



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

Ampliación de los Sistemas de Teleconsulta: Integración de iOS y  
monitorización de signos vitales mediante Bluetooth

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo a la obtención del Título de:

**Ingeniero en Telemática**

Presentado por:

Henry Eibraham De la torre Vera

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2025

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida, brindándome su amor incondicional y las herramientas necesarias para superar cada desafío. Su apoyo constante me ha permitido llegar hasta aquí. También quiero expresar mi gratitud a todos los profesores de ESPOL que creyeron en mí, impulsándome a dar siempre lo mejor de mí mismo. Su guía y enseñanza han sido esenciales en este camino.

*Henry De la torre V.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento al Mgtr. Danny Torres y a la Dra. Rebeca Estrada, por su apoyo y guía a lo largo de mi formación profesional. Sus conocimientos y orientación han sido fundamentales para mi desarrollo académico y profesional. Gracias por compartir su experiencia y motivarme a superar mis límites, contribuyendo de manera significativa a mi crecimiento en este apasionante campo.

*Henry De la torre V.*

## DECLARACIÓN EXPRESA

Yo Henry Eibraham De la Torre Vera acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi trabajo, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al autor que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 11 de oct. de 2024.

---

Henry Eibraham De la Torre Vera

# **EVALUADORES**

---

**Ph.D Maria Isabel Mera Collantes**  
PROFESOR DE LA MATERIA

---

**M.Sc. Danny Alfredo Torres Moran**  
TUTOR DE PROYECTO

## RESUMEN

La infraestructura limitada de salud en las zonas rurales de Ecuador dificulta el acceso a diagnósticos precisos y tratamientos adecuados, especialmente en comunidades remotas. Este proyecto tiene como objetivo desarrollar una aplicación móvil para dispositivos iOS que monitoree datos como los signos vitales de los pacientes mediante Bluetooth, con el fin de mejorar la calidad de las teleconsultas, optimizar la atención médica en zonas rurales y fortalecer la comunicación entre médicos de la localidad y los especialistas. El desarrollo del proyecto incluyó la implementación de una aplicación nativa para iOS utilizando Swift y SwiftUI, con el patrón de diseño MVVM para asegurar escalabilidad y mantenimiento de la misma. Se integró el dispositivo médico PM6100 de BERRY mediante la librería Bluetooth Core, garantizando la captura y transmisión de datos en tiempo real. Además, se realizaron pruebas exhaustivas de rendimiento y eficiencia en dispositivos iOS para validar la interfaz y el consumo de recursos. También se incluyó la interoperabilidad con la infraestructura existente, como una base de datos centralizada y un servidor adecuado para esta aplicación. Los resultados mostraron una integración exitosa con el dispositivo PM6100, logrando una transmisión estable de signos vitales de los pacientes en condiciones reales. Las pruebas confirmaron un rendimiento óptimo de la interfaz, con tiempos de carga entre 1 y 3 segundos, uso de memoria eficiente y un bajo impacto energético en reposo. El uso de esta aplicación mejora significativamente la calidad de las teleconsultas en áreas rurales, contribuyendo a una atención médica más eficiente y accesible.

**Palabras Clave:** Teleconsulta, Signos Vitales, iOS, Bluetooth, Atención Médica Rural

## **ABSTRACT**

The limited healthcare infrastructure in rural areas of Ecuador hinders access to accurate diagnoses and appropriate treatments, especially in remote communities. This project aims to develop a mobile application for iOS devices to monitor patient data, such as vital signs, via Bluetooth, in order to enhance the quality of teleconsultations, optimize healthcare delivery in rural areas, and strengthen communication between local physicians and specialists. The project development included implementing a native iOS application using Swift and SwiftUI, with the MVVM design pattern to ensure scalability and maintainability. The BERRY PM6100 medical device was integrated using the Bluetooth Core library, enabling real-time data capture and transmission. Additionally, extensive performance and efficiency tests were conducted on iOS devices to validate the user interface and resource consumption. The application also incorporated interoperability with existing infrastructure, such as a centralized database and a dedicated server. Results demonstrated successful integration with the PM6100 device, achieving stable transmission of patient vital signs under real-world conditions. Tests confirmed optimal interface performance, with load times between 1 and 3 seconds, efficient memory usage, and minimal energy impact in idle mode. This application significantly improves the quality of teleconsultations in rural areas, contributing to more efficient and accessible healthcare delivery.

**Keywords:** Teleconsultation, Vital Signs, iOS, Bluetooth, Rural Healthcare

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN . . . . .	I
ABSTRACT . . . . .	II
ABREVIATURAS . . . . .	V
ÍNDICE DE FIGURAS . . . . .	VII
ÍNDICE DE TABLAS . . . . .	VIII
CAPÍTULO 1 . . . . .	1
1. INTRODUCCIÓN . . . . .	1
1.1 Descripción del problema . . . . .	2
1.2 Justificación del problema . . . . .	3
1.3 Objetivos . . . . .	4
1.4 Alcances . . . . .	5
1.5 Limitaciones . . . . .	6
1.6 Estado del Arte . . . . .	6
1.7 Marco teórico . . . . .	8
CAPÍTULO 2 . . . . .	14
2. METODOLOGÍA . . . . .	14
2.1 Metodología para el diseño . . . . .	14
2.2 Arquitectura del Sistema . . . . .	16
2.3 Flujo de Datos . . . . .	17
2.4 Evaluación de métricas . . . . .	20
CAPÍTULO 3 . . . . .	22
3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN . . . . .	22
3.1 Diseño de interfaz de usuario . . . . .	23
CAPÍTULO 4 . . . . .	27
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS . . . . .	27
4.1 Métrica para el objetivo 1 . . . . .	27
4.2 Métrica para el objetivo 2 . . . . .	32

4.3 Métrica para el objetivo 3 . . . . .	36
CAPÍTULO 5 . . . . .	41
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES . . . . .	41
5.1 Conclusiones . . . . .	41
5.2 Recomendaciones . . . . .	42
5.3 Líneas Futuras . . . . .	42
BIBLIOGRAFÍA	
APÉNDICES	

## ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
MVVM	Modelo-Vista-VistaModelo
API	Interfaz de Programación de Aplicaciones
AR	Realidad Aumentada
IA	Inteligencia Artificial
UI	Interfaz de Usuario
CPU	Unidad Central de Procesamiento
SE	Special Edition
MB	Megabyte
Xcode	Entorno de Desarrollo Integrado para macOS
iOS	Sistema Operativo de Apple para Dispositivos Móviles
HTTPS	Protocolo Seguro de Transferencia de Hipertexto
JWT	JSON Web Token
HTTP	Protocolo de Transferencia de Hipertexto
OMS	Organización Mundial de la Salud
TIC	Tecnologías de la Información y Comunicación
COVID-19	Coronavirus Disease 2019

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Funcionamiento de MVVM . . . . .	16
Figura 2.2	Diagrama general de la arquitectura del sistema. . . . .	17
Figura 3.1	Dispositivo médico BerryMed PM6100 . . . . .	22
Figura 3.2	Vista de Inicio de Sesión . . . . .	23
Figura 3.3	Vista Principal . . . . .	24
Figura 3.4	Vista del Chat . . . . .	25
Figura 3.5	Toma de Datos BERRYMED PM6100 . . . . .	26
Figura 4.1	Ejecución en iPhone 11 y iPhone 12. . . . .	29
Figura 4.2	Ejecución en iPhone SE (tercera generación) y iPhone 13. . . . .	30
Figura 4.3	Ejecución en iPhone 14 y iPhone 15. . . . .	31
Figura 4.4	Ejecución en iPhone 16. . . . .	32
Figura 4.5	Pruebas de transmisión a 1 metro. . . . .	34
Figura 4.6	Pruebas de transmisión a 3 metros. . . . .	34
Figura 4.7	Pruebas de transmisión a 5 metros. . . . .	35
Figura 4.8	Pruebas de transmisión con una pared intermedia. . . . .	35
Figura 4.9	Ejecución de la aplicación en iPhone SE (2022) - Energía. . . . .	39
Figura 4.10	Ejecución de la aplicación en iPhone SE (2022) - Memoria. . . . .	40
Figura 4.11	Ejecución de la aplicación en iPhone SE (2022) - CPU. . . . .	40
Figura 1	Métrica de CPU del iPhone 11 . . . . .	
Figura 2	Métrica de Memoria del iPhone 11 . . . . .	
Figura 3	Métrica de CPU del iPhone 12 . . . . .	
Figura 4	Métrica de Memoria del iPhone 12 . . . . .	
Figura 5	Métrica de CPU del iPhone 13 . . . . .	
Figura 6	Métrica de Memoria del iPhone 13 . . . . .	
Figura 7	Métrica de CPU del iPhone 14 . . . . .	

Figura 8 Métrica de Memoria del iPhone 14 . . . . .

Figura 9 Métrica de CPU del iPhone 15 . . . . .

Figura 10 Métrica de Memoria del iPhone 15 . . . . .

Figura 11 Métrica de CPU del iPhone 16 . . . . .

Figura 12 Métrica de Memoria del iPhone 16 . . . . .

Figura 13 Métrica de CPU del iPhone SE 2022 . . . . .

Figura 14 Métrica de Memoria del iPhone SE 2022 . . . . .

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1	Rendimiento del sistema en distintos escenarios de prueba . . . . .	37
-----------	---	----

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

En las zonas rurales de Ecuador, el acceso a atención médica especializada presenta limitaciones considerables debido a factores como la escasez de recursos y la falta de profesionales médicos con formación especializada (Vera-Viteri et al., 2022). En muchos de estos lugares, los centros de salud operan con infraestructura básica y cuentan con personal que debe enfrentarse a una amplia variedad de enfermedades sin contar con el apoyo adecuado para casos complejos (Blasco Ferrer et al., 2024). Esta situación se agrava en comunidades de difícil acceso, donde las condiciones geográficas y la falta de conectividad limitan aún más el acceso a servicios de salud, dejando a estas poblaciones en una posición de desventaja en comparación con aquellas que residen en áreas urbanas (Jackson et al., 2019). Como resultado, los habitantes de estas zonas rurales no solo experimentan dificultades para acceder a diagnósticos certeros y tratamientos oportunos, sino que también enfrentan mayores riesgos para su salud a largo plazo (Blasco Ferrer et al., 2024).

En este contexto, la teleconsulta emerge como una herramienta potencialmente transformadora, capaz de reducir barreras geográficas y ofrecer una alternativa viable para la atención médica en áreas de difícil acceso (Blasco Ferrer et al., 2024). Este proyecto consiste en ampliar los sistemas de teleconsulta existentes para integrarlos con dispositivos iOS, permitiendo la monitorización de signos vitales mediante Bluetooth (Blasco Ferrer et al., 2024). Esta ampliación no solo facilitará la comunicación directa y eficiente entre médicos y especialistas, sino que también integrará dispositivos de monitoreo de signos vitales, permitiendo el envío de información en tiempo real sobre el estado de salud del paciente (Blasco Ferrer et al., 2024). De este modo, la aplicación contribuirá a mejorar la precisión en los diagnósticos y la toma de decisiones clínicas, optimizando la calidad de la atención médica que reciben las comunidades rurales (Blasco Ferrer et al., 2024).

Como resultado, se espera demostrar la efectividad de la tecnología en salud digital como medio para reducir las desigualdades en el acceso a atención médica especializada (Vera-Viteri et al., 2022). En un contexto en el que las brechas en salud entre áreas rurales y urbanas aún son significativas, esta solución tecnológica busca promover una atención más equitativa y accesible para todos los ecuatorianos, independientemente de su ubicación geográfica (Vera-Viteri et al., 2022).

### **1.1 Descripción del problema**

En las zonas rurales de Ecuador, la limitada disponibilidad de recursos y la escasez de especialistas dificultan el acceso a una atención médica de calidad (Vera-Viteri et al., 2022). Los médicos rurales se enfrentan a desafíos significativos para diagnosticar y tratar enfermedades complejas, ya que en la mayoría de los casos no cuentan con herramientas avanzadas para consultar con especialistas de manera rápida y eficaz (Blasco Ferrer et al., 2024). Esta situación se agrava en comunidades de difícil acceso, donde la infraestructura de salud es básica y no permite el seguimiento adecuado de pacientes que requieren una atención especializada (Jackson et al., 2019).

La falta de conectividad y la infraestructura limitada en estas áreas rurales impiden que los médicos puedan acceder a recursos médicos avanzados y a la colaboración con especialistas (Jackson et al., 2019). Esto resulta en diagnósticos tardíos o incorrectos y en tratamientos inadecuados, lo que puede agravar las condiciones de salud de los pacientes (Blasco Ferrer et al., 2024).

Además, la creciente demanda de servicios de salud en estas comunidades no puede ser satisfecha con los recursos disponibles, lo que genera una sobrecarga en los profesionales de la salud locales (Vera-Viteri et al., 2022). La falta de formación continua y de acceso a información actualizada también limita la capacidad de los médicos rurales para ofrecer una atención de calidad (Blasco Ferrer et al., 2024).

En este contexto, el proyecto se enfoca en la ampliación del sistema de teleconsulta médica desarrollado por Andrew Mitchell en su tesis de máster titulada “Medical Teleconsultation System for Healthcare Professionals in Remote and Austere Environments,” presentada en la Universidad Politécnica de Madrid en 2023. Mitchell

desarrolló un sistema de teleconsulta médica diseñado para profesionales de la salud en entornos remotos y austeros, mejorando la accesibilidad y la calidad de la atención médica en áreas con recursos limitados. La ampliación propuesta en esta tesis incluye el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles con sistema operativo iOS, que permitirá a los médicos rurales enviar consultas a especialistas ubicados en centros médicos, clínicas u hospitales en zonas urbanas. Esta herramienta facilitará la comunicación y colaboración entre médicos rurales y especialistas, mejorando el diagnóstico y tratamiento de enfermedades complejas (Jackson et al., 2019).

