

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ**

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS COMPUTACIONALES**

**DESARROLLO DE UN MODELO ARQUITECTÓNICO PARA EL MONITOREO DE LA  
SALUD DEL PACIENTE A TRAVÉS DE DISPOSITIVOS PORTÁTILES PARA LA  
PRECISIÓN DE LA ATENCIÓN MÉDICA MÓVIL**

**ANTEPROYECTO DE TESIS**

**INTEGRANTE:**

CRISTIAN MORENO

CÉDULA 2-733-908

**DIRECTOR:**

Dr. MIGUEL VARGAS LOMBARDO

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN MÓVIL**

**AÑO**

2023

## Índice

<b>Introducción .....</b>	<b>3</b>
Alcance y objetivo del presente estudio .....	4
<b>Planteamiento del problema .....</b>	<b>5</b>
<b>Objetivos .....</b>	<b>6</b>
<b>Objetivo General .....</b>	<b>6</b>
<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>6</b>
<b>Plan de contenido propuesto.....</b>	<b>7</b>
<b>Referencias Bibliográficas .....</b>	<b>10</b>
<b>Cronograma de actividades .....</b>	<b>13</b>

## Introducción

Este documento presenta un modelo de arquitectura para el desarrollo de aplicaciones móviles de asistencia sanitaria. Existen arquitecturas monolíticas, de las cuales fueron eficaces en el pasado, sin embargo, se ha logrado demostrar que esta arquitectura es insuficiente cuando se despliega para muchas partes interesadas [1], [2], [3]. Las aplicaciones sanitarias actuales gestionan cantidades masivas de datos procedentes de dispositivos autónomos inalámbricos. Teniendo en cuenta el ámbito de los modelos de negocio actuales, la arquitectura debe permitir muchos casos de uso, y los productos deben ser lo suficientemente flexibles como para adaptarse a diversos propósitos [3], [4], [5], [6]. Este documento ofrece una arquitectura viable para desarrollar aplicaciones sanitarias móviles basadas en la gestión y el análisis de grandes cantidades de datos. La utilización de microservicios permite que este tipo de arquitectura sea funcional e interoperable para que el manejo de datos clínicos sea adaptable. Las plataformas de aplicaciones como servicio (PaaS) se utilizan en el lado del cliente para ayudar a la rápida creación y validación de soluciones [7], por lo que se destacan los hallazgos de esta arquitectura a partir de ciertas aplicaciones sanitarias móviles implementadas con éxito [7]–[9].

El dispositivo móvil es una herramienta excelente y flexible para reducir la brecha digital debido a los rápidos avances en tecnologías de sensores [10], la sencillez de uso y la reducción de costes de los dispositivos [11] y servicios inteligentes [7]. Sin embargo, estos servicios inteligentes requieren un conocimiento profundo de las preferencias y necesidades del usuario, ya que cambian con el tiempo y el lugar, por lo que, en el caso de los sensores "sanitarios", se inclina hacia el acceso a datos fisiológicos continuos (conciencia del contexto) en lugar del análisis de mediciones "in-situ". Los sistemas de información convencionales de los centros sanitarios suelen ser incapaces de gestionar enormes volúmenes de datos en flujo continuo. En consecuencia, cada vez es más necesario un marco de integración que conecte los sistemas tradicionales centrados en datos estáticos con los sistemas de información emergentes orientados a datos móviles, es decir, es necesario a interoperabilidad para las aplicaciones sanitarias [12]–[14].

En el sector de la salud se han creado dispositivos capaces de recolectar información del usuario en tiempo real y mostrarla en su dispositivo móvil [15]. El diseño de estos dispositivos debe basarse en un paradigma que facilite la fabricación de sistemas integrados y escalables dentro de una arquitectura.

