNO**

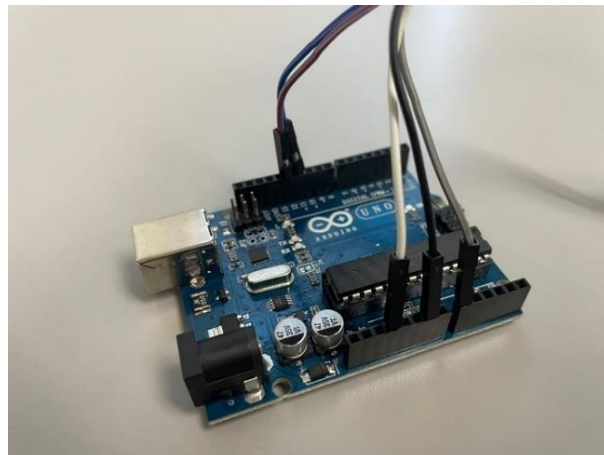
Característica	Especificación
Microcontrolador	ATmega328p
Voltaje de Operación	5V
Voltaje de Entrada (recomendado)	7-12 V
Voltaje de Entrada (límites)	6-20 V
Pines de E/S Digitales	14 (6 PWM)

Pines de Entrada Analógica	6
Corriente de Salida DC por Pin	20 mA
Corriente de Salida 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (ATmega328P)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Velocidad de Reloj	16 MHz
Conexión USB	TYPE-B
Interfaz Serial	UART
Forma de Alimentación	USB O FUENTE EXTERNA
Longitud x Ancho	68.6 MM X 53.4 MM
Peso	25 G

---

Fuente: Elaboración propia

La elección de Arduino contribuyó a un desarrollo rápido y eficiente del prototipo. La plataforma ofrece una serie de recursos y bibliotecas preexistentes que agilizan el proceso de programación, permitiendo obtener resultados tangibles en un período de tiempo más corto. La capacidad de realizar pruebas de manera ágil también fue una ventaja significativa, ya que facilitó la iteración rápida en el diseño y la funcionalidad del prototipo. (Ilustración 9)



**Ilustración 9. Arduino UNO**

Fuente: Elaboración Propia

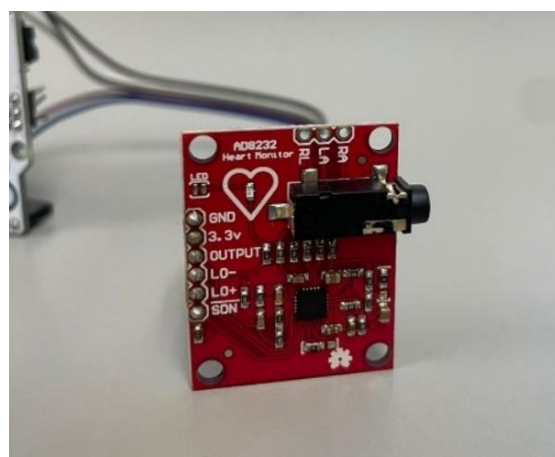
### 5.1.3 SENSOR DE FRECUENCIA CARDIACA

Se optó por la inclusión del sensor de frecuencia cardíaca AD8232 debido a su especialización en mediciones cardíacas, su capacidad para integrarse de manera eficiente con placas de desarrollo como Arduino, su bajo consumo de energía, la flexibilidad proporcionada por su filtro configurable para adaptarse a las características específicas de las señales cardíacas caninas, y su probada eficacia en diversas aplicaciones médicas e investigativas. (Tabla 5)

**Tabla 5. Especificaciones técnicas sensor de frecuencia cardíaca AD8232**

Característica	Especificación
Tipo de Sensor	Electrodo para medición de frecuencia cardíaca
Rango de Frecuencia Cardíaca	0.5 Hz - 2.5 kHz
Filtro de Paso Bajo	0.05 Hz - 150 Hz
Ganancia del Amplificador	Ajustable (configurable)
Rechazo de Modo Común	> 80 dB
Voltaje de Alimentación	3.3 V - 5 V
Consumo de Corriente	< 10 mA
Salida Analógica	Salida de derivación y señal filtrada
Conexión con Placas de Desarrollo	Compatible con Arduino y otras placas similares
Dimensiones	Pequeño y compacto

Fuente: Elaboración propia



**Ilustración 10. Sensor de frecuencia cardíaca AD8232**

Fuente: Elaboración propia

#### 5.1.4 ELECTRODOS DE EXTREMIDAD BANANA

En el desarrollo del prototipo de ECG canino, se optó por la utilización de electrodos de extremidad tipo banana. Esta elección se basó en consideraciones técnicas y prácticas, siendo los conectores estándar un factor determinante para facilitar la integración con equipos médicos y sistemas de adquisición de señales. La compatibilidad con equipos existentes, la facilidad de uso, la versatilidad en la colocación y la disminución de artefactos fueron factores clave que respaldaron esta decisión. La elección de este tipo de electrodos permitió una colocación eficiente en los perros, incluso en presencia de pelaje, contribuyendo así a la comodidad y efectividad del proceso de registro de las señales fisiológicas caninas. (Tabla 6)

**Tabla 6. Especificaciones técnicas electrodos extremidad banana**

<b>Requerimiento</b>	<b>Descripción</b>
Material Conductor	Metales (acero inoxidable, aleaciones)
Conexión Tipo Banana	Conector estándar para fácil conexión
Aislamiento Eléctrico	Evitar cortocircuitos y garantizar seguridad
Superficie Adhesiva/Gel Conductivo	Mejorar conductividad y señal
Tamaño y Forma	Adecuados para extremidades
Compatibilidad con la Piel	Hipoalergénicos y seguros
Durabilidad	Resistir uso repetido
Rastreabilidad y Marcado	Identificación fácil
Calibración Conocida	Asegurar mediciones precisas

Fuente: Elaboración propia

#### 5.2 DISEÑO DEL SISTEMA

La sección de diseño del sistema representó una fase crucial en el desarrollo del prototipo de ECG canino, donde se delineó detalladamente la estructura y la interconexión de los elementos esenciales.

Esta etapa abarcó desde la selección e integración de hardware hasta el diseño e implementación del código de programación. Se exploraron aspectos clave como la arquitectura general del sistema, la lógica de funcionamiento y la cohesión entre cada componente.

### 5.2.1 INSTALACIÓN DE CABLEADO ELÉCTRICO

En la ilustración 11. se presenta el detalle de la conexión del cableado del Arduino con los pines 10 y 11, A0, GND (Ground) y 3.3V durante el desarrollo del sistema de ECG canino. La selección de estos pines se basa en su relevancia para la adquisición precisa y confiable de señales eléctricas.

El pin 10 se asignó como salida para la señal de estimulación, mientras que el pin 11 se designó para la entrada y captura de la señal de respuesta. Además, el pin A0 se utilizó para medir la señal analógica proveniente de los electrodos de extremidad del dispositivo de ECG.

Para establecer una referencia de tierra y proporcionar la alimentación adecuada, se emplearon los pines GND y 3.3V, respectivamente. Esta elección específica se fundamenta en la necesidad de asegurar una adquisición precisa de las señales electrocardiográficas caninas y garantizar la integridad de los datos a lo largo del proceso de monitoreo. (Ilustración 11)

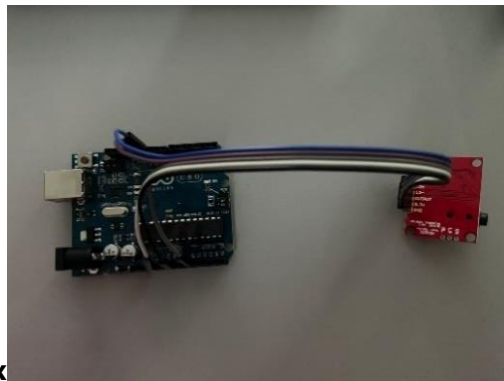


**Ilustración 11. Conexión de cableado eléctrico del Arduino**

Fuente: Elaboración propia

La conexión del Arduino con el sensor de frecuencia cardíaca se llevó a cabo mediante la interconexión de sus respectivos pines. El sensor poseía entradas designadas como LO+, LO-, OUTPUT, 3.3V y GND. En el contexto de esta configuración, el pin LO+ se conectó a una entrada específica del Arduino, el pin LO- se enlazó a otra entrada, mientras que el pin OUTPUT se vinculó a una entrada dedicada para la recepción de la señal de frecuencia cardíaca.

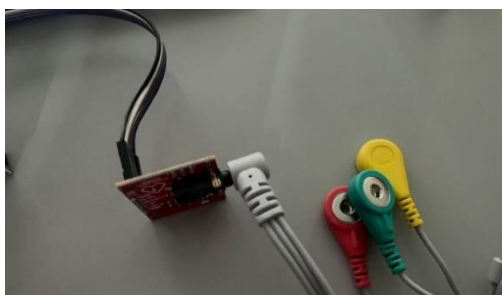
Asimismo, los pines 3.3V y GND del sensor se conectaron a las correspondientes salidas de alimentación y tierra del Arduino, asegurando así la provisión de la energía necesaria para el funcionamiento adecuado del sensor. Esta disposición específica de conexiones fue determinante para establecer una comunicación efectiva entre el Arduino y el sensor de frecuencia cardíaca, permitiendo la captura precisa de las señales cardíacas para su posterior procesamiento. (Ilustración 12)



**Ilustración 12. Conexión del sensor AD8232 con el Arduino**

Fuente: Elaboración Propia

La conexión del jack de 3,5 mm con el sensor AD8232 fue establecida de manera precisa para facilitar la adquisición de señales cardíacas. El jack, designado para la conexión de electrodos, se conectó al sensor AD8232 mediante una configuración específica que incluía pines dedicados a LO+, LO-, OUTPUT, 3.3V y GND. Esta conexión permitió la transmisión eficiente de las señales eléctricas provenientes de los electrodos al sensor. (Ilustración 13)



### **Ilustración 13. Conexión de Jack con el sensor AD8232**

Fuente: Elaboración propia

En el desarrollo del prototipo de ECG canino, se integraron diversos componentes de manera precisa para lograr un sistema funcional y eficiente. La conexión del cableado del Arduino con los pines 10 y 11, A0, GND y 3.3V estableció la base para la adquisición de señales eléctricas. El sensor de frecuencia cardíaca se conectó al Arduino a través de sus pines LO+, LO-, OUTPUT, 3.3V y GND, permitiendo la captura precisa de las señales cardíacas. Además, se implementó un Jack de 3,5 mm para conectar electrodos al sensor AD8232, facilitando la transmisión eficiente de las señales eléctricas al sistema. Esta configuración interconectada posibilitó la obtención precisa de las señales electrocardiográficas caninas, sentando las bases para un monitoreo efectivo y el posterior procesamiento de los datos. (Ilustración 14)



**Ilustración 14. Integración de prototipo**

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.2 RESULTADO DE COSTOS

Los costos detallados en la moneda local, Lempiras (conforme se muestra en la Tabla 17), para finalizar el diseño del prototipo de ECG canino, fueron desglosados de la siguiente manera:

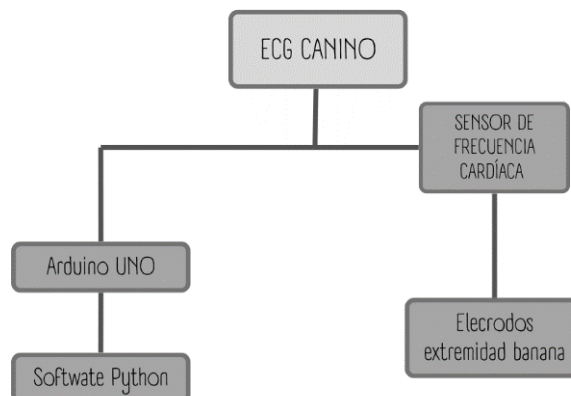
**Tabla 7. Tabla de costos**

Tabla de costos		
Ítem	Materiales	Costos
1	Sensor de frecuencia cardíaca	L. 496
1	Jumpers	L.250
1	Arduino UNO	L.480
1	Electrodos extremidad banana	L.1500
Total		L.2726

Fuente: Elaboración propia

## 5.2.2 DISEÑO ESQUEMÁTICO DEL PROTOTIPO

Conforme a las indicaciones de la sección 5.1, se llevó a cabo la elaboración de un diseño esquemático de los elementos constituyentes del prototipo, con el propósito de demostrar de manera representativa su funcionamiento. Este enfoque metodológico fue adoptado con el objetivo de proporcionar una visión integral y precisa de la operatividad de los diversos componentes integrados en el prototipo. (Ilustración 15)



**Ilustración 15. Diseño esquemático del Prototipo**

Fuente: Elaboración propia

En la interacción entre los componentes de dicho prototipo de Electrocardiograma (ECG), el proceso se inició con la colocación estratégica de electrodos de extremidad tipo banana en el cuerpo, específicamente en los brazos y piernas, para la captura de las señales eléctricas cardíacas. Estos electrodos estaban conectados al sensor AD8232, diseñado para adquirir y amplificar señales bioeléctricas.