### **Infraestructura del Proyecto Existente**

- **Base de Datos:** El sistema cuenta con una base de datos centralizada que almacena toda la información de los pacientes y las consultas médicas, garantizando la integridad y disponibilidad de los datos.
- **Servidor:** Un servidor robusto y seguro gestiona las solicitudes y respuestas entre los médicos rurales y los especialistas, asegurando un rendimiento óptimo y la protección de la información.
- **Página Web:** La plataforma web permite a los profesionales de la salud acceder al sistema desde cualquier dispositivo con conexión a internet, facilitando la gestión de consultas y la visualización de historiales médicos.
- **Aplicación para Android:** El sistema ya cuenta con una aplicación para dispositivos Android, que permite a los médicos rurales registrar y enviar consultas de manera eficiente.

### **1.2 Justificación del problema**

El crecimiento del uso de dispositivos iOS en Ecuador, que ha pasado de una cuota de mercado del 11.52% en octubre de 2021 a un 25.89% en octubre de 2024 (StatCounter, 2021), indica una tendencia positiva hacia la adopción de tecnologías avanzadas. Este aumento en la penetración de dispositivos iOS proporciona una base sólida para la implementación de soluciones tecnológicas en el ámbito de la salud, especialmente en

áreas rurales donde la infraestructura de salud es limitada. La integración de una aplicación iOS con capacidades avanzadas de monitoreo de signos vitales representa una mejora significativa que puede transformar la atención médica en estas comunidades, con el enfoque en los aspectos clave:

**Mejora de la Atención Médica:** La aplicación iOS permitirá a los médicos rurales enviar consultas a especialistas en zonas urbanas, facilitando diagnósticos más precisos y tratamientos adecuados para enfermedades complejas. La integración de dispositivos de monitoreo de signos vitales mejorará la precisión de la información compartida, optimizando la toma de decisiones clínicas.

**Accesibilidad y Eficiencia:** La teleconsulta reduce la necesidad de desplazamientos largos y costosos para los pacientes, permitiendo un acceso más rápido y eficiente a la atención especializada. Esto es especialmente importante en comunidades de difícil acceso donde la infraestructura de transporte es deficiente.

**Adopción de Tecnología:** El creciente uso de dispositivos iOS en Ecuador demuestra la aceptación de tecnologías avanzadas por parte de la población. Aprovechar esta tendencia para implementar una solución de teleconsulta médica puede aumentar la efectividad y la aceptación del sistema entre los usuarios.

**Impacto Social y Económico:** Mejorar la atención médica en zonas rurales no solo tiene un impacto positivo en la salud de la población, sino que también puede contribuir al desarrollo económico de estas áreas al reducir el tiempo y los costos asociados con el tratamiento de enfermedades.

### 1.3 Objetivos

#### Objetivo General

El **Objetivo General** del proyecto es ampliar los sistemas de una aplicación móvil en sistema operativo iOS, que permita además el monitoreo de signos vitales mediante Bluetooth, con el fin de mejorar la calidad de las teleconsultas.

#### Objetivos Específicos

A continuación se detallan los diferentes objetivos específicos del trabajo.

- **Objetivo específico 1.** Implementar una aplicación compatible con dispositivos iOS que se integre de manera eficiente y segura con el sistema de tele consulta existente, asegurando la compatibilidad con la infraestructura actual y proporcionando una experiencia de usuario óptima.
- **Objetivo específico 2.** Desarrollar e implementar la integración eficiente y segura con el dispositivo médico PM6100, asegurando una comunicación consistente y fiable entre el dispositivo y la aplicación para la correcta transmisión de datos en el sistema de tele consulta.
- **Objetivo específico 3.** Asegurar rendimiento de la interfaz de usuario (UI) en términos de velocidad de carga y eficiencia en la navegación, utilizando pruebas automatizadas y métricas de uso de recursos (Memoria, CPU, Impacto energético) para asegurar que la aplicación sea fluida y eficiente en dispositivos iOS.

#### **1.4 Alcances**

El desarrollo de la aplicación plantea varios requerimientos clave. Primero, debe ser compatible con dispositivos iOS, aprovechando el incremento de estos dispositivos en Ecuador para garantizar una experiencia de usuario óptima y accesible para los médicos en campo. Además, la aplicación debe permitir a los médicos rurales enviar teleconsultas con información detallada de los casos, incluyendo imágenes, reportes de signos vitales y notas clínicas, facilitando así la comunicación efectiva con los especialistas urbanos.

Otro aspecto crucial es la integración de dispositivos de monitoreo de signos vitales, específicamente de la familia Berry, probándose únicamente con el modelo PM6100. Estos dispositivos generarán datos como frecuencia cardíaca, presión arterial y niveles de oxígeno, los cuales serán transmitidos a través de la aplicación. La conexión con la infraestructura existente se realizará mediante una API ya utilizada por la aplicación de Android, asegurando la compatibilidad y sincronización de datos entre ambas plataformas.

La seguridad y privacidad de la información también son fundamentales, por lo que la aplicación debe contar con mecanismos robustos para proteger los datos de los pacientes de acuerdo con las regulaciones vigentes. Finalmente, la interfaz de la aplicación debe

ser intuitiva y adaptada al contexto rural, diseñada para médicos que podrían no tener experiencia en el uso de tecnología avanzada. Esto incluye funcionalidades offline para áreas con conectividad limitada, asegurando que la herramienta sea práctica y efectiva en cualquier entorno.

## **1.5 Limitaciones**

El proyecto enfrenta varias restricciones inherentes a las condiciones del entorno rural y las limitaciones tecnológicas de los usuarios. Una de las principales es la conectividad limitada, ya que en muchas zonas rurales el acceso a internet es inestable o inexistente. Por ello, la aplicación debe ser capaz de funcionar en entornos de baja conectividad y permitir la sincronización de datos cuando haya acceso a internet.

Además, los centros de salud rurales suelen contar con recursos limitados, tanto en personal como en equipos médicos. Esto requiere que la aplicación no dependa de infraestructura tecnológica avanzada o costosa, asegurando su viabilidad en estos entornos.

Por último, la adopción de la aplicación implicará la capacitación del personal médico rural, quienes podrían no estar familiarizados con el uso de dispositivos móviles para consultas médicas. Este desafío requiere un esfuerzo adicional para familiarizar a los usuarios con la nueva tecnología, facilitando su integración en la práctica médica diaria.

## **1.6 Estado del Arte**

La telemedicina ha experimentado un crecimiento significativo a nivel mundial, impulsada por la necesidad de mejorar el acceso a la atención médica y la eficiencia en la prestación de servicios. Durante la pandemia de COVID-19, esta tecnología se consolidó como una herramienta fundamental, ya que permitió a los sistemas de salud enfrentar limitaciones de acceso y mejorar la atención médica en tiempos de emergencia (Verhoeven et al., 2007).

Uno de los avances más notables en telemedicina ha sido la integración de la Inteligencia Artificial (IA) en consultas virtuales y el monitoreo remoto. Plataformas como Ada Health y Teladoc utilizan IA para mejorar la precisión en el diagnóstico y optimizar la

gestión de citas, respectivamente (Zia, 2024). Por ejemplo, Ada Health emplea técnicas avanzadas de IA para evaluar síntomas, ofreciendo recomendaciones para guiar a los usuarios hacia el nivel adecuado de atención médica. Por otro lado, Teladoc facilita la programación de citas y permite la conexión entre pacientes y médicos mediante dispositivos móviles y videollamadas, contribuyendo así a mejorar la accesibilidad de los servicios de salud (Zia, 2024).

Además, el desarrollo de dispositivos médicos portátiles y sensores Bluetooth ha revolucionado el monitoreo de la salud, permitiendo la vigilancia continua de parámetros como la presión arterial y el ritmo cardíaco. Estos avances permiten una detección temprana de enfermedades y una mejor gestión de condiciones crónicas, lo cual es crucial en el tratamiento preventivo (Cuellar Salazar, 2024). La combinación de sensores con aplicaciones móviles de salud no solo incrementa la personalización en la atención médica, sino que también contribuye a mejorar la eficiencia y el alcance de los servicios de salud, beneficiando especialmente a las poblaciones en áreas remotas (Cuellar Salazar, 2024).

**Estados Unidos:** El sistema de salud de la Universidad de California, San Francisco (UCSF) implementó un programa de telemedicina para pacientes con enfermedades crónicas. Este programa permite a los pacientes realizar consultas virtuales con sus médicos, recibir monitoreo remoto de sus signos vitales y acceder a recursos educativos en línea. Como resultado, se ha observado una reducción en las hospitalizaciones y una mejora en la gestión de enfermedades crónicas (Universidad de California, 2024).

**España:** En Cataluña, el programa "Teleictus" permite la atención remota de pacientes con ictus en hospitales comarcales. A través de videoconferencias, los neurólogos de hospitales especializados pueden evaluar a los pacientes y guiar a los médicos locales en la administración de tratamientos trombolíticos. Este programa ha mejorado significativamente los tiempos de respuesta y los resultados clínicos en pacientes con ictus (Elsevier, 2024).

**India:** El proyecto "eSanjeevani" es una iniciativa del gobierno indio que proporciona servicios de teleconsulta a través de una plataforma en línea. Este sistema ha sido

especialmente útil en áreas rurales, donde el acceso a especialistas es limitado. Los pacientes pueden conectarse con médicos de diferentes especialidades para recibir diagnósticos y tratamientos sin tener que viajar largas distancias (de la India, 2024).

**Australia:** En las regiones remotas de Australia, el Royal Flying Doctor Service (RFDS) utiliza la telemedicina para brindar atención médica a comunidades aisladas. Los médicos pueden realizar consultas virtuales, supervisar el tratamiento de enfermedades crónicas y coordinar evacuaciones médicas cuando es necesario. Este servicio ha sido fundamental para garantizar la atención médica en áreas con acceso limitado a servicios de salud (, RFDS).

En Ecuador, la telemedicina ha comenzado a ganar terreno, particularmente después de la pandemia de COVID-19. Se evidenció la importancia de contar con tecnologías que faciliten la atención remota. Sin embargo, el país enfrenta desafíos significativos en términos de regulación y acceso a tecnologías de la información y comunicación (TIC). La falta de una normativa clara y la brecha digital en algunas regiones limitan la implementación efectiva de la telemedicina (Vallejo Franco, 2024).

A pesar de estos desafíos, se han realizado esfuerzos para integrar dispositivos médicos portátiles y tecnologías de salud digital en el sistema de salud ecuatoriano. Estos dispositivos son esenciales para la promoción de la salud digital, permitiendo un mejor control y prevención de enfermedades prevalentes en el país, como la hipertensión y la diabetes (ISO, 2025). La adopción de estas tecnologías ha sido impulsada por la necesidad de mejorar la calidad de la atención médica y reducir las barreras geográficas que enfrentan muchos pacientes (ISO, 2025).

## **1.7 Marco teórico**

### **Telemedicina**

La telemedicina ha sido definida de diversas maneras por diferentes organismos. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la telemedicina es la prestación de servicios de salud en los cuales la distancia es un factor crítico. Esta prestación es realizada por profesionales de la salud mediante el uso de tecnologías de información y comunicación

para el intercambio de información válida orientada al diagnóstico, tratamiento y prevención de enfermedades y lesiones, investigación, evaluación y educación continua de los proveedores de atención médica, con el propósito de mejorar la salud de individuos y comunidades (Bonnardot and Rainis, 2009).

Por otro lado, Medicare.gov define la telemedicina como un medio para mejorar la salud de un paciente, permitiendo la comunicación interactiva en tiempo real entre el paciente y el médico o profesional de la salud a distancia (D. Dinevski and Dugonik, 2011). Además, la telemedicina también se conceptualiza como el ejercicio de la medicina a distancia, en el cual las intervenciones, diagnósticos, decisiones terapéuticas y recomendaciones de tratamiento se basan en datos de los pacientes, documentos y otra información transmitida a través de sistemas de telecomunicación (Gogia, 2020).

### **Categorías de Telemedicina**

Los servicios de telemedicina se clasifican en tres categorías principales: monitoreo remoto de pacientes, almacenamiento y reenvío de información (*store-and-forward*) y comunicación en tiempo real mediante audio o video (Telehealth.HHS.gov, 2022).

#### **Monitoreo Remoto de Pacientes**

El monitoreo remoto de pacientes permite a los profesionales de la salud supervisar de forma remota la salud de los pacientes y obtener información clínica. Este enfoque es utilizado en el manejo de enfermedades crónicas como la diabetes, las enfermedades cardiovasculares y el asma. Además, facilita una mejor adherencia de los pacientes a las pruebas requeridas y contribuye a la reducción de los costos asociados con chequeos frecuentes (Malikhao, 2019).

#### **Almacenamiento y Reenvío de Información (*Store-and-Forward*)**

El almacenamiento y reenvío de información consiste en la recopilación de datos clínicos y su transmisión electrónica a otra ubicación para su evaluación. Esta modalidad incluye el envío de imágenes médicas, historiales médicos, videos o reportes de laboratorio. Es una técnica que permite a los profesionales compartir información sin necesidad de coincidir en tiempo y espacio con el paciente, lo que la hace especialmente útil en áreas remotas. A pesar de ser una de las formas más antiguas de

telemedicina, sigue siendo una herramienta eficaz en la práctica médica moderna (Bonnardot and Rainis, 2009).