Teniendo en cuenta lo expuesto con anterioridad, un aspecto clave en el desarrollo de aplicaciones sanitarias, es el constante flujo de datos recogidos de diversos sensores distribuidos y otros dispositivos móviles. Además, el desarrollo de la arquitectura debe ser adaptable para permitir diferentes casos de uso comercial.

## **Alcance y objetivo del presente estudio**

El objetivo principal de este documento es presentar un modelo de arquitectura de microservicios, que integre componentes tecnológicos para el desarrollo de aplicaciones mhealth. Las aplicaciones deben ser compatibles con una amplia gama de escenarios de despliegue y modelos de negocio orientado a servicios de salud

Se revisan y presentan los resultados de muchos estudios de casos realizados con este marco arquitectónico. El objetivo es utilizar este marco para construir aplicaciones digitales capaces de ingerir volúmenes masivos de datos procedentes de numerosas redes de sensores en distintos ámbitos. Este marco también debe tener en cuenta los protocolos IoT y las directrices de cumplimiento médico relacionadas con sensores y dispositivos; sin embargo, el presente documento sólo analiza la parte de software del marco para construir una arquitectura de microservicios para aplicaciones de mhealth, asumiendo que existe un marco de agregación de datos independiente para ingerir flujos de datos desde un dispositivo de borde orientado a un sensor.

Por otra parte, la metodología de investigación a emplear involucra tres etapas: en primera instancia incluye el diseño, construcción y desarrollo del modelo de arquitectura de microservicios con los componentes tecnológicos fundamentales; la segunda fase, se refiere a la recolección, análisis e ingeniería de los datos, mediante el análisis de datos clínicos provenientes de dispositivos biométricos; posteriormente, en la tercera etapa, se incluyen las pruebas y análisis de los resultados generados a partir de un caso de estudio. Cada uno de los aspectos que se presentan serán desarrollados de acuerdo con el cronograma de actividades descrito al final del documento.

Cabe resaltar que la propuesta de tesis de maestría en Ciencias de la Computación Móvil se desarrolla con fondos de la SENACYT y el apoyo de la Universidad Tecnológica de Panamá; asimismo, esta propuesta busca solucionar y brindar una alternativa al sector salud en Panamá.

## Planteamiento del problema

En Panamá, del 20 al 25% de las muertes registradas anualmente están relacionadas con la hipertensión arterial (HTA) [15]. Un 37% de la población mayor de 40 años sufre de presión alta, según cifras que aparecen en el Censo de Salud Preventiva del Ministerio de Salud (MINSAL) [16]. La mayoría de las personas que sufren de presión alta no presentan síntomas, y lastimosamente, la cifra de personas afectadas va en aumento.

La Hipertensión Arterial es una patología crónica que se refiere al aumento de la presión arterial [17]. Es una patología tratable, bajo estricto seguimiento médico, es posible evitar complicaciones graves tales como una hemorragia, infartos o una trombosis cerebral.

Cuando los pacientes están en un entorno asistencial, se encuentra en muchas ocasiones aislado de su entorno social; una situación que complica enormemente la monitorización, o bien complica la intimidad del paciente. La monitorización de las personas que se encuentran en situaciones de riesgo se realiza a través de equipos que no son móviles, o bien su transporte se hace complicado.

En este contexto, es fundamental conocer, monitorizar y evaluar el estado de salud de las personas, para prevenir enfermedades y como cuidarse cuando ya han sido diagnosticadas, lo que conlleva a que el paciente sienta la necesidad de buscar atención y encontrarse con el problema de no contar con los conocimientos y el equipo necesario para hacer una revisión de su estado de salud.

Con la integración de dispositivos móviles capaces de coleccionar data médica de los pacientes en ambientes de vida libre, estos podrían interactuar con los equipos médicos biométricos, lo que permitiría recoger, analizar y guardar los datos para que otras aplicaciones los utilicen para proporcionar material didáctico, medidas preventivas y seguimiento de los pacientes. Con el uso de estas tecnologías, los médicos podrían evaluar a los pacientes simplemente revisando el perfil de cada uno de ellos, que contendría un historial médico, datos estadísticos y gráficos con todos sus datos. Los resultados de la prueba podrían transferirse a un dispositivo móvil, que actualizaría la estrategia de tratamiento.