El sensor AD8232, a su vez, se conectó al Arduino Uno mediante cables. El Arduino Uno asumió un papel central al encargarse de adquirir los datos amplificados del sensor. Utilizando pines de entrada analógica, recibió la señal bioeléctrica y ejecutó un programa que configuró el modo de lectura analógica y procesó la señal según las necesidades del prototipo.

La siguiente fase implicó la conexión física entre el Arduino Uno y la computadora a través de un puerto USB. El código implementado en el Arduino Uno facilitó la transmisión de datos procesados a la computadora mediante la comunicación serie. En la computadora, se ejecutó un programa en Python que estableció la comunicación con el Arduino Uno a través de la biblioteca PySerial, permitiendo la recepción de datos.

Finalmente, el software Python en la computadora se encargó de procesar y visualizar la señal ECG. Este programa utilizó bibliotecas como Matplotlib para generar gráficos representativos de la actividad cardíaca. En conjunto, esta secuencia de interacción entre electrodos, sensor, Arduino Uno y la computadora permitió la creación de un prototipo funcional de Electrocardiograma, proporcionando una representación gráfica y analítica de las señales eléctricas del corazón.

### **5.3 DISEÑO DE PRUEBAS DE INTEGRACIÓN**

Durante la fase de diseño de pruebas, se realizó un análisis de los filtros aplicados a las señales cardíacas capturadas por el prototipo mediante la conexión del arduino. La utilización de bibliotecas especializadas en Python, como NumPy y SciPy, permitió la implementación eficiente de filtros digitales para mejorar la calidad de las señales y reducir el ruido no deseado.

La interconexión precisa de componentes electrónicos se complementó con la aplicación de filtros diseñados para atenuar artefactos y frecuencias no relevantes en las señales cardíacas caninas. La validación de la interoperabilidad con sistemas externos se

enriqueció con la capacidad de representar gráficamente estas señales de manera comprensible y detallada.

### 5.3.1 PROGRAMACIÓN EN ARDUINO

Este código en Arduino realiza un monitoreo de señales analógicas. Se conecta a un pin analógico (A0) que recibe la señal del sensor de frecuencia cardíaca. La lectura se imprime en la consola serial.

Dependiendo de si el valor leído es mayor a 500, dos LEDs conectados a los pines 10 y 11 se encienden y apagan alternativamente. Este proceso se repite continuamente con un pequeño retardo para evitar lecturas excesivamente frecuentes.

Este proceso de monitoreo y retroalimentación visual se ejecuta de manera continua en un bucle, asegurando una supervisión constante de la señal cardíaca.

Se incorpora un pequeño retardo entre las lecturas para evitar la generación de datos excesivos y permitir una operación más eficiente del sistema. En conjunto, este código en Arduino logra la captura, análisis básico y representación visual de las señales cardíacas. (Ilustración 16)

```
const int outputPin = A0;

const int ledPin1 = 10;
const int ledPin2 = 11;

int sensorValue = 0;

void setup() {

  Serial.begin(9600);

  Serial.println("Monitor ECG CANINO");

  pinMode(outputPin, INPUT);

  pinMode(ledPin1, OUTPUT);
  pinMode(ledPin2, OUTPUT);
}

void loop() {

  sensorValue = analogRead(outputPin);

  // Imprime el valor en la consola serial
  Serial.print("Valor del sensor: ");
  - - - - -
```

## **Ilustración 16 Código de captura de señales en Arduino**

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.2 PROGRAMACIÓN PARA REGISTRO DE SEÑALES

Se implementó un programa para la adquisición y análisis de datos provenientes del sensor AD8232 conectado al puerto serie. La ejecución del programa comenzó estableciendo la conexión al puerto serie ('COM4') y configurando parámetros clave, como las frecuencias de corte para los filtros y la tasa de muestreo. Posteriormente, se procedió a la lectura continua de datos del sensor durante un lapso de 15 segundos.

Durante la adquisición de datos, se aplicaron filtros para mejorar la calidad de la señal. En primer lugar, se utilizó un filtro Notch para rechazar la frecuencia de la red eléctrica (60 Hz). Además, se implementó un filtro de paso de banda Butterworth para aislar las frecuencias de interés. Las señales originales y filtradas fueron visualizadas en subgráficos separados, proporcionando una representación clara de la influencia de los filtros en la forma de onda temporal.

En una etapa posterior, se llevaron a cabo operaciones adicionales, como la aplicación de un filtro de media móvil a la señal escalada. Este paso preparatorio fue necesario antes de someter los datos a un análisis más avanzado de la frecuencia cardíaca utilizando la biblioteca HeartPy.

El análisis de la frecuencia cardíaca se realizó mediante la función `process` de HeartPy, con parámetros específicos como la frecuencia cardíaca mínima y máxima. Los resultados fueron visualizados a través de gráficos que mostraban la variación de la frecuencia cardíaca a lo largo del tiempo. Cualquier problema durante el procesamiento fue manejado mediante la captura de excepciones.

Finalmente, el programa aseguró la adecuada conclusión de la conexión al puerto serie, cerrándola de manera ordenada. El código proporciona una herramienta integral para la adquisición, filtrado y análisis de señales de frecuencia cardíaca en tiempo real, aprovechando bibliotecas especializadas y técnicas de procesamiento de señales. (Ilustración 17)

```

import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.signal import butter, filtfilt, iirnotch
import heartpy as hp
import time
import serial

# Establecer la fuente para Matplotlib
plt.rcParams["font.family"] = "serif"
plt.rcParams["font.size"] = 9

def butterworth_bandpass(data, lowcut, highcut, sample_rate, order=4):
    nyquist = 0.5 * sample_rate
    low = lowcut / nyquist
    high = highcut / nyquist
    b, a = butter(order, [low, high], btype='band', analog=False)
    filtered_data = filtfilt(b, a, data)
    return filtered_data

def notch_filter(data, notch_frequency, sample_rate, Q=30):
    nyquist = 0.5 * sample_rate
    notch_freq = notch_frequency / nyquist
    b, a = iirnotch(notch_freq, Q)
    filtered_data = filtfilt(b, a, data)
    return filtered_data

def moving_average(data, window_size):
    return np.convolve(data, np.ones(window_size) / window_size, mode='valid')

def plot_time_domain(ax, time, signal, label, units, title):
    ax.plot(time, signal, label=label)
    ax.set_xlabel('Time (s)')
    ax.set_ylabel(units)
    ax.set_title(title)
    ax.legend()

def read_and_save_data(port, duration=15):
    start_time = time.time()
    end_time = start_time + duration
    time_vals = []
    data = []

```

### Ilustración 17. Programación de registro y procesamiento de señales

Fuente: Elaboración propia

## 5.4. PARAMETRIZACIÓN PARA EL ANÁLISIS CARDÍACO

### 5.4.1 FRECUENCIA DE MUESTREO

La elección retrospectiva de una frecuencia de muestreo de 200 muestras por segundo se fundamentó en la necesidad de realizar una adquisición de datos cardíacos con la máxima precisión posible. Esta determinación se sustentó en los principios del teorema de Nyquist, el cual prescribe que la frecuencia de muestreo debe ser al menos el doble de la frecuencia máxima presente en la señal para evitar la pérdida de información. En el ámbito de las señales cardíacas, dicha frecuencia máxima está intrínsecamente vinculada a eventos de alta velocidad, como la contracción y relajación del músculo cardíaco.

La elección de una frecuencia de muestreo de 200 Hz se erigió como una estrategia técnica para garantizar la captura adecuada de eventos cardíacos

fundamentales y la representación fiel de fenómenos de frecuencia más elevada. Esta decisión fue guiada por la necesidad de cumplir con los requisitos del teorema de Nyquist, a fin de evitar la pérdida de detalles importantes en la señal cardíaca. De este modo, se logró una resolución temporal suficiente para identificar y analizar componentes de frecuencia más alta en la señal, aspecto crítico para el estudio detallado de eventos cardíacos como las complejas ondas P y QRS.

La implementación de una frecuencia de muestreo de 200 Hz, por ende, se presenta como una elección técnica estratégica que no solo cumplió con los fundamentos teóricos del teorema de Nyquist, sino que también permitió una captura precisa y detallada de las variaciones temporales en la señal cardíaca. Esta precisión en la adquisición de datos sentó las bases para un análisis riguroso y preciso de la actividad cardíaca, abriendo posibilidades para la identificación de patrones sutiles y la evaluación minuciosa de fenómenos cardíacos complejos.

#### 5.4.2 CONFIGURACIÓN DE FILTROS

La elección retrospectiva del filtro Butterworth de paso de banda para el procesamiento de señales cardíacas se basó en la capacidad inherente de este tipo de filtro para preservar selectivamente las frecuencias dentro de un rango específico, al mismo tiempo que atenúa las frecuencias fuera de dicho intervalo. La decisión de fijar las frecuencias de corte inferior y superior en 0.05 y 0.5, respectivamente, fue el resultado de un análisis meticuloso de las características espectrales típicas de las señales electrocardiográficas (ECG).

En el complejo dominio de las señales cardíacas, cada componente frecuencial está vinculada a eventos cardíacos específicos. Las ondas P, QRS y T, por ejemplo, exhiben frecuencias características que reflejan la dinámica del ciclo cardíaco. La elección de una frecuencia de corte inferior en 0.05 fue guiada por la intención de preservar componentes de baja frecuencia asociadas con eventos prolongados en el ciclo cardíaco, como las ondas T.

Por otro lado, la determinación de una frecuencia de corte superior en 0.5 se basó en la necesidad de conservar componentes de frecuencia más alta, como las ondas P y QRS, que presentan cambios más rápidos y detalles más finos en la señal ECG.

Este enfoque preciso al seleccionar un rango específico de frecuencias tuvo como objetivo claro preservar las componentes críticas y relevantes de la señal ECG. Al hacerlo, se buscó destacar las características cardíacas significativas mientras se atenuaban las frecuencias que podrían corresponder a ruido o interferencias no deseadas. Esta estrategia retrospectiva resulta fundamental para obtener una representación limpia y precisa de la actividad cardíaca, facilitando la interpretación clínica y el análisis detallado de la señal ECG en estudios posteriores.

