

# DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO CANINO COMUNICADO CON UN APLICATIVO MÓVIL

Danna Isabella García Saenz



UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA  
Facultad de Ingeniería

# Introducción

El monitoreo continuo del bienestar de los perros es crucial para prevenir enfermedades y mejorar su calidad de vida.

Este proyecto presenta un chaleco con acelerómetros MPU6050 y un microcontrolador Beetle ESP32 que mide la frecuencia cardíaca y respiratoria de forma no invasiva. Los datos se transmiten en tiempo real a la aplicación móvil Colectiva a través de Bluetooth, facilitando un seguimiento efectivo de la salud de nuestras mascotas.

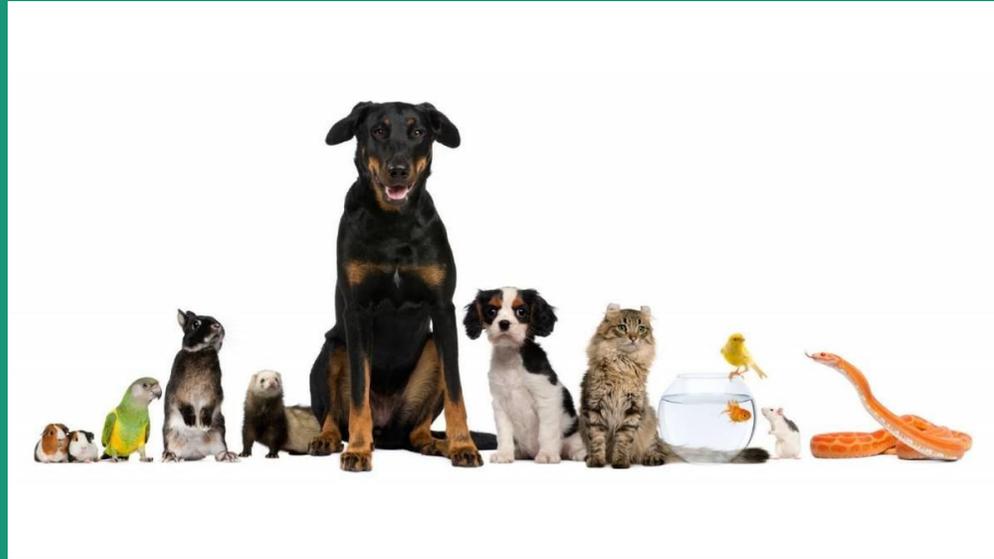


Imagen 1 y 2

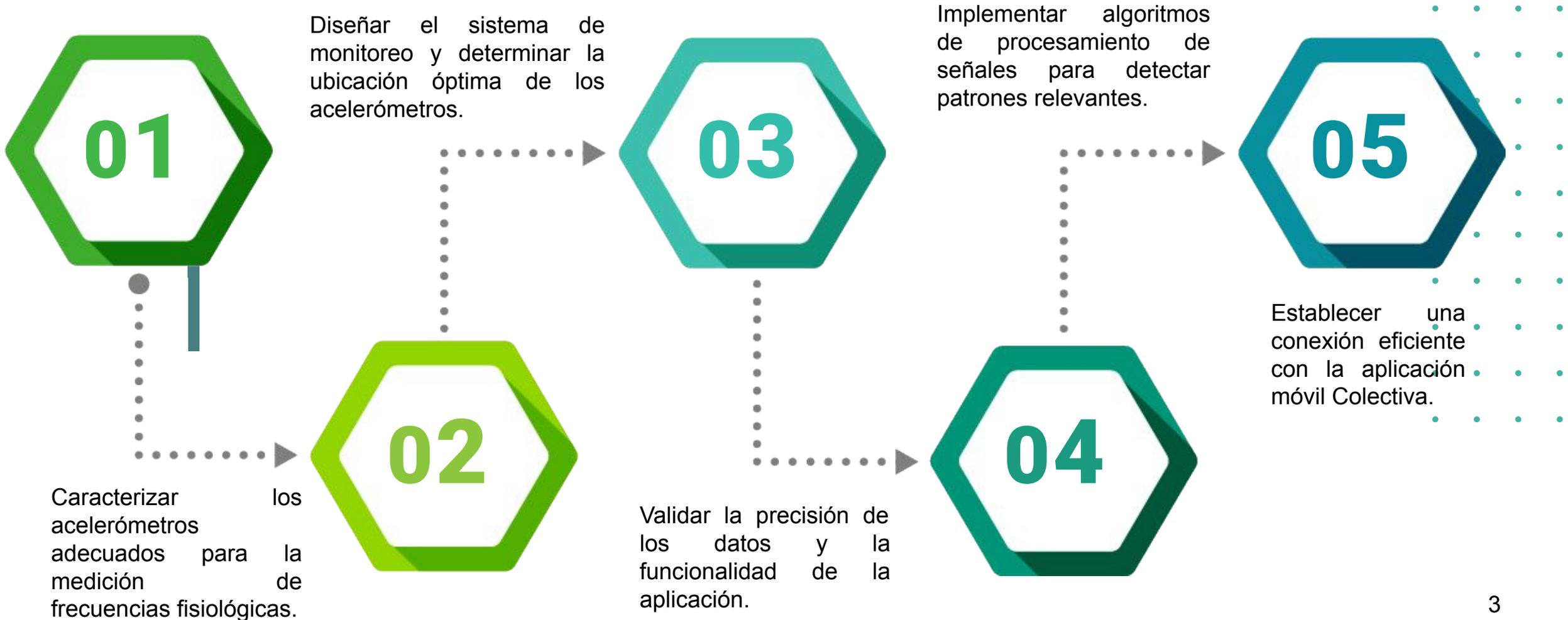
# Objetivo general

Diseñar un sistema para monitorear la frecuencia cardíaca y respiratoria en perros utilizando acelerómetros, para facilitar la toma de decisiones informadas sobre el cuidado de las mascotas.



Imagen 3

## Objetivos específicos



# Marco teórico



## Tecnología de monitoreo canino



Dispositivos existentes como FitBark, PetPace y Whistle utilizan acelerómetros para monitorear la actividad de las mascotas.

## Fisiología canina



La frecuencia cardíaca y respiratoria son indicadores clave de la salud del perro, relacionados con el bienestar y la detección de enfermedades, como lo son el estrés, la cardiopatía, la hipertensión, taquicardia, neumonía, etc.



## Aspectos éticos y legales

Regulaciones en Colombia para el uso de tecnología en animales, garantizando su bienestar y el cumplimiento de normas éticas en la investigación.