### **Comunicación en Tiempo Real por Audio/Video**

La comunicación en tiempo real implica que un paciente y un profesional de la salud interactúen de manera remota a través de videoconferencias o llamadas de audio. Este tipo de telemedicina es útil cuando un paciente no puede desplazarse a un centro de salud local, y la interacción se realiza mediante una videollamada. Además, esta modalidad permite la comunicación entre un médico general y un especialista ubicado en una región remota (D. Dinevski and Dugonik, 2011).

### **Diferencias entre Telemedicina y Telesalud**

Aunque los términos telemedicina y telesalud suelen usarse de forma intercambiable, no son exactamente lo mismo. La telemedicina se enfoca en la comunicación entre el paciente y el médico, o entre médicos, para diagnósticos, monitoreo en tiempo real o envío de resultados de pruebas a especialistas. Algunas prácticas menos comunes dentro de la telemedicina incluyen el telementoreo, donde un profesional experimentado supervisa a alguien con menos formación, y la cirugía robótica, donde se emplean herramientas robóticas.

Por otro lado, la telesalud tiene un alcance más amplio e incluye servicios no clínicos, como trabajo administrativo y educación a distancia para pacientes y proveedores de salud. Se puede considerar que la telemedicina es una subcategoría de la telesalud (Gogia, 2020).

### **Telemedicina entre Profesionales**

La telemedicina no solo permite la provisión de servicios de salud a pacientes, sino que también facilita el intercambio de información útil entre profesionales de la salud. Muchos servicios de telemedicina transfronteriza están diseñados para vincular a los profesionales entre sí, mientras que los servicios entre profesionales y pacientes son menos comunes. Este intercambio de información mejora la efectividad en el diagnóstico y tratamiento al permitir el acceso a datos cruciales, como el historial del paciente, resultados de pruebas previas y preocupaciones expresadas por el paciente (et al., 2019).

## **Teleconsulta**

La teleconsulta describe la interacción entre un profesional de la salud y un paciente con el propósito de proporcionar asesoramiento médico, diagnóstico o psiquiátrico mediante herramientas de comunicación habilitadas por tecnologías de la información. Este concepto se centra en la provisión de servicios de salud a distancia, reduciendo la necesidad de visitas presenciales y optimizando el acceso a la atención médica (López Seguí et al., 2020; Verhoeven et al., 2007).

## **Tecnologías y Arquitectura del Desarrollo de la Aplicación Móvil iOS**

Swift es un lenguaje moderno y potente diseñado por Apple, que ofrece una sintaxis clara y concisa, permitiendo el desarrollo de aplicaciones robustas y eficientes. Este lenguaje garantiza una integración óptima con el ecosistema iOS, aprovechando las capacidades del hardware y software de los dispositivos Apple (Apple, 2023).

SwiftUI es un framework que facilita la creación de interfaces de usuario interactivas y adaptables a diferentes tamaños de pantalla y dispositivos. Este framework proporciona componentes visuales predefinidos, lo que reduce la cantidad de código necesario y mejora la productividad y la mantenibilidad del desarrollo.

El patrón de diseño MVVM (Model-View-ViewModel) es ampliamente utilizado en el desarrollo de aplicaciones móviles. Este patrón separa claramente la lógica de presentación de la lógica de negocio y los datos. El *Model* representa los datos y la lógica de negocio, la *View* es responsable de la interfaz de usuario, y el *ViewModel* actúa como intermediario, gestionando la lógica de presentación y proporcionando los datos necesarios para actualizar la vista.

## **Funcionamiento del Bluetooth con Equipos Electrónicos**

Bluetooth es una tecnología de comunicación inalámbrica de corto alcance que permite la transferencia de datos entre dispositivos electrónicos. En el caso del dispositivo PM6100 de la marca BERRY, este monitor de signos vitales es capaz de medir parámetros como la presión arterial, la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno (Horton and Jones, 2023; BERRY, 2023).

El controlador desarrollado con `BluetoothCore` facilita la comunicación entre la

aplicación iOS y el dispositivo PM6100, gestionando la conexión, la transferencia de datos y la interpretación de los resultados. Esta integración permite la recolección de datos de salud en tiempo real para su posterior análisis por parte de especialistas (Horton and Jones, 2023).

### **Teoría de la Innovación Tecnológica**

La Teoría de la Innovación Tecnológica sugiere que la adopción de nuevas tecnologías puede transformar procesos y mejorar la eficiencia. Esta teoría se enfoca en cómo las innovaciones tecnológicas pueden influir positivamente en distintos sectores, proporcionando herramientas y soluciones que optimicen los resultados (P. Greenacre and Speirs, 2012; Ham, 2021).

### **Teoría de la Usabilidad**

La Teoría de la Usabilidad, basada en los principios de diseño centrado en el usuario, enfatiza la importancia de crear herramientas tecnológicas que sean fáciles de usar y que satisfagan las necesidades de sus usuarios. Los principios de esta teoría buscan garantizar una experiencia de usuario intuitiva y eficiente, permitiendo que los usuarios interactúen con las tecnologías de manera efectiva (Digital, 2020).

### **Teoría de la Comunicación Médica**

La Teoría de la Comunicación Médica resalta la importancia de la comunicación efectiva entre profesionales de la salud y pacientes. Este enfoque teórico subraya cómo una comunicación clara y precisa puede mejorar el diagnóstico, el tratamiento y el manejo de enfermedades, promoviendo resultados positivos en la atención médica (Werder, 2024; Malikhao, 2019).

### **Teoría de la Gestión de Datos de Salud**

La Teoría de la Gestión de Datos de Salud aborda la recolección, almacenamiento y análisis de datos relacionados con la salud. Esta teoría considera esencial el manejo adecuado de los datos para mejorar la toma de decisiones clínicas, garantizar la calidad de la atención y optimizar los recursos disponibles (Malikhao, 2019).

## **HTTPS/TLS**

HTTPS (Hypertext Transfer Protocol Secure) es una extensión segura del protocolo HTTP. Utiliza TLS (Transport Layer Security) para cifrar los datos transmitidos entre el navegador y el servidor, garantizando la confidencialidad e integridad de la información. TLS es la evolución de SSL (Secure Sockets Layer) y ofrece mejoras en términos de cifrado y autenticación (Amazon Web Services, nd).

## **Autenticación con Tokens JWT**

JWT (JSON Web Token) es un estándar abierto (RFC 7519) que define una forma compacta y autónoma de transmitir información entre partes como un objeto JSON. Estos tokens son firmados digitalmente, lo que asegura su integridad y autenticidad. Se utilizan comúnmente para la autenticación y autorización en aplicaciones web y APIs (IBM, 2025).

## **Eficiencia, Memoria y CPU en Dispositivos Móviles**

La eficiencia en dispositivos móviles se refiere a la optimización del uso de recursos como la memoria y la CPU para maximizar el rendimiento y la duración de la batería. Esto incluye el diseño de hardware eficiente, la optimización del software y el uso de tecnologías como pantallas OLED que consumen menos energía (Meneses-Viveros et al., 2018).

## **Impacto Energético en Dispositivos Móviles**

El impacto energético (Horton and Jones, 2023) de los dispositivos móviles se refiere al consumo de energía durante su uso y carga, así como a su impacto ambiental. La eficiencia energética es crucial para reducir la huella de carbono y prolongar la vida útil de la batería. Estrategias como el diseño de hardware eficiente, la optimización del software y la gestión adecuada de residuos electrónicos son esenciales para minimizar este impacto (Meneses-Viveros et al., 2018).

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

La metodología del proyecto se basa en el desarrollo de una aplicación móvil nativa para iOS, utilizando *Swift* y *SwiftUI* para crear interfaces eficientes y adaptativas. Se adoptará el patrón *MVVM (Model-View-ViewModel)* para organizar la lógica de negocio y presentación de la aplicación, facilitando su mantenimiento y escalabilidad.

La integración con dispositivos médicos, específicamente el modelo PM6100 de BERRY, se realizará mediante *Bluetooth* utilizando la librería *BluetoothCore*, lo que permitirá la transmisión de signos vitales en tiempo real. Además, se garantizará la interoperabilidad con la infraestructura existente mediante una *API*, y se diseñará una interfaz accesible para médicos rurales, asegurando su correcto funcionamiento en condiciones de conectividad limitada.

### 2.1 Metodología para el diseño

Para el desarrollo de la aplicación móvil iOS, se ha elegido el enfoque *MVVM (Model-View-ViewModel)*, aprovechando las capacidades declarativas de *SwiftUI*. Este patrón fue seleccionado debido a su clara separación entre la lógica de presentación y la lógica de negocio, lo que facilita el mantenimiento y la escalabilidad del proyecto. En este patrón, el *Model* maneja los datos y la lógica de negocio, mientras que la *View* se encarga de la interfaz de usuario, y el *ViewModel* actúa como un intermediario entre ambos, gestionando la lógica de presentación y proporcionando los datos necesarios para que la vista se actualice automáticamente.

Utilizando *SwiftUI*, se optimiza la gestión de la interfaz de usuario, ya que las vistas se actualizan de manera automática cada vez que los datos en el *ViewModel* cambian, sin necesidad de manejar manualmente el ciclo de vida de la vista. Además, al separar la lógica de negocio de la interfaz de usuario, se logra un código más limpio y mantenible, y es más sencillo realizar pruebas unitarias en el *ViewModel*. La integración con *SwiftUI*

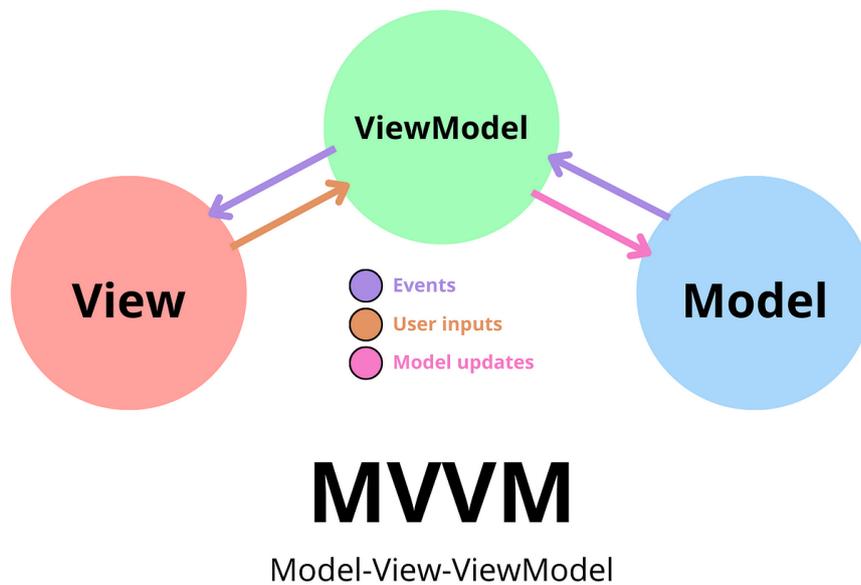
optimiza aún más la experiencia de desarrollo, ya que este *framework* permite construir interfaces de usuario de manera declarativa, reduciendo la cantidad de código necesario y mejorando la productividad del equipo de desarrollo.

### **Comparación con Otros Patrones**

Comparando este enfoque con otras metodologías como *MVC (Model-View-Controller)* y *VIPER*:

- **MVC:** En el patrón *MVC*, la vista, el modelo y el controlador están más acoplados, lo que puede dificultar el mantenimiento de aplicaciones más grandes. Si bien es un patrón ampliamente utilizado en iOS, puede volverse complejo a medida que la aplicación crece, ya que el controlador maneja tanto la lógica de negocio como la presentación, lo que puede generar código difícil de gestionar.
- **VIPER:** *VIPER* es un patrón mucho más estructurado y modular, pero también más complejo. Requiere más capas y un mayor esfuerzo de configuración, lo que puede resultar excesivo para una aplicación que no tiene una complejidad tan alta. Aunque *VIPER* ofrece ventajas en términos de separación de responsabilidades, su complejidad adicional no es necesaria para este tipo de proyecto, que busca una solución flexible y fácil de mantener.

Por ello, el patrón *MVVM* es la opción ideal para este proyecto, ya que proporciona una estructura clara y escalable, a la vez que permite un desarrollo eficiente y una experiencia de usuario fluida (véase la Figura 2.1).



**Figura 2.1. Funcionamiento de MVVM**

## 2.2 Arquitectura del Sistema

Esta aplicación iOS está diseñada para ser flexible y eficiente, permitiéndoles trabajar tanto con conexión a Internet como sin ella. Cuando el doctor realiza una teleconsulta, los datos se guardan directamente en su dispositivo iOS. Esto es especialmente útil en zonas remotas donde no siempre hay acceso a Internet. Si en algún momento el dispositivo detecta que hay una conexión a Internet disponible, la aplicación sincroniza automáticamente las teleconsultas almacenadas localmente con la nube. De esta manera, los datos se mantienen actualizados y seguros, asegurando que toda la información se pueda compartir y acceder desde cualquier lugar.

La información sincronizada se envía al servidor en la nube, que se encarga de procesarla y guardarla en una base de datos central, como PostgreSQL. Esta base de datos permite a los administradores y otros doctores acceder a la información cuando sea necesario para seguimiento y consultas. En conjunto, este sistema híbrido facilita el trabajo de los doctores en áreas rurales, optimizando su tiempo y permitiendo que brinden una mejor atención a sus pacientes, incluso en condiciones de conectividad limitadas.

La Figura 2.2 ilustra el diagrama general de la arquitectura del sistema, que incluye el flujo desde los dispositivos rurales hasta la base de datos central, pasando por la aplicación iOS, la API REST y el servicio web.