Adicionalmente, en el proceso retrospectivo de desarrollo del código, se incorporó un filtro Notch con el objetivo específico de suprimir la interferencia proveniente de la red eléctrica a 60 Hz. En entornos electrónicos, tenía el potencial de introducir artefactos no deseados en la señal cardíaca, afectando la calidad de los datos registrados. La elección retrospectiva de 60 Hz para la frecuencia del filtro Notch se fundamenta en la frecuencia estándar de la red eléctrica en muchos países, siendo un enfoque práctico para mitigar esta interferencia específica.

Se estableció una restricción de procesamiento adicional mediante la definición retrospectiva de una ventana para el filtro de media móvil, la cual se fijó en un tamaño de 5. La aplicación retrospectiva de esta ventana implicaba suavizar la señal ECG y resaltar las tendencias temporales. Esta estrategia contribuía significativamente a obtener, en el análisis retrospectivo, una representación más clara y fácil de interpretar de la actividad cardíaca, al tiempo que reducía el impacto de fluctuaciones de corto plazo que podrían ser atribuibles a ruido o variaciones momentáneas en la señal.

Este conjunto integral retrospectivo de parámetros, compuesto por el filtro Notch, la ventana de media móvil y los parámetros previamente mencionados para el filtro Butterworth, se seleccionó con base en principios científicos y empíricos. El objetivo primordial fue optimizar la calidad retrospectiva del análisis de la señal ECG, asegurando simultáneamente la eliminación adecuada de ruido y artefactos. Este proceso retrospectivo de selección refleja una consideración cuidadosa, en tercera persona, de las características intrínsecas a las señales cardíacas y la imperativa necesidad de obtener resultados precisos y confiables en el contexto del monitoreo electrocardiográfico.

### 5.4.3 RESTRICCIÓN DE PROCESAMIENTO

En relación con las restricciones del procesamiento, se estableció una restricción específica mediante la definición retrospectiva de una ventana para el filtro de media móvil, con un tamaño retrospectivo de 5. La aplicación de esta ventana tenía como objetivo suavizar la señal ECG y resaltar las tendencias temporales. Esta estrategia contribuyó significativamente, en el análisis retrospectivo, a obtener una representación más clara y fácil de interpretar de la actividad cardíaca, al tiempo que redujo el impacto de fluctuaciones de corto plazo que podrían haber sido atribuibles a ruido o variaciones momentáneas en la señal.

La elección retrospectiva de una ventana para el filtro de media móvil se basó en el reconocimiento de que, a pesar de la efectividad de los filtros de paso de banda y Notch para eliminar ruido específico, la aplicación de un filtro adicional de suavizado podría mejorar la presentación general de la señal ECG. La ventana de tamaño 5, seleccionada retrospectivamente, implicó el promedio de cada punto de datos con sus dos puntos vecinos a cada lado, contribuyendo así a resaltar patrones y a eliminar fluctuaciones rápidas no necesariamente representativas de cambios cardíacos significativos.

Esta restricción de procesamiento, incorporada retrospectivamente en el código, refleja una consideración deliberada sobre la necesidad de equilibrar la eliminación de ruido con la preservación de información crítica en la señal ECG. La elección de una ventana de tamaño 5 se ajustó al compromiso entre suavizar la señal y mantener detalles esenciales para un análisis preciso.

## 5.5 PROCEDIMIENTO DE CAPTURA

En el proceso de captura de señales de ECG en diversas razas caninas, se exploraron las variaciones en las señales ECG influenciadas por factores como la edad, el peso y la genética. Se exploraron las consideraciones específicas para cada raza, destacando la importancia de la pericia veterinaria y el compromiso con el bienestar emocional de los perros durante el proceso de captura.

### 5.5.1 DATOS DE LA MUESTRA EVALUADA

La variación en las señales de electrocardiograma (ECG) entre razas caninas como el Chihuahua, Schnauzer, French Poodle, Shih-Tzu y razas mixtas dependió de diversos factores, incluyendo la edad y el peso de los perros.

En el caso del Chihuahua, su pequeño tamaño influía en la frecuencia cardíaca y otros parámetros del ECG, mientras que el Schnauzer, con diferentes tamaños estándar y miniatura, presentaba variaciones en función de la edad y el peso.

Por su parte, el French Poodle, que abarca distintos tamaños, mostraba cambios en el ECG relacionados con la edad y el peso. Los Shih-Tzu, al ser una raza pequeña, también experimentaban variaciones en el ECG relacionadas con la edad y el peso, siendo la obesidad un factor a considerar.

Cuando se trataba de razas mixtas, la variabilidad genética y física generaba diferencias significativas en el ECG. La edad y el peso de estos perros influían en la interpretación de las señales. Es esencial destacar que la recopilación y análisis de señales de ECG en perros fueron realizados por profesionales veterinarios.

La interpretación precisa de cualquier variación en las señales ECG requería conocimientos especializados en medicina veterinaria, y el bienestar emocional de los perros durante la toma de medidas fue una prioridad para obtener resultados confiables.

(Tabla 8)

**Tabla 8. Datos de la muestra evaluada**

Raza	Peso	Edad	Mediciones totales	Calidad de la señal
Chihuahua	3 kg	2 años	3	Excelente
Raza Mixta	24 kg	11 años	2	Moderada
Shih-tzu	12 kg	2 años	1	Moderada
Schnauzer	19 kg	3 años	1	Moderada
French Poodle	21 kg	4 años	1	Moderada

Fuente: Elaboración propia

### 5.5.2 COLOCACIÓN DE ELECTRODOS

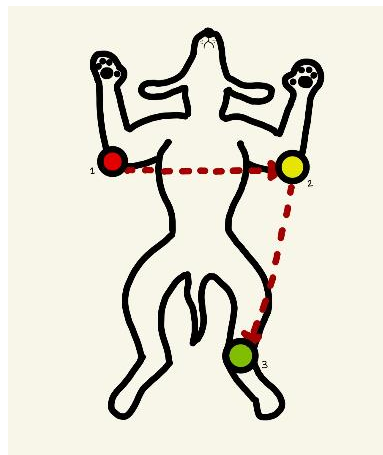
En la búsqueda de una disposición precisa de los electrodos para prevenir interferencias y reducir el ruido superfluo en la toma de electrocardiogramas (ECG) en caninos, se optó por posicionar a los animales en decúbito lateral derecho. En esta

posición, sus extremidades estaban colocadas de manera perpendicular al cuerpo y ligeramente separadas, proporcionando estabilidad y facilitando el acceso a las áreas necesarias para la colocación de los electrodos.

La disposición anatómica de las extremidades fue cuidadosamente considerada para optimizar la calidad de las señales eléctricas registradas, evitando posibles artefactos o interferencias que podrían surgir de una posición inadecuada. Esta elección se basó en principios de biomecánica y anatomía canina para garantizar una captura precisa de la actividad cardíaca.

En cuanto a la colocación de los cables del ECG, se siguió el código internacional, un estándar reconocido para garantizar consistencia en la adquisición de datos. Durante este proceso, el cable rojo se conectó a la extremidad anterior derecha, el cable amarillo se asignó a la extremidad anterior izquierda y el cable verde se destinó a la extremidad posterior izquierda.

Esta asignación de colores no solo facilitó la identificación rápida de los electrodos durante la instalación, sino que también contribuyó a la uniformidad y reproducibilidad en la adquisición de datos. (Ilustración 18)



**Ilustración 18. Colocación anatómica de electrodos.**

Fuente: Elaboración propia

Esta metodología, aseguró una disposición anatómica coherente y una aplicación uniforme de los electrodos, permitiendo una adquisición de datos estandarizada y comparativa. La elección de esta disposición y la aplicación del código internacional no solo buscaban la captura precisa de la actividad eléctrica cardíaca en los caninos, sino

que también contribuían a la consistencia y confiabilidad en la interpretación retrospectiva de los resultados del ECG en entornos clínicos y de investigación veterinaria. (Ilustración 19)



**Ilustración 19 Representación de Colocación de Electrodo**

Fuente: Elaboración propia

#### 5.5.4 APLICACIÓN DE FILTROS

Se definieron diversos parámetros para adecuarse a las características particulares de la adquisición y análisis de señales fisiológicas. Por ejemplo, `lowcut_frequency` y `highcut_frequency` fueron utilizados para establecer los límites de frecuencia en el filtro de paso de banda Butterworth, determinando así el rango de frecuencias relevantes para el análisis.

El parámetro `notch_frequency` fue crucial para especificar la frecuencia de la red eléctrica que se eliminó mediante el filtro Notch, abordando interferencias eléctricas comunes, como la frecuencia de 60 Hz. La elección de `sample_rate` fue determinante, ya que afectó la precisión del procesamiento de señales y del análisis de frecuencia cardíaca.

El tamaño de ventana `moving_avg_window` en el filtro de media móvil tuvo un impacto directo en la suavización de la señal. Respecto a los parámetros de HeartPy, `bpmmin` y `bpmmax` delimitaron el rango esperado de frecuencia cardíaca durante el análisis, estableciendo criterios de calidad, mientras que `reject_segmentwise` controló la exclusión de segmentos de la señal que no cumplieran con estándares predefinidos. Estas configuraciones fueron esenciales para ajustar el programa a la naturaleza específica de

los datos y al entorno del sensor, optimizando la eficacia de los filtros y del análisis de la frecuencia cardíaca.

## **5.6 COMPARACIÓN ENTRE RAZAS**

Se llevó a cabo evaluaciones comparativas y análisis estadísticos para explorar y contrastar las respuestas eléctricas cardíacas en diversas razas caninas. Este subtema buscó discernir posibles variaciones en los patrones eléctricos del corazón, considerando factores genéticos, anatómicos y fisiológicos específicos de cada raza.

La metodología empleada implicó un enfoque en el procesamiento estadístico de las señales cardíacas obtenidas de diferentes razas. Se aplicaron técnicas comparativas que permitieron identificar tendencias significativas y diferencias estadísticas entre grupos.

### **5.6.1 EVALUACIÓN COMPARATIVA**

Se implementó un detallado método visual para evaluar la actividad eléctrica del corazón. Durante este proceso de revisión, se identificaron desviaciones del eje tanto hacia la derecha como hacia la izquierda, lo que indicó posibles irregularidades en la conducción eléctrica cardíaca. Estos hallazgos proporcionaron información valiosa sobre la salud cardiovascular de los caninos objeto de estudio.







La atención se centró específicamente en la derivación I, la cual se enfoca en el plano frontal y brinda una representación detallada de la actividad eléctrica en esa dimensión específica. La interpretación de la información de esta derivación permitió detectar patrones particulares que indicaban posibles alteraciones en la propagación de las señales eléctricas a lo largo del tejido cardíaco. Este enfoque en el plano frontal proporcionó una visión única y detallada de la actividad eléctrica en una dimensión específica.

Adicionalmente, se incorporó la derivación aVF, centrada en el plano horizontal, como una herramienta complementaria para la evaluación de la actividad eléctrica cardíaca. Esta derivación añadió una perspectiva adicional al análisis, permitiendo una evaluación más completa de las posibles desviaciones del eje cardíaco. La comparación sistemática entre las derivaciones I y aVF se erigió como un recurso fundamental en el

proceso de discernir la localización precisa y la magnitud de las desviaciones del eje identificadas.