Imagen 4 y 5

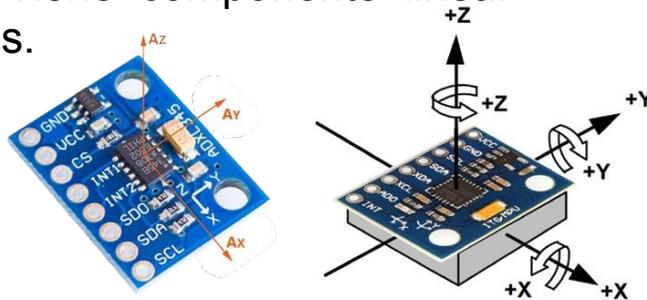
# Marco teórico

## Sensores

Un sensor es un dispositivo que detecta y responde a alguna entrada de estímulo físico, químico o eléctrico, y convierte esa respuesta en una señal medible.

## Acelerómetros

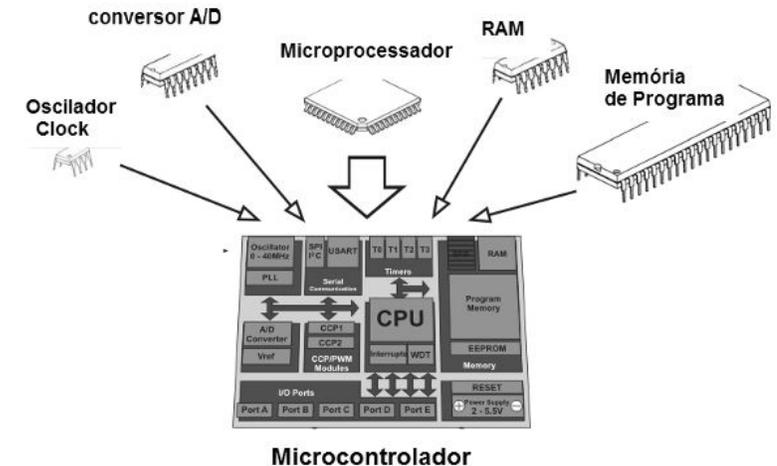
- **MPU6050:** Tiene componente lineal y angular rotacional, cada una en los 3 ejes.
- **ADXL345:** Tiene componente lineal en los 3 ejes.



## Sistemas embebidos

Los sistemas embebidos son aquellos sistemas independientes, basados en microcontroladores que permiten realizar funciones específicas.

- Arduino
- PSoc
- ESP 32



[2]

# Metodología



## Diseño e implementación del hardware

- Selección de acelerómetros
  - Ubicación de sensores
  - Desarrollo de prototipo
- 
- 



## Envío de datos a la aplicación

- Transmisión de datos
- Visualización de información
- Sincronización



## Desarrollo de software

- Configuración de plataforma de desarrollo (PlatformIO)
  - Captura y procesamiento de datos con Python
- 
- 



## Pruebas y validación

- Pruebas de desempeño para el prototipo.
- Pruebas in vivo (sujeto de pruebas canino)
- Validación de precisión y fiabilidad del sistema

# Resultados

El primer resultado de este trabajo se centra en el diseño final del dispositivo. Se determinó que los únicos acelerómetros necesarios son dos MPU6050, ubicados en el pecho y el cuello, para detectar de manera efectiva la frecuencia respiratoria y cardíaca.