**Figura 2.2. Diagrama general de la arquitectura del sistema.**

## 2.3 Flujo de Datos

### Fase 1: Proceso de teleconsulta

Cuando un doctor rural crea una nueva teleconsulta, los datos del paciente y de la consulta se almacenan de manera local en el dispositivo. La función `guardarTeleconsulta` es la encargada de gestionar este proceso, asegurando que se genere un código único para cada teleconsulta y que se guarden todos los datos relevantes, como los signos vitales y la historia médica. Una vez que la teleconsulta está completa, el doctor puede enviarla al servidor. Al hacer esto, la teleconsulta es eliminada del almacenamiento local y queda registrada en la nube. Un administrador, entonces, asigna la consulta a un especialista que puede revisarla y responder mediante un chat en tiempo real, permitiendo una comunicación fluida para cualquier aclaración adicional.

## **Fase 2: Recopilación de datos**

Los signos vitales del paciente pueden ser ingresados manualmente o recopilados automáticamente utilizando un dispositivo médico BerryMed PM6100. Al tocar un botón en la aplicación, con el Bluetooth activado, se muestra una lista de dispositivos compatibles. Una vez seleccionado el dispositivo BerryMed PM6100, este se conecta a la aplicación y comienza a enviar los datos médicos. Los datos recopilados se integran en la teleconsulta, permitiendo al doctor rural completarla y proceder a su envío o modificación.

## **Fase 3: Protección de datos médicos**

Aunque no se maneja información personal identificable, es crucial asegurar la protección de los datos médicos. Para esto, se implementan varias medidas de seguridad. La encriptación de datos en tránsito se realiza utilizando HTTPS/TLS, lo que protege la comunicación entre la aplicación y el servidor, asegurando que los datos no sean interceptados durante su transmisión. La autenticación se realiza mediante un inicio de sesión seguro basado en tokens (JWT), garantizando que solo usuarios autenticados puedan acceder al sistema. Este enfoque asegura que los datos médicos estén protegidos adecuadamente. Para alcanzar los Objetivos Específicos definidos en el desarrollo de la aplicación de teleconsulta, se ha diseñado un enfoque integral para la evaluación de métricas, con el fin de asegurar que la aplicación cumpla con los requisitos técnicos y ofrezca una experiencia de usuario óptima. A continuación, se detallan las acciones y el proceso metodológico que se aplicará a cada objetivo, con especial énfasis en cómo se llevarán a cabo las mediciones clave del rendimiento y la funcionalidad de la aplicación.

En el Objetivo 1, que consiste en la implementación de una aplicación compatible con dispositivos iOS, la evaluación de la compatibilidad se llevará a cabo mediante pruebas en una variedad de dispositivos iOS de diferentes tipos. Utilizando herramientas de desarrollo como Xcode, se realizará una simulación en los dispositivos seleccionados, verificando que la aplicación funcione correctamente en cada uno de ellos. Durante las pruebas, se identificarán los dispositivos en los que la aplicación no funcione de manera

adecuada y se ajustará el código para resolver los problemas encontrados. Este proceso permitirá determinar qué porcentaje de los dispositivos probados pueden ejecutar la aplicación sin errores.

Para el Objetivo 2, que tiene como fin garantizar la integración eficiente con el dispositivo PM6100, se llevará a cabo una serie de pruebas de transmisión de datos entre la aplicación y el dispositivo en diferentes escenarios, tanto óptimos como con condiciones de conectividad intermitente. Se registrarán los intentos de transmisión, tanto exitosos como fallidos, y se evaluará la fiabilidad de la comunicación entre ambos dispositivos. Esto permitirá identificar posibles problemas de conexión o transmisión y ajustar la integración para mejorar la estabilidad de la comunicación.

En el Objetivo 3, que busca asegurar un rendimiento adecuado de la interfaz de usuario (UI), se evaluará el tiempo que tarda la aplicación en cargar completamente y la cantidad de recursos (memoria, CPU e impacto energético) que utiliza durante su funcionamiento. Para medir el tiempo de carga, se utilizarán herramientas como Time Profiler en Xcode, lo que permitirá determinar cuánto tiempo tarda la aplicación en estar lista para su uso después de ser abierta. En cuanto al uso de recursos, se monitorizará el consumo de memoria y CPU mientras el usuario navega por las diferentes pantallas de la aplicación. Esta evaluación ayudará a identificar cualquier área de la aplicación que pueda estar afectando negativamente al rendimiento y permitirá realizar ajustes para garantizar una experiencia fluida y eficiente.

Una vez obtenidos los resultados de las métricas, se procederá a un análisis detallado para verificar si la aplicación cumple con los objetivos establecidos. En el Objetivo 1, las pruebas de compatibilidad permitirán identificar cualquier dispositivo que no sea compatible con la aplicación y realizar los ajustes necesarios. En el Objetivo 2, se analizarán los resultados de las pruebas de comunicación para mejorar la fiabilidad de la integración con el dispositivo PM6100. Finalmente, en el Objetivo 3, el análisis del tiempo de carga y el uso de recursos proporcionará información clave para optimizar el rendimiento de la aplicación y asegurar que sea eficiente en términos de velocidad y consumo de recursos.

Este enfoque metodológico garantiza que cada objetivo sea evaluado de manera

exhaustiva, utilizando herramientas adecuadas para obtener resultados precisos. Las métricas obtenidas serán fundamentales para realizar mejoras continuas en la aplicación, asegurando que cumpla con los requisitos de rendimiento, fiabilidad y usabilidad establecidos desde el inicio del proyecto.

## **2.4 Evaluación de métricas**

Para alcanzar los Objetivos Específicos definidos en el desarrollo de la aplicación de teleconsulta, se ha diseñado un enfoque integral para la evaluación de métricas, con el fin de asegurar que la aplicación cumpla con los requisitos técnicos y ofrezca una experiencia de usuario óptima. A continuación, se detallan las acciones y el proceso metodológico que se aplicará a cada objetivo, con especial énfasis en cómo se llevarán a cabo las mediciones clave del rendimiento y la funcionalidad de la aplicación.

En el Objetivo 1, que consiste en la implementación de una aplicación compatible con dispositivos iOS, la evaluación de la compatibilidad se llevará a cabo mediante pruebas en una variedad de dispositivos iOS de diferentes tipos. Utilizando herramientas de desarrollo como Xcode, se realizará una simulación en los dispositivos seleccionados, verificando que la aplicación funcione correctamente en cada uno de ellos. Durante las pruebas, se identificarán los dispositivos en los que la aplicación no funcione de manera adecuada y se ajustará el código para resolver los problemas encontrados. Este proceso permitirá determinar qué porcentaje de los dispositivos probados pueden ejecutar la aplicación sin errores.

Para el Objetivo 2, que tiene como fin garantizar la integración eficiente con el dispositivo PM6100, se llevará a cabo una serie de pruebas de transmisión de datos entre la aplicación y el dispositivo en diferentes escenarios, tanto óptimos como con condiciones de conectividad intermitente. Se registrarán los intentos de transmisión, tanto exitosos como fallidos, y se evaluará la fiabilidad de la comunicación entre ambos dispositivos. Esto permitirá identificar posibles problemas de conexión o transmisión y ajustar la integración para mejorar la estabilidad de la comunicación.

En el Objetivo 3, que busca asegurar un rendimiento adecuado de la interfaz de usuario

(UI), se evaluará el tiempo que tarda la aplicación en cargar completamente y la cantidad de recursos (memoria, CPU e impacto energético) que utiliza durante su funcionamiento. Para medir el tiempo de carga, se utilizarán herramientas como Time Profiler en Xcode, lo que permitirá determinar cuánto tiempo tarda la aplicación en estar lista para su uso después de ser abierta. En cuanto al uso de recursos, se monitorizará el consumo de memoria y CPU mientras el usuario navega por las diferentes pantallas de la aplicación. Esta evaluación ayudará a identificar cualquier área de la aplicación que pueda estar afectando negativamente al rendimiento y permitirá realizar ajustes para garantizar una experiencia fluida y eficiente.

Una vez obtenidos los resultados de las métricas, se procederá a un análisis detallado para verificar si la aplicación cumple con los objetivos establecidos. En el Objetivo 1, las pruebas de compatibilidad permitirán identificar cualquier dispositivo que no sea compatible con la aplicación y realizar los ajustes necesarios. En el Objetivo 2, se analizarán los resultados de las pruebas de comunicación para mejorar la fiabilidad de la integración con el dispositivo PM6100. Finalmente, en el Objetivo 3, el análisis del tiempo de carga y el uso de recursos proporcionará información clave para optimizar el rendimiento de la aplicación y asegurar que sea eficiente en términos de velocidad y consumo de recursos.

Las métricas obtenidas serán fundamentales para realizar mejoras continuas en la aplicación, asegurando que cumpla con los requisitos de rendimiento, fiabilidad y usabilidad establecidos desde el inicio del proyecto.

# CAPÍTULO 3

## 3. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN

El diseño se basa en el patrón MVVM (Model-View-ViewModel), que facilita la separación de la lógica de negocio y la presentación. La aplicación está desarrollada con SwiftUI, lo que permite que la interfaz de usuario se actualice automáticamente con los cambios en el ViewModel.

La implementación incluye la funcionalidad de sincronización de teleconsultas locales con el servidor cuando hay conexión a Internet, asegurando que los datos se mantengan actualizados.

Además, se integra el dispositivo médico BerryMed PM6100 (véase la Figura 3.1) para la recopilación automática de signos vitales a través de Bluetooth. La seguridad se refuerza mediante la encriptación de datos con HTTPS/TLS y la autenticación con tokens (JWT), garantizando la protección de la información médica durante la transmisión y el acceso.



**Figura 3.1. Dispositivo médico BerryMed PM6100**

### 3.1 Diseño de interfaz de usuario

Se optará por una interfaz minimalista y eficiente con opciones bien estructuradas para áreas rurales con conectividad limitada.

#### Vista de Inicio de Sesión

La vista de inicio de sesión permitirá a los usuarios ingresar sus credenciales para acceder al sistema. Esta pantalla incluirá campos para el nombre de usuario y la contraseña, así como un botón para iniciar sesión. También habrá opciones para recuperar la contraseña y registrarse para nuevos usuarios (véase la Figura 3.2).



Figura 3.2. Vista de Inicio de Sesión

## Vista Principal

La vista principal servirá como el tablero de control del usuario, mostrando un resumen de las funciones disponibles. Incluirá accesos directos a las principales secciones del sistema, como el chat, la toma de datos y otras funcionalidades relevantes. Esta vista estará diseñada para ser intuitiva y fácil de navegar (véase la Figura 3.3).

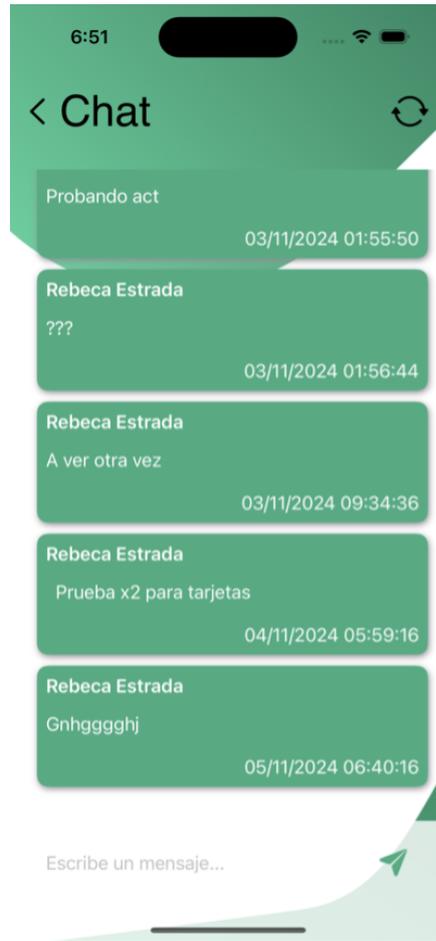


Figura 3.3. Vista Principal

## Vista del Chat

La vista del chat permitirá a los usuarios comunicarse en tiempo real con otros usuarios o con el soporte técnico. Incluirá una lista de conversaciones recientes, un área para escribir mensajes y opciones para adjuntar archivos o imágenes. Esta vista será esencial

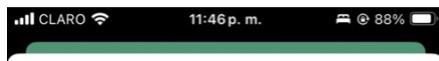
para la interacción y el soporte continuo (véase la Figura 3.4).



**Figura 3.4. Vista del Chat**

### **Toma de Datos BERRYMED PM6100**

Esta vista estará dedicada a la recolección de datos del dispositivo BERRYMED PM6100. Mostrará los datos en tiempo real y permitirá al usuario guardar y analizar la información recopilada. Incluirá gráficos y estadísticas para facilitar la interpretación de los datos (véase la Figura 3.5).



📶 Recibiendo datos...

🟢 SpO2: 97 %

❤️ Pulso: 84 BPM

👤 Temperatura: -- °C

👤 Respiración: -- rpm

🩺 Sistólica: 130 mmHg

🩺 Diastólica: 69 mmHg

📥 Guardar datos

Figura 3.5. Toma de Datos BERRYMED PM6100

# CAPÍTULO 4

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 4.1 Métrica para el objetivo 1

Para calcular la tasa de porcentaje de compatibilidad de la aplicación con los diferentes dispositivos del sistema iOS, se ha utilizado la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de compatibilidad} = \left( \frac{\text{Número total de dispositivos compatibles}}{\text{Número total de dispositivos probados}} \right) \times 100 \quad (4.1)$$

Donde:

- **Número de dispositivos compatibles:** Es la cantidad de dispositivos iOS que ejecutan la aplicación correctamente sin errores.
- **Número total de dispositivos probados:** Es el total de dispositivos iOS sobre los que se ha probado la aplicación.