La tabla de derivaciones proporcionó un marco estructurado para la interpretación de los datos, facilitando la comparación y el análisis sistemático de los patrones eléctricos registrados en diferentes dimensiones. (Tabla 8)

**Tabla 9. Método visual**

Eje normal	Desviación de eje a la derecha	Desviación del eje a la izquierda
		
		
Eje normal	Desviación de eje a la derecha	Desviación del eje a la izquierda

Fuente: Elaboración propia

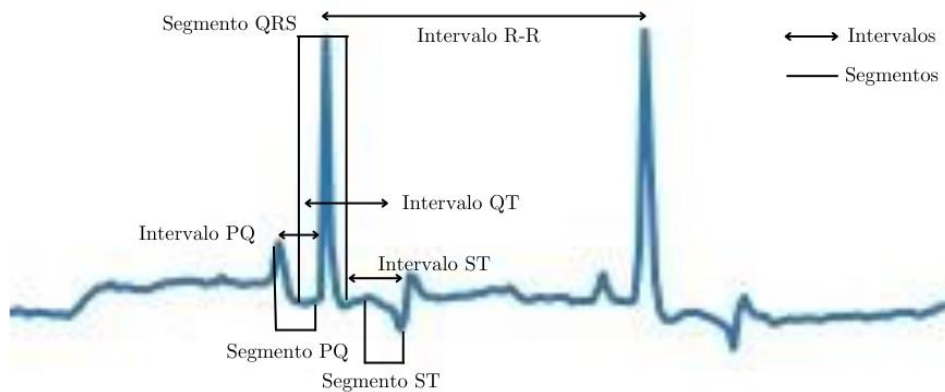
En la ilustración presentada, se representaron los segmentos e intervalos presentes en las señales obtenidas, desempeñando un papel esencial en la comprensión de la actividad eléctrica cardíaca. Los segmentos, que comprendían el espacio entre dos curvas sucesivas, y los intervalos, que incluían tanto segmentos como ondas específicas, eran elementos clave para analizar la dinámica temporal y la regularidad de la actividad cardíaca del sujeto en cuestión.

Los segmentos del electrocardiograma (ECG), como el segmento PR y el segmento ST, se definían como períodos específicos en el trazado que indicaban momentos particulares del ciclo cardíaco.

El segmento PR, que abarcaba desde el final de la onda P hasta el inicio del complejo QRS, y el segmento ST, que se extendía desde el final del complejo QRS hasta el inicio de la onda T, eran elementos críticos para evaluar la conducción y la repolarización ventricular, respectivamente.

En relación con los intervalos, el intervalo PR medía el tiempo desde el inicio de la onda P hasta el inicio del complejo QRS, proporcionando información sobre la conducción auriculoventricular. Por otro lado, el intervalo QT, que se extendía desde el inicio de la onda Q hasta el final de la onda T, era un indicador crucial de la duración total del potencial de acción ventricular, y un QT prolongado podía ser indicativo de riesgos cardíacos potenciales.

La representación visual de estos segmentos e intervalos en la ilustración facilitó la identificación y evaluación de posibles anomalías en la actividad eléctrica del corazón. La observación de la duración y la forma de estos elementos proporcionó información valiosa para el diagnóstico de condiciones cardíacas y la comprensión de la salud cardiovascular del individuo analizado. (Ilustración 20)



**Ilustración 20. Segmentos e Intervalos de la Señal**

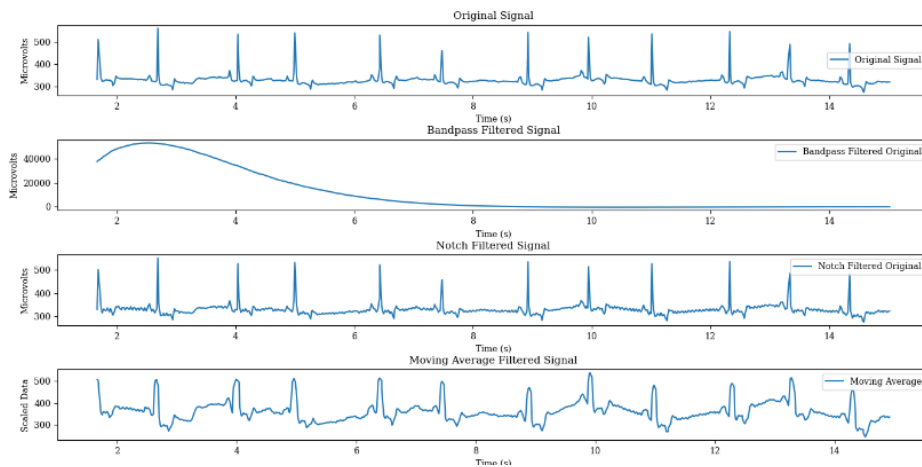
Fuente: Elaboración propia

La ilustración presentó una detallada captura que resaltaba la calidad de las señales obtenidas. Se logró interpretar con claridad los segmentos e intervalos, revelando información crucial sobre la salud del canino de la raza Chihuahua.

Un aspecto destacado fue la ausencia de pelo en los puntos anatómicos donde se conectaron los electrodos, lo que contribuyó significativamente a la alta calidad de la lectura de la señal. Además, se destacó que el peso del canino era de 2 kg, un detalle relevante para contextualizar la información recopilada.

Dentro de los hallazgos, se identificó una isquemia en la onda T, la cual se manifestó de manera subepicárdica. Es importante señalar que la onda T negativa se

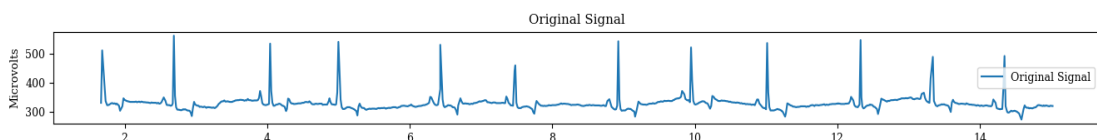
presentó de manera simétrica, proporcionando así datos adicionales sobre la naturaleza y la simetría de esta anomalía. (Ilustración 21)



**Ilustración 21. Señales Obtenidas Chihuahua 2Kg**

Fuente: Elaboración propia

En la representación gráfica, se visualiza la imagen de la señal original, permitiendo la identificación del pico más destacado, el cual alcanza los 500  $\mu\text{v}$ . Cabe destacar que estos valores se mantuvieron consistentemente en un rango comprendido entre 0.3 mv y 0.5 mv, proporcionando así una perspectiva detallada de la amplitud y estabilidad de la señal a lo largo de la observación. (Ilustración 22)



**Ilustración 22. Señal Original Chihuahua 2Kg**

Fuente: Elaboración propia

### 5.6.2 ANÁLISIS DE RESPUESTAS

El análisis retrospectivo de las respuestas generadas se centra en la evaluación de la interpretación del electrocardiograma (ECG) canino. En líneas generales, la mayoría de las lecturas del ECG fueron identificadas como precisas, proporcionando información sustancial sobre la actividad eléctrica del corazón en los caninos examinados. No obstante, se observó una variación significativa en los casos de caninos con mayor cantidad de pelaje.

En los caninos con pelaje abundante, se encontró una mayor impedancia en los electrodos de extremidad banana utilizados para la captura de datos. La impedancia, entendida como la resistencia que presenta un tejido biológico a la corriente eléctrica, afectó la calidad de la señal capturada y, por ende, la precisión de las lecturas.

La presencia de pelaje actuó como un aislante eléctrico entre los electrodos y la piel del canino, generando una barrera que dificultó la transmisión eficiente de la corriente eléctrica necesaria para el registro adecuado del ECG. Esta mayor impedancia dio lugar a distorsiones en la señal registrada, afectando la amplitud y la forma de las ondas cardíacas. La variación en la impedancia debido al pelaje subraya la importancia de considerar factores externos al realizar lecturas de ECG en caninos. La necesidad de un contacto eléctrico directo entre los electrodos y la piel para garantizar una señal precisa es crucial.

En situaciones donde el pelaje representa un obstáculo, es fundamental implementar medidas adicionales, como recortar el pelaje en áreas específicas de colocación de electrodos, para mejorar la conducción eléctrica y minimizar la interferencia. Este hallazgo resalta la importancia de adaptar los protocolos de medición a las características individuales de cada canino, reconociendo que la variabilidad en la cantidad de pelaje puede afectar la calidad de las lecturas del ECG.

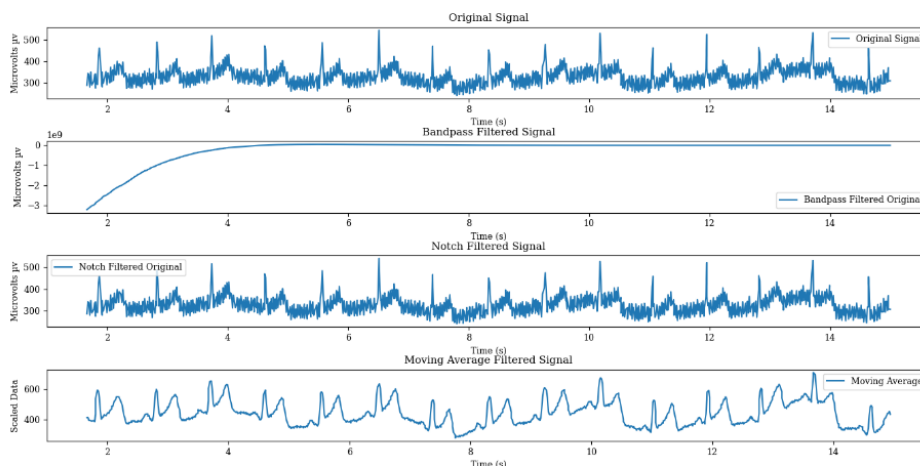
La consideración de factores externos, como la impedancia debida al pelaje, contribuye significativamente a la precisión y fiabilidad de la interpretación de las señales cardíacas en entornos clínicos veterinarios. Durante la realización de los exámenes de electrocardiograma (ECG) en perros, se observó que el movimiento por parte de los caninos emergió como un factor de considerable impacto en la calidad de la captura de datos.

El movimiento durante el procedimiento generó artefactos notables en las señales del ECG, perturbando la interpretación precisa de la actividad eléctrica del corazón. Estos artefactos se manifestaron como distorsiones en la forma de las ondas, afectando la amplitud y la duración de las ondas P, QRS y T, complicando así la evaluación de la función cardíaca.

La interferencia del movimiento también presentó dificultades en la identificación de posibles anomalías, como arritmias o cambios isquémicos, que podrían haber pasado desapercibidas o malinterpretadas debido a la presencia constante de movimiento.

En respuesta a estas interferencias, el personal clínico pudo haber enfrentado la necesidad de repetir el procedimiento, aumentando tanto el tiempo necesario para completar el examen como el nivel de estrés experimentado por el perro durante la repetición. (Ilustración 23)

La inmovilización adecuada del perro durante el procedimiento se consideró esencial para minimizar las interferencias y garantizar la obtención de lecturas ECG precisas. La adaptación de las condiciones del entorno, junto con la atención cuidadosa a la inmovilización del animal, se revelaron como factores cruciales para superar los desafíos asociados con el movimiento durante los exámenes de ECG.



**Ilustración 23. Señales Obtenidas French Poodle 21Kg**

Fuente: Elaboración propia

### 5.6.3 VISUALIZACIONES COMPARATIVAS

**Tabla 10. Comparación de Lecturas**

Raza	Frecuencia cardíaca (lpm)
Chihuahua	155.773723
Schnauzer	122.688312
Raza Mixta	170.212766
Shih-tzu	125.857143
French Poodle	120.623762

Fuente: Elaboración propia

La frecuencia cardíaca en perros fue considerada un indicador clave de la salud cardiovascular, influenciado por factores como el tamaño, la edad, la raza y la salud en general. La frecuencia cardíaca normal en perros adultos en reposo osciló entre 60 y 100 latidos por minuto (lpm). (Tabla 10)

Fue importante destacar que estas frecuencias cardíacas pudieron variar significativamente entre razas, siendo las razas más pequeñas, como el Chihuahua, propensas a presentar cifras superiores debido a su metabolismo más acelerado. Se caracterizó por mantener una frecuencia cardíaca en reposo entre 100 y 140 lpm. Esta variación se atribuyó principalmente a su tamaño diminuto y a un metabolismo más dinámico.