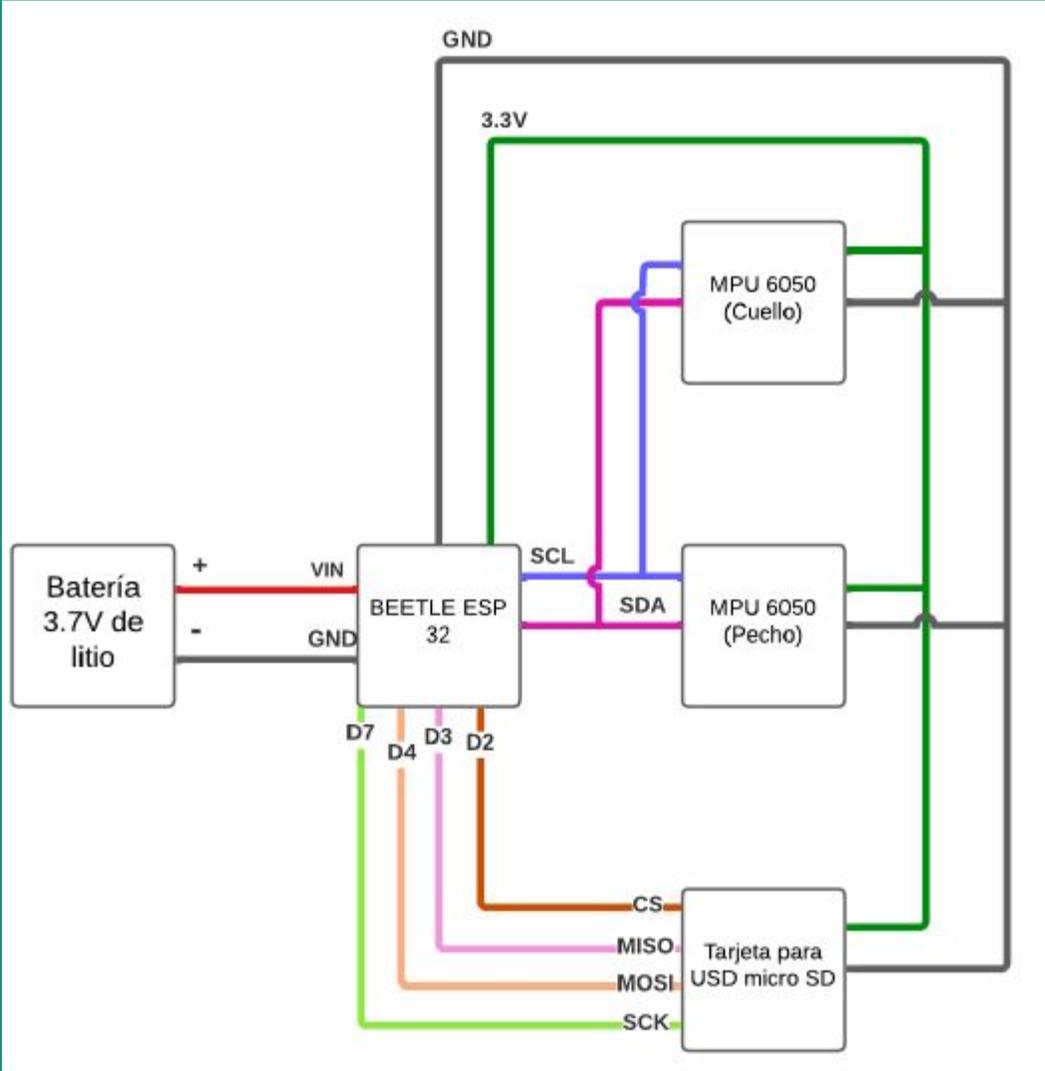


Imagen 9. Esquemático de conexión del dispositivo

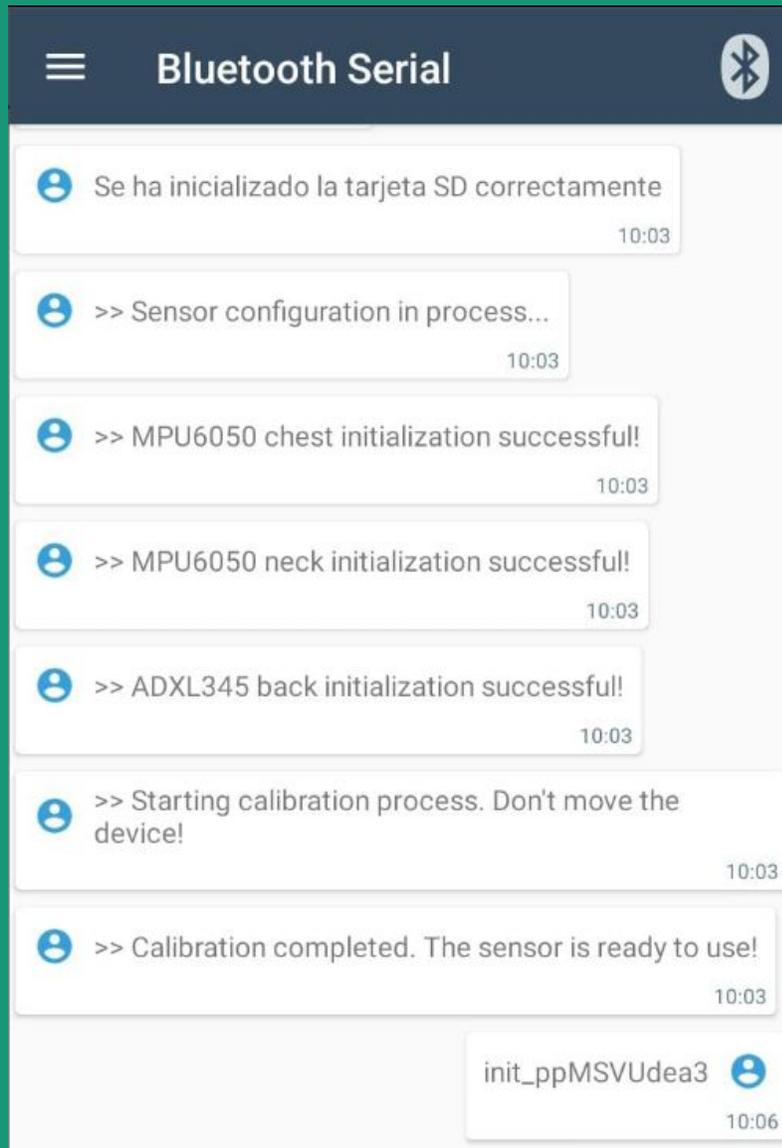


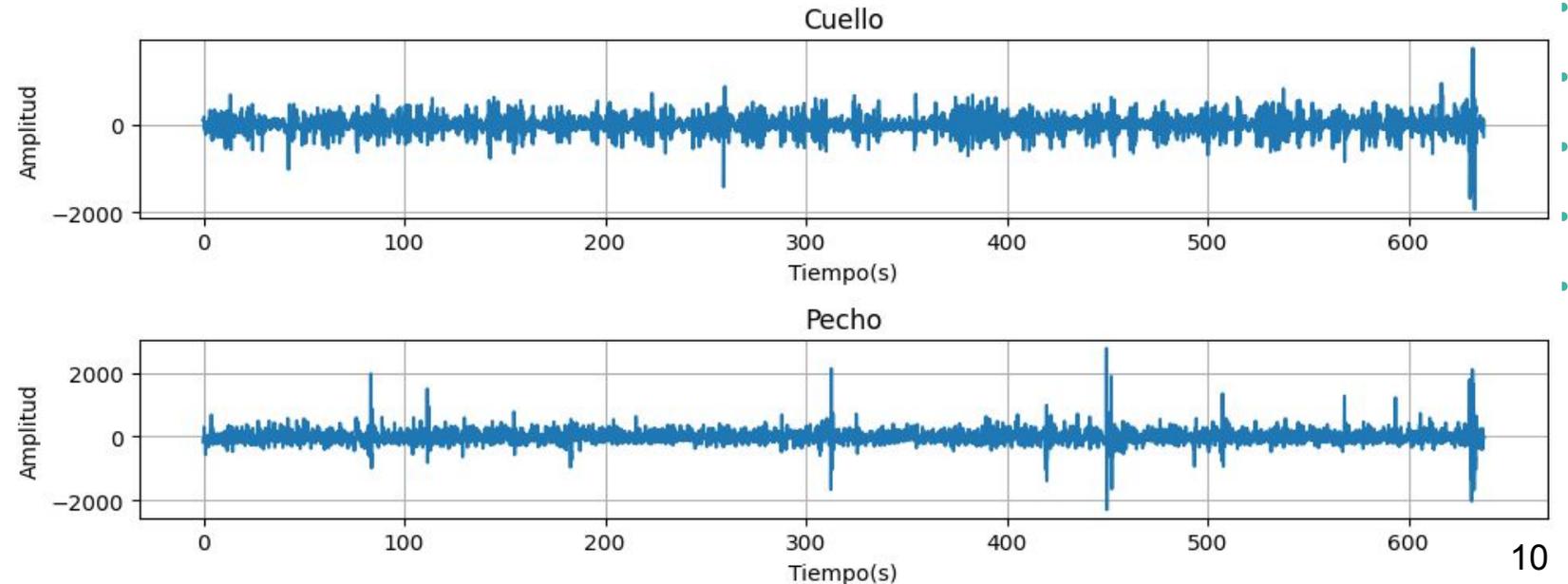
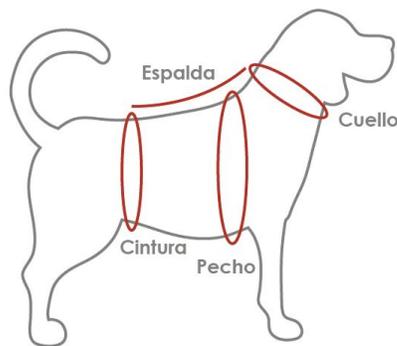
Imagen 10. Mensajes en Bluetooth serial

# Resultados

Una vez se finalizó el esquema correcto del dispositivo, se llevaron a cabo pruebas iniciales en un entorno controlado utilizando un prototipo humano. Esto permitió resaltar la importancia de los mensajes sobre el estado de los dispositivos conectados al microcontrolador, garantizando así una adecuada recopilación de datos.