### Metodología

- **Selección de dispositivos:** Se seleccionaron dispositivos iOS representativos desde el iPhone 11 (2019) hasta el iPhone 16 (2025), incluyendo iPhone 11, iPhone 12, iPhone SE (tercera generación), iPhone 13, iPhone 14, iPhone 15 y iPhone 16, tomando en cuenta un modelo por cada chipset de Apple.
- **Pruebas:** La aplicación se instaló y ejecutó en cada dispositivo mediante simulador para verificar su funcionamiento correcto, sin errores ni bloqueos. Todos los dispositivos son compatibles con la versión actual de iOS (iOS 18.2.1), por lo que las pruebas se realizaron en esta versión.

## **Resultados**

- **Número de dispositivos compatibles: 7**
- **Número total de dispositivos probados: 7**

Este resultado indica que el 100% de los dispositivos probados son compatibles con la aplicación, lo que refleja una total compatibilidad.

En las figuras mostradas a continuación, se evidencian las pruebas de compatibilidad realizadas con diferentes modelos de dispositivos iOS. Estas pruebas confirman que la aplicación funciona correctamente en todos los dispositivos evaluados:

- La Figura 4.1 muestra la ejecución de la aplicación en un iPhone 11 y un iPhone 12.
- La Figura 4.2 evidencia la ejecución en un iPhone SE (tercera generación) y un iPhone 13.
- La Figura 4.3 presenta la ejecución en un iPhone 14 y un iPhone 15.
- Finalmente, la Figura 4.4 muestra la ejecución en un iPhone 16.

## Inserción de Imágenes



(a) Ejecución de la aplicación en iPhone 11.

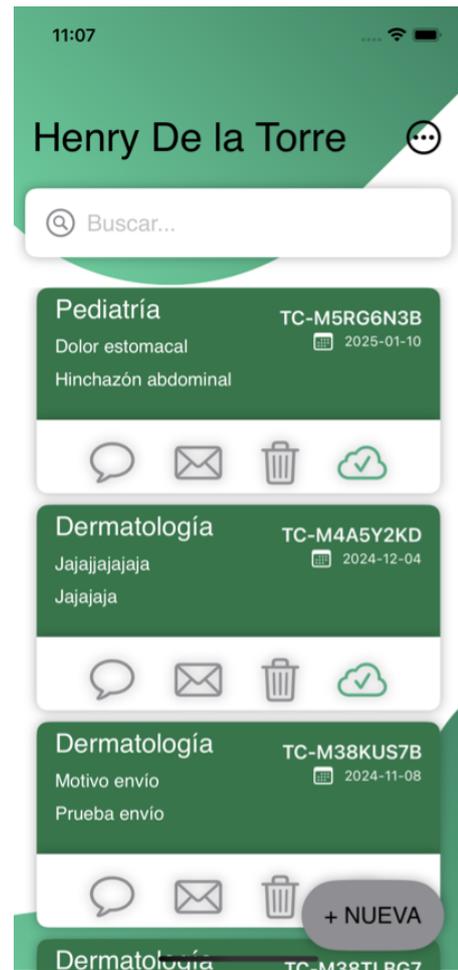


(b) Ejecución de la aplicación en iPhone 12.

**Figura 4.1. Ejecución en iPhone 11 y iPhone 12.**



(a) Ejecución de la aplicación en iPhone SE (tercera generación).

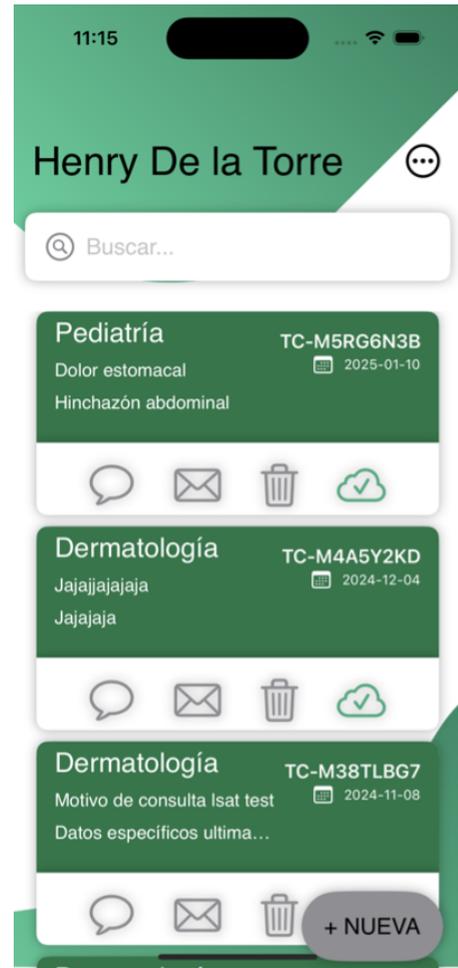


(b) Ejecución de la aplicación en iPhone 13.

**Figura 4.2. Ejecución en iPhone SE (tercera generación) y iPhone 13.**

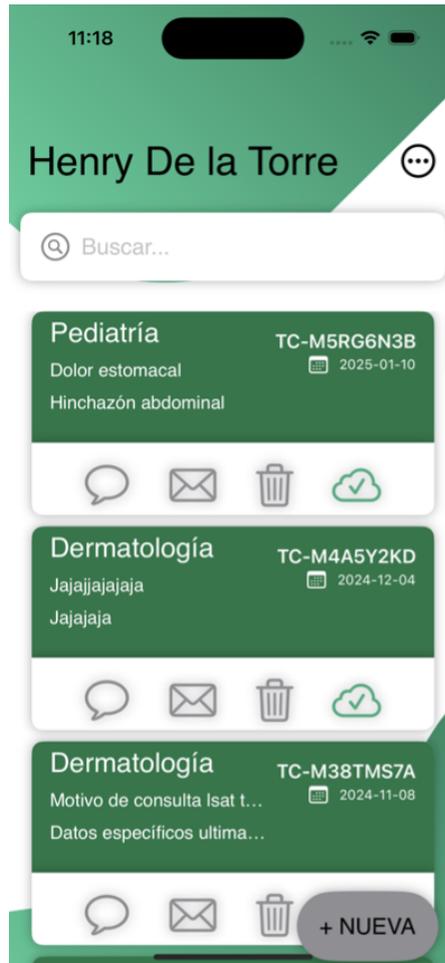


(a) Ejecución de la aplicación en iPhone 14.



(b) Ejecución de la aplicación en iPhone 15.

**Figura 4.3. Ejecución en iPhone 14 y iPhone 15.**



(a) Ejecución de la aplicación en iPhone 16.

**Figura 4.4. Ejecución en iPhone 16.**

## 4.2 Métrica para el objetivo 2

Para evaluar la efectividad de la integración con el dispositivo PM6100, se realizaron pruebas de comunicación y transmisión de datos entre el dispositivo y la aplicación en un iPhone SE 2022. Los resultados se documentaron mediante capturas de pantalla y fotos tomadas en cada escenario, como se observa en las figuras asociadas.

### Metodología

- **Selección del dispositivo:** Se usó un iPhone SE 2022 para interactuar con el dispositivo médico PM6100.
- **Pruebas de distancia:** Se realizaron pruebas a 1 metro, 3 metros, 5 metros y con

una pared intermedia entre el dispositivo y el teléfono.

- **Captura de evidencias:** Las imágenes de las pruebas realizadas a diferentes distancias se muestran en las figuras 4.5, 4.7 y 4.8, las cuales evidencian el correcto funcionamiento de la aplicación y la transmisión de datos.
- **Análisis de resultados:** Se evaluó si los datos eran consistentes y precisos a todas las distancias, detectando cualquier impacto que la distancia o la presencia de una pared pudiera tener sobre la transmisión de datos.

## Resultados

- **Consistencia de datos:** Se compararon los datos mostrados en el dispositivo PM6100 y los recibidos por la aplicación en cada prueba. Como se evidencia en las figuras, no se presentaron fallos de comunicación ni errores en los datos.
- **Impacto de la distancia:** Las figuras 4.5 y 4.7 muestran que la distancia (1, 3, 5 metros) no afectó la precisión ni la rapidez de la transmisión de datos, confirmando que la conectividad permaneció estable en todo momento.
- **Presencia de barrera física:** La Figura 4.8 evidencia que incluso con una pared intermedia no se produjeron fallos en la comunicación. Los datos fueron transmitidos con efectividad y sin interrupciones.
- **Sincronización:** Las fotos y capturas tomadas en el mismo instante durante cada prueba (Figuras 4.5, 4.7, y 4.8) demuestran la correcta sincronización de los datos sin delay.

## Inserción de imágenes



(a) Captura de pantalla y foto a 1 metro.

(b) Captura de pantalla y foto a 1 metro.

**Figura 4.5. Pruebas de transmisión a 1 metro.**



(a) Captura de pantalla y foto a 3 metros.

(b) Captura de pantalla y foto a 3 metros.

**Figura 4.6. Pruebas de transmisión a 3 metros.**



(a) Captura de pantalla y foto a 5 metros.



(b) Captura de pantalla y foto a 5 metros.

**Figura 4.7. Pruebas de transmisión a 5 metros.**



(a) Captura de pantalla y foto con una pared intermedia.



(b) Captura de pantalla y foto con una pared intermedia.

**Figura 4.8. Pruebas de transmisión con una pared intermedia.**

### 4.3 Métrica para el objetivo 3

Para evaluar el rendimiento de la interfaz de usuario, se llevaron a cabo pruebas exhaustivas en un iPhone SE (2022) físico. Las métricas se monitorizaron a través de Xcode, utilizando las herramientas de Instruments para medir el uso de CPU, memoria y energía de la aplicación.

#### Metodología

- Las pruebas se realizaron en el dispositivo iPhone SE (2022), y se observaron las métricas de rendimiento durante diferentes interacciones del usuario con la aplicación.
- Se monitorizó el uso de CPU en tiempo real durante la navegación por las pantallas, el uso de memoria y el impacto en la energía de la aplicación, con el fin de analizar su eficiencia y comportamiento.
- Se utilizaron las herramientas de Xcode para capturar y visualizar las métricas durante el proceso de carga y navegación de la aplicación.

#### Resultados

Para el iPhone SE (2022), los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- **Uso de CPU:** Durante el primer inicio de sesión, el consumo de CPU fue de 157/600, lo que representa el uso de casi 2 núcleos del dispositivo. Tras finalizar el proceso de carga, el uso de CPU se estabilizó entre un 3% y un 30%, como se observa en los escenarios iniciales y de carga en la Tabla 4.1.
- **Uso de memoria:** El consumo de memoria se mantuvo estable, con un rango de entre 65 MB durante el funcionamiento normal de la aplicación, según se muestra en los diferentes registros de la tabla.
- **Impacto de energía:** Al iniciar la aplicación, el impacto de energía fue alto, pero después de completar la carga inicial, este bajó a *low*. Durante el uso en reposo o *standby*, el impacto energético llegó a 0, tal como se detalla en la columna de impacto energético de la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1. Rendimiento del sistema en distintos escenarios de prueba**

N°	Escenario	CPU (%)	Memoria (MB)	Tiempo (s)	Impacto energético
1	Inicio	145%	80	2.5	Muy alto
1	Fin de carga	55%	110	1.2	Medio
1	Segundo plano → abrir	20%	70	0.0	Bajo
2	Inicio	130%	75	2.3	Muy alto
2	Fin de carga	50%	95	1.1	Medio
2	Segundo plano → abrir	18%	68	0.0	Bajo
3	Inicio	138%	100	2.8	Muy alto
3	Fin de carga	42%	85	1.0	Medio
3	Segundo plano → abrir	25%	74	0.0	Bajo
4	Inicio	150%	120	2.6	Muy alto
4	Fin de carga	45%	90	1.3	Medio
4	Segundo plano → abrir	15%	72	0.0	Bajo
5	Inicio	140%	95	2.7	Muy alto
5	Fin de carga	48%	105	1.4	Medio
5	Segundo plano → abrir	22%	70	0.0	Bajo
6	Inicio	125%	85	2.4	Muy alto
6	Fin de carga	40%	100	1.2	Medio
6	Segundo plano → abrir	18%	68	0.0	Bajo
7	Inicio	135%	70	2.3	Muy alto
7	Fin de carga	44%	115	1.1	Medio
7	Segundo plano → abrir	20%	66	0.0	Bajo
8	Inicio	150%	143	2.9	Muy alto
8	Fin de carga	50%	80	1.5	Medio
8	Segundo plano → abrir	17%	70	0.0	Bajo
9	Inicio	142%	110	2.6	Muy alto
9	Fin de carga	45%	90	1.3	Medio
9	Segundo plano → abrir	25%	75	0.0	Bajo
10	Inicio	130%	85	2.4	Muy alto
10	Fin de carga	40%	100	1.2	Medio
10	Segundo plano → abrir	15%	68	0.0	Bajo

## **Análisis y Comparación**

### **CPU**

Durante el inicio de la aplicación, se observaron picos de uso de CPU entre 125% y 150%. Estos valores son consistentes con los requisitos de carga inicial, incluyendo la

actualización de teleconsultas desde el servidor. Este comportamiento es esperable para aplicaciones que realizan operaciones intensivas al arrancar. Una vez finalizada la carga, el uso de CPU se estabiliza entre el 40% y 55%, lo cual indica un comportamiento optimizado para el uso normal de la aplicación. Al regresar desde el segundo plano, el uso de CPU es mínimo (15%-25%), reflejando una eficiente administración de los procesos en memoria y un diseño adecuado de la reactivación de la aplicación.