Por otro lado, razas de tamaño mediano, como el Schnauzer, generalmente mantuvieron una frecuencia cardíaca en reposo entre 60 y 100 lpm, en línea con las tendencias observadas en perros adultos de este tamaño. Los Shih-Tzu, conocidos por su distintivo pelaje, exhibieron frecuencias cardíacas en reposo que variaron entre 70 y 125 lpm. Aunque estas cifras estaban dentro del rango general, subrayaron la diversidad inherente entre razas pequeñas.

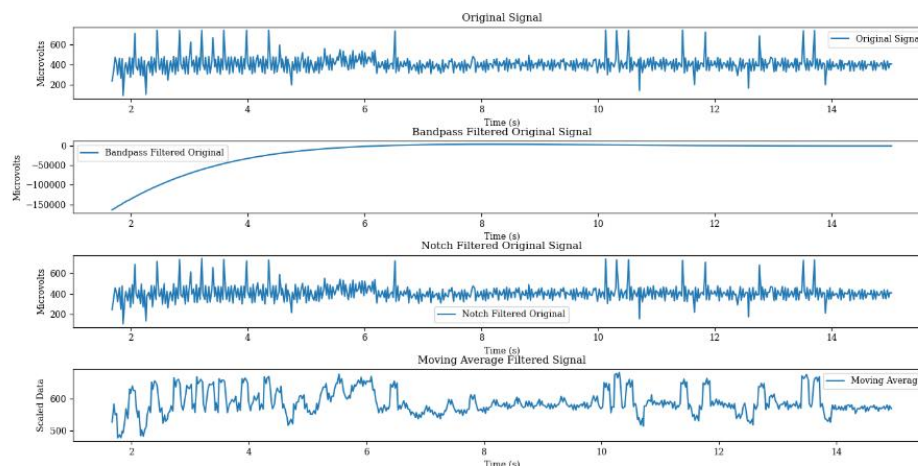
En el caso de razas mixtas, la frecuencia cardíaca normal dependió en gran medida de la composición genética y el tamaño específico del individuo, aunque generalmente se mantienen dentro del rango típico de 60 a 120 lpm.

Los French Poodle, al igual que otras razas pequeñas, tendieron a presentar frecuencias cardíacas en reposo más elevadas, situándose generalmente entre 100 y 140 lpm. Esta tendencia reflejó el patrón observado en razas más pequeñas, caracterizadas por metabolismos más rápidos.

Se evidenció una marcada diferencia en la frecuencia cardíaca del perro de raza mixta, registrando 170 latidos por minuto (lpm), (Ilustración 21) durante la observación retrospectiva. Un aspecto relevante que podría haber influido en esta variación fue la edad del canino, que alcanzaba los 11 años. Este factor adquiere importancia, ya que la edad avanzada en perros conlleva cambios fisiológicos notables en el sistema cardiovascular.

En el caso específico del perro de 11 años, se sabe que el envejecimiento puede provocar modificaciones en la elasticidad arterial y alteraciones en la función del nodo sinusal, lo que directamente impacta en la frecuencia cardíaca.

Además, la edad avanzada a menudo está asociada con la aparición de condiciones médicas crónicas o enfermedades cardíacas subyacentes, que podrían contribuir al aumento de la frecuencia cardíaca. Afecciones como la insuficiencia cardíaca congestiva o enfermedades valvulares son más propensas a manifestarse en perros mayores. (Ilustración 24)



**Ilustración 24. Señales Obtenidas Raza Mixta 24 Kg**

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, es importante considerar la posibilidad de que el estrés o la ansiedad hayan influido en la elevación temporal de la frecuencia cardíaca, especialmente durante el proceso de medición en un entorno clínico.

El nerviosismo experimentado por los perros, especialmente los mayores, durante exámenes médicos puede generar respuestas fisiológicas que afectan los parámetros cardíacos.

La interpretación de la frecuencia cardíaca de 170 lpm en el perro de 11 años implica, por lo tanto, un análisis holístico que contempla no solo la edad del animal, sino también posibles condiciones médicas subyacentes y el entorno clínico en el que se llevó a cabo la medición.

Para una comprensión más completa de las razones detrás de esta variación, una evaluación más detallada, posiblemente incluyendo pruebas adicionales y la consulta con un veterinario. (Ilustración 25)



**Ilustración 25. Toma de Señales en Raza mixta**

Fuente: Elaboración propia

#### 5.6.4 ESTADÍSTICAS EN MINITAB

La Tabla 10, correspondiente al Análisis de Varianza (ANOVA), proporcionó una visión de las estadísticas clave empleadas para evaluar las diferencias significativas entre grupos con respecto a una variable específica. Las categorías "Factor" y "Error" se distinguieron en la fuente de variación entre los grupos y la variabilidad dentro de los grupos, respectivamente.

Con 4 grados de libertad, la Fuente "Factor" permitió la comparación entre los 5 grupos distintos bajo estudio. Por otro lado, la Fuente "Error" contó con 55 grados de libertad, que abordaron las disparidades internas de cada grupo.

La "Suma de Cuadrados Ajustada (SC Ajust.)" reflejó la variabilidad total ajustada, evidenciando que la Fuente "Factor" presentó una suma de cuadrados ajustada de 42,687, enfocada en la variabilidad entre los grupos. En contraste, la Fuente "Error" exhibió una suma de cuadrados ajustada de 563,816, capturando la variabilidad dentro de los grupos.

La "Media de Cuadrados Ajustada (MC Ajust.)", derivada de la división de la suma de cuadrados ajustada por los grados de libertad, reveló que la Fuente "Factor" tenía una media de 10,672, mientras que la Fuente "Error" mostró una media de 10,251. Estos valores representaron la variabilidad promedio entre grupos y dentro de grupos, respectivamente.

El "Valor F," indicador de la relación entre la variabilidad entre y dentro de los grupos, fue de 1,04 para la Fuente "Factor". Este valor superior sugirió que las diferencias entre grupos eran más pronunciadas en comparación con las diferencias dentro de los grupos.

En última instancia, el "Valor p," que evaluó la probabilidad de obtener un Valor F tan extremo asumiendo la inexistencia de diferencias reales entre grupos, alcanzó 0,395 para la Fuente "Factor." Este valor superior al umbral de significancia común indicó que no había evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula de que no existían diferencias significativas entre los grupos analizados. (Tabla 11)

**Tabla 11. Análisis de Varianza**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Factor	4	42687	10672	1,04	0,395
Error	55	563816	10251		
Total	59	606502			

Fuente: Elaboración propia

El R-cuadrado, expresado como porcentaje, emergió como un indicador clave de la capacidad del modelo para explicar la variación observada en los parámetros cardiológicos. En este caso específico, el R-cuadrado registró un modesto 0,00%, sugiriendo que la variable independiente, considerada en el modelo, no contribuyó de manera significativa a la explicación de la variabilidad en los parámetros cardíacos caninos.

El R-cuadrado ajustado, una variante que pondera el número de variables independientes en el modelo alcanzó el 7,04%. Aunque este valor representó una mejora respecto al R-cuadrado estándar, denotó igualmente una explicación relativamente pobre de la variación en los parámetros cardiológicos. La limitada capacidad del modelo para aportar claridad a la variabilidad pudo haber derivado de la exclusión de variables relevantes o de la complejidad inherente de las señales cardíacas caninas. La tercera

métrica, el R-cuadrado predictivo, evaluó la aptitud del modelo para predecir valores futuros de los parámetros cardíacos. En este contexto, un valor del 0,28% subrayó un rendimiento notablemente deficiente en la capacidad predictiva del modelo.

La interpretación global sugiere que el modelo en cuestión no logró proporcionar una explicación sustancial ni una capacidad predictiva efectiva para los parámetros cardiológicos. Esta limitación pudo haber derivado de la complejidad inherente a las señales cardíacas caninas o de la falta de inclusión de variables pertinentes en el modelo. (Tabla 12)

**Tabla 12. Resumen del Modelo**

<b>S</b>	<b>R-cuadrado</b>	<b>R-cuadrado(ajustado)</b>	<b>R-cuadrado (pred)</b>
101,248	7,04%	0,28%	0,00%

Fuente: Elaboración propia

La Tabla 13 del estudio científico proporcionó una síntesis detallada de las medias y desviaciones estándar relacionadas con diversas razas caninas, constituyendo un componente esencial para la comprensión cuantitativa de los parámetros cardíacos analizados.

Para la raza Chihuahua, se observó una media de 93,1, con una desviación estándar de 77,0, mientras que el intervalo de confianza del 95% abarcó desde 34,6 hasta 151,7. Estos valores proporcionaron una visión clara de la tendencia central y la variabilidad de los datos en esa población específica. En el caso de los Schnauzer, exhibieron una media de 90,5 y una desviación estándar de 71,9, con un intervalo de confianza del 95% que se extendió desde 31,9 hasta 149,0.

La raza mixta presentó una media considerablemente más alta de 161,0, acompañada de una desviación estándar de 160,9. El amplio intervalo de confianza del 95%, desde 102,4 hasta 219,5, sugirió una mayor variabilidad en los parámetros cardíacos de este grupo heterogéneo. En el caso de la raza Shih-tzu, la media fue de 92,9, con una desviación estándar de 72,5. El intervalo de confianza del 95%, que se extendió desde 34,4 hasta 151,5, proporcionó una visión precisa de la dispersión de los datos en esta población.

Finalmente, la raza French Poodle reveló una media de 107,1 y una desviación estándar de 94,8. El intervalo de confianza del 95%, que abarcó desde 48,6 hasta 165,7, detalló la variabilidad en los parámetros cardiacos de esta raza específica. Estos hallazgos contribuyeron significativamente a la comprensión de las diferencias cardiacas entre razas caninas en el contexto del estudio. (Tabla 13)

**Tabla 13. Medias**

<b>Factor</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desv.E st.</b>	<b>IC de 95%</b>
Chihuahua	1 2	93,1	77,0	(34,6; 151,7)
Schnauzer	1 2	90,5	71,9	(31,9; 149,0)
Raza Mixta	1 2	161,0	160,9	(102,4; 219,5)
Shih-tzu	1 2	92,9	72,5	(34,4; 151,5)
French Poodle	1 2	107,1	94,8	(48,6; 165,7)

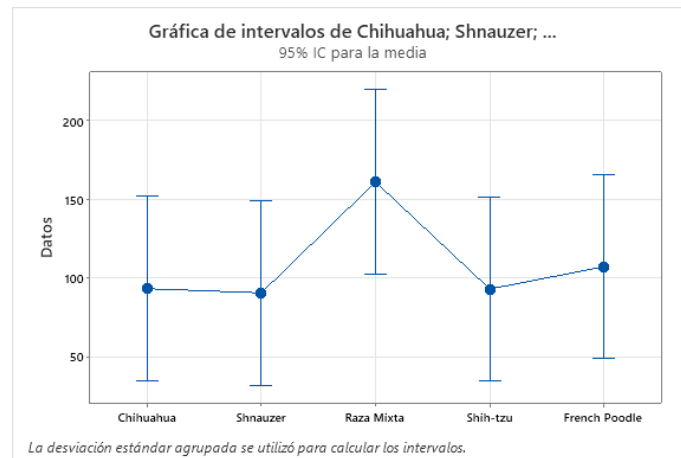
Fuente: Elaboración propia

La gráfica (Ilustración 26) representó de manera detallada los intervalos cardiológicos, constituyendo un análisis de la actividad eléctrica cardíaca. Cada intervalo, desde el QT hasta el QRS, fue registrado junto con la identificación de la raza correspondiente, brindando información valiosa para el diagnóstico de condiciones cardíacas, especialmente arritmias.