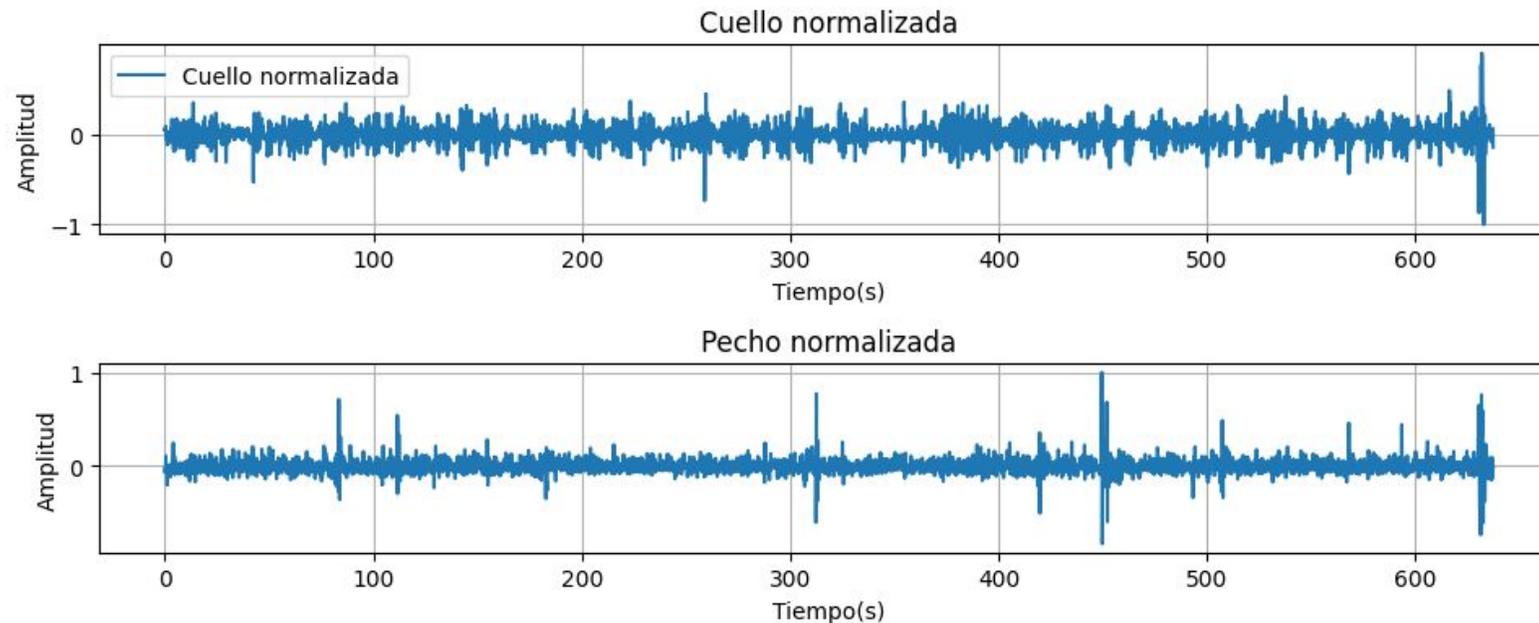
# Resultados

El **procesamiento de datos a destiempo** se realizó en Python, accediendo a datos en crudos de la tarjeta SD. Se limpiaron y organizaron en una lista, separando los valores de los sensores en "pecho" y "cuello". Generando los siguientes gráficos de amplitud en función de las muestras, donde se calculó un vector de tiempo respecto a la frecuencia de muestreo para facilitar el análisis comparativo.