## **Memoria**

Durante la carga inicial, el consumo de memoria varía entre 70 MB y 143 MB. Este rango es razonable para una aplicación que requiere sincronización de datos y carga de recursos. En uso normal, la memoria se estabiliza en un rango de 80 MB a 115 MB, lo que demuestra un manejo eficiente de los recursos, sin fugas de memoria observadas. Al regresar del segundo plano, el consumo se mantiene en el rango inferior (68 MB - 75 MB), lo cual indica que no se están duplicando procesos o cargando recursos innecesarios.

## **Impacto Energético**

El impacto energético es muy alto durante el inicio de la aplicación, lo cual es predecible debido a los picos en el uso de CPU y la sincronización de datos desde el servidor. Durante el uso normal y en reposo, el impacto energético baja a medio y, finalmente, a bajo, mostrando que la aplicación logra una buena optimización energética en estas fases. Al regresar del segundo plano, el impacto se mantiene en bajo, lo que evidencia una eficiente gestión de procesos en segundo plano y transiciones.

## **Tiempos de Carga**

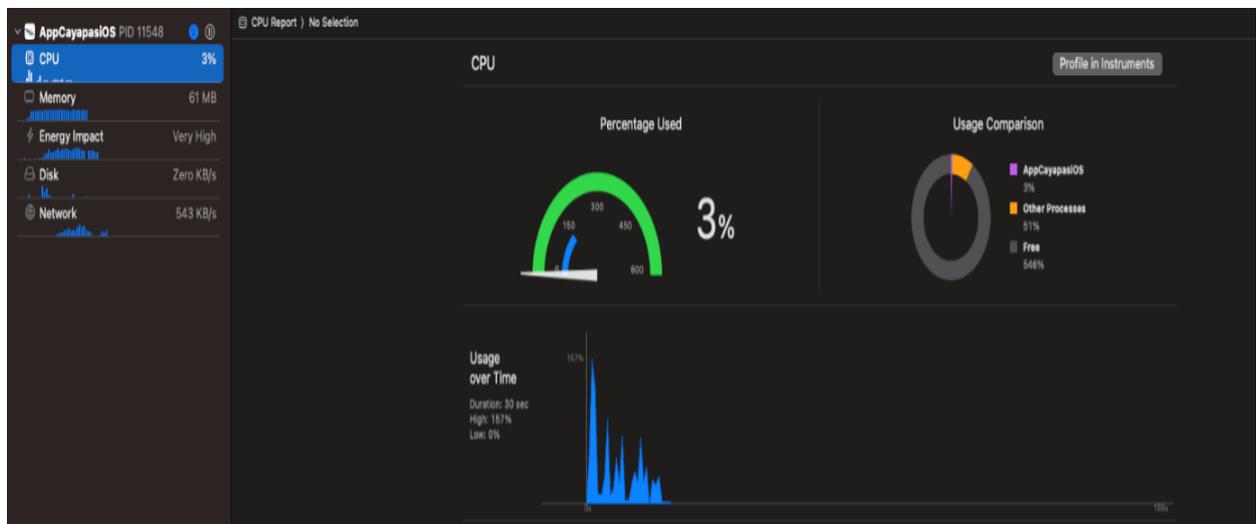
Los tiempos de carga inicial oscilan entre 2.3 y 2.9 segundos, lo que se considera aceptable para una aplicación móvil que realiza sincronizaciones iniciales. La transición desde el segundo plano es instantánea (0.0 segundos), demostrando una adecuada optimización para la reapertura de la aplicación.

## Comparación con Métricas Ideales

- **CPU:** Los picos iniciales son normales para este tipo de aplicaciones. La estabilización en uso normal (40%-55%) está dentro de los estándares esperados.
- **Memoria:** El consumo es consistente y se mantiene dentro de un rango controlado, lo cual evita problemas de rendimiento en dispositivos con recursos limitados.
- **Impacto energético:** Aunque los picos iniciales son altos, el descenso progresivo a valores bajos asegura una experiencia de usuario eficiente y prolonga la vida útil de la batería.
- **Tiempos:** Los tiempos de carga inicial ( $\leq 3$  segundos) y la reanudación instantánea cumplen con las expectativas de usabilidad para aplicaciones móviles.

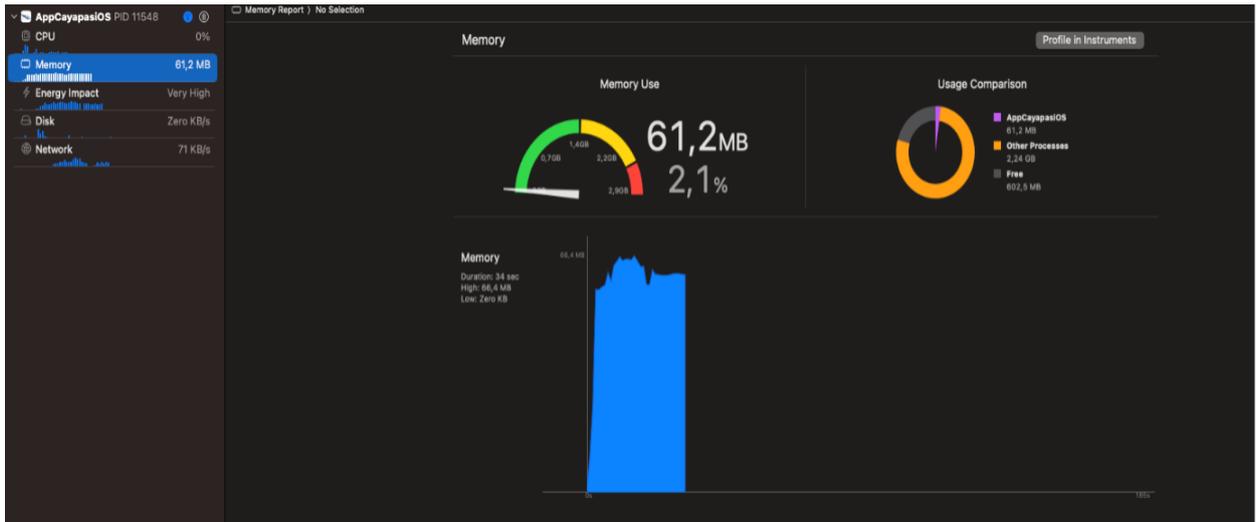
## Imágenes

A continuación, se presenta la imagen que evidencia el uso de recursos en el dispositivo iPhone SE (2022):



(a) Captura de Energía en iPhone SE (2022).

Figura 4.9. Ejecución de la aplicación en iPhone SE (2022) - Energía.



(a) Captura de Memoria en iPhone SE (2022).

**Figura 4.10. Ejecución de la aplicación en iPhone SE (2022) - Memoria.**



(a) Captura de CPU en iPhone SE (2022).

**Figura 4.11. Ejecución de la aplicación en iPhone SE (2022) - CPU.**

# CAPÍTULO 5

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

El desarrollo de la aplicación móvil para iOS, con la integración del dispositivo médico PM6100 y la implementación de Bluetooth Core para la transmisión de signos vitales, ha sido exitoso y ha cumplido con los objetivos establecidos al inicio del proyecto. A través de esta integración, se ha logrado optimizar la calidad de las teleconsultas médicas, facilitando la atención en tiempo real y mejorando el seguimiento de los pacientes, especialmente en áreas rurales donde la conectividad es limitada. La interoperabilidad con la infraestructura existente mediante una API ha sido clave para garantizar la sincronización de los datos y el acceso a la información desde cualquier lugar, lo que favorece la actualización constante y la seguridad de los datos.

El rendimiento de la aplicación ha sido evaluado en términos de uso de recursos, y los resultados muestran un manejo eficiente de la CPU, memoria y energía. Durante las pruebas, se observó que el uso de la CPU en la carga inicial era elevado, lo cual es esperable dado que se trataba de una sincronización de datos, pero se estabilizó a valores normales para el uso cotidiano de la aplicación. De igual manera, el consumo de memoria y el impacto energético fueron adecuados, lo que indica que la aplicación no presenta fugas de memoria y no afecta significativamente la duración de la batería, incluso en condiciones de uso prolongado.

Otro aspecto destacable es la capacidad de la aplicación para funcionar en modo offline, lo que permite que los médicos continúen realizando teleconsultas y almacenando datos en su dispositivo iOS incluso sin conexión a Internet. Posteriormente, cuando la conexión es restablecida, los datos se sincronizan automáticamente con el servidor en la nube, garantizando la continuidad de la atención y la actualización de la información en tiempo real.

## **5.2 Recomendaciones**

Optimización de la sincronización de datos: Aunque la sincronización automática de datos se realiza de forma eficiente, sería beneficioso incorporar algoritmos adicionales para priorizar ciertos tipos de datos en función de la urgencia o la criticidad de la información. Esto podría mejorar la velocidad de sincronización y reducir el tiempo de espera en zonas con baja conectividad a Internet.

Ampliación de la compatibilidad con otros dispositivos médicos: Actualmente, la aplicación se encuentra integrada con el dispositivo PM6100. Sin embargo, para ampliar su uso y versatilidad, se recomienda considerar la integración de otros dispositivos médicos utilizados en telemedicina, lo que permitiría su implementación en una mayor variedad de entornos clínicos y hospitales.

Mejoras en la interfaz de usuario (UI): Aunque la interfaz es intuitiva, se podría explorar una mayor personalización para los médicos que utilizan la aplicación. Esto incluye una mayor accesibilidad, como la opción de adaptar la visualización de datos según preferencias personales o la inclusión de accesos directos a funciones utilizadas con mayor frecuencia.

Monitoreo constante del impacto energético: A pesar de la optimización energética observada en las pruebas, es recomendable seguir monitoreando el consumo energético de la aplicación en versiones futuras. Es importante asegurarse de que la optimización se mantenga en nuevas versiones del sistema operativo iOS, ya que las actualizaciones pueden afectar el comportamiento energético de la aplicación.

## **5.3 Líneas Futuras**

Integración de tecnologías de inteligencia artificial (IA): En el futuro, se podría explorar la incorporación de algoritmos de IA para realizar análisis predictivos sobre los signos vitales de los pacientes. Esto permitiría ofrecer alertas tempranas a los médicos sobre posibles complicaciones de salud y mejorar la capacidad de diagnóstico durante las teleconsultas.

Expansión a otros sistemas operativos: Actualmente, la aplicación está diseñada exclusivamente para dispositivos iOS. Como línea futura, se recomienda explorar la posibilidad de desarrollar versiones para dispositivos Android, lo que ampliaría el

alcance de la aplicación a un mayor número de usuarios y profesionales de salud, aumentando su impacto global.

Implementación de funciones de realidad aumentada (AR): La integración de tecnologías de realidad aumentada podría mejorar la experiencia del usuario, permitiendo a los médicos visualizar información médica o signos vitales del paciente de una forma más interactiva y detallada durante la teleconsulta.

Desarrollo de un sistema de soporte a la decisión clínica: A medida que la aplicación recopila más datos de pacientes, se podría implementar un sistema que ofrezca recomendaciones basadas en los datos históricos de los pacientes y en mejores prácticas clínicas, ayudando a los médicos a tomar decisiones más informadas y a mejorar la calidad del diagnóstico.

Investigación sobre nuevas metodologías de comunicación en entornos rurales: Dado que la telemedicina es especialmente importante en áreas rurales, se recomienda realizar investigaciones sobre nuevas metodologías de comunicación que puedan optimizar aún más el proceso de teleconsulta, como la integración de tecnologías de voz o video con baja latencia y bajo uso de ancho de banda.

# BIBLIOGRAFÍA

Amazon Web Services, I. (n.d.). *¿Qué es un certificado SSL? - Explicación del certificado SSL/TLS*. AWS Documentation.

Apple, I. (2023). *Swift Programming Language*. Apple Developer Documentation.

BERRY (2023). Pm6100 user manual.

Blasco Ferrer, M. C., Gaspar Cunchillos, L. S., David, M., Bagues Fuertes, M., and Roy Bagues, P. (2024). Acceso a atención sanitaria en zonas rurales: una revisión bibliográfica. *Ocronos*, 7(4):440–450.

Bonnardot, L. and Rainis, R. (2009). Store-and-forward telemedicine for doctors working in remote areas.

Cuellar Salazar, Y. A. (2024). Telemedicina y atención a distancia: Innovación y retos en la era digital. *Revista Sanitaria de Investigación*, 5(6):e12345. Accessed: 10-Nov-2024.

D. Dinevski, R. K. and Dugonik, B. (2011). Video communication in telemedicine.

de la India, G. (2024). Proyecto "esanjeevani" en india.

Digital, A. S. (2020). Guía básica de recomendaciones para la teleconsulta. Accessed: 10-Nov-2024.

Elsevier (2024). Programa "teleictus" en cataluña.

et al., Y. P. (2019). Diagnosis and decision-making in telemedicine.

Gogia, S. (2020). Fundamentals of telemedicine and telehealth.

Ham, M. (2021). Theories of innovation adoption and real-world case analyses.

Horton, R. and Jones, K. (2023). Bluetooth technology in medical devices: Trends and fda clearances in 2023. *Orthogonal Insights*.

IBM (2025). *JSON Web Token (JWT)*. IBM Documentation.

ISO (2025). *Los fundamentos de los equipos de telemedicina*. ISO Documentation.

Jackson, K. T., Bullard, M. L., and Hulefeld, A. V. (2019). Rural and urban health disparities: A critical examination of the relevance of rural sociological research.

López Seguí, F., Walsh, S., Solans, O., Adroher Mas, C., Ferraro, G., García-Altés, A., García Cuyàs, F., Salvador Carulla, L., Sagarra Castro, M., and Vidal-Alaball, J. (2020). Teleconsultation between patients and health care professionals in the catalan primary care service: Message annotation analysis in a retrospective cross-sectional study.