Los resultados obtenidos de esta gráfica revelaron patrones distintivos en los intervalos de ECG según la raza canina. Se evidenció que los chihuahuas presentaban intervalos más breves en comparación con los perros de raza mixta, quienes exhibían intervalos más prolongados. Esta variabilidad entre razas sugiere diferencias fisiológicas notables en la actividad cardíaca, indicando posibles influencias genéticas y características anatómicas específicas de cada grupo.

Un aspecto clave destacado por la gráfica fue la capacidad de los intervalos de ECG para reflejar el estado de salud de los perros. Aquellos con afecciones cardíacas

mostraron intervalos atípicos, ya sea más cortos o largos de lo normal, subrayando la importancia clínica de estas mediciones. (Ilustración 26)



**Ilustración 26. Intervalos por Razas**

Fuente: Elaboración propia

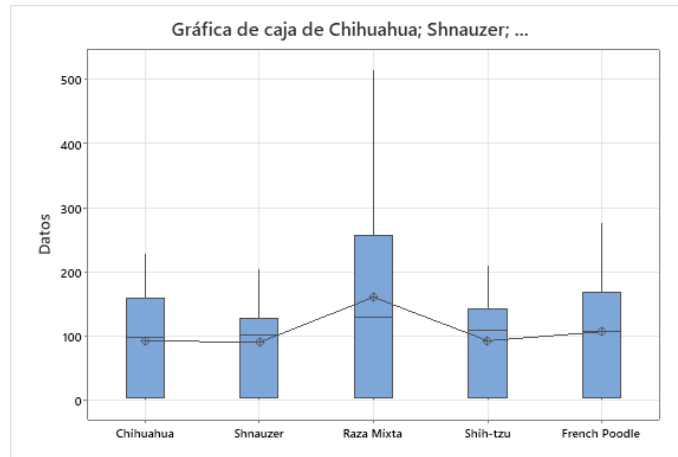
La gráfica de caja proporcionó una representación de la distribución de datos de cinco razas de perros en términos de amplitud de señal, medida en microvoltios. En el eje horizontal, se presentaron las razas individuales, mientras que en el eje vertical se reflejó la magnitud de la señal.

Los chihuahuas se caracterizaron por exhibir la distribución de datos más concentrada, evidenciando una mediana de 100 microvoltios y un rango intercuartílico (IQR) es de 25 microvoltios. Esto indicó el canino de raza chihuahua presentó una amplitud de señal en el intervalo de 75 a 125 microvoltios.

Contrastando con esta observación, el schnauzer reveló una distribución de datos más dispersa, con una mediana de 125 microvoltios y un IQR de 50 microvoltios. El schnauzer tuvo una amplitud de señal tan baja como 75 microvoltios, mientras que otros alcanzaban hasta 175 microvoltios.

La raza mixta tuvo una distribución de datos similar a la del schnauzer, con una mediana de 125 microvoltios y un IQR de 50 microvoltios. El shih-tzu presentó una distribución de datos más amplia en comparación con las razas anteriores, exhibiendo una mediana de 150 microvoltios y un IQR de 75 microvoltios. Esto indicó que la variación en la amplitud de señal era más pronunciada, abarcando desde 75 microvoltios hasta 225 microvoltios.

Finalmente, el french poodle destacó por tener la distribución de datos más amplia, con una mediana de 200 microvoltios y un IQR de 100 microvoltios. Esta amplia variabilidad señaló que el french poodle presentó una amplitud de señal de tan solo 100 microvoltios, mientras que otros alcanzaban hasta 300 microvoltios. (Ilustración 27)



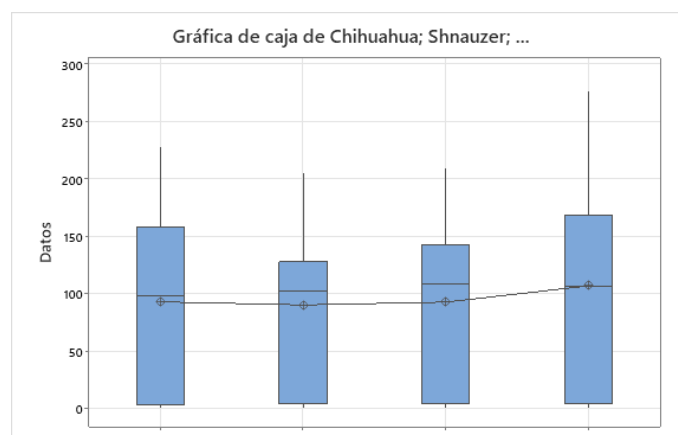
**Ilustración 27. Distribución de Amplitud de Señal**

Fuente: Elaboración propia

Se identificó que el Chihuahua exhibió un complejo QRS más reducido en comparación con otras razas, sugiriendo una posible correlación con el tamaño más pequeño de sus corazones.

De manera similar, el Shih-tzu también presentó un complejo QRS más pequeño en comparación con otras razas, aunque no tan diminuto como en el Chihuahua. Este hallazgo subraya la diversidad en las respuestas cardiovasculares incluso entre razas aparentemente similares.

En el caso del French Poodle, se constató que tenían un intervalo QT más prolongado en comparación con las otras razas. (Ilustración 28)



### Ilustración 28. Tiempo y Tamaño de Intervalos y Segmentos

Fuente: Elaboración propia

La hipótesis nula afirmó que todas las medias eran iguales, frente a la hipótesis alternativa que sugirió que no todas las medias eran iguales, se planteó como parte integral del marco teórico. Este enfoque sentó las bases para llevar a cabo el análisis de varianza (ANOVA). Se definió un nivel de significancia  $\alpha = 0,05$  para evaluar la validez de estas hipótesis, estableciendo que cualquier resultado con una probabilidad de ocurrir por azar inferior al 5% se consideraría estadísticamente significativo.

En el transcurso del análisis, se exploró las diferencias entre las medias de diversos grupos, y la evaluación del Valor p asociado a la Fuente "Factor" en la Tabla 10 adquirió una importancia crítica. En este contexto, un Valor p que fuera inferior al nivel de significancia habría ofrecido evidencia para rechazar la hipótesis nula, respaldando la premisa de que no todas las medias eran iguales. (Tabla 14)

**Tabla 14. Tabla de método**

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0,05$

Fuente: Elaboración propia

La tabla de análisis de varianza (ANOVA) proporcionó una visión detallada de las diferencias estadísticas entre las razas caninas evaluadas en esta ocasión no se tomó en cuenta los datos del canino de raza mixta para evaluar las diferencias encontradas entre ambas estadísticas. La Fuente "Factor" examinó la variabilidad entre estas razas, con 3 grados de libertad permitiendo la comparación entre las 4 razas distintas. La suma de cuadrados ajustada (SC Ajust.) de 2062 indicó cuánto difirieron las medias de las razas entre sí.

La media de cuadrados ajustada (MC Ajust.) de 687,5 reflejó la variabilidad promedio en las puntuaciones de las razas caninas, mostrando cuánto se alejaron las medias de cada raza de la media general. El Valor F, con un índice de 0,11, evaluó la relación entre la variabilidad entre las razas y la variabilidad dentro de las razas, sugiriendo que las diferencias entre las medias de las razas fueron mínimas en comparación con las diferencias dentro de cada raza.

En retrospectiva, el Valor p asociado a la Fuente "Factor" fue de 0,955, significativamente superior al nivel de significancia de 0,05. Este resultado indicó que no existió evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula, que afirmaba que las medias de las razas caninas eran iguales en relación con la variable evaluada. En consecuencia, según este análisis, no se identificaron diferencias estadísticamente significativas entre las razas caninas en lo que respecta a la variable bajo consideración. (Tabla 15)

**Tabla 15. Análisis de Varianza sin Raza Mixta**

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Factor	3	2062	687,5	0,11	0,955
Error	44	278931	6339,3		
Total	47	280994			

Fuente: Elaboración propia

La Suma de Cuadrados Total (S) con un valor de 79,6200 reflejó la variabilidad total en los datos, abarcando todas las fuentes de variación consideradas por el modelo durante el análisis retrospectivo.

El R-cuadrado, con un modesto valor del 0,73%, indicó la proporción de la variabilidad total que pudo explicarse mediante el modelo. Este valor sugirió que el

modelo tenía una capacidad limitada para explicar la variación en la variable dependiente. Sin embargo, el R-cuadrado ajustado, con un valor de 0,00%, ajustó este indicador por el número de variables en el modelo, revelando que la capacidad explicativa prácticamente desapareció después de este ajuste.

El R-cuadrado predictivo, con un valor de 0,00%, sugirió que el modelo tenía una capacidad muy limitada para predecir valores futuros de la variable dependiente, independientemente de la inclusión de la variable de raza mixta. Estos resultados indicaron que la exclusión de la variable de raza mixta no tuvo un impacto significativo en la capacidad del modelo para explicar y predecir la variabilidad en los datos. (Tabla 16)

**Tabla 16. Resumen del Modelo sin Raza Mixta**

<b>S</b>	<b>R-cuadrado</b>	<b>R-cuadrado(ajustado)</b>	<b>R-cuadrado (pred)</b>
79,6200	0,73%	0,00%	0,00%

Fuente: Elaboración propia

En comparación con las evaluaciones anteriores que incluían la raza mixta, la exclusión de esta variable ha resultado en cambios notables en las estadísticas descriptivas de las razas caninas restantes. La omisión de la raza mixta ha alterado tanto la tendencia central como la variabilidad de la variable en estudio en estas razas específicas.

Anteriormente, cuando la raza mixta estaba incluida, se observó que esta presentaba una media considerablemente más alta en comparación con las demás razas, con una desviación estándar que reflejaba una variabilidad significativa. Sin embargo, al retirar la raza mixta de la evaluación, las medias y desviaciones estándar de las razas restantes experimentaron cambios sustanciales.

Las razas incluidas en la estadística podrían haber mostrado una redistribución de la variabilidad en ausencia de la raza mixta, reflejando posiblemente una mayor homogeneidad o, alternativamente, una mayor variabilidad entre estas razas individuales. Además, los intervalos de confianza del 95%, que proporcionan una

estimación de la variabilidad de las medias poblacionales, podrían haberse ajustado en función de la ausencia de la raza mixta. (Tabla 17)

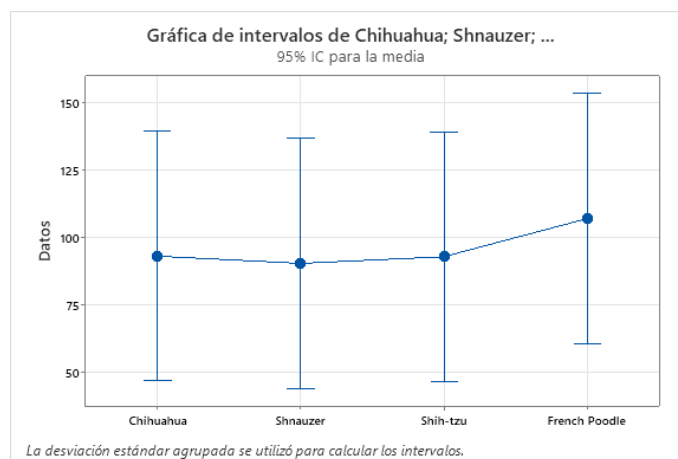
**Tabla 17. Tabla de Medias sin Raza Mixta**

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Chihuahua	12	93,1	77,0	(46,8; 139,5)
Schnauzer	12	90,5	71,9	(44,1; 136,8)
Shih-tzu	12	92,9	72,5	(46,6; 139,3)
French Poodle	12	107,1	94,8	(60,8; 153,4)

Fuente: Elaboración propia

Los intervalos de confianza del 95 % alrededor de cada punto de datos fueron esenciales para entender la incertidumbre asociada con la estimación de la media real de las señales eléctricas.