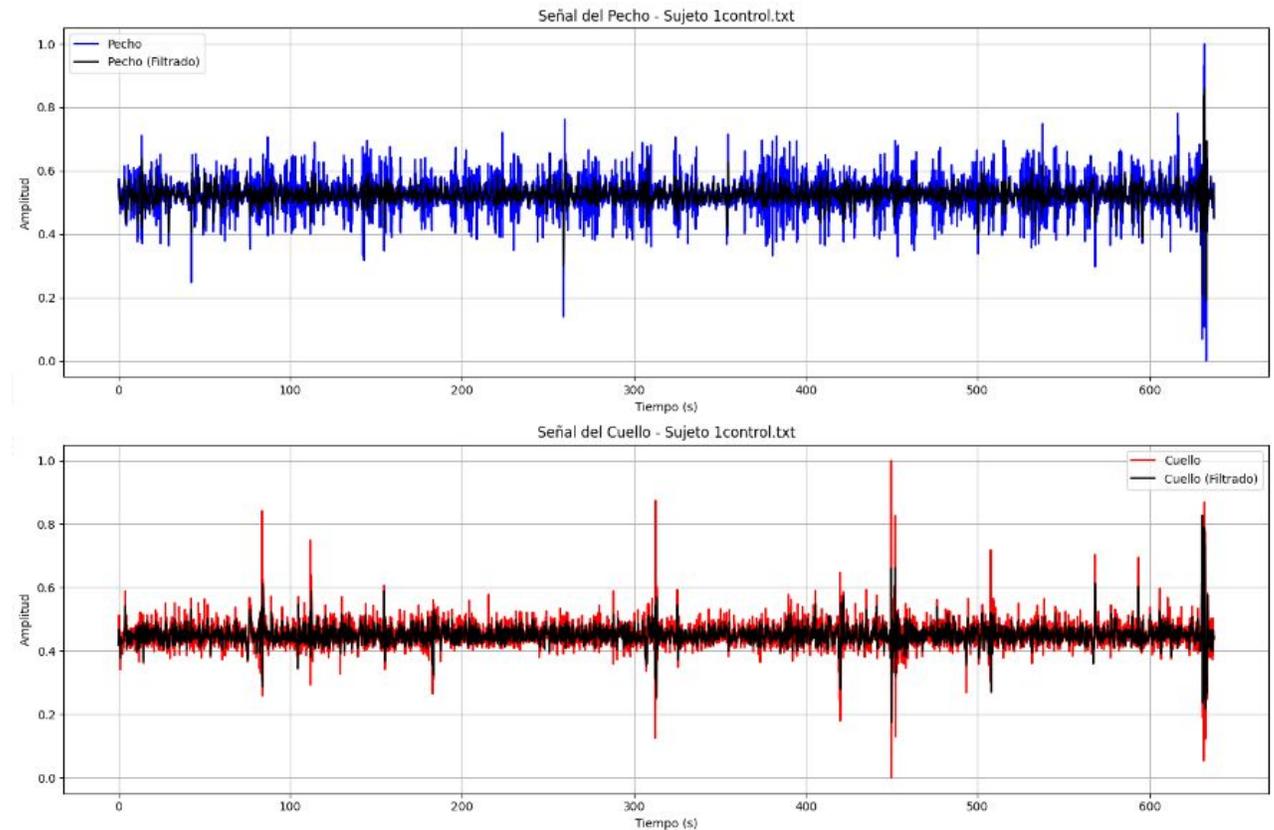
# Resultados

La **normalización de los datos** asegura que todos los valores se encuentren dentro de la misma escala. Esto elimina sesgos que podrían surgir de diferencias en las magnitudes. Al normalizar, se puede mejorar la interpretación de los resultados y garantizar que cada variable contribuya de manera equitativa al análisis, lo que es especialmente importante en contextos donde se integran múltiples fuentes de datos.



# Resultados

Por medio de una **Rectificación y filtrado - Rolling Average**, se eliminó la parte negativa de la señal y se aplicó un filtro de promedio móvil para suavizar los datos y reducir el ruido, mejorando así la detección de picos de latidos cardíacos y ciclos respiratorios.



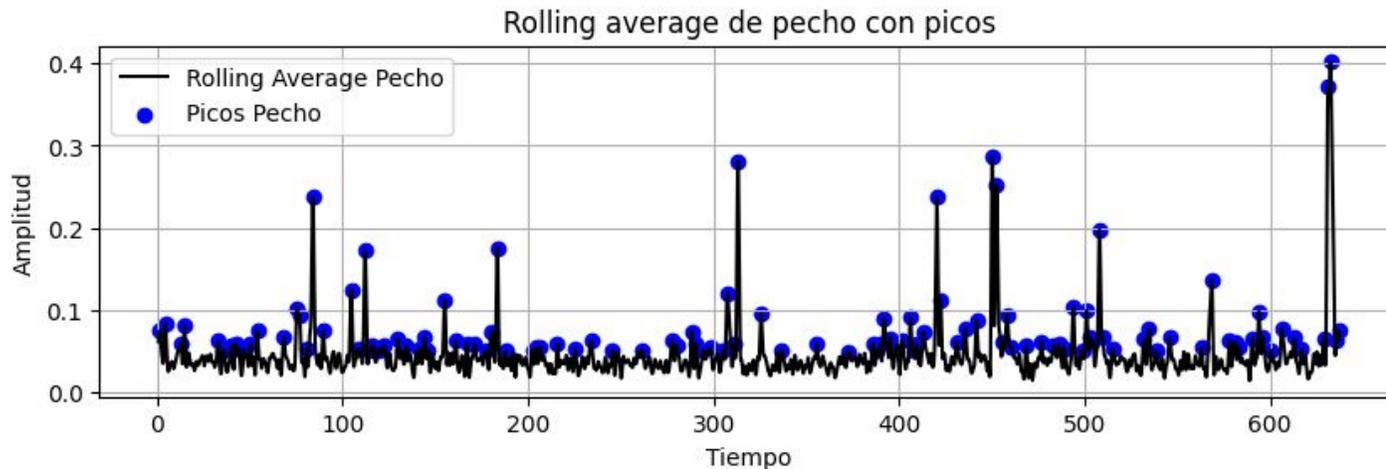
# Resultados

```
# Calcular intervalos entre picos consecutivos en segundos
intervalos_pecho = np.diff(df_suavizada['Tiempo'].iloc[peaks_pecho])

# Calcular frecuencia respiratoria en respiraciones por minuto (rpm)
frecuencia_respiratoria = 60 / np.mean(intervalos_pecho)

print("Frecuencia Respiratoria (rpm):", np.round(frecuencia_respiratoria, 4))
```

Frecuencia Respiratoria (rpm): 10.952



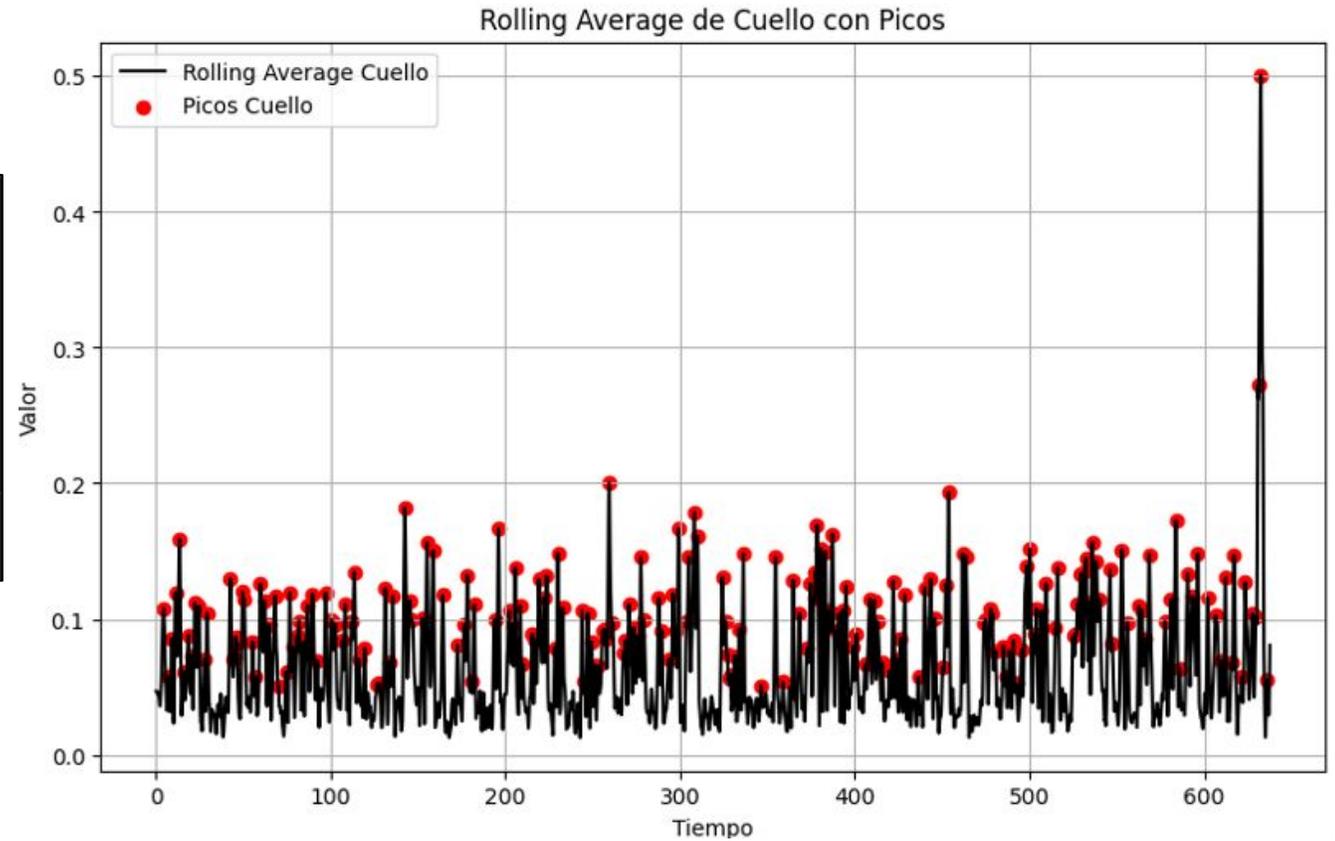
La **umbralización de la señal** permitió identificar los picos asociados con el pulso cardíaco y los ciclos respiratorios. Para ello se estableció un valor umbral que permite distinguir entre las fluctuaciones normales del ruido y los picos significativos en la señal. Esto optimizó la detección de eventos clave.