Malikhao, P. (2019). Health communication: Approaches, strategies, and ways to sustainability on health or health for all.

Meneses-Viveros, A., Hernández-Rubio, E., Mendoza, S., Rodríguez, J., and Márquez Quintos, A. B. (2018). Energy saving strategies in the design of mobile device applications. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*, 19:86–95.

P. Greenacre, R. G. and Speirs, J. (2012). Innovation theory: A review of the literature.

(RFDS), R. F. D. S. (2024). Royal flying doctor service en australia.

StatCounter (2021). Mobile operating system market share in ecuador. Accessed: 10-Nov-2024.

Telehealth.HHS.gov (2022). Telehealth and remote patient monitoring.

Universidad de California, S. F. U. (2024). Ucsf implementó un programa de telemedicina para pacientes con enfermedades crónicas.

Vallejo Franco, J. I. (2024). Telemedicina en ecuador: una revolución con necesidades normativas. Accessed: 10-Nov-2024.

Vera-Viteri, L., Cuadros-Ocampo, C. I., and Zambrano-Chavarría, M. E. (2022). Impacto de las políticas públicas de salud en zonas rurales ecuatorianas. *Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina*, 10(2):25–40.

Verhoeven, F., van Gemert-Pijnen, L., Dijkstra, K., Nijland, N., Seydel, E., and Steehouder, M. (2007). The contribution of teleconsultation and videoconferencing to diabetes care: A systematic literature review. *J Med Internet Res*, 9(5):e37.

Werder, O. (2024). The field of health communication: An overview.

Zia, T. (2024). Transformando la telesalud: cómo las consultas virtuales impulsadas por IA y el monitoreo remoto están dando forma al futuro de la atención médica. Accessed: 10-Nov-2024.

# APÉNDICES

# APÉNDICES

## Métricas de CPU y Memoria de Simuladores de iPhone

A continuación se presentan las métricas de CPU y memoria de los simuladores de los diferentes modelos de iPhone. Cada imagen muestra las métricas específicas para CPU y memoria de cada dispositivo.

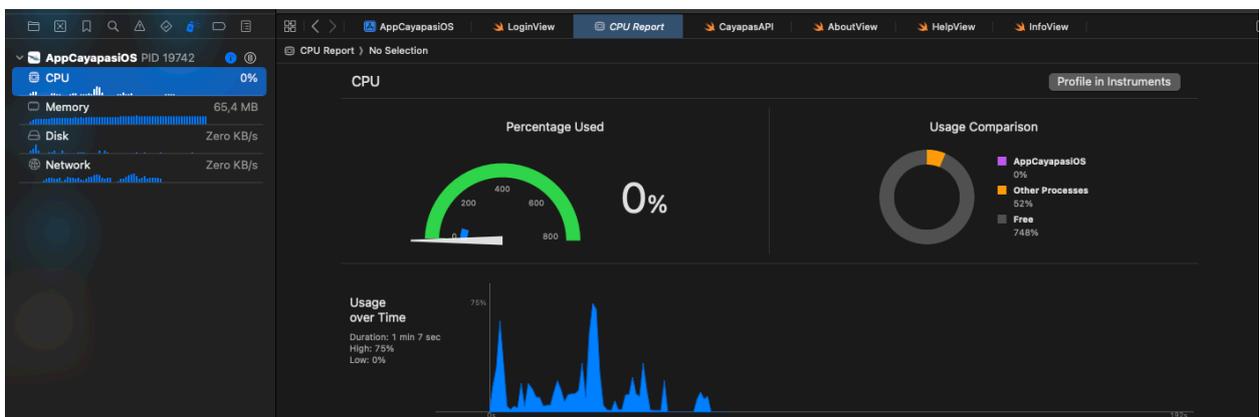


Figura 1. Métrica de CPU del iPhone 11

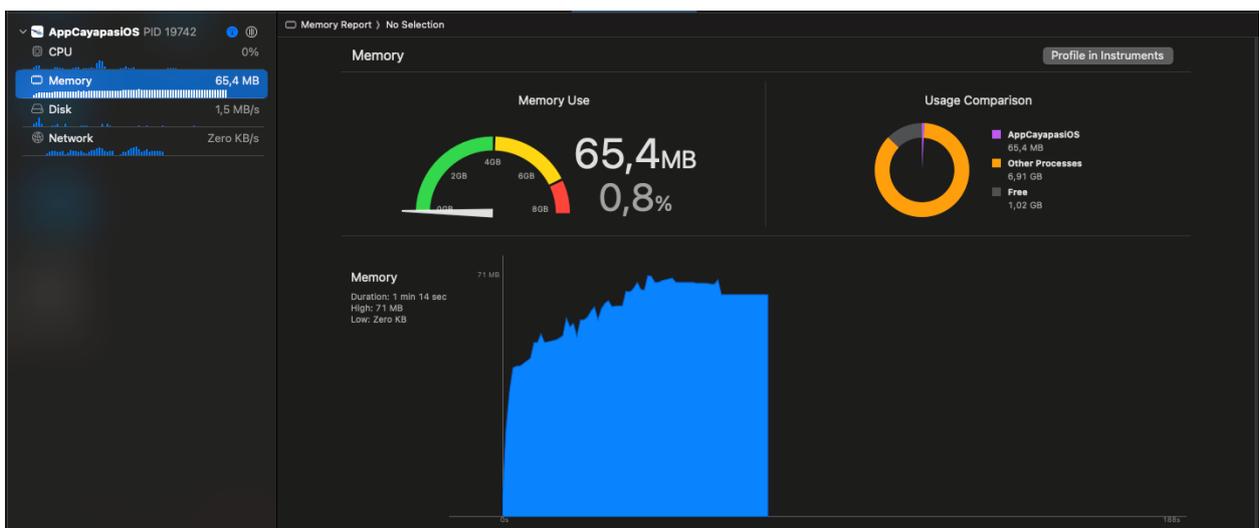
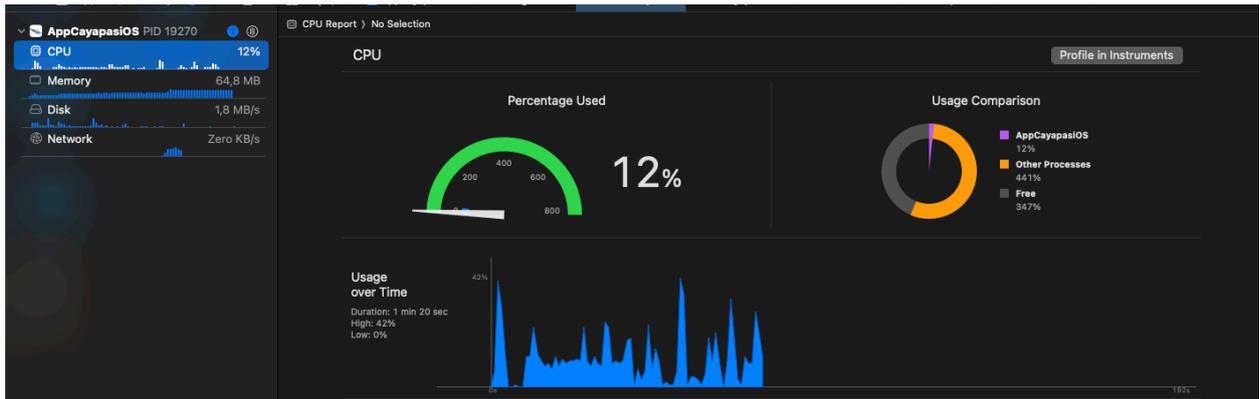
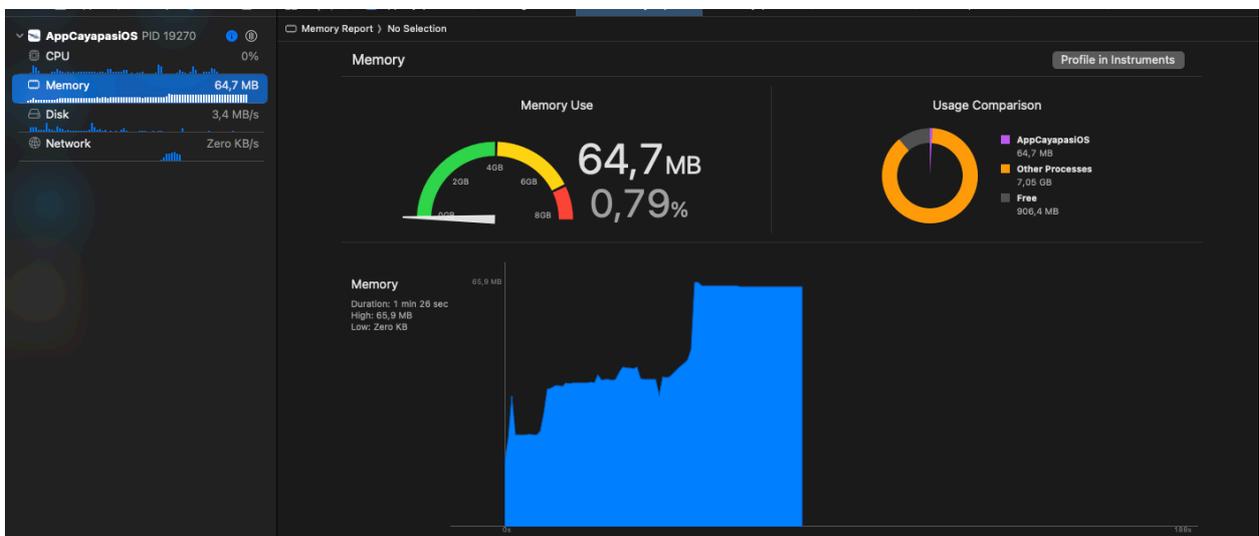


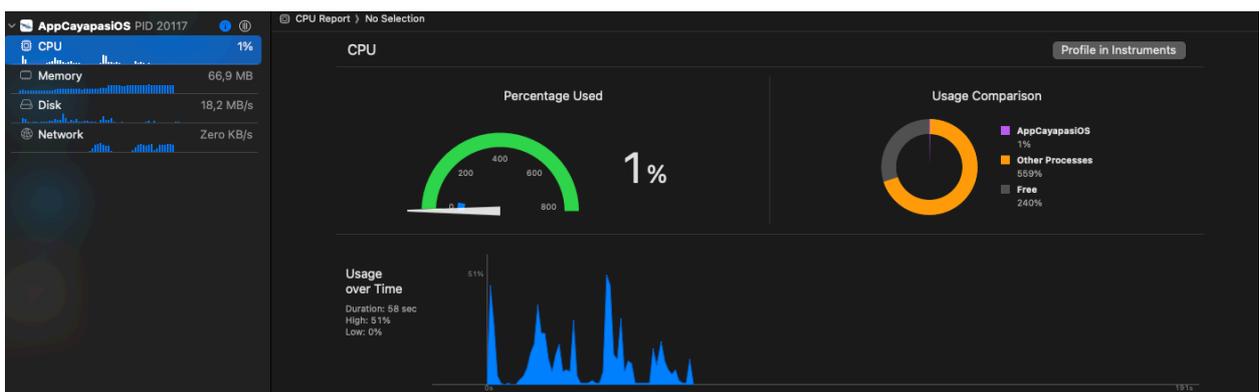
Figura 2. Métrica de Memoria del iPhone 11