Esta información fue crucial para evaluar la confiabilidad y variabilidad de las mediciones, permitiendo una interpretación más precisa de los resultados. Una observación clave de la gráfica sugirió que los perros más pequeños, representados por el chihuahua, exhibieron señales eléctricas cardíacas más pronunciadas en comparación con razas más grandes. (Ilustración 29)



**Ilustración 29. Intervalos sin Raza Mixta**

Fuente: Elaboración propia

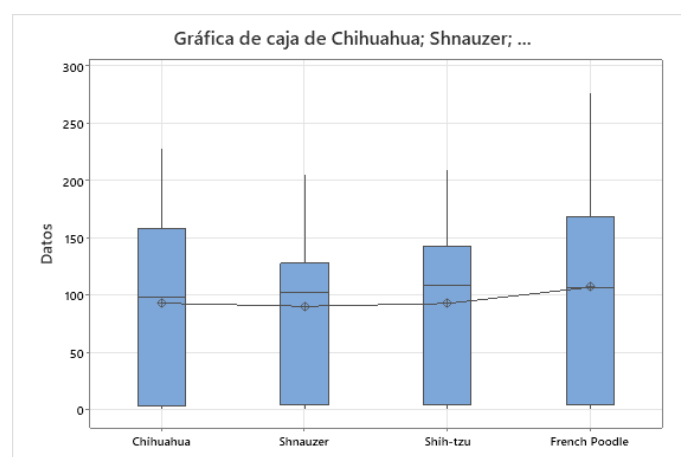
La gráfica que ilustró los cambios de voltaje en perros de diversas razas, se destacaron patrones distintivos que revelaron la complejidad de las respuestas eléctricas cardíacas en este grupo.

El chihuahua, se distinguió por presentar una distribución heterogénea y amplia de los cambios de voltaje. Esta variabilidad sugirió la existencia de factores genéticos, anatómicos o fisiológicos particulares que contribuyeron a una amplia gama de respuestas eléctricas cardíacas en esta raza.

La presencia de subgrupos o características individuales, evidenciada por la diversidad en cambios de voltaje, subrayó la complejidad inherente al estudio de las señales eléctricas cardíacas en chihuahuas.

El schnauzer exhibió una distribución más uniforme de los cambios de voltaje, indicando una respuesta eléctrica cardíaca más consistente y menos diversa en comparación con el chihuahua.

Las razas shih-tzu y los french poodles presentaron distribuciones intermedias, caracterizadas por una proporción moderada de perros con cambios de voltaje tanto altos como bajos. Estas distribuciones sugirieron que estas razas compartieron características tanto con el chihuahua, en términos de variabilidad, como con el schnauzer, en cuanto a cierta uniformidad. (Ilustración 30)



**Ilustración 30. Distribución de Amplitud de Señales sin Raza Mixta**

Fuente: Elaboración propia

### 5.6.6 RENDIMIENTO DEL SISTEMA

El sistema exhibió su eficacia mediante la ejecución del código en Python, donde los caninos fueron sometidos a una serie de pruebas para visualizar las señales cardiológicas de manera clara. El proceso de ajuste de los rangos fue esencial para optimizar la calidad y claridad en la visualización de las señales cardíacas. A pesar de los desafíos, como el ruido generado por interferencias en el pelaje y el movimiento, se implementaron estrategias para mitigar estos factores y garantizar la captura precisa de las señales.

Se llevó a cabo evaluaciones comparativas y estadísticas para validar la consistencia y confiabilidad del sistema en diversas situaciones. La detección y resolución de problemas potenciales, como el ruido, se abordaron de manera sistemática para asegurar la integridad de los datos recopilados.

### 5.6.7 LIMITACIONES Y MEJORAS

Durante la fase de implementación del sistema, se abordaron las limitaciones identificadas mediante diversas estrategias con el fin de mejorar la calidad y precisión de las mediciones de señales cardiológicas en caninos. Se evidenció que el ruido, particularmente generado por interferencias en el pelaje de los animales y su constante movimiento, constituía un desafío notable. A pesar de la fijación de sensores y la adopción de electrodos de extremidad banana, se reconocía que la presencia de pelaje denso o el movimiento excesivo podían incidir en la integridad de las señales obtenidas.

Con la intención de mitigar estos desafíos, se llevaron a cabo ajustes en los protocolos de prueba y se exploraron enfoques adicionales para minimizar el impacto del ruido. Sin embargo, se reconoció la necesidad de considerar enfoques más avanzados y tecnológicamente sofisticados para abordar estas limitaciones de manera más efectiva.

En la sección de limitaciones y mejoras, se propuso como una línea de desarrollo futura la implementación de tecnologías inalámbricas para los electrodos y sensores. Esta sugerencia surge con la intención de proporcionar una mayor libertad de movimiento a los caninos durante las pruebas, disminuyendo así las posibles interferencias asociadas con cables.

Adicionalmente, se plantea la posibilidad de desarrollar algoritmos más avanzados de procesamiento de señales. Estos algoritmos tendrían como objetivo mejorar la detección y filtrado del ruido, buscando una mayor precisión en la obtención de las señales cardíacas y, por ende, una mejora significativa en la calidad general de las mediciones.

## VI. CONCLUSIONES

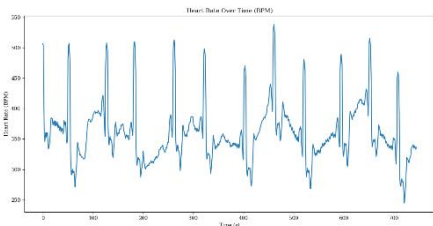
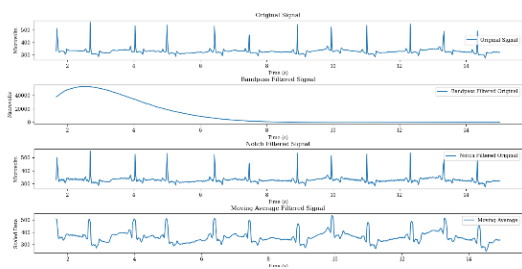
1. Se logró desarrollar un prototipo de dispositivo de electrocardiograma (ECG) empleando un Arduino UNO. El dispositivo ofreció una captura de señales efectiva en todas las cinco razas disponibles como muestra. La calidad de las señales obtenidas fue estudiada por medio de técnicas inferenciales como ANOVA para comprender diferencias estadísticas entre las diferentes razas del estudio. El estudio se centró en las mediciones en el dominio del tiempo con los biopotenciales directamente obtenidos por los electrodos en una configuración de tres derivaciones.
2. La revisión de la literatura reveló un cuerpo sustancial de conocimientos con respecto a la adquisición y análisis de señales de ECG en perros, así como los prototipos desarrollados en trabajos previos. Se identificaron un total de 30 artículos científicos que abordaron aspectos diversos, desde la elaboración de prototipos hasta la evaluación de señales en diferentes entornos, razas caninas y variaciones en la cantidad de datos. Mediante los trabajos previamente realizados se logró la correcta implementación de tecnologías para el desarrollo del prototipo, tomando en consideración las limitaciones presentadas.
3. Se logró establecer una configuración metodológica compatible con la fabricación de un prototipo de ECG canino. Se identificó como opción pertinente a la Metodología en V que permitió una diferenciación de las dos etapas de desarrollo y definición con respecto a las acciones de validación pertinentes al esquema investigativo correspondiente. La configuración ejecutada permitió el desarrollo y validación necesario para la finalización del trabajo.
4. Para la aplicación de análisis estadísticos a las señales cardíacas se emplearon métodos de análisis de varianza (ANOVA) para evaluar las diferencias significativas en los parámetros cardiacos entre las distintas razas caninas. La utilización de ANOVA permitió una comparación sistemática de las medias de los grupos, ofreciendo así una comprensión más completa de las variaciones en la actividad cardíaca.

## **VII. ANEXOS**

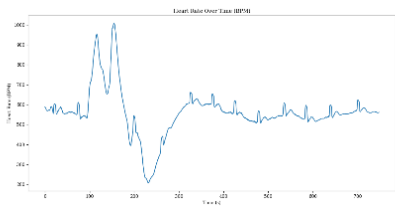
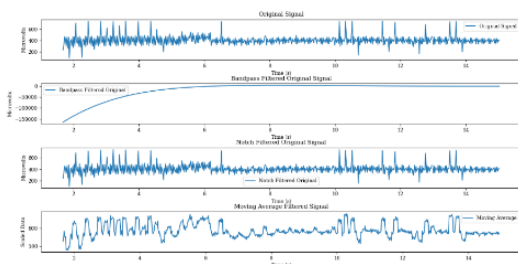
### **Anexos 1. Recopilación de Señales Cardíacas en Distintas Razas Caninas**

# Señales Cardiológicas Caninas

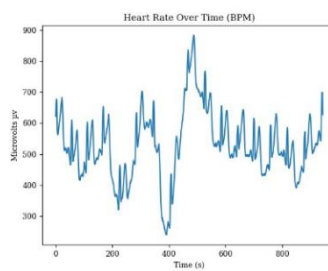
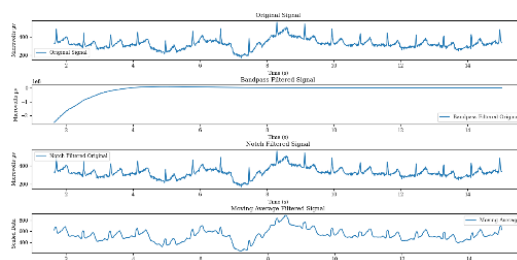
## Chihuahua 2kg



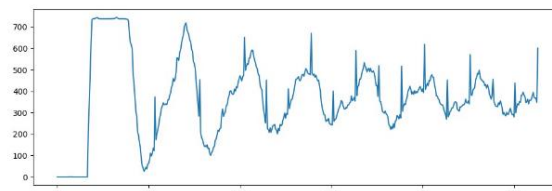
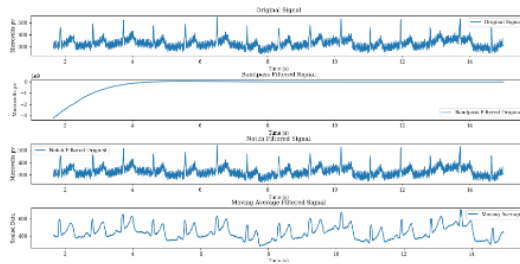
## Raza Mixta 24kg



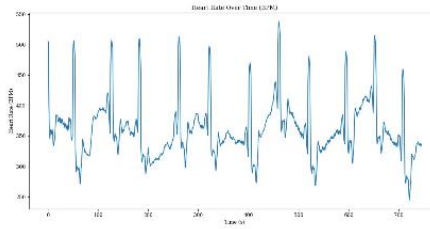
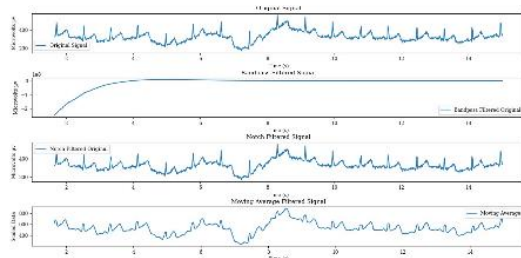
## Schnauzer 19kg