# Resultados

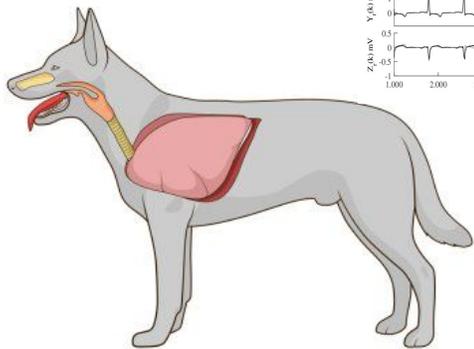
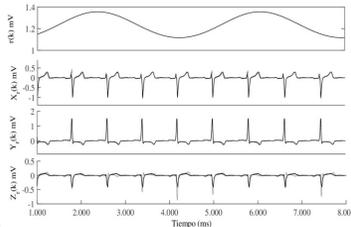
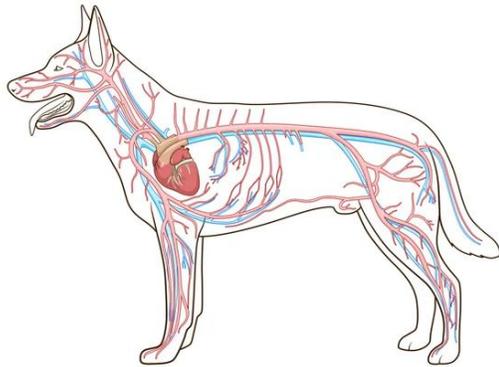
```
1 # Calcular intervalos entre picos consecutivos en segundos
2 intervalos_cuello = np.diff(df['Tiempo'].iloc[peaks_cuello])
3
4 # Calcular frecuencia cardíaca en latidos por minuto (bpm)
5 frecuencia_cardiaca = 60 / np.mean(intervalos_cuello)
6
7 print("Frecuencia Cardíaca (bpm):", np.round(frecuencia_cardiaca, 4))
```

✓ 0.0s

Frecuencia Cardíaca (bpm): 82.1074



# Resultados



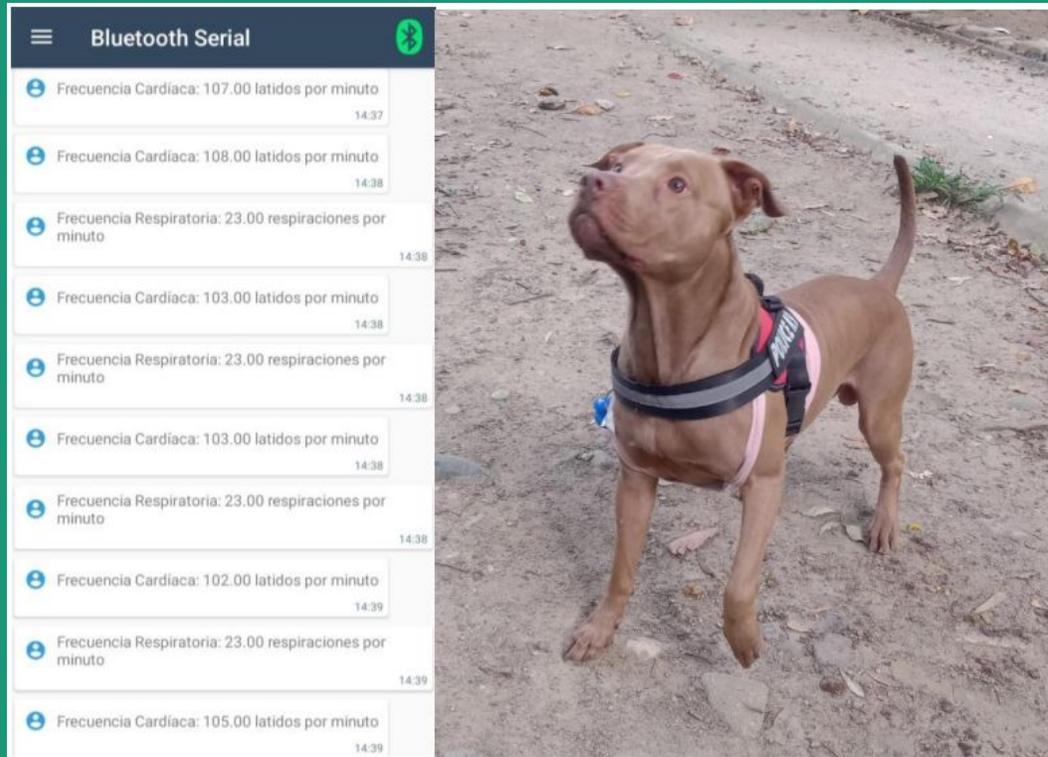
El procesamiento de datos en tiempo real sigue un enfoque similar al previamente descrito, asegurando una análisis eficiente y efectivo.