## Objetivos

### Objetivo General

Implementar un modelo de arquitectura software basado en microservicios que permita la integración de un conjunto de artefactos de software para la gestión escalable de clínicos que utilizan dispositivos IOT no invasivos.

### Objetivos Específicos

OE1. Identificar las metodologías software existentes en el desarrollo de aplicaciones móviles en el entorno de salud móvil.

OE2. Contrastar las arquitecturas de software propuestas por otros autores vinculadas con enfermedades crónicas.

OE2. Experimentar con la arquitectura de microservicios propuesta sobre la gestión de datos escalables.

OE4. Enumerar las ventajas de esta propuesta de arquitectura con otras en la computación móvil.

OE5. Mostrar los resultados de esta investigación a la comunidad científica internacional a través de publicaciones científicas de alto impacto.

OE6. Explicar las ventajas de la nueva arquitectura software al ente rector de la salud en Panamá, Ministerio de Salud.

## **Plan de contenido propuesto**

**Agradecimiento**

**Listado de acrónimos**

**Resumen**

**Abstract**

**Índice de figuras**

**Índice de tablas**

**Introducción**

**Capítulo 1. Contexto y fundamentos de la investigación**

**Planteamiento del problema**

**Justificación**

**Objetivos**

Objetivo general

Objetivos específicos

**Tabla de congruencia de los objetivos de la investigación**

**Capítulo 2. Marco teórico y metodológico**

Marco contextual

Contexto temporal

Contexto físico y cultural

Marco teórico

Servicios públicos de salud y ehealth

Estado del arte

Distribución temporal de los estudios primarios

Brechas existentes

Metas marcadas

## Marco teórico

Teorías utilizadas

dHealth

mHealth

Componentes en los sistemas de dHealth y mHealth

Tecnología en mHealth

Transmisión de datos

Sensores biomédicos

## Marco metodológico

Fase 1: Análisis de sistemas

Fase 2: Diseño de sistemas

Fase 3: Implementación

Fase 4: Operación y apreciación retrospectiva de sistemas

## **Capítulo 3. Aplicación de la metodología**

### Análisis de sistemas

Planteamiento del problema

Requerimientos funcionales para el diseño del modelo digital móvil

Propuesta de solución

Etapas de funcionamiento del lector biométrico

Etapas de adquisición de datos

Etapas de comunicación

Etapas de visualización de datos

Arquitectura

### Diseño del sistema

Implantación, operación y apreciación de retrospectiva del sistema

## **Capítulo 4. Caso de estudio**

Descripción

Recopilación de datos

## **Capítulo 5. Discusión de resultados**

Prueba con los datos del caso de estudio

Análisis de resultados

## **Capítulo 6. Conclusión y trabajos futuros**

## **Referencias**

## **Anexos**

## Referencias Bibliográficas

- [1] S. Oh *et al.*, “Architecture design of healthcare software-as-a-service platform for cloud-based clinical decision support service,” *Healthc. Inform. Res.*, vol. 21, no. 2, pp. 102–110, 2015, doi: 10.4258/hir.2015.21.2.102.
- [2] R. T. Hameed, O. A. Mohamad, O. T. Hamid, and N. Tapus, “Design of e-Healthcare management system based on cloud and service oriented architecture,” *2015 E-Health Bioeng. Conf. EHB 2015*, pp. 1–4, 2016, doi: 10.1109/EHB.2015.7391393.