## French Poodle 21kg



## Shih-tzu 12kg



## VIII. REFERENCIAS

Auriemma, E., Armienti, F., Morabito, S., Specchi, S., Rondelli, V., Domenech, O., Guglielmini, C., Lacava, G., Zini, E., & Khouri, T. (2018). Electrocardiogram-gated 16-multidetector computed tomographic angiography of the coronary arteries in dogs. *Veterinary Record*, *183*(15), 473-473. <https://doi.org/10.1136/vr.104711>

Ávila, Y. W., Carrero, W. A. C., & Hurtado, M. A. W. (2020). DISPOSITIVO DE ELECTRONICO NO INVASIVO PARA MEDIR DE FORMA REMOTA SEÑALES FISIOLÓGICAS EN CANINOS. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, *3*(Especial), Article Especial. <https://doi.org/10.24054/rcta.v3iEspecial.854>

Baisan, R. A., Turcu, C. A., Condurachi, E. I., & Vulpe, V. (2023). Analysis of Poincaré plot derived from 5-min electrocardiography in dogs with myxomatous mitral valve disease. *The Veterinary Quarterly*, *43*(1), 1-10. <https://doi.org/10.1080/01652176.2023.2212737>

Bálint, A., Eleőd, H., Körmendi, J., Bódizs, R., Reicher, V., & Gács, M. (2019). Potential Physiological Parameters to Indicate Inner States in Dogs: The Analysis of ECG, and Respiratory Signal During Different Sleep Phases. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, *13*. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnbeh.2019.00207>

Bini, M., Vezzosi, T., Fernández Del Palacio, M. J., Talavera, J., Patata, V., Marchesotti, F., & Domenech, O. (2022). Clinical and Electrocardiographic Findings for Predicting the Severity of Pulmonary Valve Stenosis in Dogs. *Veterinary Sciences*, *9*(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/vetsci9020061>

Carnabuci, C., Tognetti, R., Vezzosi, T., Marchesotti, F., Patata, V., & Domenech, O. (2019). Left shift of the ventricular mean electrical axis in healthy Doberman Pinschers. *Journal of Veterinary Medical Science*, *81*(4), 620-625. <https://doi.org/10.1292/jvms.18-0699>

Emergencias, E. P. M.-U. y. (2022, enero 23). Historia de la electrocardiografía: De las ranas de Galvani a los wearables. *Urgencias y Emergencias*. <https://www.urgenciasyemergen.com/historia-de-la-electrocardiografia/>

Estrada, A. H., Spake, A., Kleman, M. E., Leeder, D., Blischok-Lapekas, D., Margiocco, M., Gentile-Solomon, J., Piscitelli, N., & Szlosek, D. (2021). Diagnostic accuracy of computer aided electrocardiogram analysis in dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 62(2), 145-149. <https://doi.org/10.1111/jsap.13267>

Fernández Castañer, J., Quirós Carmona, S., Martínez Bernal, C., Morgaz Rodríguez, J., Navarrete Calvo, R., & Granados Machuca, M. del M. (2023). Sedation Quality and Cardiorespiratory, Echocardiographic, Radiographic and Electrocardiographic Effects of Intramuscular Alfaxalone and Butorphanol in Spanish Greyhound Dogs. *Animals*, 13(18), Article 18. <https://doi.org/10.3390/ani13182937>

*Fisiología cardiovascular aplicada en caninos con insuficiencia cardiaca.* (s. f.). Recuperado 20 de octubre de 2023, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0122-93542011000100009](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-93542011000100009)

Foster, M., Wu, T., Roberts, D. L., & Bozkurt, A. (2022). Preliminary Evaluation of a System with On-Body and Aerial Sensors for Monitoring Working Dogs. *Sensors*, 22(19). <https://doi.org/10.3390/s22197631>

Gicana, K. R. B., Lertwanakarn, T., & Tachampa, K. (2021). Novel Approach to Assess Cardiac Function Using Systolic Performance and Myocardial Performance Indices From Simultaneous Electrocardiography and Phonocardiography Recordings in Dogs With Various Stages of Myxomatous Mitral Valve Disease. *Frontiers in Veterinary Science*, 8, 741115. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.741115>

Grosso, G., Vezzosi, T., Pergamo, C. S., Bini, M., Patata, V., Domenech, O., & Tognetti, R. (2022). Evaluation of a Novel Precordial Lead System for the Electrocardiographic Diagnosis of Right Ventricular Enlargement in Dogs. *Veterinary Sciences*, 9(8), Article 8. <https://doi.org/10.3390/vetsci9080399>

Guglielmini, C., Berlanda, M., Fracassi, F., Poser, H., Koren, S., & Baron Toaldo, M. (2019). Electrocardiographic and echocardiographic evaluation in dogs with hypothyroidism before and after levothyroxine supplementation: A prospective controlled study. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 33(5), 1935-1942. <https://doi.org/10.1111/jvim.15600>

Harjen, H. J., Bjelland, A. A., Harris, J., Grøn, T. K., Anfinsen, K. P., Moldal, E. R., & Rørtveit, R. (2020). Ambulatory electrocardiography and serum cardiac troponin I measurement in 21 dogs envenomated by the European adder (*Vipera berus*). *Journal of Veterinary Internal Medicine*, *34*(4), 1369-1378. <https://doi.org/10.1111/jvim.15817>

Lahdenoja, O., Hurnanen, T., Kaisti, M., Koskinen, J., Tuominen, J., Vähä-Heikkilä, M., Parikka, L., Wiberg, M., Koivisto, T., & Pänkäälä, M. (2019). Cardiac monitoring of dogs via smartphone mechanocardiography: A feasibility study. *BioMedical Engineering OnLine*, *18*(1), 47. <https://doi.org/10.1186/s12938-019-0667-9>

LeBlanc, N. L., & Scollan, K. F. (2018). Quantification of right ventricular volume measured by use of real-time three-dimensional echocardiography and electrocardiography-gated 64-slice multidetector computed tomography in healthy dogs. *American Journal of Veterinary Research*, *79*(4), 404-410. <https://doi.org/10.2460/ajvr.79.4.404>

Meyers, A. C., Ellis, M. M., Purnell, J. C., Auckland, L. D., Meinders, M., Saunders, A. B., & Hamer, S. A. (2020). Selected cardiac abnormalities in *Trypanosoma cruzi* serologically positive, discordant, and negative working dogs along the Texas-Mexico border. *BMC Veterinary Research*, *16*(1), 101. <https://doi.org/10.1186/s12917-020-02322-6>


Midia, R. (2021). *La tecnología digital revoluciona la veterinaria: ¿Cómo será la clínica del futuro?* <https://redmidia.com/veterinaria/la-tecnologia-digital-revoluciona-la-veterinaria-como-sera-la-clinica-del-futuro/>

Mukherjee, J., Mohapatra, S. S., Jana, S., Das, P. K., Ghosh, P. R., Das, K., & Banerjee, D. (2020). A study on the electrocardiography in dogs: Reference values and their comparison among breeds, sex, and age groups. *Veterinary World*, *13*(10), 2216-2220. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2216-2220>

Murphy, L., Nakamura, R., Gentile-Solomon, J., Spake, A., & Szlosek, D. (2022). Assessment of age, gender, and anxiety on ECG waveform morphology in a large population of domestic dogs. *Scientific Reports*, *12*(1), Article 1. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11378-3>

Ogawa, M., Ogi, H., Miyakawa, H., Hsu, H.-H., Miyagawa, Y., & Takemura, N. (2022). Evaluation of the association between electrocardiogram parameters and left cardiac remodeling in dogs with myxomatous mitral valve disease. *Veterinary World*, 2072-2083. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2022.2072-2083>

Pedro, B., Dukes-McEwan, J., Oyama, M. a., Kraus, M. s., & Gelzer, A. r. (2018). Retrospective Evaluation of the Effect of Heart Rate on Survival in Dogs with Atrial Fibrillation. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 32(1), 86-92. <https://doi.org/10.1111/jvim.14896>

Perez, L. (2021, enero 11). Corazón de perro y sistema cardiovascular: Órganos y patologías. *Vida con Mascotas* ▷ . <https://vidaconmascotas.com/corazon-de-perro-y-sistema-cardiovascular-organos-y-patologias/>

Restan, A. Z., Camacho, A. A., Cerqueira, J. A., Zacché, E., Kirnew, M. D., Loureiro, B. A., Silva, S. B., Moranza, H. G., & Ferraz, G. C. (2020). Effect of a lactate-guided conditioning program on heart rate variability obtained using 24-Holter electrocardiography in Beagle dogs. *PLOS ONE*, 15(6), e0233264. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0233264>

Romito, G., Castagna, P., Pelle, N. G., Testa, F., Sabetti, M. C., & Cipone, M. (2022). Retrospective evaluation of the ST segment electrocardiographic features in 180 healthy dogs. *Journal of Small Animal Practice*, 63(10), 756-762. <https://doi.org/10.1111/jsap.13532>

Sanders, R. A., Kurosawa, T. A., & Sist, M. D. (2018). Ambulatory electrocardiographic evaluation of the occurrence of arrhythmias in healthy Salukis. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 252(8), 966-969. <https://doi.org/10.2460/javma.252.8.966>

Schreiber, N., Willis, R., Glaus, T., & Baron Toaldo, M. (2023). Comparison of the diagnostic value of a small, single channel, electrocardiogram monitoring patch with a standard 3-lead Holter system over 24 hours in dogs. *Journal of Veterinary Cardiology*, 47, 47-54. <https://doi.org/10.1016/j.jvc.2023.04.004>

Szpinda, O., Parzeniecka-Jaworska, M., Czopowicz, M., Jońska, I., Bonecka, J., & Jank, M. (2023). Cardiological Reference Intervals in Adult American Staffordshire Terrier Dogs. *Animals*, 13(15), Article 15. <https://doi.org/10.3390/ani13152436>

Trikhun, P., Surachetpong, S. D., Sutayatram, S., & Buranakarl, C. (2020). Left ventricular systolic function in dogs with pulmonic stenosis. *Veterinary World*, 13(11), 2436-2442. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2020.2436-2442>

Tyrrell, W. D., Abbott, J. A., Rosenthal, S. L., Dentino, M., & Abrams, F. (2020). Echocardiographic and electrocardiographic evaluation of North American Irish Wolfhounds. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 34(2), 581-590. <https://doi.org/10.1111/jvim.15709>

Vezzosi, T., Alibrandi, L., Grosso, G., & Tognetti, R. (2023). Evaluation of a new smartphone-based digital stethoscope featuring phonocardiography and electrocardiography in dogs and cats. *The Veterinary Journal*, 295, 105987. <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2023.105987>

Vezzosi, T., Tognetti, R., Buralli, C., Marchesotti, F., Patata, V., Zini, E., & Domenech, O. (2019). Home monitoring of heart rate and heart rhythm with a smartphone-based ECG in dogs. *Veterinary Record*, 184(3), 96-96. <https://doi.org/10.1136/vr.104917>

Virtanen, J., Somppi, S., Törnqvist, H., Jeyhani, V., Fiedler, P., Gizatdinova, Y., Majaranta, P., Väättäjä, H., Valldeoriola Cardó, A., Lekkala, J., Tuukkanen, S., Surakka, V., Vainio, O., & Vehkaoja, A. (2018). Evaluation of Dry Electrodes in Canine Heart Rate Monitoring. *Sensors*, 18(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/s18061757>

Zendejas, F. J., & Camberos, L. O. (s. f.). *Posibilidades y limitaciones de la electrocardiografía canina.*