- Rectificación de datos
- Normalización
- Rolling Average
- Cálculo de frecuencias cardiacas



# Resultados

Se realizaron pruebas in vivo con sujeto de pruebas canino (Berlín) durante un paseo, mostrando incrementos en la frecuencia cardíaca y respiratoria, las cuales se encuentran dentro de los rangos adecuados para perros grandes, evidenciando su buena salud durante la actividad física.



| Talla del perro   | Miniatura   | Pequeña      | Mediana      | Grande       | Extra grande |
|-------------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>6-10 sem.</b>  | 30-50 grs.  | 60-90 grs.   | 100-180 grs. | 200-250 grs. | 260 grs.     |
| <b>11-16 sem.</b> | 40-60 grs.  | 70-110 grs.  | 125-200 grs. | 220-270 grs. | 300 grs.     |
| <b>17-26 sem.</b> | 70-120 grs. | 130-170 grs. | 200-300 grs. | 320-400 grs. | 450 grs.     |
| <b>27-56 sem.</b> | 90-150 grs. | 180-210 grs. | 230-340 grs. | 360-450 grs. | 550 grs.     |

# Resultados

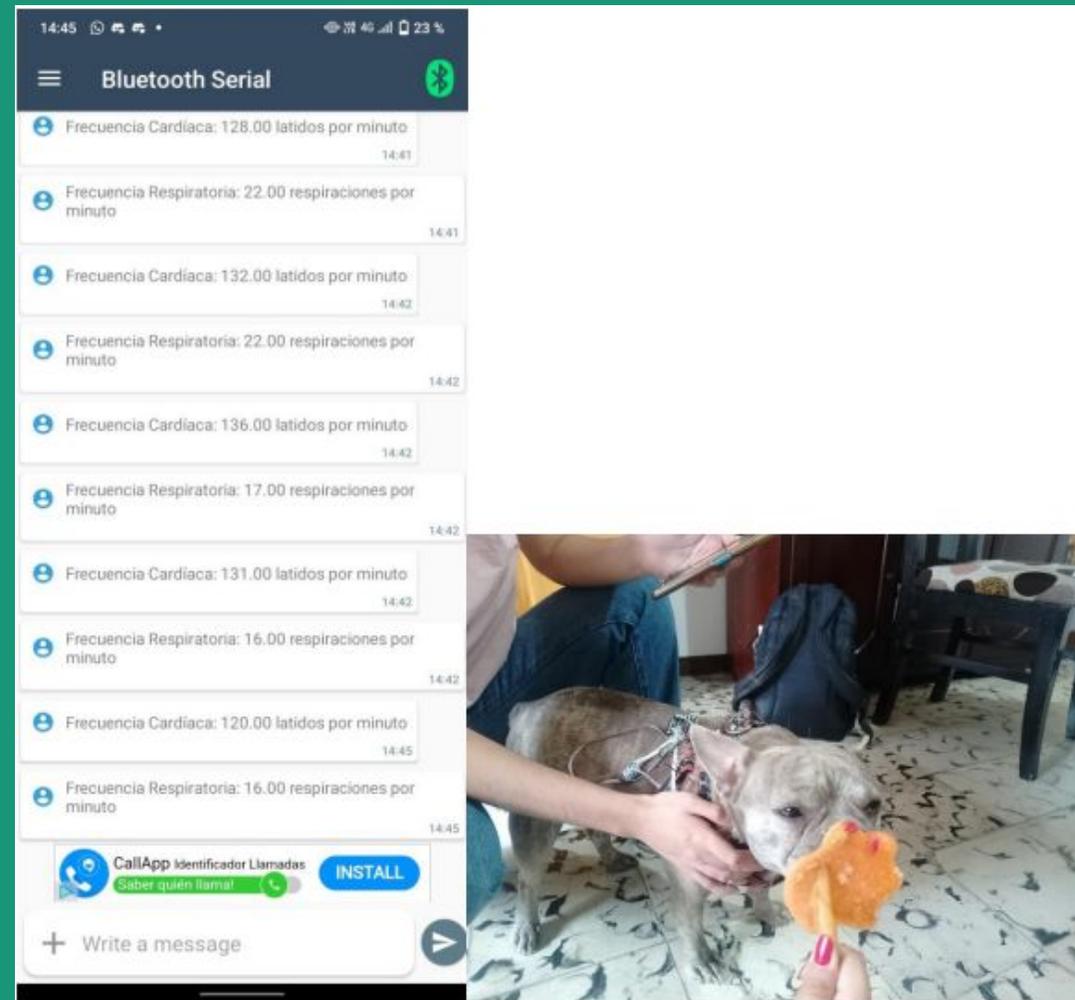
Se realizó una segunda prueba in vivo con sujeto de pruebas canino (Chanel), donde las mediciones mostraron valores erráticos de frecuencia cardíaca y respiratoria, probablemente por su nerviosismo. A pesar de esto, los datos se situaron dentro de los rangos normales para perros pequeños.

## Valores de Referencia para Pequeños Animales

Rangos de temperatura, frecuencia del pulso y frecuencia respiratoria (TPR) en animales adultos

|                            | PERRO      | GATO      |
|----------------------------|------------|-----------|
| Temperatura (°F)           | 99.5-102.5 | 100-103.1 |
| Temperatura (°C)           | 37.5-39.2  | 37.8-39.5 |
| La frecuencia del pulso**  | 70-120     | 180-220   |
| La frecuencia respiratoria | 18-34      | 16-40     |

\*\* Las frecuencias del pulso tienden a estar en el extremo superior del rango para los animales jóvenes



# Resultados

## Conexión a un aplicativo móvil

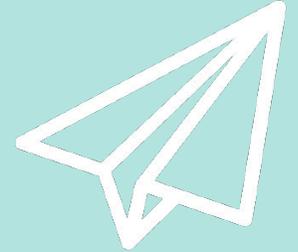
Para poder compartir los datos a un aplicativo móvil, se debe de crear un archivo .json, el cual se debería de implementar antes del set up().