- [3] M. Villamizar, O. Garcés, H. Castro, M. Verano, L. Salamanca, and S. Gil, “Evaluating the Monolithic and the Microservice Architecture Pattern to Deploy Web Applications in the Cloud Evaluando el Patrón de Arquitectura Monolítica y de Micro Servicios Para Desplegar Aplicaciones en la Nube,” *10th Comput. Colomb. Conf.*, pp. 583–590, 2015.
- [4] H. Knoche and W. Hasselbring, “Focus: microservices,” *IEEE Softw.*, 2018.
- [5] P. Jamshidi, C. Pahl, N. C. Mendonca, J. Lewis, and S. Tilkov, “Microservices: The journey so far and challenges ahead,” *IEEE Softw.*, vol. 35, no. 3, pp. 24–35, 2018, doi: 10.1109/MS.2018.2141039.
- [6] G. Blinowski, A. Ojdowska, and A. Przybyłek, “Monolithic vs. Microservice Architecture: A Performance and Scalability Evaluation,” *IEEE Access*, vol. 10, pp. 20357–20374, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3152803.
- [7] I. Volkov and G. Radchenko, “Architecture of mHealth Platform for Storing, Exchanging and Processing of Medical Data in Smart Healthcare,” *Proc. - 2021 Ural Symp. Biomed. Eng. Radioelectron. Inf. Technol. USBEREIT 2021*, pp. 117–120, 2021, doi: 10.1109/USBEREIT51232.2021.9455081.
- [8] R. Petrasch, “Model-based engineering for microservice architectures using Enterprise Integration Patterns for inter-service communication,” *Proc. 2017 14th Int. Jt. Conf. Comput. Sci. Softw. Eng. JCSSE 2017*, pp. 5–8, 2017, doi:

10.1109/JCSSE.2017.8025912.

- [9] G. N. Bettoni, T. C. Lobo, C. D. Flores, B. G. T. Dos Santos, and F. S. Da Silva, "Application of HL7 FHIR in a Microservice Architecture for Patient Navigation on Registration and Appointments," *Proc. - 2021 IEEE/ACM 3rd Int. Work. Softw. Eng. Heal. SEH 2021*, pp. 44–51, 2021, doi: 10.1109/SEH52539.2021.00015.
- [10] M. Junio, F. Rosa, M. V. Lamar, J. C. Gomes, and C. Koike, "Faciem - Aplicac , a ~ o baseada em microsservic , os para reconhecimento facial em dispositivos mo ´ veis for face recognition in mobile devices," 1834.
- [11] E. D. Mañay, D. Martínez, M. D. Chiliquinga, V. D. Criollo, E. F. Rivera, and R. M. Toasa, "Low-cost deep learning-based architecture for detecting cardiac arrhythmias in ECG signals," *Iber. Conf. Inf. Syst. Technol. Cist.*, vol. 2022-June, no. June, pp. 22–25, 2022, doi: 10.23919/CISTI54924.2022.9820243.
- [12] C. Kuziemy, "A multi-tiered perspective on healthcare interoperability," *Interoperability Healthc. Inf. Syst. Stand. Manag. Technol.*, no. January 2013, pp. 1–18, 2013, doi: 10.4018/978-1-4666-3000-0.ch001.
- [13] A. Luckow, L. Lacinski, and S. Jha, "SAGA BigJob: An extensible and interoperable Pilot-Job abstraction for distributed applications and systems," *CCGrid 2010 - 10th IEEE/ACM Int. Conf. Clust. Cloud, Grid Comput.*, pp. 135–144, 2010, doi: 10.1109/CCGRID.2010.91.
- [14] C. Martínez Costa, M. Menárguez-Tortosa, and J. T. Fernández-Breis, "Clinical data interoperability based on archetype transformation," *J. Biomed. Inform.*, vol. 44, no. 5, pp. 869–880, 2011, doi: 10.1016/j.jbi.2011.05.006.
- [15] B. Martínez-Pérez, I. De La Torre-Díez, and M. López-Coronado, "Mobile health applications for the most prevalent conditions by the world health organization: Review and analysis," *J. Med. Internet Res.*, vol. 15, no. 6, 2013, doi: 10.2196/jmir.2600.
- [16] "Ministerio de Salud de la República de Panamá." <https://www.minsa.gob.pa/> (accessed Apr. 03, 2023).