**Figura 3. Métrica de CPU del iPhone 12**



**Figura 4. Métrica de Memoria del iPhone 12**



**Figura 5. Métrica de CPU del iPhone 13**



Figura 6. Métrica de Memoria del iPhone 13

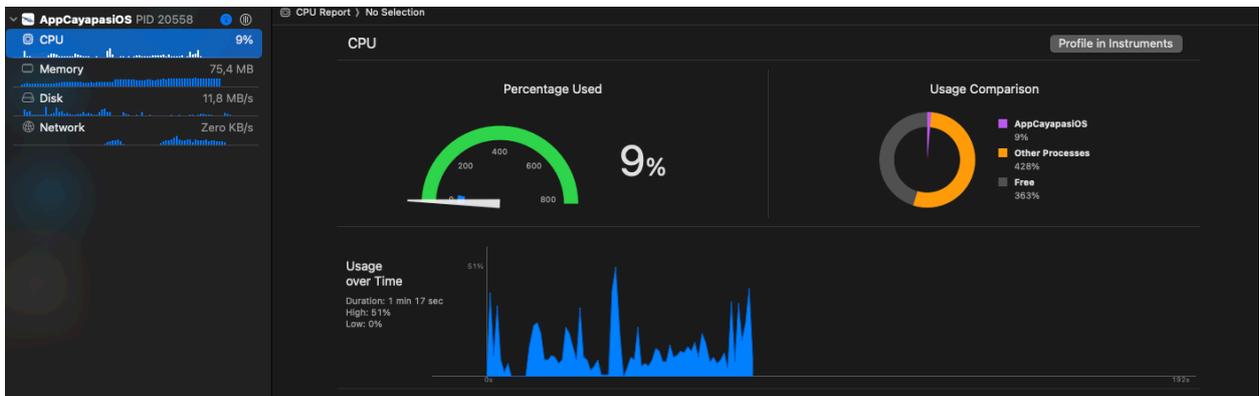


Figura 7. Métrica de CPU del iPhone 14

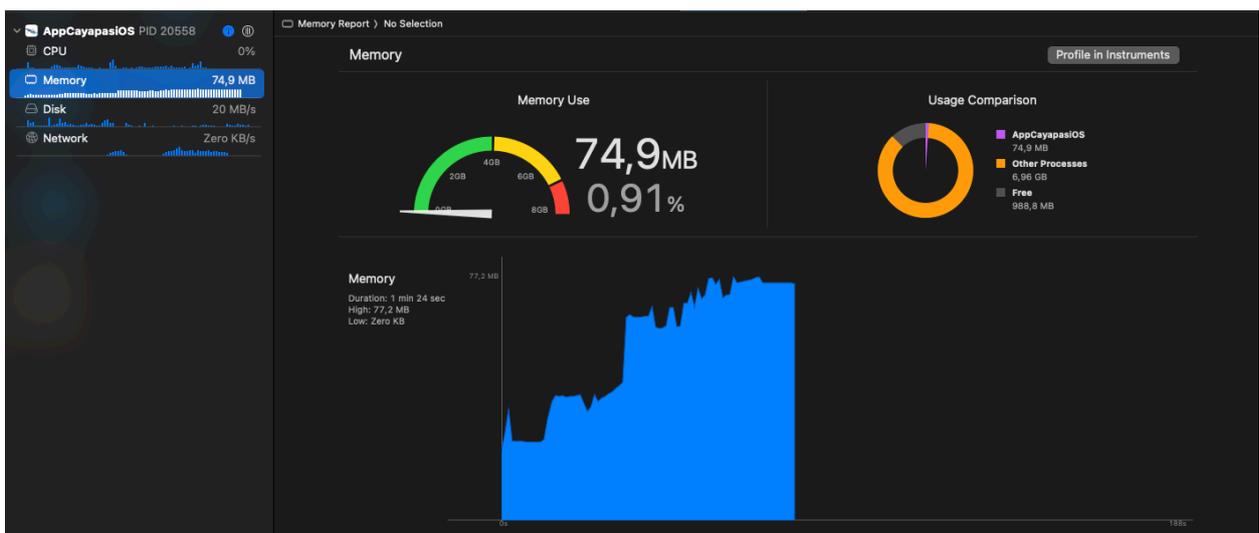


Figura 8. Métrica de Memoria del iPhone 14

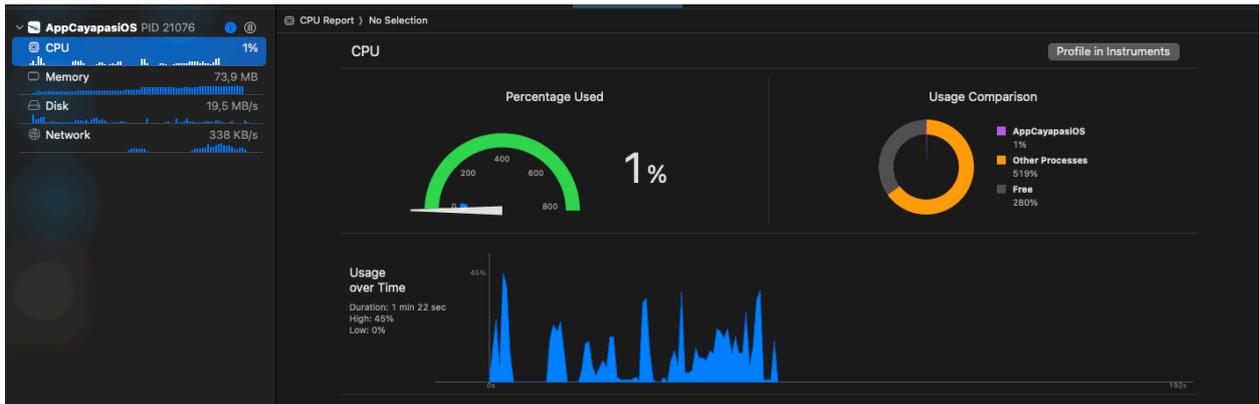


Figura 9. Métrica de CPU del iPhone 15

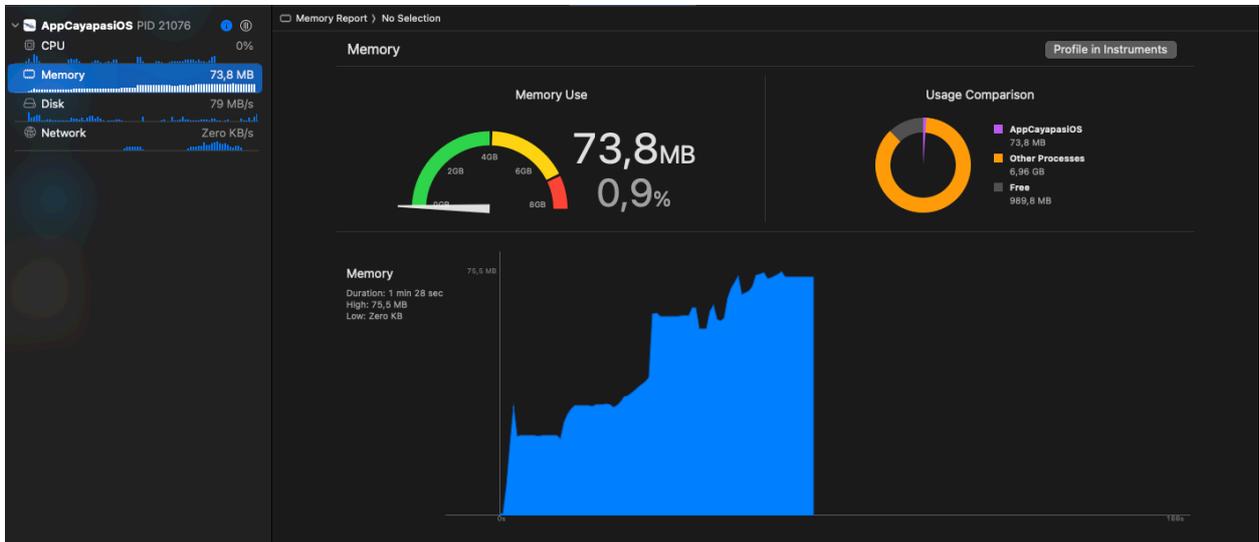


Figura 10. Métrica de Memoria del iPhone 15

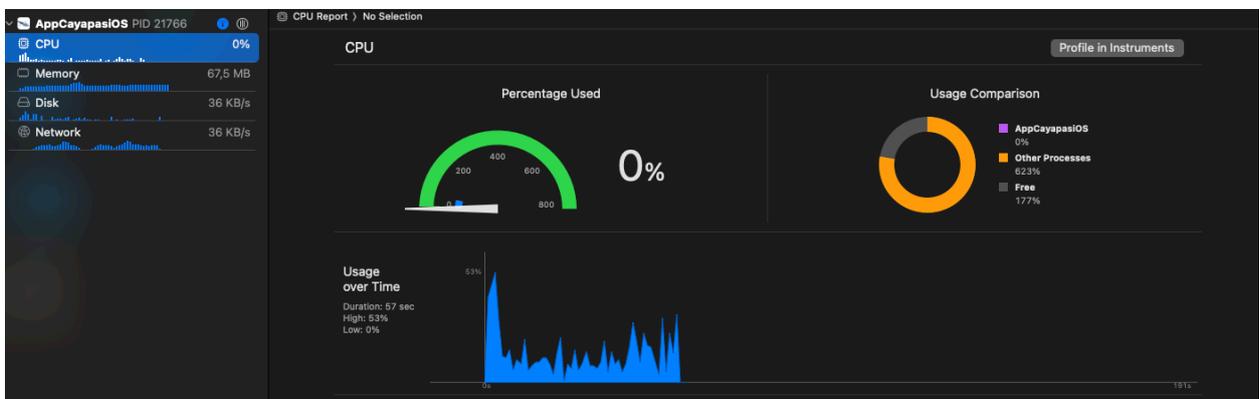


Figura 11. Métrica de CPU del iPhone 16

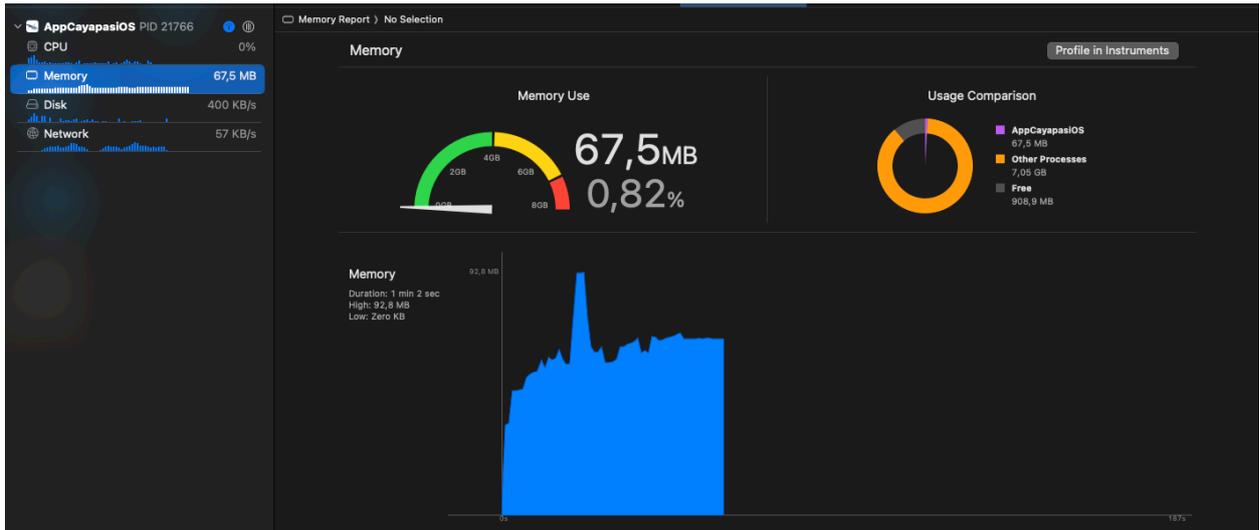


Figura 12. Métrica de Memoria del iPhone 16

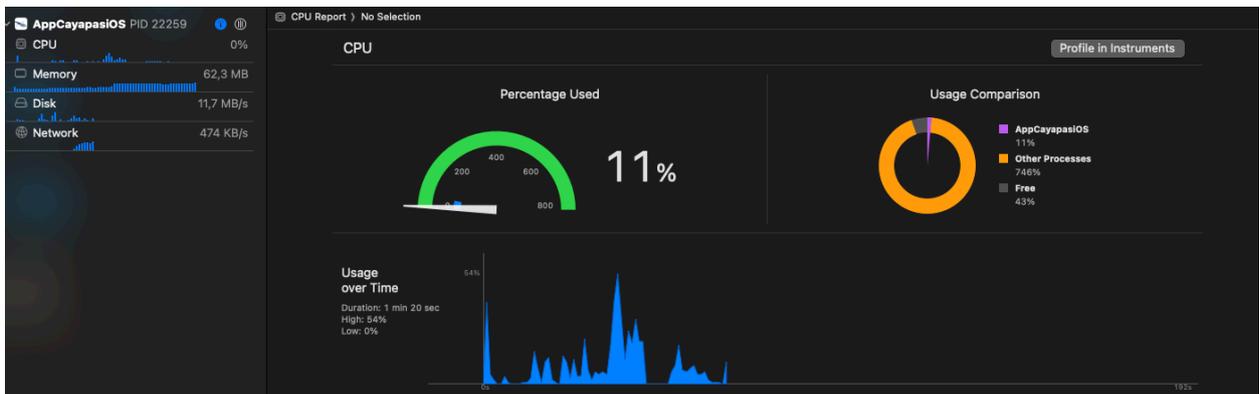


Figura 13. Métrica de CPU del iPhone SE 2022

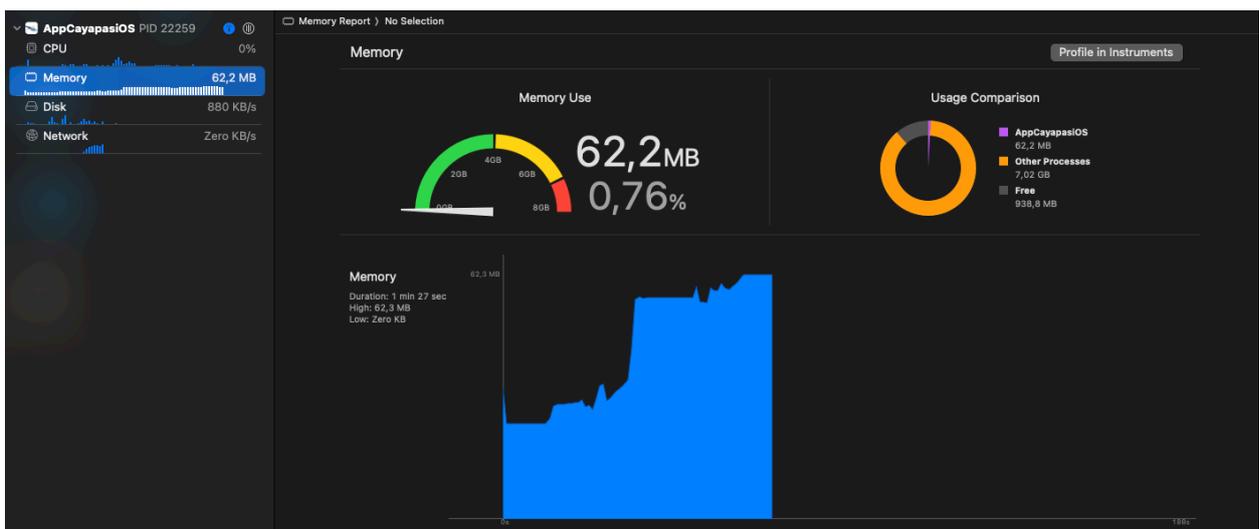


Figura 14. Métrica de Memoria del iPhone SE 2022