De igual forma, se agregaría una nueva función para manejar los webrequest de los datos de los archivos Johnson, la cual se estaría llamando en el loop para que siempre se esté actualizando los datos de frecuencias en el aplicativo web



Imagen de referencia tomada de: <https://www.pixelgrafia.com/images/blog/madblogcefaab.png>

# Conclusiones



- Se seleccionaron dos acelerómetros MPU6050 debido a su capacidad para medir movimientos lineales y angulares en tres ejes, lo que los hace ideales para captar señales fisiológicas relacionadas con las frecuencias cardíaca y respiratoria en perros.
- Los sensores fueron colocados en el pecho y el cuello del perro, posiciones que permitieron obtener datos precisos. Las pruebas experimentales confirmaron la eficacia de estas ubicaciones.
- En entornos tanto controlados como reales, el sistema demostró su capacidad para captar y almacenar datos confiables, detectando picos correspondientes a las frecuencias cardíaca y respiratoria mediante algoritmos de procesamiento de señales, que incluyen rectificación, normalización y filtrado.
- Se observó que los movimientos bruscos introducen ruido en los datos, lo que indica la necesidad de implementar técnicas de filtrado más avanzadas y optimizar la ubicación de los sensores según el tamaño del perro.

# Recomendaciones

- La investigación y aplicación de técnicas de procesamiento de señales más sofisticadas, como el filtrado adaptativo, filtros de Kalman o algoritmos de machine learning podrían mejorar la precisión en la detección de picos y la interpretación de datos fisiológicos, resultando en un análisis más confiable.
- Sería beneficioso diseñar un módulo que integre todos los componentes (acelerómetros, microcontrolador y tarjeta SD) en una estructura flexible y compacta, adaptándose mejor a la morfología del perro. Esta integración no solo facilita su uso, sino que también mejoraría la comodidad del animal durante el monitoreo.
- Aunque la transmisión de datos a través de Bluetooth ha demostrado ser efectiva, se sugiere explorar la incorporación de tecnologías adicionales como LoRa o Wi-Fi. Estas alternativas permitirían ampliar el rango de operación del dispositivo, posibilitando un monitoreo más amplio y a mayor distancia, lo que podría ser crucial en entornos exteriores o durante actividades al aire libre.

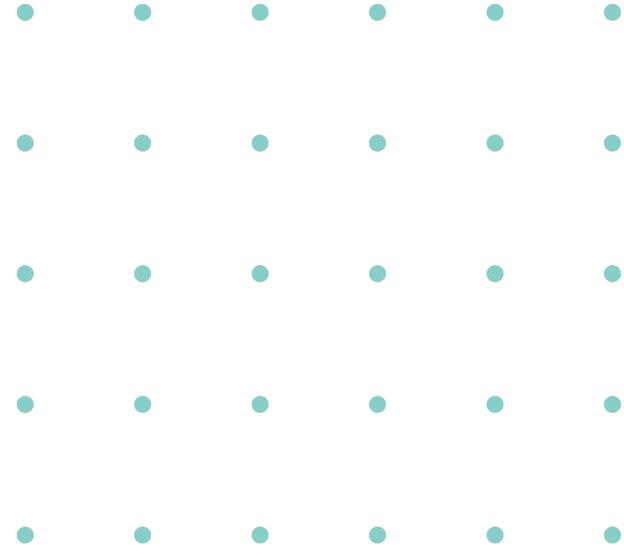
# Recomendaciones

- El establecer protocolos de calibración periódica para los sensores, garantiza una correcta precisión de las mediciones a lo largo del tiempo, evitando alteraciones ante posibles variaciones en el entorno o en el comportamiento del perro.
- La creación de una interfaz de usuario más intuitiva y accesible en la aplicación móvil permitirá a los propietarios de mascotas visualizar los datos de manera clara y recibir alertas en tiempo real sobre la salud de sus mascotas.

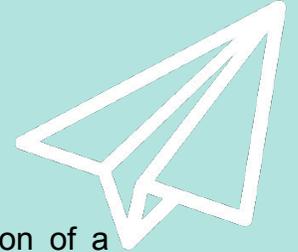




***¡Gracias!***



## Bibliografía



- [1] Foster, M., Brugarolas, R., Walker, K., Mealin, S., Cleghern, Z., Yuschak, S., ... Bozkurt, A. (2020). Preliminary Evaluation of a Wearable Sensor System for Heart Rate Assessment in Guide Dog Puppies. *IEEE Sensors Journal*, 1–1. doi:10.1109/jsen.2020.2986159
- [2] Brugarolas, R., Latif, T., Dieffenderfer, J., Walker, K., Yuschak, S., Sherman, B. L., ... Bozkurt, A. (2016). Wearable Heart Rate Sensor Systems for Wireless Canine Health Monitoring. *IEEE Sensors Journal*, 16(10), 3454–3464. doi:10.1109/jsen.2015.2485210
- [3] El Espectador, "Revelan el número de mascotas que hay en Colombia: son más perros que gatos," *El Espectador*. [Online]. Available: <https://www.elespectador.com/la-redzoocial/revelan-el-numero-de-mascotas-que-hay-en-colombia-son-mas-perros-que-gatosnoticias-hoy/>. [Accessed: 15-07-2024].
- [4] Colpoys, J., & DeCock, D. (2021). Evaluation of the FitBark activity monitor for measuring physical activity in dogs. *Animals*, 11(3), 781.
- [5] World Small Animal Veterinary Association (WSAVA), "Global Guidelines," [wsava.org](https://wsava.org/global-guidelines/). <https://wsava.org/global-guidelines/>
- [6] Infobae, "El 60% de los colombianos tienen perro, según cifras del Dane," *Infobae*, Jul. 21, 2024. [Online]. Available: <https://www.infobae.com/colombia/2024/07/21/el-60-de-loscolombianos-tienen-perro-segun-cifras-del-dane/>
- [7] Belda, B., Enomoto, M., Case, B. C., & Lascelles, B. D. X. (2018). Initial evaluation of PetPace activity monitor. *The Veterinary Journal*, 237, 63-68.
- [8] Kawada, T.; Shimizu, T.; Fujii, A.; Kuratomi, Y.; Suto, S.; Kanai, T.; Nishime, A.; Sato, K.; Otsuka, Y. Activity and sleeping time monitored by an accelerometer in rotating shift workers. *Work* 2008, 30, 157-160.
- [9] LI, Qibing. Analysis of Innovation Opportunities for AirTag. En 2021 3rd International Conference on Economic Management and Cultural Industry (ICEMCI 2021). Atlantis Press, 2021. p. 1496-1498.].
- [10] BestReviews.Guide, "Pet Locator GPS," [Online]. Available: <https://www.bestreviews.guide/pet-locator-gps>.