[17] “Hipertensión.” [https://www.who.int/es/health-topics/hypertension#tab=tab\\_1](https://www.who.int/es/health-topics/hypertension#tab=tab_1)  
(accessed Apr. 03, 2023).

**Cronograma de actividades**  
**CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 2022-2023**

Primer semestre 2022																							
Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4

Actividades																								
Abstract									■		■										■			
Resumen									■		■										■			
<b>Etapa I</b>																								
<b>Capítulo 1. Contexto y fundamentos de la investigación</b>																								
1.1 Planteamiento del problema					■																			
1.1.1 Marco contextual							■		■															
1.1.2 Marco teórico									■															
1.1.3 Estado del arte											■		■											



Fase 4:  
Operación y  
apreciación  
retrospectiva de  
sistemas

**Segundo semestre 2022 - Primer semestre 2023**

	Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril							
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4				
<b>Actividades</b>																												
<b>Capítulo 3. Aplicación de la metodología</b>																												
3.1 Análisis de sistemas	[Light Orange]																											
3.1.1 Planteamiento del problema	[Light Orange]																											
3.1.2 Requerimientos funcionales para el diseño del modelo digital móvil	[Light Orange]																											
3.1.3 Propuesta de solución	[Light Orange]												[Dark Orange]				[Dark Yellow]											

Primer semestre 2022 - Segundo semestre 2023

	Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre			
Actividades	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
3.1.4 Etapas de funcionamiento del lector biométrico																								
3.1.5 Etapa de adquisición de datos																								
3.1.6 Etapa de comunicación																								
3.1.7 Etapa de visualización de datos																								
3.1.8 Arquitectura																								
3.2 Diseño del sistema																								
3.3 Implantación, operación y apreciación de retrospectiva del sistema																								
<b>Capítulo 4. Discusión de</b>																								

resultados, Conclusiones y trabajos futuros		
Capítulo 5. Referencias		
Anexos.		
Etapa 2		
Borrador el asesor de tesis		
Revisión del documento final		
Correcciones de Errores		
Etapa 3		
Redacción definitiva		

### Segundo semestre de 2023

Etapa 4	Noviembre				Diciembre			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Publicación de artículo de alto impacto								
Presentación de tesis								

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ**  
**FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS COMPUTACIONALES**  
**VICEDECANATO DE INVESTIGACIÓN, POSTGRADO Y EXTENSIÓN**  
**REGISTRÓ OFICIAL DE TEMA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

Panamá, 03 de abril de 2023

Doctora  
Nilda Yangüez C.  
**Vicedecana de Investigación, Postgrado y Extensión**  
Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales

Respetada Doctora:

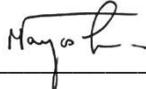
Por este medio le informo a usted que el tema de Trabajo de Graduación que he escogido es el siguiente: Desarrollo de un modelo arquitectónico para el monitoreo de la salud del paciente a través de dispositivos portátiles para la precisión de la atención médica móvil.

Para optar por el título de: Maestría en Ciencias de la Computación Móvil.

Atentamente,

<u>Cristian Moreno</u> Nombre del Estudiante	Teléfonos Oficina _____
 Firma	Casa <u>60258801</u> Celular <u>60258801</u>
<u>2-733-908</u> Cedula	Correo: <u>cristian.moreno@utp.ac.pa</u>

Desearía que nos asignara como asesor al Profesor(a): Dr. Miguel Vargas

Vo. Bo. de Asesor:  \_\_\_\_\_

Vo. Bo.

\_\_\_\_\_  
Vicedecano(a) de Investigación, Postgrado y Extensión de la Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales.

Fecha de Aprobación: \_\_\_\_\_